



## PIDATO PENGUKUHAN

### REKAYASA GENETIK DALAM UPAYA PENINGKATAN PRODUKTIVITAS AKUAKULTUR

Prof. Dr. Akhmad Taufiq Mukti, S.Pi., M.Si.



UNIVERSITAS AIRLANGGA  
Excellence with Morality



Disampaikan pada  
Pengukuhan Jabatan Guru Besar  
dalam Bidang Ilmu Genetika dan Reproduksi Ikan  
pada Fakultas Perikanan dan Kelautan Universitas Airlangga di Surabaya  
pada Hari Rabu, Tanggal 25 Oktober 2023

# **REKAYASA GENETIK DALAM UPAYA PENINGKATAN PRODUKTIVITAS AKUAKULTUR**



Disampaikan pada Pengukuhan Jabatan Guru Besar  
dalam Bidang Ilmu Genetika dan Reproduksi Ikan  
pada Fakultas Perikanan dan Kelautan Universitas Airlangga  
di Surabaya pada Hari Rabu, Tanggal 25 Oktober 2023

**Oleh**

**AKHMAD TAUFIQ MUKTI**



*Bismillaahirrokhmaanirrokhhiim,  
Assalaamu'alaikum warakhmatullaahi wabarakaatuh,  
Selamat pagi dan salam sejahtera bagi kita semua.*

*Yang Terhormat,*

Ketua dan Anggota Majelis Wali Amanat Universitas Airlangga,  
Rektor Universitas Airlangga,  
Ketua, Sekretaris, dan Anggota Senat Akademik Universitas Airlangga,  
Para Wakil Rektor Universitas Airlangga,  
Sekretaris Universitas Airlangga,  
Para Dekan dan Wakil Dekan Fakultas di Lingkungan Universitas Airlangga,  
Para Direktur dan Wakil Direktur Sekolah di lingkungan Universitas Airlangga,  
Para Direktur Direktorat di lingkungan Universitas Airlangga,  
Para Ketua dan Sekretaris Badan/Lembaga/Pusat di lingkungan Universitas Airlangga,  
Para Guru, kolega, rekan, keluarga, undangan, dan hadirin yang saya muliakan.

Pada hari yang istimewa dan penuh barokah ini, marilah kita bersama-sama memanjatkan puji syukur kehadiran Allah Subhanahu wata'ala, yang telah melimpahkan karunia, rahmat, dan hidayah-Nya, sehingga kita semua dapat menghadiri **Sidang Universitas Airlangga** dalam rangka **Pengukuhan Guru Besar**. Sholawat serta Salam semoga senantiasa terlimpahkan kepada junjungan kita, manusia paling mulia Nabi Muhammad SAW. Merupakan kehormatan dan penghargaan yang tiada tara bagi saya karena hadirin berkenan meluangkan waktu untuk menghadiri dan mengikuti acara Pengukuhan Guru Besar pada hari ini. Oleh karena itu, saya menghaturkan terima kasih yang sebesar-besarnya.

Pada kesempatan ini, perkenankanlah saya menyampaikan pidato Pengukuhan Guru Besar sesuai bidang ilmu yang saya tekuni, yaitu Bidang Ilmu Genetika dan Reproduksi Ikan, dengan

## judul **REKAYASA GENETIK DALAM UPAYA PENINGKATAN PRODUKTIVITAS AKUAKULTUR**

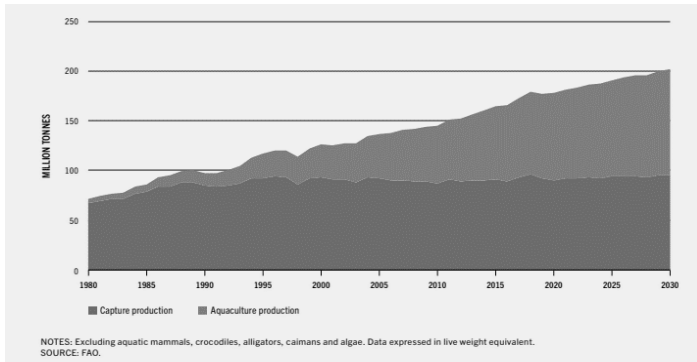
*Hadirin yang saya muliakan,*

### **Perkembangan Akuakultur di Dunia dan Indonesia**

Produksi perikanan dunia terus mengalami peningkatan yang signifikan seiring dengan permintaan terhadap kebutuhan pangan dunia, khususnya protein hewani dari organisme akuatik. Hal ini didukung dengan adanya peningkatan jumlah penduduk dunia serta peningkatan kebutuhan atau permintaan pasar secara global. Demikian pula produksi perikanan di Indonesia yang terus menerus meningkat seiring dengan permintaan kebutuhan pasar, baik nasional maupun internasional (ekspor). FAO (2022) menyebutkan bahwa produksi perikanan, termasuk akuakultur atau budidaya perikanan secara global telah mencapai sekitar 214 juta ton pada tahun 2020, yang terdiri dari 178 juta ton dari hewan akuatik, termasuk ikan dan udang dan 36 juta ton dari alga, dengan konsumsi penduduk dunia terhadap ikan meningkat menjadi 20,2 kg per kapita.

Tren peningkatan produksi akuakultur dunia terus melaju secara drastis bila dibandingkan dengan produksi perikanan tangkap. Akuakultur meningkat 3% dari tahun 2018, sebaliknya perikanan tangkap menurun sebesar 4,4%. Produksi akuakultur dunia mencapai 122,6 juta ton, termasuk di dalamnya 87,5 juta ton hewan akuatik (*finfish* dan *shellfish*) dan 35,1 juta ton alga (rumput laut) dengan total nilai 281,5 milyar dolar Amerika (USD) yang dihasilkan khususnya dari Asia, termasuk Indonesia dengan kontribusi terbesar di dunia, yaitu sekitar 91,6%.

Akuakultur memainkan peran penting sebagai salah satu cara efisien dalam produksi protein hewani (Torrisen *et al.*, 2011). Gambar 1 terlihat bahwa sejak tahun 1980 hingga tahun 2030, produksi akuakultur cenderung terus meningkat, sebaliknya, produksi perikanan tangkap cenderung stagnan. Artinya, ke depan, akuakultur menjadi potensi sangat besar dan andalan



**Gambar 1.** Tren produksi perikanan tangkap dan akuakultur dunia (FAO, 2022).

dalam mendukung peningkatan produksi perikanan dunia, tidak terkecuali Indonesia.

FAO (2011) telah memprediksi bahwa kontribusi akuakultur akan menunjukkan pola peningkatan yang drastis dalam lima dekade terakhir, bahkan Bostock *et al.* (2010) juga telah menganalisis bahwa akuakultur akan menyumbang hampir 50% dari total kebutuhan ikan konsumsi secara global. Hal ini terbukti bahwa pada tahun 2020, produksi akuakultur menyumbang sekitar 49% dari total produksi perikanan dunia, sedangkan di tahun 2030, produksi akuakultur diprediksi meningkat 4% hingga menyumbang sebesar 53% dari total produksi perikanan di dunia dengan rerata konsumsi 21,4 kg per kapita (FAO, 2022).

Indonesia merupakan produsen akuakultur terbesar peringkat kedua setelah Cina dengan total produksi akuakultur sebesar 14,9 juta ton, termasuk di dalamnya ikan dan alga (rumput laut). Akan tetapi, berdasarkan produksi akuakultur hewan akuatik (ikan), Indonesia masih berada pada peringkat ketiga setelah India dengan perbandingan persentase 6,8 : 11,2 persen di Asia. Oleh karena itu, pada tahun 2023, Pemerintah melalui Kementerian Kelautan dan Perikanan (KKP) menargetkan total produksi perikanan sebesar 30,4 juta ton untuk mengejar ketertinggalan produksi perikanan di dunia, khususnya di Asia. Berdasarkan PDSI (2022), pada tahun

2022, produksi perikanan Indonesia mencapai 24,9 juta ton dengan kontribusi akuakultur sebesar 67,9% (16,9 juta ton). Pada tahun 2016, luas areal lahan untuk akuakultur di Indonesia sebesar 1,2 juta ha. Berdasarkan sumber daya perikanan yang potensial cukup besar dengan ditunjang adanya permintaan pasar terhadap produk perikanan yang meningkat, maka akuakultur menjadi tumpuan yang berkontribusi dalam pemenuhan stok kebutuhan konsumsi protein hewani di Indonesia.

Protein hewani dari ikan memiliki keunggulan dibandingkan dengan sumber protein lainnya, antara lain: komposisi asam amino yang lengkap dan kandungan gizi kaya omega-3 yang berperan terhadap peningkatan kecerdasan masyarakat. Georgieff (2007) menyebutkan bahwa ikan mengandung *long-chain polyunsaturated fatty acids (LC-PUFAs)* yang terdiri dari *docosahexaenoic acid (DHA)*, *eicosapentaenoic acid (EPA)*, dan asam amino (AA). Selain itu juga mengandung *iodine*, *selenium*, *iron*, *zinc*, *choline*, protein, serta vitamin (A, D, dan B12). Semua kandungan gizi dalam ikan tersebut bermanfaat dalam kesehatan otak dan tubuh manusia. Di samping kebutuhan pangan dalam pemenuhan gizi masyarakat, komoditas perikanan juga telah banyak dimanfaatkan sebagai bahan kosmetika dan keperluan medis atau farmasi (farmakologis). Djuanda (2022) menjelaskan manfaat gizi ikan bagi kecantikan, mencegah stunting pada anak, dan terbebas dari obesitas yang sering dialami oleh masyarakat.

Program Pemerintah Republik Indonesia melalui KKP dalam bidang akuakultur ke depan adalah pengembangan dan peningkatan produksi komoditas ekspor dan pembangunan kampung-kampung perikanan budidaya (akuakultur). Oleh karena itu, program ini harus didukung melalui pengembangan dan aplikasi bioteknologi akuakultur yang berkelanjutan dan dapat diakses serta dimanfaatkan oleh masyarakat pembudidaya ikan, baik skala kecil, menengah, maupun besar (industri) dengan tetap mengedepankan penerapan standar yang telah ditetapkan melalui Cara Pembenihan Ikan yang Baik (CPIB) dan Cara Budidaya Ikan yang Baik (CBIB) dalam semua aspek yang mendukung kegiatan akuakultur di Indonesia. Produksi akuakultur merupakan sumberdaya yang sangat efisien

apabila dibandingkan dengan budidaya ternak, seperti ayam dan sapi. Bhujel (2021) menyebutkan bahwa retensi protein ikan budidaya sebesar 31%, sangat tinggi bila dibandingkan dengan ayam (21%) atau sapi (15%) dengan rasio konversi pakan secara umum sangat rendah (1,1) apabila dibandingkan dengan ayam (2,2) atau sapi (4-10). Produksi *edible meat* atau daging per 100 kg pakan pada ikan sebesar 61 kg, sedangkan pada ayam dan sapi, masing-masing adalah 21 kg dan 4-10 kg.

Perkembangan dan aplikasi bioteknologi akuakultur sebagai upaya dalam peningkatan produktivitas akuakultur telah banyak dikaji. Kebutuhan benih ikan berkualitas menjadi faktor penting pertama dalam keberhasilan produksi akuakultur. Benih berkualitas menjadi prasyarat utama dalam mendukung produktivitas akuakultur yang efisien, efektif, dan berkelanjutan dengan melalui produksi benih secara massal dan kontinyu. Beberapa metode telah banyak dikembangkan sebagai alternatif produksi benih ikan berkualitas melalui perbaikan genetik dalam mendukung peningkatan produktivitas akuakultur. Salah satu upaya perbaikan genetik benih ikan dilakukan melalui **rekayasa genetik**, baik secara konvensional maupun modern.

*Hadirin yang terhormat,*

Rekayasa genetik seringkali diartikan secara langsung mengacu pada manipulasi DNA untuk mengubah karakteristik suatu organisme (termasuk organisme akuatik), terutama terkait fenotip dengan cara tertentu. Rekayasa genetik secara umum juga diartikan manipulasi buatan atau modifikasi dan/atau rekombinasi DNA atau molekul asam nukleat lainnya untuk tujuan memodifikasi organisme atau populasi. Di dalam bidang akuakultur, rekayasa genetik sering disebut sebagai manipulasi genetik organisme akuatik, terutama ikan dalam upaya meningkatkan kualitas genetik individu atau populasi organisme akuatik tersebut dalam rangka peningkatan produktivitas akuakultur. Beberapa sifat atau karakter unggul ikan yang diharapkan dalam akuakultur, antara lain: memiliki pertumbuhan cepat atau performa pertumbuhan

bagus, tahan terhadap serangan atau infeksi penyakit (bakteri dan/atau virus), kelulushidupan atau viabilitas tinggi, toleransi terhadap perubahan atau tekanan lingkungan (pH, DO, salinitas, suhu), serta mudah dibudidayakan. Sifat-sifat keunggulan yang diinginkan tersebut juga tergantung pada spesies dan seks (jenis kelaminnya). Hulata (2001) menjelaskan bahwa rekayasa atau manipulasi genetik dalam akuakultur dalam upaya peningkatan stok atau produksi dapat dilakukan menggunakan teknologi klasik maupun modern. Teknologi rekayasa genetik secara konvensional yang lebih dikenal dengan istilah rekayasa genetik klasik, seperti program hibridisasi atau persilangan, *selective breeding* maupun manipulasi kromosomal, sedangkan rekayasa genetik modern, antara lain: seleksi berbasis *deoxyribonucleic acid (DNA)* seperti *marker assisted selection (MAS)*, transgenesis, atau *genome editing*.

### Program Hibridisasi dan Seleksi

Hibridisasi atau persilangan merupakan salah satu program pemuliaan untuk memproduksi keturunan (hibrida) hasil kombinasi antara individu atau populasi berbeda dengan sifat unggul yang dapat digunakan untuk memperbaiki produktivitas ikan. Hibridisasi masih dapat digunakan untuk meningkatkan produktivitas saat heritabilitas ( $h^2$ ) besar maupun kecil, saat eksploitasi variasi genetik dominan (VD) tidak tergantung pada variasi genetik additif (VA). Eksploitasi VD lebih besar kalau ada VA. Hibridisasi dapat digunakan sebagai “*quick and dirty method*” sebelum seleksi digunakan (Tave, 1993). Rustidja (1998) menjelaskan bahwa beberapa keunggulan dari program hibridisasi, antara lain: 1) dapat meningkatkan produktivitas ketika heritabilitas ( $h^2$ ) kecil, karena saat ini metode seleksi sangat tidak efisien, 2) dapat digunakan sekaligus bersamaan dengan program seleksi sebagai persilangan akhir untuk menghasilkan ikan yang cepat tumbuh, 3) dapat digunakan untuk menghasilkan strain atau *breeder* yang baru, 4) merupakan metode paling efisien untuk menghasilkan keturunan yang seragam, 5) sangat berguna untuk memproduksi populasi ikan monoseks (satu jenis kelamin, jantan atau betina), 6) dapat menghasilkan keturunan steril, dan

7) sering digunakan untuk memproduksi superindukan atau induk superior.

Hibridisasi terbagi menjadi dua macam, yaitu hibridisasi intraspesifik (persilangan individu dalam satu spesies) dan hibridisasi interspesifik (persilangan antara spesies yang berbeda). Hibridisasi interspesifik umumnya dapat dilakukan antar spesies dalam genus yang sama. Tetapi, perkembangan saat ini dalam fertilisasi buatan, persilangan antara individu dalam genus yang berbeda memungkinkan terjadi. Hibridisasi untuk menghasilkan hibrida bernilai komersial juga telah berhasil pada beberapa spesies ikan, seperti pada ikan nila, mas, dan kerapu. Berbagai strain ikan nila (*Oreochromis niloticus*) yang diproduksi di Indonesia merupakan salah satu keberhasilan program hibridisasi intraspesifik, seperti ikan nila strain Wanayasa (Nirwana), Salabintana (Sultana), *Bogor enhanced strain tilapia (BEST)*, Sukamandi (Srikandi) atau terkenal dengan ikan nila salin hasil persilangan atau hibridisasi interspesifik *O. niloticus*  $\times$  *O. aureus*, *Japan for international cooperation agency (JICA)*, Anjani, Janti (Larasati), Pandu dan Kunti dari Klaten, Nilasa, Umbulan (Jatimbulan) dan ikan nila strain Kekar yang diproduksi oleh Hatchery Nila Kekar dari daerah Kersikan, Pasuruan, Jawa Timur. Berbagai strain ikan nila tersebut memiliki keunggulan masing-masing yang berbeda. Perkembangan selanjutnya dalam hibridisasi atau persilangan komoditas ikan nila adalah muncul ikan nila merah yang dikenal dengan istilah *National Inland Fish Institute (NIFI)* yang merupakan persilangan antara ikan jantan lokal dan betina luar negeri, ikan nila merah *genetic improvement of farmed tilapia (GIFT)* sebagai hasil persilangan delapan varietas ikan nila dari delapan negara, ikan nila merah Citralada, serta ikan nila *genetically enhanced of tilapia (GET)* yang berasal dari Filipina dan didatangkan ke Indonesia sekitar tahun 2000.

Pada spesies ikan patin (*Pangasianodon hypophthalmus*) dikenal ikan patin Pustina dan ikan patin Super Karya Anak Bangsa (PERKASA) yang mengindikasikan memiliki laju pertumbuhan, rasio konversi pakan, dan produktivitas lebih tinggi bila dibandingkan

dengan ikan patin lokal yang ada di masyarakat umumnya. BRPI (2020) menyatakan bahwa pertumbuhan ikan patin PERKASA lebih cepat sekitar 46%, lebih tahan terhadap serangan penyakit *Aeromonas* sp., dan lebih efisien bila dibandingkan dengan ikan patin lainnya. Demikian pula strain ikan mas (*Cyprinus carpio*) yang diproduksi di Indonesia, seperti ikan mas strain Puntan, Majalaya dan Sinyonya, dan Najawa. Pada ikan kerapu, hasil hibridisasi juga berhasil memproduksi jenis ikan kerapu dengan berbagai macam morfologi dan pola pertumbuhan serta kelangsungan hidup yang berbeda, seperti ikan kerapu Cantang (*Epinephelus fuscoguttatus* × *Epinephelus lenceolatus*) hasil persilangan antara ikan kerapu macan (betina) dan ikan kerapu kertang (jantan), ikan kerapu Cantik (*E. fuscoguttatus* × *E. microdon*) hasil persilangan antara ikan kerapu macan (betina) dan ikan kerapu batik (jantan), dan ikan kerapu Suntik (*Plectropomus leopardus* × *E. microdon*) hasil persilangan interspesifik antar genus berbeda, yaitu ikan kerapu sunu (betina) dan ikan kerapu batik (jantan).

Pada industri akuakultur saat ini, program hibridisasi seringkali digunakan bersamaan dengan program seleksi maupun manipulasi kromosomal, bahkan dikombinasikan dengan program rekayasa genetika modern (transgenik), sehingga sifat keunggulan dan peningkatan kualitas benih ikan yang diharapkan untuk diproduksi dapat lebih terarah dan diharapkan peningkatan produktivitas dalam budidayanya lebih cepat tercapai. Program seleksi atau di industri akuakultur global lebih dikenal dengan istilah *selective breeding* pada ikan telah diterapkan di beberapa *hatchery* atau *farm* akuakultur di Indonesia. Metode ini tidak terlalu sulit digunakan untuk menghasilkan sifat yang diinginkan, tetapi ketersediaan jumlah ikan dan fasilitas pemeliharaan yang memadai diperlukan, serta waktunya lama untuk mendapatkan perbaikan kualitas yang signifikan. Sebagai contoh, seleksi famili pada ikan memerlukan 10-12 generasi untuk memperoleh perbaikan kualitas genetika lebih dari 100% dengan respons per generasi sekitar 10-12% dan waktu yang diperlukan sekitar sepuluh tahun. Akan tetapi, saat ini telah berkembang penggunaan *marker-assisted selection* (MAS)

dalam program *selective breeding* untuk mempersingkat waktu peningkatan kualitas pada ikan budidaya.

Pada akuakultur, metode seleksi dapat dilakukan dengan menggunakan dua metode, yaitu seleksi individu dan seleksi famili. Seleksi individu disebut juga seleksi massa. Seleksi individu dilakukan melalui pemilihan individu-individu ikan dengan performa terbaiknya yang diharapkan untuk disiapkan menjadi induk (*broodstocks*) dalam memproduksi benih unggul. Seleksi individu adalah teknik seleksi yang paling sederhana dan lebih murah apabila dibandingkan dengan seleksi lainnya. Adapun seleksi famili adalah teknik seleksi dengan menggunakan performa dari beberapa populasi strain, baik itu “saudara tiri”, berasal dari beberapa induk ikan betina yang berbeda dengan induk ikan jantan yang sama (satu induk ikan jantan yang dapat membuahi beberapa induk ikan betina, terutama pada ikan yang bersifat poligami, seperti ikan nila dan gurami) maupun “saudara kandung”, berasal dari induk ikan betina dan jantan yang sama (satu induk jantan hanya membuahi satu induk ikan betina atau ikan yang bersifat monogami, seperti ikan lele dan patin).

Seleksi famili merupakan alternatif yang dapat dilakukan ketika pengaruh lingkungan relatif sulit terkontrol. Ada tiga jenis seleksi famili, yaitu seleksi dalam famili (*within family*), seleksi antar famili (*between family*), dan kombinasi kedua seleksi famili tersebut. Seleksi dalam famili dilakukan melalui cara memilih ikan dari setiap famili yang memiliki keturunan dengan sifat atau performa terbaik (seperti pertumbuhan) di atas rerata dalam famili tersebut. Metode ini untuk mengantisipasi perbedaan umur akibat tidak terjadinya proses pemijahan induk ikan secara serempak. Seleksi antar famili dilakukan sedikit berbeda, yaitu memilih beberapa famili ikan yang memiliki performa terbaik (pertumbuhan, efisiensi pakan, atau kelangsungan hidup) di atas rerata dari seluruh famili yang ada. Pada kombinasi antara seleksi dalam famili dan seleksi antar famili, famili dengan karakter atau performa terbaik dari hasil seleksi antar famili, dipilih individu-individu yang baik secara massa, artinya populasi yang memiliki performa terbaik yang

digunakan untuk budidaya. Rahayu *et al.* (2013) menemukan bahwa seleksi pada ikan nila putih Janti dapat menghasilkan perbaikan genetik dari rerata bobot tubuh ikan sebesar 30,12% untuk ikan nila jantan dan 27,92% untuk ikan nila betina.

*Hadirin yang berbahagia,*

### **Manipulasi Set Kromosom untuk Produksi Ikan Steril**

Manipulasi set kromosom merupakan alternatif yang dapat diaplikasikan dalam pengembangan akuakultur dan hanya membutuhkan waktu 2-3 generasi untuk program pemuliaan, pencarian jenis unggul, dan pemurnian strain (Rustidja 1991). Manipulasi set kromosom pada ikan merupakan strategi yang dapat digunakan untuk menghasilkan keturunan dengan karakter unggul, seperti pertumbuhan cepat, sintasan tinggi, dan toleran terhadap perubahan lingkungan. Pada ikan dengan fertilisasi eksternal, proses manipulasi set kromosom dapat dilakukan pada salah satu gamet sebelum fertilisasi, seperti ginogenesis dan androgenesis atau pada embrio (telur terfertilisasi), seperti poliploidisasi (triploidisasi dan tetraploidisasi). Beaumont dan Hoare (2003) menyatakan bahwa produk hasil manipulasi set kromosom tidak termasuk produk *genetically modified organisms* (GMOs). Poliploidi, terutama triploidi telah berhasil dilakukan pada beberapa spesies ikan komersial, kekerangan, dan krustase. Sebagai salah satu teknik manipulasi kromosom, induksi triploidi untuk memproduksi populasi ikan steril menjadi perhatian menarik dalam industri akuakultur dunia.

Triploidisasi adalah satu dari metode manipulasi set kromosom untuk menghasilkan benih ikan triploid dengan karakter steril, sehingga dapat mengontrol populasi dan memacu pertumbuhan lebih cepat daripada ikan diploid. Prinsip triploidisasi adalah produksi ikan triploid dengan jumlah set kromosom  $3n$ , sedangkan ikan diploid (normal) sebagaimana makhluk hidup dengan jumlah set kromosom  $2n$ . Jumlah set kromosom  $2n$  menghasilkan proses perpasangan kromosom dalam proses pembelahan sel dalam tubuh makhluk hidup, termasuk organisme akuatik berjalan dengan

normal sesuai mekanisme biologi alamiah. Akan tetapi, akibat jumlah set kromosom  $3n$ , maka ada satu set kromosom ( $n$ ) yang tidak memiliki pasangan kromosom lain sebagaimana halnya kromosom  $2n$ , menyebabkan proses pembelahan sel, khususnya pembentukan sel gamet (spermatogenesis atau oogenesis) tidak berjalan sesuai alamiahnya, sehingga perkembangan sel gamet terhambat dan sel reproduksi menjadi steril.

Manfaat lain triploidisasi adalah: a) mengurangi kompetisi reproduksi dengan ikan diploid, b) menghilangkan sifat migrasi pada ikan, seperti pada salmon, c) dapat digunakan untuk produksi keturunan spesies ikan tertentu, seperti pada *trout* (Okutsu *et al.*, 2008), d) menghasilkan persentase daging (*dressing*) ikan yang lebih tinggi, seperti pada ikan nila (Mukti, 2016; Mukti *et al.*, 2020), dan e) meningkatkan karkas dan kualitas daging ikan, seperti pada ikan nila (Mukti, 2016; Mukti *et al.*, 2020). Ikan triploid juga potensial digunakan dalam peningkatan stok populasi alami tanpa terjadinya integrasi genetik, mencegah reproduksi pada spesies pengganggu, dan sterilitas ikan transgenik. Semuanya berguna untuk mengurangi dampak lingkungan dan aplikasi konservasi genetik. Ikan triploid steril memungkinkan untuk mengurangi dampak ekologi melalui kompetisi pakan, ruang, dan perkawinan.

Pada beberapa spesies, ikan triploid memiliki ukuran testis dan ovarium lebih kecil, bobot gonad lebih rendah serta bobot daging, pemanfaatan protein, dan nisbah efisiensi protein lebih tinggi daripada ikan diploid, sehingga menguntungkan dalam akuakultur (Pechsiri dan Yakupitiyage, 2005). Sterilitas ikan triploid menyebabkan energi yang seharusnya untuk perkembangan gonad dan gametogenesis digunakan untuk pertumbuhan somatik. Ikan triploid memiliki pertumbuhan yang tinggi, terutama pada saat memasuki musim pemijahan. Produksi ikan triploid steril secara massal diharapkan menjadi salah satu alternatif untuk meningkatkan produktivitas akuakultur dalam upaya mencapai target ukuran konsumsi ekspor.

Triploid dapat dihasilkan melalui penghambatan mekanisme peloncatan *polar body* (PB) II (meiosis II), sesaat setelah fertilisasi normal pada ikan menggunakan aplikasi kejutan (*shocking*) yang

dapat dilakukan dengan bahan kimia, tekanan hidrostatik, dan/atau suhu (panas atau dingin) (Tiwary *et al.*, 2004). Bahan kimia yang sering digunakan untuk bahan penghambat (kejut), seperti *cytochalasin B*, *caffeine*, dan *hyperbaric nitrous oxide*. Ketika kejut dilakukan, PB II siap keluar, tetapi kemudian bergabung lagi dengan sitoplasma telur dan mengakibatkan *spindel* meiotik rusak, sehingga sel menghasilkan dua pronuklei betina. Kemudian, pronukleus jantan bergabung dengan pronuklei betina menghasilkan formasi embrio triploid. Perlakuan kejut menggunakan tekanan hidrostatik dapat menghasilkan persentase kelangsungan hidup dan ikan triploid lebih konsisten daripada kejut suhu dan perlakuan lainnya (Dunham, 2004). Tetapi, ketersediaan peralatan dan komponen serta harga yang cukup mahal merupakan kendala penggunaan tekanan hidrostatik dalam triploidisasi.

Pada beberapa spesies ikan, kejut suhu diketahui dapat memproduksi triploid dan ketepatan waktu awal serta lama perlakuan seiring dengan suhu (panas atau dingin) merupakan karakteristik yang berbeda antar spesies. Kejut suhu panas atau dingin dapat digunakan secara efektif. Kejut suhu lebih murah, mudah, efisien, dan dapat dilakukan dalam jumlah banyak, apabila dibandingkan dengan perlakuan kejut fisik atau kimiawi. Kejut suhu panas untuk saat ini merupakan metode yang paling mudah dilakukan, lebih murah, dan waktu yang dibutuhkan lebih singkat daripada kejut suhu dingin. Ikan triploid telah diproduksi secara buatan pertama kali di tahun 1959 oleh Swarup pada ikan *stickleback* melalui aplikasi kejut suhu panas. Sejak saat itu, perlakuan kejut suhu panas untuk induksi triploid telah berhasil dilakukan pada beberapa spesies ikan, seperti *catfish*, salmon, mas (Mukti *et al.*, 2001), dan nila (Pradeep *et al.*, 2012; Mukti, 2016; Mukti *et al.*, 2016, 2020; Carman *et al.*, 2023). Waktu meiosis II tiap spesies dapat bervariasi dan dipengaruhi suhu pada waktu fertilisasi dan perkembangan embrio. Standarisasi suhu yang berhubungan dengan perubahan perkembangan embrio diperlukan untuk mencapai hasil yang konsisten. Pengaruh strain atau famili mungkin berimplikasi pada efektivitas produksi individu triploid. Perbedaan genetik antar

strain dapat mempengaruhi laju perkembangan embrionik, kemudian mengubah parameter optimal untuk manipulasi embrio.

Induksi triploidi merupakan salah satu cara untuk memproduksi ikan steril yang bermanfaat dalam akuakultur, karena pada proses metabolisme, ikan mengalami pengurangan/penghambatan penggunaan energi untuk reproduksi, termasuk gametogenesis. Sebagai hasilnya adalah energi metabolisme dialihkan untuk pertumbuhan somatik. Ikan steril juga potensial untuk peningkatan sintasan yang lebih baik dibandingkan ikan diploid. Devlin *et al.* (2004) menyatakan bahwa peningkatan pertumbuhan ikan memberi manfaat besar dalam memperpendek waktu produksi, meningkatkan efisiensi pemanfaatan pakan dan produksi, dan dapat menjamin ketersediaan produk.

Kemampuan reproduksi ikan nila yang tinggi dan tidak terkontrol dapat menyebabkan populasi ikan yang dihasilkan sangat padat, tetapi berukuran kecil dan pertumbuhan lambat, sehingga kurang menguntungkan secara komersial dalam usaha akuakultur. Sterilisasi kemungkinan merupakan solusi terbaik yang menjadi pilihan untuk mengatasi permasalahan pada budidaya ikan nila (Pradeep *et al.*, 2011). Hasil penelitian pada ikan nila menunjukkan bahwa pertambahan bobot tubuh, nilai *gonadosomatic index* (*GSI*), dan ukuran diameter telur ikan nila triploid lebih tinggi daripada ikan nila diploid, masing-masing baik jantan maupun betina dapat dilihat pada Tabel 1. Bobot gonad ikan nila diploid semakin tinggi seiring dengan umur ikan saat musim pemijahan. Sebaliknya, bobot gonad ikan nila triploid cenderung konsisten rendah meskipun umur ikan bertambah, sebagaimana tergambarkan melalui nilai *GSI*. *GSI* dan ukuran atau diameter telur ikan secara umum meningkat seiring dengan perkembangan kematangan gonad dan terlihat lebih tinggi saat puncak musim pemijahan.

Sebagai konfirmasi atas sterilitas ikan nila triploid, maka diperlukan gambaran perbedaan gonad ikan nila triploid dan diploid, baik jantan maupun betina. Berdasarkan pengamatan secara visual mengindikasikan bahwa ikan nila triploid memiliki karakteristik steril dengan ukuran gonad sangat kecil dan terhambatnya perkembangan gonad bila dibandingkan dengan ikan nila diploid

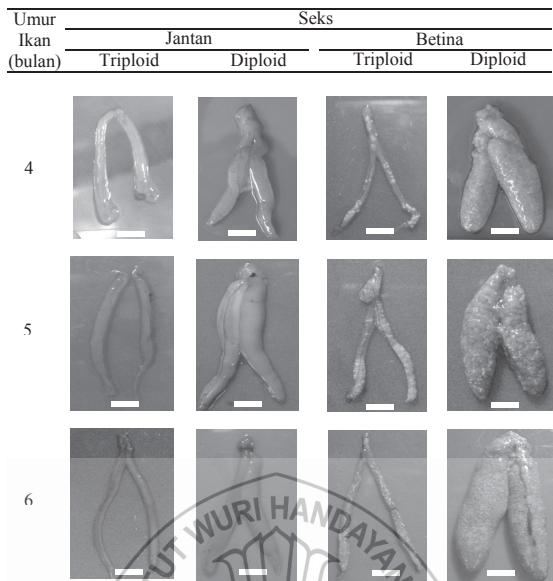
**Tabel 1.** Perbedaan bobot tubuh, *gonadosomatic index (GSI)*, dan diameter telur ikan nila triploid dan diploid, baik jantan maupun betina pada umur yang berbeda

| Parameter           | Kelompok ikan |   | Umur ikan (bulan)       |                          |                           |                           |
|---------------------|---------------|---|-------------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|
|                     |               |   | 3                       | 4                        | 5                         | 6                         |
| Bobot tubuh (g)     | Triploid      | ♂ | 60.5 ± 9.4 <sup>a</sup> | 65.0 ± 9.9 <sup>a</sup>  | 119.3 ± 11.9 <sup>a</sup> | 388.0 ± 52.7 <sup>a</sup> |
|                     |               | ♀ | 44.8 ± 4.2 <sup>b</sup> | 57.2 ± 6.9 <sup>b</sup>  | 106.8 ± 10.8 <sup>b</sup> | 264.7 ± 45.7 <sup>b</sup> |
|                     | Diploid       | ♂ | 34.1 ± 3.2 <sup>c</sup> | 60.4 ± 9.7 <sup>ab</sup> | 73.6 ± 6.8 <sup>c</sup>   | 272.6 ± 59.7 <sup>b</sup> |
|                     |               | ♀ | 33.5 ± 3.7 <sup>c</sup> | 49.2 ± 6.8 <sup>c</sup>  | 72.1 ± 9.7 <sup>c</sup>   | 244.4 ± 61.0 <sup>b</sup> |
| GSI (%)             | Triploid      | ♂ | 0.2 ± 0.2 <sup>a</sup>  | 0.2 ± 0.1 <sup>a</sup>   | 0.1 ± 0.1 <sup>a</sup>    | 0.2 ± 0.1 <sup>a</sup>    |
|                     |               | ♀ | 0.2 ± 0.3 <sup>a</sup>  | 0.4 ± 0.4 <sup>a</sup>   | 0.3 ± 0.3 <sup>a</sup>    | 0.1 ± 0.1 <sup>a</sup>    |
|                     | Diploid       | ♂ | 0.4 ± 0.6 <sup>a</sup>  | 0.4 ± 0.3 <sup>a</sup>   | 0.5 ± 0.3 <sup>b</sup>    | 0.5 ± 0.4 <sup>b</sup>    |
|                     |               | ♀ | 1.6 ± 1.6 <sup>b</sup>  | 2.3 ± 1.7 <sup>b</sup>   | 4.5 ± 1.3 <sup>c</sup>    | 3.2 ± 1.3 <sup>c</sup>    |
| Diameter telur (mm) | Triploid      | ♂ | -                       | -                        | -                         | -                         |
|                     |               | ♀ | 1.0 ± 0.1 <sup>a</sup>  | 1.2 ± 0.3 <sup>a</sup>   | 1.0 ± 0.0 <sup>a</sup>    | 1.1 ± 0.2 <sup>a</sup>    |
|                     | Diploid       | ♂ | -                       | -                        | -                         | -                         |
|                     |               | ♀ | 2.0 ± 0.2 <sup>b</sup>  | 2.3 ± 0.3 <sup>b</sup>   | 2.7 ± 0.2 <sup>b</sup>    | 2.7 ± 0.3 <sup>b</sup>    |

Keterangan: ♂ = seks jantan, ♀ = seks betina. Superskrip yang berbeda pada baris yang sama mengindikasikan perbedaan nyata ( $P < 0.05$ ) (Carman *et al.*, 2023).

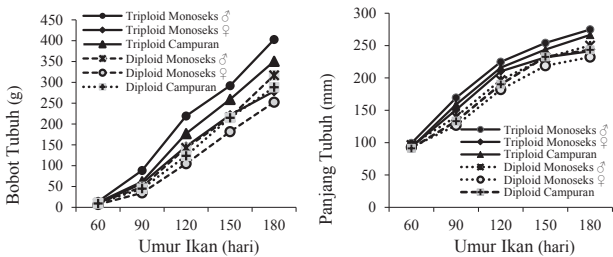
(jantan maupun betina), sebagaimana terlihat pada Gambar 2. Hasil histologi gonad juga membuktikan sterilitas ikan nila triploid dengan terhambatnya perkembangan gonad pada testes (jantan) dan ovari (betina) (Mukti, 2016; Carman *et al.*, 2023).

Selanjutnya, penelitian dilakukan untuk membuktikan konsistensi dan komplit sterilitas ikan nila triploid dan pengaruh dimorfisme seks pada ikan nila melalui budidaya ikan secara monoseks dan campuran dalam wadah yang berbeda secara terkontrol selama 6 bulan, seiring dengan umur musim kematangan gonad dan pemijahan ikan nila secara umum. Ikan nila triploid jantan yang dipelihara secara monoseks (hanya jantan) lebih cepat laju pertambahan bobot tubuh dan panjang tubuhnya bila dibandingkan dengan perlakuan lain, seperti ikan nila triploid yang dipelihara secara campuran (jantan dan betina) atau ikan nila triploid monoseks

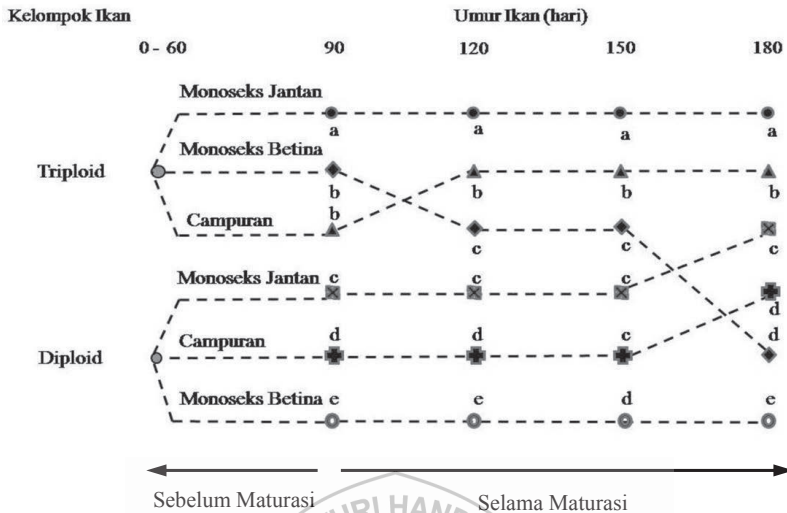


**Gambar 2.** Morfologi gonad jantan (testes) dan betina (ovari) ikan nila triploid dan diploid pada umur yang berbeda (skala bar = 10 mm) (Carman *et al.*, 2023).

betina (hanya betina). Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa ikan nila triploid yang dipelihara secara campuran (jantan dan betina) lebih tinggi bobot tubuh dan panjang tubuhnya apabila dibandingkan dengan perlakuan lain (Gambar 3). Pada Gambar 4



**Gambar 3.** Bobot tubuh dan panjang tubuh ikan nila triploid dan diploid monoseks jantan, monoseks betina dan campuran selama pemeliharaan hingga umur 180 hari (Mukti *et al.*, 2020).



**Gambar 4.** Skematis kecepatan pertumbuhan spesifik ikan nila triploid dan diploid selama empat bulan periode pembesaran. Keterangan: Superskrip berbeda pada umur yang sama mengindikasikan perbedaan nyata ( $P < 0,05$ ) (Mukti *et al.*, 2020).

menunjukkan pola pertumbuhan spesifik ikan nila triploid dan ikan nila diploid yang dipelihara secara monoseks jantan, monoseks betina, dan campuran (jantan dan betina) untuk masing-masing ikan dengan tingkat ploidi yang berbeda. Berdasarkan hasil penelitian tersebut mengindikasikan bahwa pertumbuhan ikan nila jantan secara umum lebih tinggi dibandingkan dengan ikan nila betina saat memasuki umur musim pemijahan.

Triploidisasi juga menghasilkan bobot *dressing* (*carcass*) sangat tinggi dibandingkan dengan ikan nila diploid. Demikian pula nilai *edible carcass* (*fillet*) ikan nila triploid yang steril lebih tinggi apabila dibandingkan dengan ikan nila diploid (Tabel 2). Hal ini menunjukkan bahwa produksi *flesh* atau daging jauh lebih besar pada ikan nila triploid.

**Tabel 2.** Persentase daging ikan nila triploid dan diploid, baik jantan maupun betina

| Kelompok Ikan | Bobot Tubuh (g) | Dressing                |                         | Edible carcass        |                         |                       |
|---------------|-----------------|-------------------------|-------------------------|-----------------------|-------------------------|-----------------------|
|               |                 | Bobot (g)               | (%)                     | Bobot (g)             | (%)                     |                       |
| Triploid      | ♂               | 414,1±39,2 <sup>a</sup> | 238,3±19,9 <sup>a</sup> | 57,6±1,8 <sup>b</sup> | 170,9±16,0 <sup>a</sup> | 41,3±1,4 <sup>a</sup> |
|               | ♀               | 260,8±24,0 <sup>c</sup> | 154,0±13,5 <sup>c</sup> | 59,1±1,6 <sup>a</sup> | 109,4±10,8 <sup>c</sup> | 42,0±1,2 <sup>a</sup> |
| Diploid       | ♂               | 332,0±29,7 <sup>b</sup> | 187,2±18,4 <sup>b</sup> | 56,4±1,6 <sup>b</sup> | 129,4±12,4 <sup>b</sup> | 39,0±1,6 <sup>b</sup> |
|               | ♀               | 259,4±14,1 <sup>c</sup> | 141,0±7,8 <sup>c</sup>  | 54,4±1,3 <sup>c</sup> | 98,5±6,0 <sup>d</sup>   | 38,0±1,4 <sup>b</sup> |

Keterangan: ♂ = seks jantan, ♀ = seks betina. Superskrip berbeda pada kolom yang sama mengindikasikan perbedaan nyata ( $P < 0,05$ ) (Mukti *et al.*, 2020).

Berdasarkan analisis proksimat *flesh* atau daging dari ikan nila triploid dan diploid terlihat pada Tabel 3. Kandungan protein kasar dari ikan nila triploid betina dan jantan adalah sama, tetapi lebih tinggi daripada ikan diploid ( $P < 0,05$ ). Kandungan lemak kasar dan abu dari ikan nila triploid, baik jantan maupun betina lebih rendah dibandingkan dengan diploid, sedangkan kandungan karbohidrat tidak berbeda nyata ( $P > 0,05$ ), baik jantan maupun betina.

**Tabel 3.** Analisis proksimat daging ikan nila triploid dan diploid, baik jantan maupun betina (% berdasarkan bobot kering)

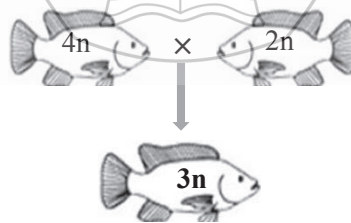
| Kelompok Ikan |   | Protein                | Lemak                | Abu                  | Karbohidrat          |
|---------------|---|------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| Triploid      | ♂ | 85,6±0,3 <sup>ab</sup> | 5,1±0,2 <sup>b</sup> | 6,2±0,2 <sup>c</sup> | 3,2±0,7 <sup>a</sup> |
|               | ♀ | 87,0±1,1 <sup>a</sup>  | 5,0±0,4 <sup>b</sup> | 5,9±0,0 <sup>d</sup> | 2,2±1,5 <sup>a</sup> |
| Diploid       | ♂ | 84,2±1,3 <sup>b</sup>  | 5,9±0,3 <sup>a</sup> | 7,1±0,0 <sup>a</sup> | 2,8±1,7 <sup>a</sup> |
|               | ♀ | 84,3±1,8 <sup>b</sup>  | 5,5±0,0 <sup>a</sup> | 6,4±0,3 <sup>b</sup> | 3,8±1,5 <sup>a</sup> |

Keterangan: ♂ = seks jantan, ♀ = seks betina. Superskrip berbeda pada kolom yang sama mengindikasikan perbedaan nyata ( $P < 0,05$ ) (Mukti *et al.*, 2020).

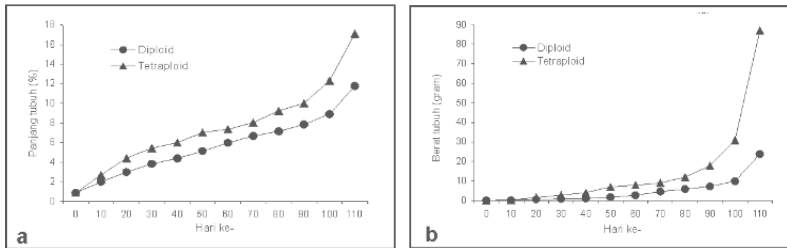
Produksi ikan triploid steril, selain dapat dihasilkan secara buatan melalui perlakuan kejut, memungkinkan juga dapat diproduksi secara alami melalui produksi ikan tetraploid. Proses tetraploidisasi dapat dilakukan menggunakan perlakuan seperti proses triploidisasi, hanya berbeda pada umur embrio yang digunakan. Tetraploidisasi dilakukan pada umur embrio sesaat

sebelum terjadi pembelahan pertama (mitosis). Umur embrio saat terjadinya pembelahan pertama (mitosis) pada tiap spesies berbeda-beda waktunya, sehingga faktor umur embrio dalam perlakuan poliploidisasi, termasuk juga sebenarnya dalam proses ginogenesis dan androgenesis sangat menentukan keberhasilan proses-proses atau program manipulasi set kromosom tersebut. Oleh karena itu, pengetahuan terkait embriologi atau perkembangan embrio pada organisme akuatik, khususnya ikan sangat penting.

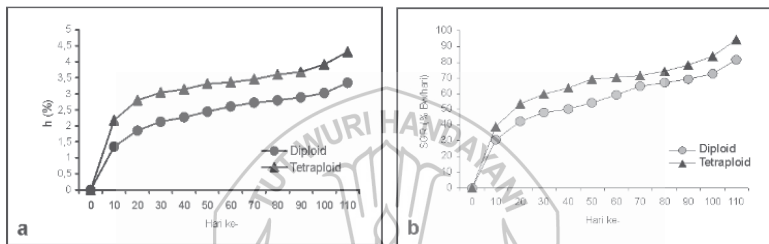
Tetraploidisasi menghasilkan ikan tetraploid dengan jumlah set kromosom  $4n$ , sehingga ikan tetraploid dapat mengalami proses perpasangan kromosom sebagaimana ikan diploid (normal) dan mengalami perkembangan reproduksi atau sel gamet (fertil), layaknya ikan diploid. Ikan tetraploid dapat dibesarkan dan dijadikan induk unggul untuk memproduksi ikan triploid. Performa pertumbuhan dan kelangsungan hidup ikan triploid yang berasal dari perlakuan triploidisasi dengan ikan triploid yang berasal dari perkawinan ikan tetraploid  $\times$  ikan diploid secara umum tidak berbeda. Konsep produksi ikan triploid alaminya adalah mengawinkan ikan tetraploid dengan ikan diploid, sehingga keturunan yang dihasilkan adalah semua ikan triploid secara massal, baik jantan maupun betina, sebagaimana skema:



Berdasarkan hasil penelitian Mukti (2007) pada ikan mas, pola pertambahan bobot tubuh dan panjang tubuh serta pertumbuhan ikan mas tetraploidi lebih tinggi apabila dibandingkan dengan ikan mas diploid (normal), sebagaimana terlihat pada Gambar 5 dan 6. Secara umum, peningkatan ploidi atau jumlah set kromosom dapat meningkatkan bobot tubuh dan pertumbuhan organisme



**Gambar 5.** Peningkatan panjang tubuh (a) dan bobot tubuh (b) ikan mas diploid dan tetraploid selama kurun waktu pemeliharaan 110 hari (Mukti, 2007).



**Gambar 6.** Pertumbuhan harian panjang relatif/h (a) dan bobot tubuh spesifik/SGR (b) ikan mas diploid dan tetraploid selama kurun waktu pemeliharaan 110 hari (Mukti, 2007).

hidup, termasuk ikan. Meskipun, apabila dilanjutkan saat musim pemijahan, maka ikan ploidi dengan set kromosom ganjil yang cenderung steril dimungkinkan memiliki pertumbuhan lebih cepat apabila dibandingkan dengan ikan ploidi yang memiliki set kromosom genap yang cenderung fertil.

*Hadirin yang saya hormati,*

### **Manipulasi Kromosom Seks untuk Produksi Ikan Monoseks**

Populasi ikan monoseks sangat diinginkan pada spesies tertentu dalam akuakultur karena kecepatan pertumbuhan ikan tinggi dan dapat mengontrol reproduksi secara dini. Praktek ini

penting pada budidaya ikan nila dengan pertumbuhan jantan jauh lebih cepat daripada betina, sedangkan pemijahan dini yang tidak terkontrol dapat mengurangi keuntungan operasional dalam akuakultur. Seks ikan dapat mempengaruhi secara signifikan pada akuakultur, karena perbedaan antara jantan dan betina dalam kecepatan pertumbuhan, ukuran, pola tingkah laku dan waktu pembiakan (Al-Ablani dan Phelps, 2002). Hal ini seringkali dikaitkan dengan pola pertumbuhan dan/atau kelangsungan hidup spesies ikan atau organisme akuatik lain antara ikan jantan dan betina. Terlebih lagi saat musim pemijahan. Secara umum, saat musim pemijahan, ikan betina mengalami keterlambatan atau perlambatan pertumbuhan dikarenakan mengalami kematangan gonad dan perkawinan serta pemijahan. Belum lagi perawatan embrio atau larvanya yang seringkali dilakukan oleh ikan betina, meskipun pada beberapa spesies ikan jantan memiliki peran sebagai “perawat” embrio dan larva ikan, seperti ikan arwana dan kuda laut. Sebaliknya, ikan jantan meskipun mengalami kematangan gonad dan pemijahan, tetap menunjukkan pola pertumbuhan harian sampai batas maksimal pola pertumbuhan ikan. Pada ikan hias, produksi ikan monoseks jantan sangat potensial dan menguntungkan dengan nilai jual tinggi, dikarenakan secara umum ikan hias jantan memiliki warna, bentuk tubuh, atau pola morfologi lain, seperti ekor dan sirip yang lebih menarik dibandingkan ikan hias betina. Oleh karena itu, program produksi monoseks lebih diarahkan untuk memproduksi ikan monoseks jantan melalui proses maskulinisasi. Terkecuali perkembangan lebih lanjut dengan penemuan terkait produksi ikan jantan super (*supermale*) atau ikan betina super (*superfemale*) yang selanjutnya digunakan sebagai indukan super untuk memproduksi ikan monoseks secara alami.

Maskulinisasi umumnya adalah perlakuan mengubah seks secara fenotip, karena secara genotip seks setiap spesies, termasuk ikan telah ditentukan semenjak terjadinya proses fertilisasi dan pembentukan kromosom. Dunham (1990) menyatakan bahwa meskipun seks setiap spesies secara genotip telah ditentukan sejak fertilisasi, tetapi penampilan seks secara fenotip dapat dipengaruhi oleh perkembangan masing-masing individu spesies tersebut.

Masing-masing spesies ikan memiliki rentang waktu diferensiasi seks yang berbeda-beda (spesifik spesies). Keberhasilan maskulinisasi pada ikan, termasuk pada ikan nila adalah tergantung pada periode terjadinya diferensiasi seks. Perlakuan maskulinisasi pada ikan dapat efektif jika dilakukan saat seks belum terdiferensiasi. Metode yang banyak digunakan untuk memproduksi populasi ikan monoseks, baik monoseks jantan (maskulinisasi) atau monoseks betina (feminisasi), adalah manipulasi suhu lingkungan, hibridisasi atau pemberian hormon steroid eksogen sintetis untuk maskulinisasi, seperti  $17\alpha$ -metiltestosteron/MT yang merupakan hormon anabolik dan androgenik sintetis untuk mendorong pertumbuhan otot dan perkembangan karakter seks jantan (Khalil *et al.*, 2011), dihidrotestosteron/DHT (Golan dan Levavi-Sivan, 2014), dehidroepiandrosteron/DHEA, 11 P-hidroksiandrostenedion/11P-HAT, 11-ketotestosteron/11-KT (Gennotte *et al.*, 2015), dan etiltestosteron/ET, sedangkan bahan lain yang dapat digunakan adalah *fadrozole* sebagai inhibitor aromatase (Gennotte *et al.*, 2015), dan madu (Mukti, 2009). Sebaliknya, program feminisasi umumnya menggunakan hormon estrogen sintetis, seperti  $17\beta$ -estradiol ( $E_2$ ). Hormon sintetis MT adalah hormon spesifik jantan yang secara umum digunakan untuk menginduksi maskulinisasi pada ikan teleostei, seperti hasil kajian pada ikan gurami (Mukti dan Rustidja 2002), karper *crucian* (Luo *et al.* 2011), *guppy* (Chakraborty *et al.*, 2012), dan nila (Beaven dan Muposhi, 2012) maupun pada krustase, seperti lobster air tawar (Satyantini dan Mukti, 2006; Mukti *et al.*, 2009).

Pada ikan nila yang termasuk spesies gonokoristik, tanda pertama kali diferensiasi seks (dimorfisme seks) secara histologi terlihat sekitar 11-27 hari setelah fertilisasi atau sepuluh hari sebelum diferensiasi secara histologi (Ijiri *et al.*, 2008). Hal ini membuktikan bahwa  $E_2$  endogen yang diproduksi oleh *cytochrome P450 aromatase* beraksi sebagai induser *ovarian* untuk menginduksi gonad yang belum terdiferensiasi berkembang menjadi ovarium (Guiguen *et al.*, 2010). Saat 11- $\beta$  hidroksilase sebagai enzim yang bertanggungjawab untuk memproduksi 11-KT tidak terlihat dalam gonad jantan selama periode kritis dari determinasi seks, hal ini menegaskan bahwa androgen endogen tidak bertanggung jawab

untuk diferensiasi testis (Ijiri *et al.*, 2008), maka pemberian hormon steroid eksogen dapat digunakan untuk mengontrol perkembangan seks secara efektif. Beberapa faktor yang dapat mempengaruhi keberhasilan perlakuan androgen pada maskulinisasi ikan nila, antara lain: spesies, umur ikan saat perlakuan hormon, lama perlakuan, serta jenis dan dosis hormon yang digunakan.

Pada ikan nila, maskulinisasi melalui perendaman hormon saat larva meningkatkan produksi seks jantan (Mukti *et al.*, 2002). Pada ikan gurami (*Osphronemus gouramy*), penggunaan dosis hormon untuk maskulinisasi melalui perendaman larva ikan gurami umur 14 hari setelah menetas dapat meningkatkan pertumbuhan benih ikan gurami dengan persentase kelangsungan hidup yang tidak berbeda nyata dengan perlakuan kontrol atau benih ikan gurami yang tidak diberikan perlakuan maskulinisasi (Mukti dan Rustidja, 2002). Satyantini dan Mukti (2006) membuktikan bahwa maskulinisasi pada lobster air tawar (LAT) *red claw* (*Cherax quadricarinatus*) dapat menghasilkan jenis kelamin (seks) jantan sebesar 76,8% (lebih tinggi 2.5 kali lipat daripada kontrol (sebesar 29,6%). LAT jantan memiliki warna yang lebih terang serta capit dan ukuran tubuh yang lebih besar. Penelitian pada ikan hias tetra Kongo, perlakuan hormon MT menghasilkan monoseks jantan lebih dari 87% (Arfah *et al.*, 2002).

Pada ikan patin, penggunaan hormon MT diarahkan untuk menghasilkan ikan patin jantan dengan homogametik atau karakter kromosom betina (XX). Selanjutnya, ikan jantan dengan kromosom XX dibesarkan untuk dijadikan indukan dan dikawinkan dengan ikan betina normal (kromosom XX), sehingga produk keturunannya adalah ikan patin monoseks betina (XX). Pola ini dilakukan untuk meningkatkan produktivitas budidaya ikan patin melalui penyediaan induk betina secara massal dengan tujuan akhir adalah produksi benih ikan secara massal. Hal ini dikarenakan kesulitan mendapatkan benih ikan patin dengan jumlah melimpah dengan ketersediaan induk yang terbatas pada musim pemijahan. Permasalahan utama pada ikan patin adalah kematangan gonad dan pemijahannya dipengaruhi faktor musim penghujan, sehingga produksi budidayanya juga dikendalikan oleh pengaruh musim

pemijahan induk ikan patin. Selain itu, pertumbuhan ikan patin betina lebih cepat (di atas 25%) dibandingkan ikan patin jantan. Penelitian Arfah dan Carman (2008) menunjukkan bahwa perlakuan hormon MT pada ikan patin dapat menghasilkan sekitar 67,7% ikan patin jantan dengan kromosom XX.

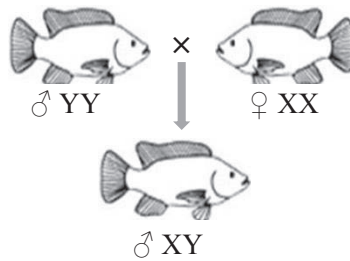
Pada sisi lain, ada kekhawatiran efek residu hormon yang terkandung dalam tubuh atau daging ikan akibat perlakuan hormon dalam proses maskulinisasi atau feminisasi. Hal ini menjadi kekhawatiran yang wajar dalam isu keamanan (*food security*) dan kesehatan pangan (*food safety*) yang terus berkembang di masyarakat, baik secara global maupun nasional, termasuk isu dampak pencemaran lingkungan. Meskipun hasil penelitian Suseno *et al.* (2020) mengindikasikan bahwa perlakuan hormon 17 $\alpha$ -MT dengan dosis yang tepat (tidak berlebihan) dan metode yang terbaik untuk program maskulinisasi pada ikan nila tidak menyebabkan residu hormon dalam daging maupun darah ikan nila. Bahkan kandungan residu hormon dalam tubuh maupun darah ikan nila terindikasi relatif lebih rendah daripada ikan nila tanpa maskulinisasi.

Perkembangan di masa mendatang, perlu adanya inovasi teknologi yang lebih aman dan sehat dalam meningkatkan produktivitas akuakultur melalui program perbaikan genetik menggunakan manipulasi kromosom seks pada ikan konsumsi. Salah satu alternatif pengganti hormon sintetis yang dapat dilakukan untuk memproduksi monoseks jantan secara alami adalah pemberian suplemen madu dalam pakan induk. Madu mengandung mineral yang dapat mempengaruhi keberhasilan spermatozoa Y dalam proses pembuahan, sehingga diharapkan semakin tinggi persentase spermatozoa Y yang membuahi sel telur, maka semakin tinggi pula larva atau benih berkelamin jantan yang dihasilkan oleh induk. Kandungan kalium dalam madu diduga memiliki fungsi mengarahkan diferensiasi seks ikan melalui jalur modulasi peredaran hormon testosteron dan mengendalikan hormon androgen dalam tubuh. Selain itu, adanya kandungan *chrysin* dalam madu yang berperan dalam perubahan kelamin (*sex reversal*) pada ikan. Ikan hias cupang (*Betta splinder*) yang diberikan tambahan madu dalam

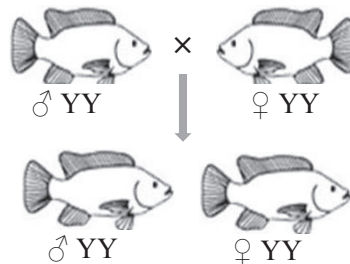
pakan induk dapat menghasilkan keturunan seks jantan di atas 80%, baik pada siklus pertama maupun siklus kedua pemijahan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian madu pada pakan induk LAT betina Mukti (2009) atau jantan (Mukti *et al.*, 2009) meningkatkan produksi benih jantan hampir 60%, lebih tinggi daripada (sekitar 46%). Pada penelitian lain terhadap pertumbuhan, maskulinisasi LAT melalui pemberian madu dalam pakan induk betina memberikan pengaruh nyata terhadap pertumbuhan spesifik benih LAT dengan peningkatan 1% g/hari dibandingkan dengan kontrol (Mukti *et al.*, 2010). Hal ini membuktikan bahwa produksi LAT seks jantan lebih efisien dalam peningkatan produktivitas akuakultur ke depan.

### **Manipulasi Kromosom Seks untuk Produksi Ikan Super (YY)**

Saat ini, produksi ikan super dengan kromosom seks YY menjadi perhatian menarik, meskipun teknologi yang dianggap sebagai rekayasa genetik klasik ini telah lama diteliti dan berhasil dilakukan pada beberapa spesies, khususnya spesies ikan yang menjadi komoditas penting dalam akuakultur di dunia, tidak terkecuali di Indonesia, seperti ikan nila. Produksi ikan super (YY) yang seringkali disebut sebagai ikan jantan super (*supermale*) karena membawa kromosom Y dengan sifat gen jantan sangat potensial dikembangkan, khususnya pada ikan nila atau ikan sejenis lainnya yang memiliki karakter seks jantan lebih cepat tumbuh, sehingga diharapkan produktivitas budidaya ikan menjadi lebih meningkat. Ikan dengan karakter kromosom YY, nantinya dapat digunakan sebagai induk unggul untuk memproduksi benih ikan monoseks jantan (XY) secara alami, massal, dan kontinyu. Hal ini sangat diharapkan untuk keberlanjutan dan kesinambungan budidaya (akuakultur) di masa mendatang. Model umum yang dijalankan adalah perkawinan antara induk ikan nila jantan super (kromosom YY) dengan induk ikan nila betina biasa / normal (kromosom XX) untuk memproduksi benih ikan monoseks jantan (kromosom XY).



Saat ini, kami bersama **Hatcery Nila Kekar (HNK) Pasuruan** sebagai salah satu industri akuakultur mandiri yang mengembangkan dan memproduksi benih serta budidaya ikan nila strain Kekar sedang mengkaji dan mengembangkan perbaikan genetik ikan nila melalui produksi ikan nila strain Kekar dengan karakter kromosom YY baik pada ikan jantan maupun betina. Harapan di masa depan, produksi ikan nila super (YY) dapat diproduksi secara alami, massal, dan kontinyu melalui persilangan antara ikan nila jantan dan betina yang sama-sama memiliki karakter kromosom YY, dengan gen seks yang berbeda. Model yang sedang kami kembangkan adalah perkawinan antara induk ikan nila jantan super (kromosom YY) dengan induk ikan nila betina super (kromosom YY) untuk memproduksi benih ikan jantan super atau ikan betina super dengan karakter kromosom yang sama, yaitu kromosom YY.



Kombinasi triploidisasi dan maskulinisasi pada spesies ikan belum banyak diteliti. Ikan nila triploid jantan menunjukkan

performa pertumbuhan yang sangat tinggi, sebagaimana penelitian sebelumnya, sehingga produksi ikan nila triploid monoseks jantan diharapkan dapat lebih menguntungkan dalam meningkatkan produktivitas akuakultur ikan nila.

*Hadirin yang berbahagia,*

### **Rekayasa Genetik Modern dalam Akuakultur**

Rekayasa genetik modern identik dengan aplikasi penggunaan gen atau DNA, termasuk marka DNA atau lebih spesifik juga *ribonucleic acid (RNA)*. Perkembangan teknologi rekayasa genetik modern saat ini juga melibatkan penggunaan genom yang telah diseleksi dan diedit (*genome editing*) yang selanjutnya dimasukkan ke dalam *host* atau inang (spesies ikan tertentu). Transgenesis adalah teknik memasukkan gen dari luar eksternal (*endogenous*) melalui gamet atau embrio dengan metode transfer gen. Selanjutnya gen yang ditransfer tersebut terintegrasi dalam *genome* inang dan diturunkan ke generasi atau keturunan selanjutnya. Metode transfer gen dapat dilakukan melalui tiga teknik, yaitu 1) mikroiinjeksi dengan alat micromanipulator, 2) elektroporasi dengan tegangan listrik, dan 3) transfeksi. Buwono *et al.*, (2016) berhasil memproduksi ikan lele transgenik melalui teknik elektroporasi sperma dengan pertumbuhan lebih cepat (2,7-3,5 kali lipat) daripada ikan lele non-transgenik (normal). Aplikasi transgenik pada beberapa spesies ikan telah berhasil dilakukan, seperti *antifreeze protein (AFP)* untuk meningkatkan toleransi dingin dan tahan beku (Fletcher, 2011), enzim antimikroba untuk memproduksi ikan patin tahan penyakit (Hadie, 2015), dan modifikasi sistem metabolisme asam lemak untuk meningkatkan produksi *EPA* dan *DHA* ikan (Alimuddin *et al.*, 2007).

Penggunaan hormon rekombinan seperti *recombinant growth hormone (rGH)* juga dapat bermanfaat dalam osmoregulasi, mempercepat proses perkembangan, membantu proses metabolisme dalam tubuh, peningkatan pertumbuhan dan reproduksi, serta fungsi imunitas pada ikan. Safir (2012) menggunakan *rGH* dari ikan kerapu kertang untuk mempercepat pertumbuhan ikan gurami

atau Dewi *et al.* (2013) memacu pertumbuhan ikan lele. Aplikasi transgenik untuk meningkatkan ketahanan udang terhadap serangan penyakit juga telah berhasil dikembangkan. Beberapa uji coba pada udang transgenik, baik udang windu (*Penaeus monodon*) maupun udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) dengan berbagai jenis penyakit menggunakan metode transfer gen untuk mendeteksi maupun meningkatkan resistensi terhadap serangan penyakit, seperti *Taura syndrome virus* (TSV) (Lu dan Sun, 2005), *white spot syndrome virus* (WSSV) dan *monodon baculo virus* (MBV) (Parenrengi *et al.*, 2011; Anshary dan Sriwulan, 2013), dan *Vibrio harveyi* (Parenrengi dan Tampangallo, 2013), sebagaimana terlihat pada Tabel 4.

**Tabel 4.** Aplikasi transgenik pada jenis udang

| Jenis udang  | Metode transgenik                                                                                     | Hasil                                                                                                          | Referensi                         |
|--------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|
| Udang windu  | <i>P. monodon</i> antivirus (PmAV)                                                                    | Menghasilkan performa lebih baik pasca uji vitalitas larva                                                     | Lante <i>et al.</i> (2015)        |
| Udang windu  | Transfeksi gen antivirus                                                                              | Kelulushidupan pasca infeksi <i>V. harveyi</i> 60% lebih tinggi                                                | Parenrengi dan Tampangallo (2013) |
| Udang windu  | Promoter antivirus (ProAV) dan cDNA gen antivirus dengan metode transfeksi menggunakan larutan jetPEI | Resistensi udang transgenik F0 lebih tinggi dengan kelangsungan hidup 95,6%                                    | Parenrengi (2010)                 |
| Udang vaname | <i>Antisense TSV-CP</i> dan <i>P. vannamei</i> $\beta$ -actin promote                                 | Ekspresi stabil, tidak ada kelainan biologis, peningkatan kelangsungan hidup (83%) ketika ditantang dengan TSV | Lu dan Sun (2005)                 |
| Udang windu  | <i>Kuruma prawn EF-1a promoter</i> dan gen <i>GFP</i> atau <i>CAT</i>                                 | Penyebaran merata ekspresi <i>GFP/CAT</i>                                                                      | Yazawa <i>et al.</i> (2005)       |

Teknologi *genome editing* saat ini telah mulai dikembangkan dalam rekayasa genetika modern pada ikan. Saat ini sistem *clustered regularly interspaced short palindromic repeats* (CRISPR/Cas9) telah dikembangkan dan digunakan dalam teknologi *genome editing*

untuk mengamati aktivasi dan regulasi gen dalam tubuh organisme akuatik, khususnya ikan. Putri (2019) telah berhasil menguji penggunaan *CRISPR/Cas9* pada ikan zebra (*Danio rerio*).

Akan tetapi, hingga saat ini, program rekayasa genetik modern pada organisme akuatik, khususnya produk ikan konsumsi masih menjadi perdebatan terkait isu etik dan kesejahteraan hewan (*animal welfare*), keamanan pangan (*food security*) dan hayati, kelestarian lingkungan, kesehatan pangan (*food safety*), serta persepsi masyarakat terhadap produk rekayasa genetik atau produk *genetically modified organisms* (*GMOs*) (Gjedrem, 2005). Isu terhadap produk *GMOs* memang masih menjadi pembahasan yang berkelanjutan, terkait regulasi pangan dan lingkungan, khususnya di Indonesia. Kenyataan berbeda ketika produk perikanan berbasis *GMOs* bukan dalam bentuk produk pangan (ikan konsumsi), tapi produk ikan hias. Hal ini menarik untuk dikaji lebih jauh terkait regulasi Pemerintah, ketika telah ada Fatwa Majelis Ulama Indonesia (MUI) Nomor 35 Tahun 2013 tentang Rekayasa Genetik dan Produknya, bahwa melakukan rekayasa genetik terhadap hewan, tumbuhan, dan mikroba adalah mubah (boleh) dengan syarat: bermanfaat, tidak membahayakan, dan sumber asal gen pada produk rekayasa genetika bukan berasal dari yang haram. FAO (2000) menyatakan bahwa risiko yang terkait dengan penggunaan bioteknologi saat ini dalam akuakultur “sangat terbatas dan kecil”.

Produk rekayasa genetik modern yang saat ini sedang populer di masyarakat akuakultur, khususnya akuakultoris atau pembudidaya ikan hias adalah pengembangan dan penyebaran ikan hias *Glofish* dengan keindahan dan keberagaman warna tubuhnya. Ikan ini menyebar di wilayah Indonesia, terutama sentra-sentra ikan hias di beberapa daerah, seperti Tulungagung, Kediri, dan Blitar serta sentra-sentra perdagangan (pemasaran) ikan hias di perkotaan, seperti di Surabaya (seperti Pusat Pasar Ikan Hias Gunungsari, Kota Surabaya). Ikan *Glofish* merupakan ikan hasil rekayasa genetik (transgenik) yang berhasil dilakukan oleh peneliti atau ilmuwan dari National University of Singapore (NUS) Singapura pada beberapa tahun sebelumnya, sekitar tahun 1999. Ikan ini merupakan modifikasi gen warna yang dilakukan pada ikan zebra

(*zebrafish*) yang aslinya berwarna transparan menggunakan *green flourescent protein (GFP)* yang awalnya diekstraksi dari ubur-ubur. Gen ini selanjutnya dikembangkan lebih luas, hingga memunculkan warna ikan yang tidak saja berwarna hijau, tetapi bisa berwarna merah, kuning, orange, dan biru. Ikan *Glofish* semula didesain untuk organisme akuatik (ikan) dalam mendeteksi lingkungan tercemar atau sebagai bio-indikator terhadap pencemaran lingkungan perairan. Perkembangan selanjutnya hingga saat ini, ikan ini menjadi daya tarik masyarakat, khususnya penghobi ikan hias.

## Kesimpulan

1. Rekayasa genetik untuk perbaikan dan peningkatan kualitas genetik dan performa ikan dalam upaya penyediaan benih ikan unggul guna peningkatan produktivitas akuakultur menjadi faktor penting di dunia industri akuakultur,
2. Rekayasa genetik, baik klasik maupun modern perlu terus dikaji dan dikembangkan dalam aplikasi bioteknologi akuakultur dengan tetap memperhatikan efisiensi, efektivitas, dan kemudahan masyarakat untuk mengadopsi dan menerapkan secara langsung di lapangan,
3. Rekayasa genetik pada ikan melalui program manipulasi kromosomal juga menjadi alternatif pilihan yang potensial untuk dikembangkan di masyarakat akuakultur sebagai upaya membantu Pemerintah dalam peningkatan produktivitas akuakultur di Indonesia.

## Rekomendasi

1. Regulasi Pemerintah dalam pengujian dan rilis (penyebaran) produk akuakultur hasil rekayasa genetik modern perlu ditindaklanjuti dengan lebih cepat melalui kerjasama dengan peneliti dan Perguruan Tinggi agar mendapatkan kepastian terkait produk *GMOs* dalam upaya peningkatan produktivitas akuakultur di masa mendatang.
2. Hilirisasi hasil riset dan pengembangan rekayasa genetik seperti manipulasi kromosomal pada ikan budidaya perlu didukung

melalui kerjasama peneliti Perguruan Tinggi dan dunia industri (DUDI) untuk mempercepat ketercapaian target Pemerintah dalam pemenuhan produksi ikan.

### **Ucapan Terima Kasih**

*Hadirin yang saya muliakan,*

Pada akhir pidato **Pengukuhan Guru Besar** ini, perkenankanlah saya menghaturkan puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan ridho, fadhol, karunia, rahmat, taufiq, dan hidayah-Nya yang tak terhingga kepada kami sekeluarga, sehingga saya dapat mencapai jabatan akademik tertinggi sebagai Guru Besar. Sholawat serta salam selalu saya panjatkan dan haturkan kepada Manusia Termulia Nabi Muhammad Rasulullah SAW. Jabatan akademik tertinggi ini sejatinya adalah Prestasi dari Orang Tua, Guru, Keluarga, Saudara, Sahabat, Kolega, dan semua pihak yang telah berjasa atas capaian ini. Pada kesempatan ini pula, dengan segala kerendahan hati, saya menghaturkan penghargaan dan terima kasih yang setinggi-tingginya atas do'a restu, bantuan, dukungan, kepercayaan, kesediaan, dan persetujuan pengusulan hingga pengangkatan Guru Besar saya dalam Bidang Ilmu Genetika dan Reproduksi Ikan pada Fakultas Perikanan dan Kelautan Universitas Airlangga kepada:

1. Pemerintah Republik Indonesia melalui Menteri Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi: Nadiem Anwar Makarim, BA., MBA. dan Direktur Jenderal Pendidikan Tinggi Kemendikbudristek: Prof. Ir. Nizam, M.Sc., DIC., Ph.D.
2. Rektor Universitas Airlangga: Prof. Dr. Mohammad Nasih, SE., MT., Ak., CMA. beserta para Wakil Rektor: Bidang Akademik, Kemahasiswaan, dan Alumni, Prof. Dr. Bambang Sektiari Lukiswanto, drh., DEA.; Bidang Sumberdaya, Prof. Dr. Muhammad Madyan, SE., M.Si., M.Fin.; Bidang Riset, Inovasi, dan Community Development, Prof. Dr. Dra. Ni Nyoman Tri Puspaningsih, M.Si.; dan Bidang Internasionalisasi, Digitalisasi dan Informasi, Prof. dr. Muhammad Miftahussurur, M.Kes., Sp.PD-KGEH., Ph.D.

3. Ketua Senat Akademik Universitas Airlangga: Prof. dr. Djoko Santoso, Sp.PD-KGH., FINASIM, Ph.D. dan Sekretaris Senat Akademik: Prof. Dr. Drs. Musta'in Mashud, M.Si. beserta seluruh Ketua Komisi dan anggota Senat Akademik Universitas Airlangga.
4. Sekretaris Universitas Airlangga: Dr. Drs. Koko Srimulyo, M.Si.
5. Tim Penilai Angka Kredit (PAK) Nasional/Pusat, Universitas, dan Fakultas Perikanan dan Kelautan Universitas Airlangga, terkhusus Prof. Ir. Mochammad Amin Alamsjah, M.Si., Ph.D. dan Prof. Dr. drh. Iwan Sahrial Hamid, M.Si. yang telah membantu koreksi serta penilaian karya ilmiah dan unsur angka kredit saya, serta Prof. Dr. drh. Sri Subekti, DEA. dan Prof. Dr. Ir. Maftuch, M.Si. (Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Brawijaya) yang telah membantu koreksi dan penilaian karya ilmiah saya sebelumnya.
6. Ketua Lembaga Inovasi, Pengembangan Jurnal, Penerbitan, dan Hak Kekayaan Intelektual Universitas Airlangga: Prof. Drs. Hery Purnobasuki, M.Si., Ph.D. beserta seluruh staf LIPJPHKI Universitas Airlangga yang telah membantu koreksi karya ilmiah saya.
7. Direktur Sumber Daya Manusia Universitas Airlangga: Prof. Dr. Ir. Endang Dewi Masithah, MP. beserta seluruh staf SDM Universitas Airlangga.
8. Dekan Fakultas Perikanan dan Kelautan Universitas Airlangga: Prof. Ir. Mochammad Amin Alamsjah, M.Si., Ph.D. beserta para Wakil Dekan: I, Dr. Ir. Woro Hastuti Satyantini, M.Si.; II, Dr. Laksmi Sulmartiwi, S.Pi., MP.; dan III, Dr. Eng. Supto Andriyono, S.Pi., MT.
9. Dekan Fakultas Perikanan dan Kelautan Universitas Airlangga sebelumnya: Prof. Dr. drh. Sri Subekti, DEA. dan Prof. Dr. drh. Mirni Lamid, MP. beserta para Wakil Dekan: Dr. Ir. Endang Dewi Masitah, MP., Ir. Muhammad Arief, M.Kes. (alm.), dan Ir. Wahyu Tjahjaningsih, M.Si.
10. Ketua Badan Pertimbangan Fakultas Perikanan dan Kelautan Universitas Airlangga: Dr. Ir. Kismiyati, M.Si. dan Sekretaris

- BPF: Dr. Rr. Juni Triastuti, S.Pi., M.Si. beserta anggota BPF Fakultas Perikanan dan Kelautan Universitas Airlangga.
11. Ketua Departemen Akuakultur sekaligus Koordinator Program Studi Akuakultur Fakultas Perikanan dan Kelautan Universitas Airlangga: Putri Desi Wulan Sari, S.Pi., M.Si., beserta seluruh kolega/sejawat staf Departemen Akuakultur: Prof. Dr. Ir. Hari Suprpto, M.Sc. (alm.), Ir. Muhammad Arief, M.Kes. (alm.), Ir. Sudarno, M.Kes. (purna), Ir. Agustono, M.Kes. (purna), Ir. Boedi Setya Rahardja, MP. (purna), Prof. Dr. Ir. Gunanti Mahasri, M.Si., Dr. Ir. Kismiyati, M.Si., Ir. Rahayu Kusdarwati, M.Kes., Dr. Ir. Woro Hastuti Satyantini, M.Si., Abdul Manan, S.Pi., M.Si., Ph.D., Daruti Dinda Nindarwi, S.Pi., MP., Luthfiana Aprilianita Sari, S.Pi., M.Si., Rozi, S.Pi., M.Biotech., Nina Nurmalia Dewi, S.Pi., M.Si., Muhamad Amin, S.Pi., M.Sc., Ph.D., Wahyu Isoni, S.Pi., MP., Dr. Veryl Hasan, S.Pi., MP., Syifania Hanifah Samara, S.Pi., M.Sc., Muhammad Browijoyo Santanumurti, S.Pi., M.Sc., Ayu Lana Nafisyah, S.Pi., M.Sc., Ph.D., dan Dita Wisudawati, S.Pi., M.Sc.
  12. Ketua Departemen Kelautan sekaligus Koordinator Program Studi Teknologi Hasil Perairan Fakultas Perikanan dan Kelautan Universitas Airlangga: Dr. Rr. Juni Triastuti, S.Pi., M.Si. beserta seluruh kolega/sejawat staf Departemen Kelautan: Prof. Dr. drh. Sri Subekti, DEA. (purna), Ir. Wahyu Tjahtjaningsih, M.Si. (purna), Prof. Ir. Mochammad Amin Alamsjah, M.Si., Ph.D., Prof. Dr. Ir. Endang Dewi Masithah, MP., Dr. Ir. Adriana Monica Sahidu, M.Kes., Dr. Laksmi Sulmartiwi, S.Pi., MP., Dr. Ahmad Shofy Mubarak, S.Pi., M.Si., Dr. Eng. Sapto Andriyono, S.Pi., MT., Kustiawan Tri Pursetya, S.Pi., M.Vet., Heru Pramono, S.Pi., M.Biotech, Ph.D., Annur Ahadi Abdillah, S.Pi., M.Si., Ph.D., Dwi Yuli Pujiastuti, S.Pi., MP., M.Sc., M. Nur Ghoyatul Amin, S.TP., MP., M.Sc., Eka Saputra, S.Pi., M.Si., Dwitha Nirmala, S.Pi., M.Si., Dr. Eng. Patmawati, S.Pi., M.Si., dan Lailatul Luthfiyah, S.Pi., M.Si.
  13. Koordinator Program Studi Akuakultur, Sekolah Ilmu Kesehatan dan Ilmu Alam (SIKIA) Universitas Airlangga beserta seluruh kolega/sejawat staf.

14. Kepala Tata Usaha Fakultas Perikanan dan Kelautan Universitas Airlangga beserta para Kepala Sub Bagian dan rekan tenaga kependidikan Fakultas Perikanan dan Kelautan Universitas Airlangga, terkhusus Surtinem, S.Sos., Eki Pristiyanto, S.Pd., M.Pd. (alm.), Anita Erna Faricha, S.Ptk., Dwi Retno Pratyowati, SE., dan Mohammad Arifin, S.Pi..
15. Seluruh Panitia Pengukuhan Guru Besar di Universitas maupun di Fakultas dari Departemen Akuakultur Fakultas Perikanan dan Kelautan Universitas Airlangga.
16. Guru sekaligus keluarga saya di ex. Laboratorium Embriologi Fakultas Kedokteran Hewan Universitas Airlangga: Prof. Dr. drh. Bambang Poernomo S., MS., PA.Vet. (K), Prof. Dr. drh. Widjiati, M.Si., Prof. Dr. drh. Epy Muhammad Luqman, M.Si., PA.Vet., dan Dr. drh. Maslichah Mafruchati, M.Si.
17. Guru saya dan kolega di Jurnal Biosains Pascasarjana Universitas Airlangga sekaligus Chief Editor: Prof. Dr. Suryani Dyah Astuti, S.Si., M.Si. beserta seluruh staf pengelola Jurnal Biosains Pascasarjana Universitas Airlangga
18. Guru saya, sejak menempuh pendidikan Sekolah Dasar di SD Negeri III Dinoyo Malang, Sekolah Menengah Pertama di SMP Negeri 8 Malang, Sekolah Menengah Atas di SMA Negeri 8 Malang, Sarjana (S1) di Fakultas Perikanan Universitas Brawijaya Malang, Magister (S2) di Program Studi Biologi Molekuler Reproduksi Program Pascasarjana Universitas Brawijaya Malang, dan Doktor (S3) di Program Studi Ilmu Akuakultur, Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor, serta Pasca Doktor (PPD) di Departemen Akuakultur, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor.
19. Terkhusus Guru sekaligus Pembimbing Akademis saya: Prof. Dr. Ir. Rustidja, MS. (alm.), Prof. Ir. Marsoedi, Ph.D. (alm.), Dr. Ir. Maheno Sri Widodo, MS., Prof. Drs. Sutiman Bambang Sumitro, SU, D.Sc., dan Prof. Dr. Ir. Mohammad Sasmito Djati, MS. (Universitas Brawijaya), Prof. Dr. Ir. Komar Sumantadinata, M.Sc. (alm.), Prof. Dr. Ir. Muhammad Zairin Junior, M.Sc. (alm.), Dr. Ir. Odang Carman, M.Sc., Prof. Dr.

- Alimuiddin, S.Pi., M.Sc., dan Prof. Dr. Ir. Muhammad Agus Suprayudi, M.Sc. (IPB University).
20. Guru saya di Masyarakat Akuakultur Indonesia dan Marikultur Nasional, terkhusus Prof. Dr. Ir. Rokhmin Dahuri, M.Sc.
  21. Guru sekaligus Orang Tua saya, Ir. H. Kartojo Ardiwinoto beserta Ibu dan keluarga, Bram Tuswojo, ST. dan Adi Nugroho, SE.
  22. Guru yang sangat saya ta'ati dan ta'dzhimi: Almaqhfurlah Habib Alwi al Idrus, Habib Abdullaah bin Abdurrachman Maulahela, Drs. KHM. Kamilun Muhtadien, MA., dan KHM. Basori Alwi Murtadho (Malang), dan KH. Nasruddin Zaini (Banyuwangi) serta terkhusus Habib Sholeh al Idrus (Malang) semoga segera diberikan kesembuhan dan kesehatan kembali.
  23. Guru dan Sahabat saya di IKAPMII Malang, terkhusus Guru saya sekaligus Ketua Ikatan Sarjana Nahdlatul 'Ulama (ISNU) Jawa Timur, Prof. H. M. Mas'ud Said, MM., Ph.D.
  24. Guru dan Sahabat saya di Forum Studi Mahasiswa Pengembang Penalaran (Fordi Mapelar) Universitas Brawijaya.
  25. Orang Tua tercinta sekaligus Guru Utama saya: Ayahanda H. Mochammad Ichsan Mukti (alm.) dan Ibunda Hj. Siti Sumiati, Ayahanda H. Abu Bakrin Soleh dan Ibunda Dra. Hj. Zuhro yang selalu memberikan kasih sayang, perhatian, dan do'a ikhlas terbaiknya untuk kami sekeluarga.
  26. Istri tercinta, Hj. Alfin Naili, S.Pd. beserta Putra-Putri tercinta: Muchammad Katsirudz Dzikri al Mukti (alm.), Nuur Rochmatusy Syifa al Mukti, Nuur Royani Izzahbillah al Mukti, dan Muhammad Uwais Abdurrachman al Mukti yang telah bersyabar dan selalu memberikan dukungan, kasih sayang, perhatian, dan do'a serta pengertian hingga saat ini.
  27. Kakak tercinta beserta keluarga: Nurhayati Mukti (alm.), M. Husni Mukti (alm.), M. Fauzi Mukti (alm.), Ir. Tutik Zubaidah Mukti (alm.) dan suami Ir. Wuryanto, Ir. Ida Laila Mukti, Mohammad Kholili Mukti dan istri Umi Zahrotul Wardah, serta Abdul Hadi Mukti dan istri mbak Dini.
  28. Adik tercinta beserta keluarga: Abdul Halim Mukti, S.Kom. dan istri Andini Dwi Ariyanti, A.Md., Muhammad Khozin Mukti,

- S.Sn., M.Sn., Mahmudah Mukti, ST. dan suami Abdurrohim Haykal, ST., MM., Mochammad Rif'an, ST. dan istri Aisyah Toriq Bawazir, Mochammad Nur Zuhdi, A.Md. dan istri Ocha Destalia Nuril Aziza, S.Farm, Apt.
29. Seluruh Keponakan tersayang, baik di Malang maupun di Sepanjang, Sidoarjo.
  30. Keluarga Besar Bani Mbah Ninti dan Bani Mbah Hj. Munawaroh (Madura dan Malang), Bani KHM. Noer Yahya (Waru, Sidoarjo), dan Bani H.M. Soleh Jaiz (Sepanjang, Sidoarjo).
  31. Sahabat saya dari SDN III Dinoyo, SMPN 8 dan SMAN 8 Malang.
  32. Sahabat saya dari *Cannabis sativa* (Keluarga Bio Satu Smarihasta Viva) SMAN 8 Malang.
  33. Sahabat saya dari Alumni Fakultas Perikanan Universitas Brawijaya '93.
  34. Sahabat saya dari Ilmu Akuakultur 2011 Sekolah Pascasarjana, IPB University.
  35. Guru dan Sahabat saya dari KBIHU Jabal Rohmah Malang, terkhusus Jama'ah JAROH 2022 atas perhatian, dukungan, do'a restu, dan kebersamaan hingga saat ini.
  36. Seluruh Mahasiswa Bimbingan Tim Penelitian Laserpunktur pada Ikan dari PS S1 Akuakultur dan PS S2 Ilmu Perikanan Fakultas Perikanan dan Kelautan serta PS S1 Fisika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Airlangga.
  37. Seluruh Mahasiswa Bimbingan Tim Penelitian Nila Kekar, Maskulinisasi pada Ikan, dan Lobster dari PS S1 Akuakultur Fakultas Perikanan dan Kelautan Universitas Airlangga.
  38. Seluruh pihak yang tidak dapat saya sebutkan satu per satu yang telah sangat berjasa dalam menghantarkan saya hingga mencapai Jabatan Akademik Guru Besar ini.
  39. Seluruh hadirin dan undangan yang telah berkenan meluangkan waktu dan bersabar mendengarkan pidato Pengukuhan Jabatan Guru Besar pada hari ini, saya haturkan pula permohonan maaf sebesar-besarnya apabila ada yang kurang berkenan. Semoga Allah SWT melimpahkan ridhlo, fadhlo, rahmat, dan hidayah-Nya serta membalas semua kebaikan dengan balasan

kebarokahan ilmu dan kebaikan berlipat pada kita semua,  
Aaamiin ya Rabbal'alamiin.

MENCARI ILMU WAJIB BAGI MANUSIA SEJAK LAHIR  
HINGGA AKHIR HAYAT

**“Beribadahlah dengan sesungguhnya seolah-olah akan  
mati esok hari dan Belajarlal (Bekerjalah) dengan  
sesungguhnya seolah-olah akan hidup untuk selamanya”**

*Alkhamdulillaahirabbil `aalamiin,  
Billaahi tauliq wal hidaayah waridhloo wal inaayah,  
Wallaahulmuwaffiq ilaa aqwamith thooriq,  
Wassalaamu'alaikum warakhmatullaahi wabarakaatuh.*



## DAFTAR PUSTAKA

- Al-Ablani SA., Phelps RP. 2002. Paradoxes in exogenous androgen treatments of bluegill. *J. App. Ichthyol*, 18:61-64.
- Alimuddin, Yoshizaki G., Carman O., Takeuchi T. 2007. Efektivitas promoter hCMV, mEF1 $\alpha$ , dan mAct dalam mengatur ekspresi gen asing pada transgenik ikan zebra. *J Akua Indonesia*, 6(1): 65-77.
- Anshary H., Sriwulan. 2013. Deteksi *white spot syndrome virus* (WSSV) dan *monodon baculo virus* (MBV) secara simultan pada induk udang windu *Penaeus monodon* dari Perairan Makassar dan sekitarnya dengan teknik duplex PCR. *J Penel Perik Indonesia*, 11: 69-73.
- Arfah H., Alimuddin, Sumantadinata K., Ekasari J. 2002. Seks reversal pada ikan tetra Kongo stadia larva. *J Akua Indonesia*, 1(2): 69-74.
- Arfah H., Carman O. 2008. Manipulasi hormon dan suhu untuk produksi jantan homogametik (XX) dalam rangka pengembangan budidaya monoseks betina ikan patin *Pangasionodon hypophthalmus*. *J Akua Indonesia*, 7(1): 33-38.
- Beaumont AR., Hoare K. 2003. *Biotechnology and Genetics in Fisheries and Aquaculture*. Blackwell Science, Oxford.
- Beaven U., Muposhi V. 2012. Aspects of a monosex population of *Oreochromis niloticus* fingerlings produced using 17 $\alpha$ -methyltestosterone hormone. *J Aqua Res Dev*, 3(3): 132.
- Bhujel RC. 2021. Recent Trends and Development in Aquaculture – Global Perspective. USSEC Introductory Training on Freshwater Hatcheries Improvement, July 14-22, 2021.
- Bostock J., McAndrew B., Richards R., Jauncey K., Telfer T., Lorenzen K., Little D., Ross L., Handisyde N., Gatward I., Corner R. 2010. Aquaculture: global status and trends. *Phil Trans Royal Soc B*, 365: 2897-2912.
- BRPI [Balai Riset Pemuliaan Ikan]. 2020. Produksi Induk Patin Unggul: Mengenal Patin Perkasa (Tumbuh Cepat). Aquabinar Trobos Aqua, 2 September 2020.
- Buwono ID., Iskandar, Agung MUK., Subhan U. 2016. Perakitan ikan lele (*Clarias* sp.) transgenik dengan teknik elektroporasi sperma. *J Biol*, 20(1): 17-28.
- Carman O., Mukti AT, Zairin Jr. M., Alimuddin. 2023. Reproductive performances of triploid male and female Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) at different ages. *Biodiversitas*, 24(8): 4235-4242.

- Chakraborty SB., Molnar T., Hancz C. 2012. Effects of methyltestosterone, tamoxifen, genistein and *Basella alba* extract on masculinization of guppy *Poecilia reticulata*. *J App Pharm Sci*, 2(12): 48-52.
- Devlin R., Biagi CA., Yesaki TY. 2004. Growth, viability and genetic characteristics of GH transgenic coho salmon strains. *Aquaculture*, 236: 607-632.
- Dewi, RRSPS., Marnis H., Suprpto R., Syawalia N. 2013. Produksi ikan lele cepat tumbuh generasi F-0 menggunakan metode transgenesis. *J Ris Akua*, 8(2): 173-180.
- Djuanda RE. 2022. Gizi Ikan untuk Kecantikan dan Mencegah Stunting. Webinar Hari Ikan Nasional, 10 November 2022.
- Dunham RA. 1990. Production and use of monosex a sterile fishes in aquaculture. *Aqua Sci*, 2: 1-7.
- Dunham RA. 2004. *Aquaculture and Fisheries Biotechnology: Genetic Approaches*. CABI, Cambridge.
- FAO [Food and Agriculture Organization]. 2000. The State of World Fisheries and Aquaculture. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- FAO [Food and Agriculture Organization]. 2011. FishStatJ - Software for fishery statistical time series: aquaculture production (quantities and values) 1950-2009. [Internet]. [diunduh 2012 Sept 7]. Tersedia pada: [www.fao.org/fishery/statistics/software/fishstat/en](http://www.fao.org/fishery/statistics/software/fishstat/en).
- FAO [Food and Agriculture Organization]. 2022. The State of World Fisheries and Aquaculture 2022, Towards Blue Transformation. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- Fletcher GL., Shears M., King MJ., Davies P. 2011. Evidence for antifreeze protein gene transfer in Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Can J Fish Aquat Sci*, 45(2): 352-357.
- Gennotte V., Kinkela MP., Ulysse B., Djetouan AD., Sompagnimdi BF., Tomson T., Melard C., Rougeot C. 2015. Brief exposure of embryos to steroids or aromatase inhibitor induces sex reversal in Nile tilapia *Oreochromis niloticus*. *J Exp Zool*, 323A: 31-38.
- Georgieff MK. 2007. Nutrition and the developing brain: nutrient priorities and measurement. *Am J Clin Nutr*, 85(2): 614S-620S.
- Gjedrem T. 2005. *Selection and Breeding Programs in Aquaculture*. Springer, Netherlands.
- Golan M., Levavi-Sivan B. 2014. Artificial masculinization in tilapia involves androgen receptor activation. *Gen Comp Endocrinol*, 207: 50-55.

- Guiguen Y., Fostier A., Piferrer F., Chang CF. 2010. Ovarian aromatase and estrogens: a pivotal role for gonadal sex differentiation and sex change in fish. *Gen Comp Endocrinol*, 165: 352-366.
- Hadie W., Sularto, Hadie LE., Lusiastuti AM., Alimuddin, Tahapari E., Marnis H. 2015. Inseri gen lizoim pada ikan patin Siam *Pangasianodon hypophthalmus* (Sauvage, 1878) untuk membentuk galur tahan penyakit. *J Iktiologi Indonesia*, 15(2): 119-127.
- Hulata G. 2001. Genetic manipulations in aquaculture: a review of stock improvement by classical and modern technologies. *Genetica*, 111: 155-173.
- Ijiri S., Kaneko H., Kobayashi T., Wang DS., Sakai F., Paul-Prasanth B., Nakamura M., Nagahama Y. 2008. Sexual dimorphic expression of genes in gonads during early differentiation of a teleost fish, the Nile tilapia *Oreochromis niloticus*. *Biol Reprod*, 78: 333-341.
- Khalil WKB., Hasheesh WS., Marie M-AS., Abbas HH., Zahran EA. 2011. Assessment the impact of 17 $\alpha$ -methyltestosterone hormone on growth, hormone concentration, molecular and histopathological changes in muscles and testis of Nile tilapia *Oreochromis niloticus*. *Life Sci J*, 8(3): 329-343.
- Lante S., Tenriulo A., Parenrengi A. 2015. Performa Larva Udang Windu, *Penaeus monodon* Transgenik dan Tanpa Transgenik pmAV Pasca Uji Vitalitas dan Morfologi. Prosiding Forum Inovasi Teknologi Akuakultur 2015.
- Luo KK., Xiao J., Liu SJ., Wang J., He WG., Hu J., Qin QB., Zhang C., Tao M., Liu Y. 2011. Massive production of all-female diploids and triploids in the crucian carp. *Int J Biol Sci*, 7(4): 487-495.
- Lu Y., Sun PS. 2005. Viral resistance in shrimp that express an antisense Taura syndrome virus coat protein gene. *Antiviral Res*, 67(3): 141-146.
- Mukti AT. 2007. Perbandingan pertumbuhan dan perkembangan gonad ikan mas (*Cyprinus carpio* Linn.) diploid dan tetraploid. *Berkala Penel Hayati*, 13(1): 27-32.
- Mukti AT. 2009. Pengaruh suplementasi madu dalam pakan induk betina terhadap persentase jantan dan betina, pertumbuhan dan kelangsungan hidup benih lobster air tawar *red claw* (*Cherax quadricarinatus*). *J Akua Indonesia*, 8(1): 37-45.
- Mukti AT. 2016. Triploid dan Dimorfisme Seks, Performa Reproduksi dan Produksinya pada Ikan Nila *Oreochromis niloticus*. Disertasi. Program Studi Ilmu Akuakultur, Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor, Bogor.

- Mukti AT., Aprilia FT., Rahmahani J., Arief M. 2010. Penambahan suplemen madu dalam pakan guna meningkatkan pertumbuhan dan kelulushidupan benih lobster air tawar *red claw* (*Cherax quadricarinatus*). *J Ilmiah Perik Kel*, 2(2): 151-157.
- Mukti AT., Carman O., Alimuddin, Zairin Jr. M. 2016. A rapid chromosome preparation technique without metaphase arrest for ploidy determination in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Caryologia*, 6(2): 175-180.
- Mukti AT., Carman O., Alimuddin, Zairin Jr. M., Suprayudi MA. 2020. Growth performance, survival rate, flesh, and proximate composition of sex-grouped triploid and diploid Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Turk J Vet Anim Sci*, 44(2): 290-298.
- Mukti AT., Mubarak AS., Ermawan A. 2009. Pengaruh penambahan madu dalam pakan induk jantan lobster air tawar *red claw* (*Cherax quadricarinatus*) terhadap rasio jenis kelamin larva. *J Ilmiah Perik Kel*, 1(1): 37-42.
- Mukti AT., Priyambodo B., Rustidja, Widodo MS. 2002. Optimalisasi dosis hormon sintetis 17 $\alpha$ -metilttestosteron dan lama perendaman larva ikan nila (*Oreochromis* spp.) terhadap keberhasilan perubahan jenis kelamin. *J Ilmu-Ilmu Hayati BIOSAIN*, 2(1): 1-8.
- Mukti AT., Rustidja. 2002. Peningkatan kualitas benih ikan gurami (*Osphronemus gouramy*) dengan metode *monosex* jantan. *Media Kedokteran Hewan*, 18(2): 104-107.
- Mukti AT, Rustidja, Sumitro SB, Djati MS. 2001. Poliploidisasi ikan mas *Cyprinus carpio* L. *J Ilmu-Ilmu Hayati BIOSAIN*, 1(1): 111-123.
- Okutsu T., Takeuchi Y., Yoshizaki G. 2008. Spermatogonial Transplantation in Fish: Production of Trout Offspring from Salmon Parents. Fisheries for Global Welfare and Environment, 5<sup>th</sup> World Fisheries Congress 2008.
- Parenrengi A. 2010. Peningkatan Resistensi Udag Windu *Penaeus monodon* terhadap Penyakit *White Spot Syndrome Virus* Melalui Transfer Gen *Penaeus monodon Antiviral*. Disertasi. Program Studi Ilmu Akuakultur, Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Parenrengi A., Tampangallo BR. 2013. Uji Tantang Udag Windu *Penaeus monodon* Transgenik Menggunakan Bakteri Patogen *Vibrio harveyi*. Konferensi Akuakultur Indonesia 2013.
- Parenrengi A., Tenriulo A., Tonnek S., Lante S. 2011. Transfer antivirus pada udang windu, *Penaeus monodon* dalam berbagai konsentrasi *deoxyribo nucleic acid*. *J Ris Akua*, 6(3): 353-361.
- PDSI [Pusat Data Statistik dan Informasi]. 2022. Rilis Data Kelautan dan Perikanan Triwulan IV Tahun 2022 Kementerian Kelautan dan

- Perikanan. Pusat Data Statistik dan Informasi, Sekretariat Jenderal, Kementerian Kelautan dan Perikanan, Jakarta.
- Pechsiri J., Yakupitiyage A. 2005. A comparative study of growth and feed utilization efficiency of sex-reversed diploid and triploid Nile tilapia *Oreochromis niloticus* L. *Aqua Res*, 36: 45-51.
- Pradeep P.J., Srijaya T.C., Jose D., Papini A., Hassan A., Chatterji A.K. 2011. Identification of diploid and triploid red tilapia by using erythrocyte indices. *Caryologia*, 64(4): 485-492.
- Pradeep P.J., Srijaya T.C., Papini A., Chatterji A.K. 2012. Effects of triploidy induction on growth and masculinization of red tilapia [*Oreochromis mossambicus* Peters, 1852  $\times$  *Oreochromis niloticus* Linnaeus, 1758]. *Aquaculture*, 344-349: 181-187.
- Putri R.R. 2019. Penerapan sistem aktivasi *CRISPR (CRISPRa)* pada gen-gen ikan zebra (*Danio rerio*). *J Mina Sains*, 5(2): 93-99.
- Rahayu Y.S., Triyatmo B., Murwantoko, Kuswoyo T. 2013. Genetic gain dan differential selection calon induk nila putih (*Oreochromis* sp.) Janti strain Singapura F5 umur 5 bulan yang dipelihara di kolam air deras. *J Perik (J Fish Sci)*, XV(1): 10-19.
- Rustidja. 1991. Aplikasi Manipulasi Kromosom pada Program Pembenihan Ikan. Kongres Ilmu Pengetahuan Nasional V, 3-7 September 1991, Jakarta.
- Rustidja. 1998. Pemurnian dan Hibridisasi Ikan Nila. Pertemuan Pengembangan Teknologi Pembenihan Budidaya Air Tawar, Payau dan Laut Lintas UPT. Ditjen Perikanan, 8 - 11 Mei 1998.
- Safir M. 2012. Respons Benih Ikan Gurame (*Osphronemus gouramy*) yang Diberi Hormon Pertumbuhan Rekombinan Melalui Oral pada Dosis Berbeda. Tesis. Program Studi Ilmu Akuakultur, Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Satyantini W.H., Mukti A.T. 2006. Maskulinisasi larva lobster air tawar (*Cherax quadricarinatus*) menggunakan hormon 17 $\alpha$ -metilttestosteron. *J Penel Perik*, 9(1): 9-13.
- Sudrajat A.O., Astutik I.D., Arfah H. 2007. Seks reversal ikan nila merah (*Oreochromis* sp.) melalui perendaman larva menggunakan aromatase inhibitor. *J Akua Indonesia*, 6(1): 103-108.
- Suseno D.N., Luqman E.M., Lamid M., Mukti A.T., Suprayudi M.A. 2020. Residual impact of 17 $\alpha$ -methyltestosterone and histopathological changes in sexreversed Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Asian Pacific J Reprod*, 9(1): 37-43.
- Tave D. 1993. Genetics for Fish Hatchery Managers. Avi. Publ. Co. Inc., Wesport, Connecticut.

- Tiwary BK., Kirubakaran R., Ray AK. 2004. The biology of triploid fish. *Rev Fish Biol Fish*, 14: 391-402.
- Torrissen O., Olsen RE., Toresen R., Hemre GR., Tacon A., Asche F., Hardy RW., Lall S. 2011. Atlantic salmon *Salmo salar*: the “super-chicken” of the sea? *Rev Fish Sci*, 19(3):257-278.
- Yazawa R., Watanabe K., Koyama T., Ruangapan L., Tassanakajon A., Hirono I., Aoki T. 2005. Development of gene transfer technology for black tiger shrimp, *Penaeus monodon*. *J Exp Zool A, Comp Exp Biol*, 303(12): 1104-1109.



## RIWAYAT HIDUP

### A. Data Pribadi

Nama Lengkap : Prof. Dr. Akhmad Taufiq Mukti, S.Pi.,  
 M.Si.  
 NIP : 197403082001121001  
 Tempat/Tanggal Lahir : Malang/8 Maret 1974  
 Agama : Islam  
 Jenis Kelamin : Laki-Laki  
 Satus Perkawinan : Kawin  
 Nama Suami/Istri : Alfin Naili, S.Pd.  
 Nama Anak : 1. Muchammad Katsirudz Dzikri al  
 Mukti (alm.)  
 2. Nuur Rochmatusy Syifa al Mukti  
 3. Nuur Royani Izzahbillah al Mukti  
 4. Muhammad Uwais Abdurrachman  
 al Mukti  
 Pekerjaan : Dosen  
 Golongan/Pangkat : IVa/Pembina  
 Jabatan Akademik : Guru Besar  
 Perguruan Tinggi : Universitas Airlangga  
 Alamat : Departemen Akuakultur,  
 Fakultas Perikanan dan Kelautan  
 Kampus C Unair, Jl. Mulyorejo,  
 Surabaya 60115  
 Telepon/Faksimile : 031-5911451/031-5965741  
 Alamat Rumah : Ngelom VI No. 114 Taman,  
 Sepanjang, Sidoarjo  
 Telepon/Faksimile : 081555637985  
 Alamat e-mail : akhmad-t-m@fpk.unair.ac.id/atm.  
 mlg@gmail.com  
 ID Orcid : <https://orcid.org/0000-0002-1649-5090>  
 ID Scopus/Sinta/Garuda : 57188536815/5982909/3288593  
 ID WoS Res/Google : ABC-9357-2020/ldzc9EAAAAAJ  
 Scholar

## B. Riwayat Pendidikan

### Pendidikan Dasar, Menengah, dan Tinggi (S1-S3)

| Tahun     | Pendidikan                                                                       |
|-----------|----------------------------------------------------------------------------------|
| 1981-1987 | Sekolah Dasar (SD) Negeri Dinoyo III, Malang                                     |
| 1987-1990 | Sekolah Menengah Pertama (SMP) Negeri 8, Malang                                  |
| 1990-1993 | Sekolah Menengah Atas (SMA) Negeri 8, Malang                                     |
| 1993-1998 | S1 Program Studi Budidaya Perairan, Fakultas Perikanan, Universitas Brawijaya    |
| 1998-2001 | S2 Program Studi Biologi Reproduksi, Program Pascasarjana, Universitas Brawijaya |
| 2011-2016 | S3 Program Studi Ilmu Akuakultur, Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor |

### C. Pendidikan Tambahan: Pelatihan/Lokakarya/Simposium

| Tahun                | Pendidikan dan Penyelenggara                                                                                                             |
|----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Internasional</b> |                                                                                                                                          |
| 2004-2005            | Training of Trainer (TOT) Traditional Chines Medicine; The China Academy of Traditional Chines Medicine                                  |
| 2017                 | Workshop on Sustainable, Innovative, and Smart Shrimp Farming Biofloc Technologies; Indonesian Aquaculture Society                       |
| 2020                 | Publons Peer Reviewer; Publons Academy                                                                                                   |
| 2021                 | Examining & Interpreting Slides of Fish Gonadal Tissue; University of Hawai'i                                                            |
| 2021                 | Statistical Analysis of Reproductive Data; University of Hawai'i                                                                         |
| 2021                 | Workshop on Aquaculture Field Expertise Project; Oceanogen Environmental Biotechnology Laboklinikum                                      |
| 2021                 | Workshop on Grouper Aquaculture; National Taiwan Ocean University                                                                        |
| 2021                 | Innovative Educator Program Aquaculture Curriculum Development; Universiti Malaya                                                        |
| 2021                 | ESQ Coach International Camp; ESQ Coaching Academy                                                                                       |
| 2021                 | Maritime Silk Road Training Course on Mariculture Technology; Department of International Coop., MOST, PRC, NACA, and "Belt & Road" TBMT |
| 2021                 | Training Course on Abalone Nursery and Grow-out; Aquaculture, SEAFDEC                                                                    |
| 2021                 | Training Course on Aquaculture; Norwegian University of Life Sciences                                                                    |
| 2021                 | Training Course on Plankton; Universiti Sains Malaysia                                                                                   |
| <b>Nasional</b>      |                                                                                                                                          |
| 2003                 | PEKERTI; UPT P4 Universitas Airlangga                                                                                                    |
| 2010                 | Sertifikasi Pendidik (SERDOS); Kementerian Pendidikan Nasional                                                                           |

| <b>Tahun</b> | <b>Pendidikan dan Penyelenggara</b>                                                                                                   |
|--------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2018         | Pelatihan Asesor Kompetensi; Badan Nasional Sertifikasi Profesi (BNSP)                                                                |
| 2019         | Workshop Redesain Kurikulum Berbasis Revolusi Industri 4.0; Universitas Airlangga                                                     |
| 2020         | Penggunaan Turnitin untuk Check Plagiarisme; DRPM UMS                                                                                 |
| 2020         | Penyusunan Dokumen Strategi Pemanfaatan Perikanan Kerapu dan Kakap Berkelanjutan; FIP2B NTB                                           |
| 2021         | Penyelia Halal; BPJPH Kementerian Agama                                                                                               |
| 2021         | Lecturer Coaching Movement; PARAGON Technology and Innovation                                                                         |
| 2021         | Kultur Jaringan untuk Penyediaan Bibit Rumput Laut Kotoni; SEAMEO Biotrop                                                             |
| 2021         | Teori Desain Primer dan Pembuatan Pohon Filogenetik; LPPT UGM                                                                         |
| 2021         | Penumbuhan Bioflok pada Kolam Udang Vannamei; BP3 Banyuwangi                                                                          |
| 2021         | National Lecturer Coaching Movement Series 3NLP Sebagai Penguat Coaching Dosen di Kampus Merdeka; PARAGON Technology and Innovation   |
| 2021         | Refreshing Asesor Kompetensi; BNSP                                                                                                    |
| 2021         | Ahli Budidaya Perikanan; BNSP                                                                                                         |
| 2021         | Asesor Beban Kerja Dosen (BKD); Kemendikbudristek                                                                                     |
| 2021         | Supervisor Bisnis Perikanan; BNSP                                                                                                     |
| 2022         | Penyuluh Perikanan Supervisor; BNSP                                                                                                   |
| 2022         | Perencana Pengelolaan Kawasan Konservasi Perairan; BNSP                                                                               |
| <b>Lokal</b> |                                                                                                                                       |
| 2002         | Metodologi Pengabdian kepada Masyarakat untuk Dosen Muda; LPM Unair                                                                   |
| 2002         | Lokakarya PS Budidaya Perairan; FKH Unair                                                                                             |
| 2006         | Lokakarya Pendidikan D3 BATTRA; FK Unair                                                                                              |
| 2007         | Macromedia Flash MX; Lembaga Pendidikan Executive College Surabaya                                                                    |
| 2007         | Integration of Soft Skills & Hard Skills on Teaching Learning Process; FKH Unair                                                      |
| 2007         | Pembuatan Buku Ajar, Media Pembelajaran Berbasis Internet dan Integrasi <i>Soft Skill</i> dalam Pembelajaran; FKH Unair               |
| 2007         | Penulisan Modul Kewirausahaan Terintegrasi dalam Bahan Ajar/IBA; FKH Unair                                                            |
| 2007         | Penataan dan Penyusunan Database dan Informasi; CV Aneka Jaya dan FKH Unair                                                           |
| 2008         | Pengembangan Program Belajar Bersama Masyarakat; Universitas Airlangga                                                                |
| 2009         | TOT Latihan Keterampilan Manajemen Mahasiswa (LKMM) Tingkat Menengah dan Lanjut serta Pendamping Kemahasiswaan; Universitas Airlangga |
| 2009         | TOT PPKMB Tingkat Universitas; Universitas Airlangga                                                                                  |
| 2009         | Penulisan Artikel Ilmiah Jurnal Internasional; Komisi Pengembang Jurnal LPPM Unair                                                    |
| 2010         | Penulisan Publikasi Internasional Bidang Ilmu Eksakta; LPPM Unair                                                                     |

| <b>Tahun</b> | <b>Pendidikan dan Penyelenggara</b>                                                                                                                |
|--------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2010         | Penulisan Artikel Ilmiah Bidang Lingkungan Hidup pada Jurnal Nasional dan Internasional; Komisi Lingkungan Hidup, LPPM Unair                       |
| 2010         | Penyiapan Perjanjian/Perancangan Hukum; Universitas Airlangga                                                                                      |
| 2010         | Etik Penelitian Kesehatan Tingkat Dasar; LPPM Unair                                                                                                |
| 2011         | Pembuatan Media Pembelajaran e-Learning Batch I; LP3 Unair                                                                                         |
| 2011         | Pemanfaatan Airlangga University e-Learning Application (Web e-Learning Unair) untuk Pembelajaran Batch II; LP3 Unair                              |
| 2011         | Penyusunan Proposal PHB, Fundamental dan HTP; LPPM Unair                                                                                           |
| 2011         | Penulisan Naskah untuk Jurnal Ilmiah; JMF dan JAI, FPIK IPB                                                                                        |
| 2012         | Publikasi Ilmiah Internasional; Institut Pertanian Bogor                                                                                           |
| 2016         | Penulisan Proposal Program Unggulan Berpotensi HKI; LPA-HKI Unair                                                                                  |
| 2016         | TOT bagi DPL KKN BBM Universitas Airlangga; LP4M Unair                                                                                             |
| 2016         | TOT Penceramah Materi PPKMB Universitas Airlangga; Universitas Airlangga                                                                           |
| 2016         | Metodologi Pengabdian kepada Masyarakat; LP4M Unair                                                                                                |
| 2017         | Diseminasi Hasil Penelitian dan Pemikiran Kritis melalui Publikasi Ilmiah Populer di Media Massa; Lembaga Penelitian dan Inovasi (LPI) Unair       |
| 2017         | Penulisan Publikasi Ilmiah pada Jurnal Internasional Bereputasi; LPI Unair                                                                         |
| 2018         | E-Learning bagi Dosen; FPK Unair                                                                                                                   |
| 2018         | Penulisan Opini di Media Cetak dan Online; LPI Unair                                                                                               |
| 2018         | Pembuatan Skema Sertifikasi; LSP Unair                                                                                                             |
| 2018         | Pemilihan Skema Penelitian dan Tata Cara Pengusulan Proposal Penelitian DRPM melalui Simlitabmas; LPI Unair                                        |
| 2018         | Workshop on Hazard Identification, Risk Assessment & Determining Controls and Overview of Good Laboratory Practice; DECRA – Universitas Airlangga  |
| 2018         | Workshop Persiapan Akreditasi Nasional BAN-PT PS THP dan Akreditasi Internasional ASIIN PS Akuakultur; FPK Unair                                   |
| 2018         | Lokakarya Manajemen Resiko; FPK Unair                                                                                                              |
| 2019         | Penyusunan Proposal Pengabdian kepada Masyarakat; LPPM Unair                                                                                       |
| 2019         | Penyusunan Roadmap, Rencana Anggaran Belanja, dan LPJ Penelitian; LPI Unair                                                                        |
| 2020         | Workshop “Airlangga Development Journal dan Biosains Menuju Akreditasi SINTA Batch 1 dan 2; Sekolah Pascasarjana Unair                             |
| 2020         | Penyusunan Materi Uji Kompetensi; LSP Unair – BNSP                                                                                                 |
| 2021         | Workshop dan Sosialisasi Tata Naskah Dinas dan E-Office; Sekretariat Unair                                                                         |
| 2021         | Penyusunan Buku Ajar, Buku Referensi dan Buku Monograf bagi Dosen Universitas Airlangga; DIPP Unair                                                |
| 2021         | Penyusunan Modul Pengembangan Kurikulum Berbasis Industrial-Based Problem, Entrepreneurship, dan Project-Based Method dalam rangka MBKM; FPK Unair |
| 2021         | Pendaftaran Paten Internasional (PCT); LIPJPHKI Unair                                                                                              |

| <b>Tahun</b> | <b>Pendidikan dan Penyelenggara</b>                                                                                                              |
|--------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2021         | Penulisan Bahan Ajar; Yayasan Generasi Biologi Indonesia (YGBI)                                                                                  |
| 2021         | Penyajian Data pada Penulisan Karya Ilmiah; YGBI                                                                                                 |
| 2022         | Pembuatan Materi Uji Kompetensi (MUK); LSP Unair                                                                                                 |
| 2022         | Workshop Requirement Penggalan Informasi Penggunaan Modul TA/Skripsi/Tesis dan Disertasi pada Aplikasi Cyber Campus; Direktorat Pendidikan Unair |
| 2022         | Workshop Finalisasi Bisnis Penggunaan Modul TA/Skripsi/Tesis dan Disertasi pada Aplikasi Cyber Campus; Direktorat Pendidikan Unair               |
| 2022         | Workshop Reskilling Reviewer Internal Unair Batch II; LPPM Unair                                                                                 |
| 2023         | Workshop Flow Cytometry dan Confocal Laser Scanning Microscopy; FKH Unair                                                                        |
| 2023         | Workshop Panduan Pengembangan Modul Microcredentials; DIPP Unair                                                                                 |

#### **D. Riwayat Pekerjaan**

| <b>Tahun</b> | <b>Pekerjaan</b>                                                                  |
|--------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| 2001-2009    | Staf Pengajar Fakultas Kedokteran Hewan (FKH) Universitas Airlangga               |
| 2002-2005    | Pengelola Laboratorium Basah Perikanan, FKH Unair                                 |
| 2002-2006    | Pengelola Kolam Ikan Pendidikan, FKH Unair                                        |
| 2005-2009    | Pengelola Laboratorium Pendidikan Perikanan, FKH Unair                            |
| 2005-2009    | Koordinator Praktek Kerja Lapang (PKL) PS Budidaya Perairan, FKH Unair            |
| 2006-2008    | Tim <i>Task Force</i> Program Hibah Kompetisi A-1 PS Budidaya Perairan, FKH Unair |
| 2006-2011    | Dosen Vokasional PS D3 Pengobat Tradisional (BATTRA), FK Unair                    |
| 2007-2009    | Ketua PKL, Seminar dan Skripsi PS Budidaya Perairan, FKH Unair                    |
| 2009-skrng   | Staf Pengajar Fakultas Perikanan dan Kelautan (FPK) Unair                         |
| 2009-2011    | Pengelola Laboratorium Pendidikan Perikanan, FPK Unair                            |
| 2009-2011    | Koordinator Praktek Kerja Lapangan (PKL), FPK Unair                               |
| 2009-2011    | Ketua PKL, Seminar dan Skripsi, FPK Unair                                         |
| 2009-2010    | Tim Penyusun Pendirian PS S2 Bioteknologi Perikanan dan Kelautan, FPK Unair       |
| 2009-2011    | Tim Pengelola Jurnal Ilmiah, FPK Unair                                            |
| 2010-2011    | Pembimbing Program Kreativitas Mahasiswa (PKM) Universitas Airlangga              |
| 2010-2011    | Dosen Pembimbing Lapangan (DPL) KKN-Belajar Bersama Masyarakat Unair              |
| 2010-2011    | Tim Satuan Penjaminan Mutu, FPK Unair                                             |
| 2010-skrng   | Staf Pengajar PS Magister Bioteknologi Perikanan dan Kelautan, FPK Unair          |
| 2017-2019    | Ketua Tim Penyusun Proposal Pendirian PS Magister Ilmu Perikanan, FPK Unair       |

| <b>Tahun</b>              | <b>Pekerjaan</b>                                                                                                                   |
|---------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2018-skrng                | Asesor Kompetensi Badan Nasional Standarisasi Profesi (BNSP)                                                                       |
| 2018-2023                 | Editor Proceedings of the International Conference of Fisheries and Marine Science                                                 |
| 2019                      | Ketua Tim Asesor Program Klasterisasi Perikanan Tambak Air Tawar, PT. Permodalan Nasional Madani (PNM) BUMN Kantor Cabang Lamongan |
| 2019-skrng                | Koordinator Research Group Fisheries Biotechnology, FPK Unair                                                                      |
| 2019-skrng                | Staf Pengajar PS Magister Ilmu Perikanan, FPK Unair                                                                                |
| 2020-skrng                | Tim Validasi Karya Ilmiah/Penelitian, FPK Unair                                                                                    |
| 2020-2021                 | Ketua Tim Penyusun Borang Akreditasi PS Magister Ilmu Perikanan, FPK Unair                                                         |
| 2020-2021                 | Ketua Panitia Visitasi Akreditasi PS Magister Ilmu Perikanan, FPK Unair                                                            |
| 2021-skrng                | Tim Telaah Buku Ajar, Buku Referensi, dan Buku Monograf Unair                                                                      |
| 2021                      | Deputy Director of Innovative Educator Program, Aquaculture Curriculum Development, Universiti Malaya dan Universitas Airlangga    |
| 2021-skrng                | Asesor Beban Kerja Dosen (BKD) Universitas Airlangga                                                                               |
| 2022-skrng                | Reviewer Internal Penelitian Universitas Airlangga                                                                                 |
| 2021-skrng                | Tenaga Ahli Pengembangan Hatchery Nila Kekar Pasuruan                                                                              |
| 2021-skrng                | Associate Editor Jurnal Biosains Pascasarjana Universitas Airlangga                                                                |
| 2023-skrng                | Ketua Tim Pembuatan Pedoman Penulisan PKL dan Skripsi FPK Unair                                                                    |
| <b>Jabatan Struktural</b> |                                                                                                                                    |
| 2009-2010                 | Sekretaris Departemen Manajemen Kesehatan Ikan dan Budidaya Perairan, FPK Unair                                                    |
| 2019-2020                 | Koordinator Program Studi (KPS) Magister Ilmu Perikanan, FPK Unair                                                                 |
| 2020-2022                 | Koordinator Program Studi (KPS) Magister Ilmu Perikanan, FPK Unair                                                                 |
| 2020-2022                 | Ketua Departemen Akuakultur, FPK Unair                                                                                             |
| 2021-2022                 | Anggota Badan Pertimbangan Fakultas (BPF), FPK Unair                                                                               |

### **E. Anggota Organisasi Profesi**

| <b>Tahun</b> | <b>Profesi</b>                                                                                      |
|--------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2020-skrng   | Pengurus Pusat (Komisi 2 - Pengembangan Teknologi Akuakultur) Masyarakat Akuakultur Indonesia (MAI) |
| 2020-skrng   | Anggota Ikatan Asesor Profesional Indonesia (IASPRO)                                                |
| 2012-skrng   | Anggota Indonesian Society for Scientific Aquaculture (ISSA)                                        |
| 1998-skrng   | Anggota Ikatan Sarjana Perikanan Indonesia (ISPIKANI) Jawa Timur                                    |

## F. Publikasi Karya Ilmiah Melalui Jurnal

| Tahun                           | Publikasi                                                                                                                                                                                                                                                             |
|---------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Internasional Bereputasi</b> |                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 2023                            | Acceleration of gonadal maturity of female striped catfish, <i>Pangasianodon hypophthalmus</i> (Pisces, Pangasiidae) by irradiation to low-power soft-laser; <i>Animal Reproduction Science</i> 258 ( <b>author &amp; corresponding author</b> )                      |
| 2023                            | Reproductive performances of triploid male and female Nile tilapia <i>O. niloticus</i> (Linnaeus, 1758) at different ages; <i>Biodiversitas</i> 24(8) ( <b>corresponding author</b> )                                                                                 |
| 2023                            | The structure, composition, and predicted microbiome functional genes in Pacific white shrimp, <i>Litopenaeus vannamei</i> grow-out ponds with different survival rates through high-throughput sequencing; <i>Aquatic Sciences</i> 85 ( <b>co-author</b> )           |
| 2023                            | A novel technique for mass induction of propagation in small fish speciesHormone immersion; <i>Animal Reproduction Science</i> 255 ( <b>co-author</b> )                                                                                                               |
| 2023                            | Three-dimensional (3D) modeling to determine the weight of massive corals in Gili Labak Island Sumenep Madura East Java, Indonesia; <i>Biodiversity</i> 24(1-2) ( <b>corresponding author</b> )                                                                       |
| 2023                            | Effect of protein sources in formulated diets on growth performance, feed utilization, survival rate, and reproductive performance of <i>Artemia franciscana</i> ; <i>Aquacul International</i> ( <b>co-author</b> )                                                  |
| 2022                            | Evaluating the stomach content of wild scalloped spiny lobster, <i>Panulirus homarus</i> ; <i>Biodiversitas</i> 23(12) ( <b>co-author</b> )                                                                                                                           |
| 2022                            | A checklist of native freshwater fish from Brantas River, East Java, Indonesia; <i>Biodiversitas</i> 23(11) ( <b>co-author</b> )                                                                                                                                      |
| 2022                            | The effect of stocking density on growth performance and water quality of the silver rasbora, <i>Rasbora argyroteenia</i> fry reared in plastic-lined pond; <i>Egyptian Journal of Aquatic Biology &amp; Fisheries</i> 26(5) ( <b>co-author</b> )                     |
| 2022                            | Effect of temperature on sex and steroid hormones of purple mud crab, <i>Scylla tranquebarica</i> (Fabricius, 1798) during egg incubation, larvae rearing and juvenile production; <i>Aquaculture Research</i> 53(11) ( <b>co-author</b> )                            |
| 2022                            | Metagenomic profiles of core and signature bacteria in the guts of white shrimp, <i>Litopenaeus vannamei</i> with different growth rates; <i>Aquaculture</i> 550 ( <b>co-author</b> )                                                                                 |
| 2022                            | Evaluation of probiotic-fermented feed addition and laser-firing to accelerate mature broodstocks and seed productions of African catfish, <i>Clarias gariepinus</i> ; <i>Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences</i> 22(2) ( <b>corresponding author</b> ) |
| 2022                            | Thermal tolerance of purple mud crab, <i>Scylla tranquebarica</i> (Fabricius, 1798), during egg incubation, larval rearing and juveniles' production; <i>Aquaculture Research</i> 53(4) ( <b>co-author</b> )                                                          |
| 2020                            | The combined effect of magnetic and electric fields using on/off infrared light on the blood sugar level and the diameter of Langerhans islets of diabetic mice; <i>Veterinar World</i> 13(10) ( <b>co-author</b> )                                                   |
| 2020                            | A review of <i>Salmonella</i> sp. in tilapia fish, <i>Oreochromis niloticus</i> public health importance; <i>Systematic Reviews in Pharmacy</i> 11(10) ( <b>co-author</b> )                                                                                           |

| Tahun           | Publikasi                                                                                                                                                                                                                                                        |
|-----------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2020            | A review of bacterial zoonoses and antimicrobial resistant (AMR) on grouper fish, <i>Epinepholus</i> sp.; <i>Systematic Reviews in Pharmacy</i> 11(9) <b>(co-author)</b>                                                                                         |
| 2020            | A review of vibriosis in fisheriespublic health importance; <i>Systematic Reviews in Pharmacy</i> 11(8) <b>(co-author)</b>                                                                                                                                       |
| 2020            | The effect of mercury chloride in different salinities on the histopathology of juvenile <i>Oreochromis niloticus</i> ; <i>AACL Bioflux</i> 13(3) <b>(co-author)</b>                                                                                             |
| 2020            | Distribution of dwarf snakehead, <i>Channa gachua</i> Hamilton, 1822 (Teleostei, Channidae) on Brantas river basin, Indonesia; <i>Ecology, Environment &amp; Conservation</i> 26(2) <b>(co-author)</b>                                                           |
| 2020            | Growth performance, survival rate, flesh, and proximate composition of sex-grouped triploid and diploid Nile tilapia, <i>Oreochromis niloticus</i> ; <i>Turkish Journal of Veterinary &amp; Animal Sciences</i> 44(2) <b>(author &amp; corresponding author)</b> |
| 2020            | Presence of the invasive Nile tilapia <i>Oreochromis niloticus</i> Linnaeus, 1758 (Perciformes, Cichlidae) in the Yamdena Island, Indonesia; <i>Ecol Environ &amp; Conservation</i> 26(3) <b>(co-author)</b>                                                     |
| 2020            | Enhancement salinity inhibits toxicity of heavy mercury (Hg) metals to development of <i>Oreochromis niloticus</i> L. embryos; <i>Ecology Environment &amp; Conservation</i> 26(1) <b>(co-author)</b>                                                            |
| 2020            | The effects of laserpuncture on gonadal maturity and sperm quality of male striped catfish, <i>Pangasionodon hypophthalmus</i> ; <i>Theriogenology</i> 147 <b>(author &amp; corresponding author)</b>                                                            |
| 2020            | Residual impact of 17 $\alpha$ -methyltestosterone and histopathological changes in sexreversed Nile tilapia, <i>Oreochromis niloticus</i> ; <i>Asian Pacific J of Reproduction</i> 9(1) <b>(corresponding author)</b>                                           |
| 2020            | Increasing growth performances of Nile tilapia, <i>O. niloticus</i> by supplementation of noni <i>M. citrifolia</i> fruit extract via diet; <i>AACL Bioflux</i> 13(1) <b>(corresponding author)</b>                                                              |
| 2019            | Range expansion of the invasive Nile tilapia, <i>Oreochromis niloticus</i> (Perciformes Cichlidae) in Java Sea and first record for Kangean Island, Madura, East Java, Indonesia; <i>Ecology Environment &amp; Conservation</i> 25 <b>(co-author)</b>            |
| 2019            | Distribution extension and first record of <i>Lobocheilos falcifer</i> (Cypriniformes, Cyprinidae) in Central Java Province, Indonesia; <i>Ecology Environment &amp; Conservation</i> 25 <b>(co-author)</b>                                                      |
| 2019            | Fiber bundle sensor for detection of formaldehyde concentration in fish; <i>Optical Fiber Technology</i> 52 <b>(co-author)</b>                                                                                                                                   |
| 2016            | A rapid chromosome preparation technique without metaphase arrest for ploidy determination in Nile tilapia, <i>Oreochromis niloticus</i> ; <i>Caryologia</i> 6(2) <b>(author)</b>                                                                                |
| <b>Nasional</b> |                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 2022            | Manajemen budidaya udang vaname pada petambak udang tradisional mandiri di Desa Pangkahwetan Ujung Pangkah Gresik; <i>Jurnal Grouper</i> 13(1) <b>(co-author)</b>                                                                                                |
| 2022            | The addition of <i>Caulerpa racemosa</i> extract in feed on clinical sign and intestinal histopathological profile of whiteleg shrimp after infected by <i>Vibrio parahaemolyticus</i> ; <i>Journal of Aquaculture and Fish Health</i> 11(2) <b>(co-author)</b>  |

| Tahun            | Publikasi                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2021             | Studi tingkat pencemaran logam berat Pb terhadap kadar tanin rumput laut <i>Kappaphycus alvarezii</i> di perairan laut Bluto dan Talango, Sumenep, Jawa Timur; <i>Journal of Aquaculture and Fish Health</i> 10(1) ( <b>corresponding author</b> )                                            |
| 2020             | Studi pendahuluan pengaruh krioprotektan yang berbeda terhadap persentase kerusakan dan penetasan embrio ikan lele dumbo, <i>Clarias gariepinus</i> ; <i>Journal of Aquaculture and Fish Health</i> 9(3) ( <b>author &amp; corresponding author</b> )                                         |
| 2020             | Aplikasi teknologi <i>induce spawning</i> (TIS) pada pemijahan ikan air tawar dalam upaya peningkatan ketersediaan benih ikan di Kabupaten Kutai Barat, Kalimantan Timur; <i>Journal of Marine and Coastal Science</i> 9(2) ( <b>co-author</b> )                                              |
| 2020             | Teknik pembesaran ikan kerapu hibrida cantang, <i>Epinephelus fuscoguttatus</i> × <i>Epinephelus lanceolatus</i> pada karamba jaring apung; <i>J Biosains Pascasarjana</i> 22(1) ( <b>corresponding author</b> )                                                                              |
| 2020             | Studi awal persentase penetasan dan performa pertumbuhan benih ikan <i>clown</i> , <i>Amphiprion percula</i> ; <i>Jurnal Biosains Pascasarjana</i> 22(1) ( <b>corresponding author</b> )                                                                                                      |
| 2020             | Formaldehyde content in white shrimp after formalin soaking with different doses; <i>Journal of Aquaculture and Fish Health</i> 9(1) ( <b>co-author</b> )                                                                                                                                     |
| 2019             | Perbedaan metode pemeliharaan ikan hias pada kelompok pembudidaya ikan hias di Desa Karang Sentul, Kecamatan Gondang Wetan, Kabupaten Pasuruan, Propinsi Jawa Timur; <i>Jurnal Grouper</i> 10(1) ( <b>author &amp; corresponding author</b> )                                                 |
| 2019             | Aplikasi teknologi <i>induced spawning</i> untuk mempercepat pemijahan ikan lele pada mitra program kemitraan masyarakat; <i>Journal of Aquaculture and Fish Health</i> 8(1) ( <b>author &amp; corresponding author</b> )                                                                     |
| 2018             | Pengaruh pemberian kitosan dalam pakan terhadap pertumbuhan, sintasan, dan efisiensi pemanfaatan pakan nila, <i>Oreochromis niloticus</i> ; <i>Jurnal Perikanan UGM</i> 20(2) ( <b>co-author</b> )                                                                                            |
| 2018             | Penambahan asam amino taurin pada pakan buatan terhadap peningkatan pertumbuhan dan sintasan benih ikan kerapu cantik, <i>Epinephelus fuscoguttatus</i> × <i>Epinephelus microdon</i> ; <i>Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan</i> 10(2) ( <b>co-author</b> )                                |
| 2018             | Pembesaran larva ikan gurami, <i>Osphronemus gourami</i> secara intensif di Sheva Fish Boyolali, Jawa Tengah; <i>Journal of Aquaculture and Fish Health</i> 7(3) ( <b>co-author</b> )                                                                                                         |
| 2018             | Teknik pembesaran ikan nilem, <i>Osteochilus hasselti</i> di Balai Pengembangan dan Pemacuan Stok Ikan Gurame dan Nilem (BPPSIGN) Tasikmalaya, Jawa Barat; <i>Journal of Aquaculture and Fish Health</i> 7(2) ( <b>co-author</b> )                                                            |
| <b>Prosiding</b> |                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 2022             | Mass tilapia, <i>Oreochromis mossambicus</i> mortality in floating net cages at Batur Lake, Bangli Regency, Bali Province case report; <i>IOP Conf. Series Earth and Environmental Science</i> 1036012068 ( <b>corresponding author</b> )                                                     |
| 2022             | The dominance and proportions of plankton in Pacific white shrimp, <i>Litopenaeus vannamei</i> ponds cultivated with the intensive system in Bulukumba Regency, South Sulawesi, Indonesia; <i>IOP Conf. Series Earth and Environmental Science</i> 1036012057 ( <b>corresponding author</b> ) |

| Tahun | Publikasi                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|-------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2022  | Analysis of blood glucose levels and the development of ectoparasite infestation on Pacific white shrimp, <i>Litopenaeus vannamei</i> which were given crude protein <i>Zoothamnium penaei</i> at high stocking densities; <i>IOP Conf. SeriesEarth and Environmental Science</i> 1036012013 ( <b>co-author</b> ) |
| 2022  | Monitoring the occurrence of Zoea Syndrome (ZS) in Pacific white shrimp, <i>Litopenaeus vannamei</i> larval from several hatcheries in East Java, Indonesia; <i>IOP Conf. SeriesEarth and Environmental Science</i> 1036012003 ( <b>corresponding author</b> )                                                    |
| 2021  | The impact of Covid-19 on Indonesian fisheries conditionsopinion of current status and recommendations; <i>IOP Conf. SeriesEarth and Environmental Science</i> 718012020 ( <b>corresponding author</b> )                                                                                                          |
| 2021  | The administration of <i>Caulerpa acemose</i> extract on total bacteria and survival rates of white shrimp, <i>Litopenaeus vannamei</i> after infected by <i>Vibrio parahaemolyticus</i> ; <i>IOP Conf. SeriesEarth and Environmental Science</i> 679012068 ( <b>co-author</b> )                                  |
| 2021  | Ectoparasite infestation and survival rate of pacific white shrimp, <i>Litopenaeus vannamei</i> that immunized with crude protein <i>Zoothamnium penaei</i> in intensive ponds; <i>IOP Conf. SeriesEarth and Environmental Science</i> 679012019 (co-author)                                                      |
| 2020  | Correlation between glucose level and protozoa nectoparasite infestation level of humpback grouper, <i>Cromileptes altivelis</i> nursery in Unit Pengembangan Budidaya Laut (UPBL) Situbondo, Jawa Timur; <i>IOP Conf. SeriesEarth and Environment Sci</i> 441012022 ( <b>co-author</b> )                         |
| 2020  | Provision of bacteria from shrimp pond sediment towards N/P ratio, plankton abundance, and total bacteria in the culture media of white shrimp, <i>L. vannamei</i> ; <i>IOP Conf. SeriesEarth and Environmental Science</i> 441012139 ( <b>co-author</b> )                                                        |
| 2020  | Growth and survival rate of silver barb, <i>Rasbora argyrotaenia</i> under different concentrations of sardinelle fish oil addition in fish feed; <i>IOP Conf. SeriesEarth and Environmental Science</i> 441012045 ( <b>co-author</b> )                                                                           |
| 2020  | Enrichment of feed for growth of cantang grouper, <i>Epinephelus fuscoguttatus</i> × <i>Epinephelus lanceolatus</i> in floating cages; <i>IOP Conf. SeriesEarth and Environ Sci</i> 441012107 ( <b>co-author</b> )                                                                                                |
| 2020  | Addition of lemuru fish oil in the diet on the fat retention and fatty acid profile of silver barb, <i>Rasbora argyrotaenia</i> ; <i>IOP Conf. SeriesEarth and Environmental Sci</i> 441012116 ( <b>co-author</b> )                                                                                               |
| 2020  | Preliminary studythe effect of cryopreservation on the gastrula-staged embryo of African catfish, <i>Clarias gariepinus</i> ; <i>IOP Conf. SeriesEarth and Environmental Science</i> 441012124 ( <b>author &amp; corresponding author</b> )                                                                       |
| 2020  | The different effects of heat shock duration and embryo age on embryonic development and hatching lengths of spotted barb, <i>Puntius binotatus</i> fish; <i>IOP Conf. SeriesEarth and Environmental Science</i> 441012123 ( <b>corresponding author</b> )                                                        |
| 2020  | The different effects of heat shock duration and initial period on hatching rate, abnormality rate, egg yolk absorption, and survival rate of spotted barb, <i>Puntius binotatus</i> larvae; <i>IOP Conf. SeriesEarth and Environmental Science</i> 441012085 ( <b>author &amp; corresponding author</b> )        |

| Tahun | Publikasi                                                                                                                                                                                                                                                           |
|-------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2019  | The correlation between ectoparasite infestation and the total plate count of <i>Vibrio</i> sp. in pacific white shrimp, <i>Litopenaeus vannamei</i> in ponds; <i>IOP Conf. SeriesEarth and Environmental Science</i> 236012081 ( <b>co-author</b> )                |
| 2019  | The effect of noni, <i>Morinda citrifolia</i> L. Fruit extracts on the gill histopathological changes of Nile tilapia, <i>Oreochromis niloticus</i> ; <i>IOP Conf. SeriesEarth and Environmental Science</i> 236012093 ( <b>author &amp; corresponding author</b> ) |
| 2018  | Analysis of water quality on several waters affected by contamination in West Sumbawa Regency; <i>IOP Conf. SeriesEarth and Environmental Science</i> 137, 012086 ( <b>co-author</b> )                                                                              |
| 2018  | The effect of colchicine on the size and bioactive compound of microalgae <i>Spirulina platensis</i> ; <i>IOP Conf. SeriesEarth and Environmen Sci</i> 137, 012011 ( <b>author &amp; corresponding author</b> )                                                     |

### G. Penulisan Buku

| Tahun | Buku                                                                                        |
|-------|---------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2020  | Buku Ajar Pemuliaan Ikan, UMG Press ( <b>editor</b> )                                       |
| 2019  | Buku Ajar Dasar-Dasar Akuakultur, Airlangga University Press ( <b>author &amp; editor</b> ) |
| 2016  | Buku Ajar Manajemen Akuakultur Payau, Revka Petra Media Surabaya ( <b>co-author</b> )       |
| 2015  | Buku Ajar Manajemen Akuakultur Tawar, Revka Petra Media Surabaya ( <b>co-author</b> )       |
| 2004  | Penuntun Embriologi, Pustaka Melati. Surabaya ( <b>co-author</b> )                          |

### H. Pembicara/Nara Sumber pada Seminar/Kuliah Tamu/ Pelatihan 5 Tahun Terakhir

| Tahun                | Kegiatan                                                                                                                     |
|----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Internasional</b> |                                                                                                                              |
| 2022                 | Presenter The 5 <sup>th</sup> International Conference on Fisheries and Marine Sciences (INCOFIMS), Surabaya                 |
| 2021                 | Presenter The 2 <sup>nd</sup> International Conference on Biotechnology and Food Sciences (INCOBIFS), Surabaya               |
| 2021                 | Presenter The 4 <sup>th</sup> INCOFIMS, Surabaya                                                                             |
| 2020                 | Presenter The 3 <sup>rd</sup> INCOFIMS, Surabaya                                                                             |
| 2019                 | Keynote Speaker Airlangga Adventure 2019, Universitas Airlangga Surabaya                                                     |
| 2019                 | Presenter The 5 <sup>th</sup> International Conference on Fisheries and Aquatic Sciences (ICFAS), Tacloban City, Philippines |
| 2019                 | Presenter The 2 <sup>nd</sup> INCOFIMS, Surabaya                                                                             |
| 2018                 | Guest Lecture, Universidade Nacional Timor Lorosa'e, Timor-Leste                                                             |

| <b>Tahun</b>                   | <b>Kegiatan</b>                                                                                                                                        |
|--------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2018                           | Presenter International Fisheries Symposium (IFS) ASEAN-FEN, Hatyai-Thailand                                                                           |
| 2018                           | Presenter The 1 <sup>st</sup> INCOFIMS, Surabaya                                                                                                       |
| 2017                           | Presenter International Fisheries Symposium (IFS) ASEAN-FEN, Batu-Malang                                                                               |
| 2016                           | Presenter BIT's 5 <sup>th</sup> Annual World Congress of Aquaculture and Fisheries, Qingdao-China                                                      |
| 2016                           | Presenter International Fisheries Symposium (IFS) ASEAN-FEN, Phu Quoc-Vietnam                                                                          |
| 2016                           | Presenter First International Conference on Aquaculture Biotechnology (ICAB) Bogor                                                                     |
| 2016                           | Presenter Asian-Pacific Aquaculture (APA), Surabaya                                                                                                    |
| <b>Nasional/Regional/Lokal</b> |                                                                                                                                                        |
| 2023                           | Nara Sumber Pelatihan Teknologi Tepat Guna pada Kelompok Pembudidaya Ikan (Pokdakan) Kota Surabaya, Dinas Ketahanan Pangan dan Pertanian Kota Surabaya |
| 2023                           | Nara Sumber Budidaya Ikan Sistem Akuaponik (BISA), UMKM Surabaya                                                                                       |
| 2023                           | Nara Sumber LKMM Tingkat Dasar, FPK Unair                                                                                                              |
| 2022                           | Nara Sumber Pelatihan Budidaya Ikan Sistem Akuaponik (BISA), Benowo Surabaya                                                                           |
| 2022                           | Nara Sumber Pertemuan Forum Pelaku Utama Unit Pembenihan Rakyat, Pematang Siantar, Simalungun, Sumatera Utara                                          |
| 2022                           | Nara Sumber Pelatihan Kultur Maggot, Pacitan                                                                                                           |
| 2022                           | Nara Sumber Pelatihan Teknologi <i>Induce Spawning</i> Ikan Lele, Pamekasan, Madura                                                                    |
| 2022                           | Nara Sumber Mini Workshop Fakultas Peternakan dan Perikanan Universitas Tadulako, Palu                                                                 |
| 2022                           | Nara Sumber Pelatihan Cara Budidaya Ikan yang Baik, Sutorejo Tengah, Surabaya                                                                          |
| 2022                           | Nara Sumber Sosialisasi Pemanfaatan Waduk, KKN-BBM periode 66 Universitas Airlangga di Desa Setro Menganti, Gresik                                     |
| 2022                           | Keynote Speaker Konferensi Nasional Perikanan, SIKIA Unair, Banyuwangi                                                                                 |
| 2022                           | Nara Sumber Kuliah Umum PS Akuakultur, Fakultas Peternakan dan Perikanan, Universitas Tadulako, Palu                                                   |
| 2021                           | Nara Sumber Budidaya Lele Sistem Keramba Jaring, Pengmas UKM Penalaran Universitas Airlangga di Desa Keputih, Sukolilo, Surabaya                       |
| 2021                           | Nara Sumber National Aquaculture Innovation Webinar Series 2, Fakultas Pertanian, Universitas Batanghari, Jambi                                        |
| 2020                           | Nara Sumber Diskusi Intelektual PMII Rayon C Universitas Airlangga, Surabaya                                                                           |
| 2020                           | Nara Sumber Seminar Hasil Perekayasaan Tahun 2020, BPBAP Situbondo                                                                                     |

| Tahun | Kegiatan                                                                                                                                                  |
|-------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2020  | Nara Sumber Seminar Perikanan BEM FPK Universitas Airlangga, Surabaya                                                                                     |
| 2019  | Nara Sumber Pelatihan Pembenihan dan Budidaya Ikan Air Tawar, Dinas Perikanan dan Kelautan Kutai Barat, Kalimantan Timur                                  |
| 2019  | Nara Sumber Pelatihan Klasterisasi Pembudidaya Tambak Ikan Air Tawar, Lamongan                                                                            |
| 2019  | Nara Sumber Pelatihan Aplikasi Probiotik di Budidaya Ikan Lele, Kenjeran, Surabaya                                                                        |
| 2019  | Nara Sumber Pembekalan Keterampilan (Bektram) Kewirausahaan Bidang Perikanan dan Kelautan Angkatan XXIX Program Kerja Balurjatim TA 2019 TW III, Surabaya |
| 2019  | Presenter Seminar Nasional Hasil Program Pengabdian kepada Masyarakat Mono Tahun Pelaksanaan tahun 2018 DRPM, Kemenristekdikti, Surabaya                  |
| 2019  | Nara Sumber Seminar Nasional Teknologi di Bidang Perikanan untuk Menghadapi Revolusi Industri 4.0 Universitas Islam Lamongan                              |
| 2016  | Nara Sumber Pertemuan IV Jejaring Laboratorium Jawa Timur, FPK Unair, Surabaya                                                                            |
| 2016  | Nara Sumber Pelatihan Pengelolaan Limbah Laboratorium Kesehatan Organisme Akuatik, FPK Unair, Surabaya                                                    |
| 2016  | Nara Sumber Pelatihan Cara Budidaya Ikan yang Baik dan Pembuatan Pakan Ikan bagi Pembudidaya Ikan di Bojonegoro, LPPM Universitas Surabaya                |
| 2016  | Nara Sumber Pelatihan Pembenihan Ikan Air Tawar bagi Pembenih Ikan Air Tawar Se-Jawa Timur, UPT PBAT Umbulan Pasuruan                                     |
| 2015  | Presenter Simposium Nasional Ikan Hias 2015- BRKP, KKP, Depok                                                                                             |

## I. Penelitian 5 Tahun Terakhir

| Tahun | Penelitian dan Skema Pendanaan                                                                                                                                                                                                                                |
|-------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2023  | Pengaruh soft-laser sinar <i>infra red</i> dalam percepatan tingkat kematangan gonad dan kualitas gamet ikan patin, <i>Pangasianodon hypophthalmus</i> betina; Penelitian Tesis Magister (PTM), DRTPM Kemendikbudristek ( <b>Ketua</b> )                      |
| 2023  | Potensi antibakteri ekstrak anggur laut, <i>Caulerpa racemosa</i> dengan pelarut DES dan lama waktu sonikasi terhadap beberapa bakteri patogen; Penelitian Tesis Magister (PTM), DRTPM Kemendikbudristek ( <b>anggota</b> )                                   |
| 2023  | Skrining probiotik indigenus penghasil antimikroba berbasis DNA metabarcoding untuk meningkatkan resistensi udang vaname, <i>Litopenaeus vannamei</i> terhadap penyakit; Penelitian Unggulan Airlangga (PUA) Universitas Airlangga Tahun I ( <b>anggota</b> ) |
| 2022  | Studi ekobiologi dan struktur DNA ikan silih ( <i>spiny eel</i> , <i>Macrognathus aculeatus</i> Bloch, 1782) di Sungai Bengawan Solo dan Sungai Brantas, Jawa Timur; Penelitian Tesis Magister (PTM), DRTPM Kemendikbudristek ( <b>Ketua</b> )                |
| 2022  | Monitoring pertumbuhan terumbu karang melalui metode <i>three dimension</i> di Perairan Laut Gili Labak, Sumenep Madura; Penelitian Tesis Magister, DRTPM Kemendikbudristek ( <b>Ketua</b> )                                                                  |

| Tahun | Penelitian dan Skema Pendanaan                                                                                                                                                                                                                                          |
|-------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2022  | Peran laserpunktur dalam siklus reproduksi dan kematangan gonad ikan sebagai upaya domestikasi dan pengembangan budidaya; Penelitian Dasar, DTRPM Kemendikbudristek Tahun II ( <b>Ketua</b> )                                                                           |
| 2022  | Peningkatan respons imun udang vaname, <i>Litopenaeus vannamei</i> dan resistensi terhadap <i>Vibrio parahaemolyticus</i> dengan pemberian ekstrak <i>Caulerpa racemose</i> ; Penelitian Unggulan Fakultas (PUF) FPK Universitas Airlangga ( <b>anggota</b> )           |
| 2022  | Morfoanalisis sebagai standar aplikasi <i>selective breeding</i> dalam pengembangan budidaya strain ikan nila; Penelitian Unggulan Fakultas (PUF), FPK Universitas Airlangga ( <b>Ketua</b> )                                                                           |
| 2021  | Kajian tingkat kematangan gonad lobster pasir, <i>Panulirus homarus</i> alami; Riset Kolaborasi Mitra Luar Negeri, FPK Universitas Airlangga ( <b>Ketua</b> )                                                                                                           |
| 2021  | Penerapan <i>crude protein Z. penaei</i> sebagai bahan pengembangan imunostimulan untuk menekan kematian udang vaname, <i>L. vannamei</i> pada tambak intensif; Penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi (PTUPT), DRPM Kemenristekdikti Tahun II ( <b>anggota</b> ) |
| 2021  | Peran laserpunktur dalam siklus reproduksi dan kematangan gonad ikan sebagai upaya domestikasi dan pengembangan budidaya; Penelitian Dasar, DRPM Kemenristek/Badan Riset dan Inovasi Nasional Tahun I ( <b>Ketua</b> )                                                  |
| 2020  | Pengembangan sinbiotik berbasis metagenomik untuk meningkatkan aktivitas enzim pencernaan dan respon imun udang vaname, <i>Litopenaeus vannamei</i> ; Hibah Riset Mandat Dosen Muda, Universitas Airlangga ( <b>anggota</b> )                                           |
| 2020  | Penambahan mikroenkapsulasi probiotik pada pakan dalam meningkatkan respon imun non-spesifik udang vaname, <i>L. vannamei</i> dan resistensi terhadap <i>Vibrio parahaemolyticus</i> ; Penelitian Unggulan Fakultas (PUF), FPK Universitas Airlangga ( <b>anggota</b> ) |
| 2020  | Penerapan <i>crude protein Z. penaei</i> sebagai bahan pengembangan imunostimulan untuk menekan kematian udang vaname, <i>L. vannamei</i> pada tambak intensif; Penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi (PTUPT), DRPM Kemenristekdikti Tahun I ( <b>anggota</b> )  |
| 2020  | Kriopreservasi embrio pada ikan lele, <i>Clarias gariepinus</i> sebagai upaya kontinuitas dan keberlanjutan proses produksi budidaya ikan; Penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi (PTUPT), DRPM Kemenristekdikti Tahun II ( <b>Ketua</b> )                        |
| 2019  | Kriopreservasi embrio pada ikan lele, <i>Clarias gariepinus</i> sebagai upaya kontinuitas dan keberlanjutan proses produksi budidaya ikan; Penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi (PTUPT), DRPM Kemenristekdikti Tahun I ( <b>Ketua</b> )                         |
| 2018  | Peran laserpunktur untuk merangsang reproduksi ikan patin <i>Pangasianodon hypophthalmus</i> ; Penelitian Unggulan Fakultas (PUF), FPK Universitas Airlangga ( <b>Ketua</b> )                                                                                           |
| 2018  | Performa morfologi, reproduksi dan produksi budidaya ikan nila triploid monoseks jantan; Penelitian Pasca Doktor, DRPM Kemenristekdikti Tahun II ( <b>Ketua</b> )                                                                                                       |
| 2017  | Performa morfologi, reproduksi dan produksi budidaya ikan nila triploid monoseks jantan; Penelitian Pasca Doktor, DRPM Kemenristekdikti Tahun I ( <b>Ketua</b> )                                                                                                        |

| Tahun | Penelitian dan Skema Pendanaan                                                                                                                                                                                                     |
|-------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2017  | Peranan ekstrak buah mengkudu terhadap respons fisiologi dan performa pertumbuhan ikan nila, <i>Oreochromis niloticus</i> ; Joint Research FPK Universitas Airlangga ( <b>anggota</b> )                                            |
| 2017  | Performa morfologi, fisiologi, reproduksi, variasi genetik dan produksi budidaya ikan kerapu hibrida sebagai varietas baru komoditas unggulan; Penelitian Unggulan Perguruan Tinggi (PUPT), DRPM Kemenristekdikti ( <b>Ketua</b> ) |

## J. Paten/HKI

| Tahun | Paten                                                                                                                                                                                     |
|-------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2021  | Penggunaan protein membran imunogenik <i>Zoothamnium panai</i> sebagai immunostimulan untuk meningkatkan kelulushidupan udang di tambak intensif; Paten P00202104586 ( <b>co-author</b> ) |
| 2021  | Metode isolasi protein membran imunogenik <i>Zoothamnium panai</i> ; Paten P00202104188 ( <b>co-author</b> )                                                                              |
| 2019  | Buku Dasar-Dasar Akuakultur; Surat Pencatatan Ciptaan ( <i>granted</i> ) 000169809 ( <b>author &amp; editor</b> )                                                                         |
| 2016  | Metode produksi induk ikan nila tetraploid; Paten ( <i>granted</i> ) IDP000043005 ( <b>author</b> )                                                                                       |

## K. Pengabdian kepada Masyarakat 5 Tahun Terakhir

| Tahun | Pengabdian kepada Masyarakat dan Skema Pendanaan                                                                                                                                                     |
|-------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2023  | Pemberdayaan siswa Sekolah Menengah Kejuruan (SMK) Perikanan dan Kelautan Kabupaten Pacitan dalam aplikasi teknologi pembenihan komoditas ikan air tawar; FPK Universitas Airlangga ( <b>Ketua</b> ) |
| 2023  | Eskalasi kegiatan budidaya ikan koi melalui pemanfaatan mesin otomatisasi bagi Kelompok Budidaya Ikan Hias di Blitar, Jawa Timur; FPK Universitas Airlangga ( <b>anggota</b> )                       |
| 2023  | Pemanfaatan probiotik sebagai campuran pakan untuk meningkatkan produksi udang vannamei di Desa Tanggulejo Gresik; FPK Universitas Airlangga ( <b>anggota</b> )                                      |
| 2023  | Budidaya berkelanjutan dengan aplikasi akuaponik pada lahan yang terbatas di UMKM Sentra Wisata Kuliner Deles Merr; FPK Universitas Airlangga ( <b>anggota</b> )                                     |
| 2023  | Pendampingan manajemen budidaya udang vaname melalui penggunaan imunostimulan dan probiotik di Desa Kedungpandan, Jabon, Sidoarjo; FPK Universitas Airlangga ( <b>anggota</b> )                      |
| 2022  | Pemanfaatan lahan marginal untuk budidaya ikan air tawar di Kelurahan Sutorejo, Surabaya; FPK Universitas Airlangga ( <b>anggota</b> )                                                               |
| 2022  | Pembuatan pakan ikan pada Kelompok Pembudidaya Ikan Desa Glinggangan, Kecamatan Pringkuku, Kabupaten Pacitan; FPK Universitas Airlangga ( <b>anggota</b> )                                           |

| <b>Tahun</b> | <b>Pengabdian kepada Masyarakat dan Skema Pendanaan</b>                                                                                                                                                                                                      |
|--------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2022         | Penerapan imunostimulan dan probiotik pada budidaya udang vaname untuk meningkatkan hasil panen petambak di Desa Pajurangan, Gending, Probolinggo; FPK Unair ( <b>anggota</b> )                                                                              |
| 2022         | Pendampingan pengelolaan kualitas air pemeliharaan udang vaname dengan probiotik untuk peningkatan produksi di Desa Tanggul Rejo, Gresik; FPK Universitas Airlangga ( <b>anggota</b> )                                                                       |
| 2022         | Peningkatan nilai tambah produk perikanan berbasis potensi lokal di Kota Palu, Sulawesi Tengah; FPK Universitas Airlangga ( <b>anggota</b> )                                                                                                                 |
| 2022         | Peningkatan kemampuan manajemen budidaya ikan yang baik pada Kelompok Pembudidaya Ikan di Kecamatan Larangan, Pamekasan Madura; FPK Unair ( <b>Ketua</b> )                                                                                                   |
| 2022         | PKM aplikasi teknologi akuaponik pada budidaya ikan di Pokdakan An Nur Pamekasan, Madura, Jawa Timur; PKM, DRTPM Kemendikbudristek ( <b>anggota</b> )                                                                                                        |
| 2022         | PKM pengembangan produksi benih ikan secara mandiri pada Kelompok Pembudidaya Ikan Badung Maju Lele di Kabupaten Pamekasan, Madura; PKM, DRTPM Kemendikbudristek ( <b>Ketua</b> )                                                                            |
| 2021         | Pendampingan penanggulangan wabah lintah laut penyebab gagal panen ikan kerapu di tambak tradisional plus dengan perasan daun pepaya di Kecamatan Brondong, Lamongan; FPK Universitas Airlangga ( <b>anggota</b> )                                           |
| 2021         | Pendampingan manajemen budidaya udang vaname melalui penerapan probiotik dan imunostimulan pada kelompok petambak udang tradisional mandiri di Desa Pangkah Wetan Ujung Pangkah Gresik; FPK Universitas Airlangga ( <b>anggota</b> )                         |
| 2020         | Teknologi <i>resirculation aquaculture system (RAS)</i> dengan kolam bulat pada budidaya ikan lele di Paguyuban Budidaya Lele Tambak Wedi Kelurahan Tambak Wedi, Kecamatan Kenjeran, Kota Surabaya, Jawa Timur; FPK Universitas Airlangga ( <b>anggota</b> ) |
| 2019         | Budidaya ikan lele sistem probiotik di Panti Asuhan Pesantren Muhammadiyah Kenjeran, Surabaya; FPK Universitas Airlangga ( <b>anggota</b> )                                                                                                                  |
| 2019         | PkM pembudidaya udang tambak di Desa Pangkah Wetan, Kecamatan Ujung Pangkah, Kabupaten Gresik; FPK Universitas Airlangga ( <b>anggota</b> )                                                                                                                  |
| 2019         | PkM pembenih dan pembudidaya ikan Kabupaten Kutai Barat; FPK Unair ( <b>anggota</b> )                                                                                                                                                                        |
| 2018         | Kemandirian pembudidaya tambak dalam penyediaan probiotik dalam mendukung produksi udang di Desa Tanggulrejo, Manyar, Gresik; FPK Universitas Airlangga ( <b>anggota</b> )                                                                                   |
| 2018         | Percontohan model akuaponik ikan lele di Desa Pragaan Laok, Kecamatan Pragaan, Kabupaten Sumenep, Madura, Jawa Timur; FPK Universitas Airlangga ( <b>Ketua</b> )                                                                                             |
| 2018         | PPPUD produk olahan rumput laut khas Kabupaten Sumenep Madura, Jawa Timur; PPPUD, DRPM Kemenristekdikti ( <b>anggota</b> )                                                                                                                                   |
| 2018         | PkM kelompok pembudidaya ikan lele di Desa Pragaan Laok dan Pakamban Laok, Kecamatan Pragaan, Sumenep, Madura; PKM, DRPM Kemenristekdikti ( <b>Ketua</b> )                                                                                                   |