

## Transfer Gen pada Komoditas Udang Budidaya

### Gen Transfer in Cultivation Shrimp Commodity

Adinda Kinasih Jacinda<sup>✉</sup> dan Ayi Yustiati<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa Magister Ilmu Perikanan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Padjadjaran

<sup>2</sup>Dosen Pengajar Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Padjadjaran,

Jl. Raya Bandung Sumedang, KM. 21 Hegarmanah, Jatinangor, Kabupaten Sumedang, Jawa Barat 45363

<sup>✉</sup>correspondent author: adinda14003@mail.unpad.ac.id

### Abstrak

GMO (*Genetically Modified Organism*) merupakan produk bioteknologi dengan rekayasa genetika. Hal ini dapat dilakukan untuk meningkatkan ketersediaan pangan dan mengurangi biaya produksi, khususnya melalui manipulasi gen dan kromosom spesies budidaya. Pada invertebrata seperti udang, penerapan transfer gen masih sebatas pada tahap pengenalan dan ekspresi gen asing serta berfokus pada peningkatan ketahanan terhadap penyakit. Di antara beberapa metode transfer gen (mikroinjeksi, elektroporasi dan transfeksi), metode transfeksi merupakan cara yang paling efektif untuk diaplikasikan pada udang. Hal ini ditandai data tetas tinggi dan tidak bersifat toksik. Selain itu, penggunaan organisme transgenik dalam akuakultur adalah topik yang sangat kontroversial karena sejumlah masalah lingkungan dan kesehatan manusia. Jurnal ini membahas mengenai manipulasi gen dengan cara transfer gen untuk meningkatkan budidaya udang.

Kata kunci: *Rekayasa genetika, manipulasi gen, transfer gen, dan udang*

### Abstract

GMO is a product of biotechnology through genetic engineering techniques. This can be done to increase food availability and reduce production costs, especially by manipulating the genes and chromosomes of cultivated species. In invertebrates such as shrimp, the application of gene transfer is still limited to the recognition and expression of foreign genes and focuses on increasing disease resistance. Among several gene transfer methods (microinjection, electroporation and transfection), transfection method is the most effective method to be applied to shrimp. It is characterized by high hatching data and is not toxic. In addition, the use of GMO in aquaculture is a highly controversial issue due to many environmental and health issues. This journal will discuss gene manipulation by means of gene transfer to improve shrimp culture.

Keywords: *Genetic engineering, gene manipulation, gene transfer and shrimp*

### Pendahuluan

Kemajuan dalam bioteknologi selama beberapa dekade terakhir telah menyediakan alat yang diperlukan untuk manipulasi buatan gen dan kromosom dalam organisme hidup. Penciptaan ikan dan kerang transgenik merupakan topik yang sangat menarik dalam penelitian akuakultur karena potensi peningkatan produksi yang dapat ditawarkan oleh teknologi ini (Zbikowska 2003; Dunham 2004). Bidang utama penelitian transgenik pada ikan meliputi penggunaan hormon pertumbuhan/Growth Hormone (GH) untuk meningkatkan pertumbuhan pada ikan lele (Dewi, 2016), penggunaan protein antibeku/Antifreeze Protein (AFP) untuk meningkatkan toleransi dingin dan ketahanan beku pada ikan salmon (Fletcher, 2011), penggunaan enzim antimikroba untuk membentuk ikan

patin tahan penyakit (Hadie, 2015), penggunaan gen metabolik ikan salmon untuk ikan zebra dalam rangka modifikasi sistem metabolisme asam lemak untuk meningkatkan produksi EPA dan DHA pada ikan (Alimuddin, 2007), dan metode genetik untuk menginduksi kemandulan/organisme steril seperti tetraploid pada ikan lele sangkuriang (Budiman, 2020). Meskipun teknologi transgenik pada ikan sudah banyak dilakukan, penelitian dengan invertebrata laut seperti udang masih jarang dilakukan. Penelitian awal dengan invertebrata laut masih pada tahap awal pengenalan dan ekspresi gen asing serta berfokus pada peningkatan ketahanan terhadap penyakit (Rasmussen, 2006).

Budidaya udang merupakan salah satu kegiatan yang mempunyai potensi keunggulan dan prospek yang besar di Indonesia. Menurut data Statistik KKP (2021), udang merupakan peringkat pertama untuk ekspor yaitu sebesar 121.407.169 kg yang dilanjutkan dengan rumput laut pada peringkat kedua sebesar 102.115.412 kg dan Tuna, Tongkol, Cakalang (TTC) pada peringkat ketiga sebesar 81.700.625 kg. Produksi udang di Indonesia dari tahun ke tahun semakin meningkat. Hal ini dapat dilihat dari pertumbuhan rata-rata dalam produksi lima tahun terakhir yaitu sebesar 15,7%.

Mutu lingkungan yang semakin menurun, serta ketersediaan benih yang tidak bermutu sering memicu munculnya penyakit udang. Hal ini dapat menyebabkan kegagalan dan kerugian cukup besar dalam usaha budidaya di tambak udang. Kegiatan perbenihan memegang peranan yang sangat penting dalam menentukan peningkatan produksi perikanan khususnya budidaya. Keterbatasan penyediaan benih udang unggul menjadi kendala hingga kini. Menurut Suwoyo (2017) infeksi penyakit terutama bakteri *Vibrio harveyi*, infeksi WSSV dan IHHNV, dan ketersediaan induk berkualitas baik masih menjadi masalah.

Benih yang tumbuh cepat dan tahan penyakit diharapkan dapat menekan biaya produksi dan meningkatkan kapasitas produksi. Penggunaan bioteknologi dapat menjadi solusi atas permasalahan tersebut. Namun, penggabungan organisme transgenik ke dalam rantai makanan telah mendapat kritik besar dari sektor lingkungan dan kesehatan manusia. Jurnal ini akan membahas aplikasi manipulasi gen dan kromosom untuk digunakan dalam akuakultur bersama dengan diskusi tentang kontroversi seputar teknologi transgenik dalam akuakultur.

### **Udang Transgenik**

Secara definisi, organisme transgenik atau *genetic modified organism* (GMO) adalah organisme yang telah memiliki DNA asing (asam deoksiribonukleat) artifisial dimasukkan

ke dalam genom mereka sendiri (FAO 2000). Di seluruh dunia sejumlah besar invertebrata laut, termasuk bivalvia (kerang, tiram, dan remis), krustasea (udang, kepiting, dan lobster), dan gastropoda (abalone dan Trochus), dibudidayakan untuk digunakan dalam makanan dan produk makanan. Pada tahun 2017 saja, 919.959 ton krustasea dihasilkan dari hasil budidaya, atau setara dengan 58 miliar rupiah (Badan Pusat Statistik, 2017). Namun, bioteknologi transfer gen pada invertebrata tetap jauh di belakang dibandingkan pada ikan. Meskipun penggunaan pemuliaan selektif dan manipulasi kromosom telah memajukan bidang budidaya invertebrata laut, teknologi transgenik terhalang oleh beberapa faktor biologis seperti tingkat pertumbuhan dan sifat pemuliaan (FAO 2000).

Penggunaan teknologi transgenik untuk meningkatkan ketahanan udang terhadap penyakit atau serangan patogen merupakan salah satu alternatif yang diharapkan dapat mengatasi masalah penyakit pada budidaya udang. Sebagai hewan dari kelompok krustasea (invertebrata), seperti udang windu diketahui tidak mempunyai sistem kekebalan adaptif (*versatile resistance*) tetapi tergantung pada sistem kekebalan non-spesifik atau alami (*intrinsic resistance*) dalam mempertahankan diri terhadap serangan patogen. Kekebalan alami yang dimiliki oleh krustasea mampu mendeteksi pola molekuler yang merupakan ciri spesifik suatu patogen (Sritunyaluksana 2001), misalnya *lipopolisakarida* (LPS) dari bakteri gram negatif, glikolipid dari mycobacteri, asam *lipoteichoic* dari bakteri gram positif, mannans dari khamir,  $\beta$ -1,3-glukan dari jamur dan rantai ganda dari RNA virus. Krustasea, termasuk udang windu mempunyai mekanisme respons imun yang dirangsang oleh reseptor yang mengenal molekul yang berasosiasi dengan patogen (pathogen-associated molecular pattern, PAMPs) melalui reseptor PRRs (pattern recognition receptors) (Arts et al. 2007). Pendeteksian substansi mikroba dari patogen oleh PRPs akan mengaktifkan beberapa molekul biologis yang bertanggung jawab dalam sistem kekebalan tubuh termasuk protein peptida antimikroba (antimicrobial peptides) (Sritunyaluksana 2001).

Beberapa jenis penyakit pada udang yang telah dilakukan uji coba menggunakan metode transfer gen untuk mendeteksi maupun meningkatkan resistensi terhadap serangan penyakit atau patogen diantaranya penyakit *Taura syndrome virus* (TSV) (Lu, 2005), *White Spot Syndrome Virus* (WSSV) dan *Monodon Baculo Virus* (MBV) (Prenrengi, 2010 ; Anshary, 2013), dan bakteri Patogen *Vibrio harveyi* (Prenrengi, 2013). Selain itu juga dapat mengetahui atau membandingkan performa larva udang transgenik (Lante, 2015) maupun calon induk udang (Suwoyo, 2017).

## Metode Transfer Gen

Modifikasi gen dapat dilakukan dengan berbagai metode seperti penyisipan gen asing (seperti mikro injeksi, elektroforesis, infeksi vektor retroviral yang rusak pantropic, pemboman senjata partikel, dan metode transfer gen yang dimediasi sperma dan testis) dan deteksi (seperti *polymerase chain reaction* [PCR] berbasis assay dan analisis Southern blot) (Ramussen, 2007). Keberhasilan transfer gen, salah satunya ditentukan oleh karakteristik objek yang akan ditransfer gen asing, seperti sperma, ovum atau ovum yang dibuahi (embrio yang berkembang). Memilih metode yang tepat berdasarkan sifat biologis ini menjamin efektivitas keberhasilan transfer gen.

### Mikroinjeksi

Gen dimasukkan ke dalam sel menggunakan pipet kaca yang sangat kecil (diameter ujung jarum sekitar 0,05-0,15 mm) dilakukan di bawah mikroskop menggunakan mikrokontroler untuk mengontrol pergerakan jarum suntik dan jumlah larutan DNA yang disuntikkan. Seperti pada penelitian Gusrina (2009) Gen GH dari ikan nila (tiGH) yang diatur oleh promotor beta-aktin (mBP) dari ikan medaka disuntik secara mikro ke dalam lobus vesikel embrio ikan lele fase satu sel berhasil terekspresi pada ikan lele. Kekurangan transfer gen dengan teknik mikroinjeksi adalah keterampilan tinggi, inti telur yang dibuahi relatif sulit diidentifikasi di bawah mikroskop karena ukuran kecil dan volume sitoplasma besar, korion telur sangat keras, sulit menembus mikropipet, hasilnya dapat diabaikan, mengingat pekerjaan manual, telur selama pembelahan sel disuntikkan satu per satu. Hasil dari teknik ini adalah telur yang sudah diolah dapat diacak sehingga tingkat keberhasilannya rendah. Hal ini sesuai dengan pernyataan Darmawan (2013) bahwa dari seratus telur yang disuntik secara mikro, hanya satu yang berjalan dengan baik, di mana sekuens DNA rekombinan yang disisipkan bekerja sama secara stabil dan mengalami kemajuan transfer gen yang sukses.

### Elektroforesis

Metode ini pada prinsipnya menciptakan lubang yang dapat diperbaiki pada membran sel menggunakan arus yang berdenyut (pulsa listrik). Sel tersuspensi dalam larutan DNA, dan larutan ini dapat masuk ke dalam sel melalui lubang yang telah terbentuk, sehingga memungkinkan molekul DNA masuk ke dalam embrio. Keuntungan utama metode elektroforesis dibandingkan mikroinjeksi adalah tidak perlu menangani dan memanipulasi telur satu per satu. Metode elektroporasi ini telah dicoba pada telur ikan, tetapi terdapat

kendala yaitu telur cukup besar dan memiliki korion. Transfer gen dapat dilakukan menggunakan metode elektroporasi dengan perantara sperma seperti pada penelitian Hadie (2015) pada ikan patin siam yang dilakukan dengan mengkonstruksi gen lisozim berupa DNA plasmid dengan dosis  $100 \mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$  dan voltase  $125 \text{ V}\cdot\text{cm}^{-1}$ , waktu kejut 30 milidetik dengan durasi kejut 0.1 milidetik dan jumlah kejut sebanyak lima kali. Sedangkan Buwono (2016) berhasil menggunakan teknik elektroporasi spermatozoa pada ikan lele dengan menggunakan kejut listrik  $125 \text{ V}\cdot\text{cm}^{-1}$  dengan jumlah pulsa 3 dan 5 serta  $50 \text{ V}\cdot\text{cm}^{-1}$  dengan jumlah pulsa 3 dan 5 serta konsentrasi derajat vektor yang digunakan  $60 \text{ ng}/\mu\text{L}$ , waktu kejutnya adalah 30 milidetik dan durasi kejut 0,1 detik.

### **Transfeksi**

Metode ini dimaksudkan untuk menguji aktivitas promotor. Salah satunya adalah metode transfeksi untuk kultur sel. Metode ini menghasilkan sel telur yang baru saja muncul dan merupakan pra-pembelahan sel. Metode ini diawali dengan isolasi plasmid konstruksi gen. Ini biasanya mengacu pada protokol yang telah diuraikan pada bahan larutan transfeksi jetPEI (Polyplus Transfection) yang umum digunakan. Metode transfeksi lebih cocok digunakan untuk ikan dengan ukuran telur kecil, korion tipis dan daya tetas tinggi seperti udang. Jumlah telur yang dapat diaplikasikan pada metode tersebut relatif lebih besar. Hal ini bergantung pada kemampuan dan keahlian dalam penyediaan telur dalam jumlah banyak dan waktunya singkat. Seperti pada penelitian Suwoyo (2017) memanfaatkan teknologi transgenesis melalui transfeksi gen antivirus untuk mengetahui performa pertumbuhan calon udang windu pada generasi yang berbeda memberikan hasil yang tidak berbeda nyata. Sedangkan pada penelitian Parenrengi (2013) memberikan hasil yang signifikan pada uji tantang udang windu menggunakan bakteri patogen *Vibrio harveyi*, ditunjukkan dengan nilai kelulushidupan 60% lebih tinggi dibanding dengan udang windu normal dan vakuolisasi pada jaringan hepaopankreas cenderung lebih sedikit.

### **Tahapan Transgenesis Pada Udang**

Secara umum, langkah pertama dalam transgen adalah menyediakan konstruksi gen yang akan diperkenalkan. Konstruksi gen minimal termasuk promotor, gen target, dan sinyal poliadenilasi. Tahapan transgenesis pada udang (Parenrengi, 2010) dalam rangkaian penelitian produksi udang windu transgenik, sebagai tahap pertama dilakukan kloning promotor gen antivirus PmAV yang diisolasi dari udang windu khususnya pada udang yang hidup (survivor) setelah terserang penyakit WSSV sebagai salah satu penyusun konstruksi gen yang akan diintroduksi. Selanjutnya, gen antivirus PmAV disambungkan dengan

promoter ProAV untuk membuat konstruksi gen pProAV-PmAV. ProAV yang diisolasi dari udang windu yang digunakan tidak mengandung sekuen mikrosatelit karena memperlihatkan aktivitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan promoter yang mengandung mikrosatelit.

Aktivitas promoter dapat diketahui dengan menggunakan gen berpendar EGFP sebagai gen pelapor atau penanda. Jika promoter menunjukkan kontrol atas gen EGFP, promoter dapat digunakan sebagai pengatur gen target lainnya. Transfer gen antivirus PmAV dapat dilakukan pada embrio udang windu dengan metode yang sama seperti pada gen EGFP. Keberhasilan transfer gen antivirus dapat ditentukan dengan analisis DNA genom secara semi-kuantitatif PCR (*polymerase chain reaction*), dan ekspresi gen antivirus PmAV dalam teknik Menggunakan RT-PCR (*reverse transcriptase polymerase chain reaction*) sehingga keterlibatan gen antivirus tersebut dalam respon imun udang windu dapat diketahui.

Pada tahap akhir, gen pProAV-PmAV ditransfer ke embrio udang windu melalui metode transfeksi dengan menggunakan larutan jetPEI, menganalisis ekspresi gen antivirus PmAV dan ujiantang udang transgenik menggunakan virus WSSV. Metode transfeksi ditemukan lebih efektif dibandingkan dengan metode mikroinjeksi dan elektroporasi pada udang vaname (Sun et al. 2005).

### Aplikasi Transgenesis Pada Udang

Penerapan teknologi transgenesis pada udang belum banyak dilaporkan. Berikut beberapa penelitian modifikasi gen pada ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Aplikasi Modifikasi Gen pada Udang

No	Komoditas	Metode	Hasil	Referensi
1	Larva udang windu ( <i>Penaeus monodon</i> )	<i>Penaeus monodon</i> antivirus (pmAV)	Larva udang windu hasil transgenik pmAV memberikan performa lebih baik dibandingkan dengan larva udang windu tanpa transgenik pmAV pasca uji vitalitas larva dengan pengeringan, perendaman air tawar, dan perendaman formalin yang diekspresikan larva udang windu secara normal dan stress.	Lante <i>et al.</i> (2015)
2	Udang Windu ( <i>Penaeus monodon</i> )	Transfeksi gen antivirus	Kelulushidupan udang windu transgenik yang dipapar <i>V. harveyi</i> 60% lebih tinggi disbanding dengan udang windu normal, dan vakuolisasi pada jaringan hepaopankreas cenderung lebih sedikit.	Parenrengi <i>et al</i> (2013)

3	Udang Windu ( <i>Penaeus monodon</i> )	Promoter antivirus ProAV dan cDNA gen antivirus PmAV dari udang windu dilakukan dengan metode transfeksi menggunakan larutan jetPEI	Resistensi dang windu transgenik F0 (kelangsungan hidup 95,6%) lebih tinggi ( $P < 0,05$ ) dibandingkan dengan udang kontrol non-transgenik (kelangsungan hidup 71,1%). Sedangkan pada berat dan panjang tidak berbeda nyata.	Parenrengi (2010)
4	Udang vaname ( <i>Litopenaeus vannamei</i> )	Introduksi gen penyandi TSV-CP (taura syndrome virus-coat protein) dengan menggunakan metode elektroporasi, mikroinjeksi dan transfeksi	Meningkatkan resistensi udang vaname transgenik sampai dengan 39% kelangsungan hidup lebih tinggi dibandingkan dengan udang normal (kontrol).	Sun <i>et al.</i> (2005).
5	Udang	IHHNV promoters	Berfungsi untuk digunakan dalam transfer gen; potensi penggunaan dalam vektor ekspresi	Dhar <i>et al.</i> (2005 ; 2006)
6	Udang ( <i>Litopenaeus vannamei</i> )	Antisense TSV-CP + shrimp ( <i>Penaeus vannamei</i> ) $\beta$ -actin promoter	Ekspresi stabil; tidak ada kelainan biologis; peningkatan kelangsungan hidup (83% vs. 44% pada kontrol) ketika ditantang dengan TSV	Lu dan Sun (2005)
7	Udang black tiger ( <i>Penaeus monodon</i> )	Kuruma prawn EF-1 $\alpha$ promoter + GFP gene or CAT gene	Ekspresi GFP/CAT di mana-mana	Yazawa <i>et al.</i> (2005)
8	Udang ( <i>Litopenaeus vannamei</i> )	The carp $\beta$ -actin, CMV and SV40 early promoters	Ketiga promotor aktif dalam udang. Gen E. coli lacZ dianggap sebagai gen reporter yang berguna untuk studi ekspresi sementara pada embrio udang dan jaringan induk.	Arenal <i>et al.</i> (2000)

Ancaman utama bagi budidaya udang komersial adalah penyakit, khususnya dalam kasus virus yang sangat patogen seperti virus sindrom Taura (TSV) (Lu dan Sun 2005). Virus-virus ini dapat menyebabkan kemunduran yang cukup besar bagi para petambak udang, dan saat ini ada kekurangan metode yang efektif untuk mengendalikannya. Dalam studi baru-baru ini, pengkodean gen untuk antisense TSV-coat protein (TSV-CP) yang

digerakkan oleh promotor -aktin udang berhasil diekspresikan dalam zigot udang (*Litopenaeus vannamei*) menggunakan metode transfeksi berbasis jetPEI (Lu dan Sun 2005). Udang transgenik tidak menunjukkan kelainan biologis pada parameter yang diuji, dengan penambahan berat badan, penampilan, morfologi, berenang, dan makan yang serupa dibandingkan dengan kontrol nontransgenik. Namun, ketika ditantang dengan TSV, udang transgenik menunjukkan tingkat kelangsungan hidup 83%, yang secara signifikan lebih tinggi daripada tingkat kelangsungan hidup kontrol (43%). Metode transgenik seperti ini untuk memerangi patogen secara substansial dapat meningkatkan budidaya udang komersial di seluruh dunia dengan mengurangi kerugian akibat wabah penyakit.

Menurut Preston (2000), mikroinjeksi ditemukan sebagai teknik yang lebih efektif untuk memasukkan DNA ke dalam embrio udang Kuruma (*Penaeus japonicus*) daripada elektroporasi dan pemboman partikel. Namun, semua penelitian menunjukkan efisiensi yang buruk, dengan tingkat kelangsungan hidup yang rendah dari embrio. Kebutuhan lain untuk ekspresi gen yang berhasil pada udang melibatkan identifikasi urutan promotor yang sesuai. Untuk itu, promotor dari infeksi virus hipodermal dan hematopoietik (IHHNV) baru-baru ini dilaporkan berfungsi untuk digunakan dalam transgenik udang, dan upaya saat ini sedang dilakukan untuk mengembangkan vektor ekspresi menggunakan promotor ini yang memungkinkan produksi protein transgenik yang sukses pada udang (Dhar et al, 2006). Selain promotor virus, promotor housekeeping gen yang ditemukan pada spesies target juga memiliki potensi kuat untuk digunakan dalam transgenik. Dalam penelitian baru-baru ini, promotor housekeeping gen EF-1 $\alpha$  pada udang Kuruma dikaitkan dengan 1 dari 2 gen indikator (gen protein fluoresensi hijau [GFP] atau gen kloramfenikol asetil transferase [CAT]) (Yazawa, 2005). Konstruksi yang mengandung gen untuk GFP dan EF-1 $\alpha$  kemudian dimasukkan ke dalam embrio udang windu (*Penaeus monodon*) dengan mikroinjeksi atau bombardir senjata partikel, dan ekspresi GFP diukur. Meskipun persentase yang lebih tinggi dari embrio yang disuntikkan mikro ditemukan positif GFP, embrio ini rusak dan gagal berkembang melalui embriogenesis. Persentase yang lebih rendah dari embrio positif GFP ditemukan dengan metode pemboman partikel; namun, embrio ini berhasil berkembang melalui embriogenesis dan menunjukkan ekspresi GFP. Oleh karena itu, metode pemboman partikel dilaporkan lebih cocok untuk digunakan pada udang, dan kondisi yang dioptimalkan untuk metode ini digunakan untuk melakukan pengenalan konstruksi EF-1 $\alpha$ /CAT, yang menunjukkan aktivitas CAT dari 1 hingga 7 hari setelah pembuahan.

Berdasarkan serangkaian pengujian transgenesis pada kelompok krustase, hanya ada sedikit metode yang terbukti efektif. Menurut Sun (2005) yang mengkaji aplikasi metode

transfer gen berbeda pada udang, yaitu mikroinjeksi, elektroporasi, dan transfeksi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode transfeksi memberikan daya tetas yang paling tinggi, dengan jumlah telur yang diperlakukan dapat lebih banyak. Penelitian yang dilakukan oleh Parenrengi (2011) transfeksi gen antivirus terhadap embrio udang windu tidak mempengaruhi daya tetasnya. Hal tersebut menunjukkan bahwa bahan transfeksi tidak bersifat toksik.

### **Hubungan Rekayasa Genetik dengan Lingkungan dan Kesehatan Manusia**

Meskipun aplikasi transgenik dalam akuakultur memiliki potensi untuk memajukan industri dan membantu memasok permintaan pangan global yang terus meningkat, ada kekhawatiran atas potensi efek negatif dari memasukkan ikan yang diubah secara genetik ke dalam rantai makanan. Sebelum memasukkan ikan transgenik ke dalam budidaya komersial, analisis risiko yang tepat harus dilakukan untuk mengevaluasi kemungkinan efek merugikan pada lingkungan dan kesehatan manusia (Kapuscinski, 2005).

### **Lingkungan**

Pengenalan ikan/udang transgenik ke dalam budidaya dan kemungkinan pelepasannya menimbulkan sejumlah risiko substansial untuk dipertimbangkan. Udang transgenik yang lolos dapat mengganggu keanekaragaman hayati alami suatu lingkungan dengan berkembang biak dengan spesies liar dan mengubah kumpulan gen, atau dengan meningkatnya predasi atau persaingan, yang mengakibatkan keseimbangan spesies asli yang tidak tepat dan mungkin mengarah pada kepunahan (FAO 2000; Naylor dan lain-lain 2005). Ketika udang transgenik berkembang biak dengan populasi liar, ikan yang dihasilkan dapat memperoleh transgen yang dapat mengubah perilaku alami di bidang-bidang seperti reproduksi, respon antipredator, dan makan (Galli 2002). Sebagian besar organisme laut memiliki mobilitas dan fekunditas yang tinggi, oleh karena itu, materi genetik yang baru diperkenalkan berpotensi tidak hanya mempengaruhi populasi ikan lokal tetapi juga menyebar ke populasi ikan tetangga. Dalam skala besar, peristiwa ini secara permanen dapat mengubah dinamika populasi ikan dan secara serius merusak kelangsungan hidup suatu spesies.

Pendukung akuakultur transgenik berpendapat bahwa transgenik akan mengalami penurunan kebugaran di alam liar dan tidak akan berhasil bersaing dengan populasi ikan asli (FAO 2000). Namun, efek transgen tertentu pada perilaku ikan di alam sulit diprediksi, sebagian karena kemungkinan pola ekspresi gen pleiotropik, di mana perubahan pada satu sifat mempengaruhi ekspresi gen yang terkait dengan sifat lain (Galli 2002).

Penciptaan transgenik steril oleh kromosom atau manipulasi gen dapat mengurangi beberapa kekhawatiran atas pemuliaan transgenik dengan populasi alami (FAO 2000). Namun, metode yang tersedia saat ini untuk menciptakan organisme steril tidak 100% efektif, dan ada kemungkinan bahwa beberapa dari transgenik ini akan dapat bereproduksi (Wang dkk. 2003; Dunham 2004). Selain itu, ikan transgenik yang lolos, meskipun steril, mungkin masih mampu mengungguli populasi asli untuk sumber daya habitat atau mengganggu perilaku alami populasi (Galli 2002). Selain kemungkinan peningkatan survivabilitas, udang transgenik tahan penyakit juga berpotensi membawa bakteri, parasit, atau virus tertentu yang mungkin berbahaya bagi populasi alami. Meskipun pendukung transgenesis berpendapat bahwa transgenik tidak terlalu berbeda dari spesies yang telah diubah secara genetik dengan teknik pemuliaan, populasi umum dan banyak kelompok lingkungan tetap waspada terhadap konsep penyisipan gen buatan (FAO 2000).

### **Kesehatan Manusia**

Efek dari konsumsi jangka panjang makanan GM tidak diketahui. Juga penyisipan gen asing ke dalam spesies dapat mengakibatkan produksi racun atau alergen yang tidak ada sebelumnya (Galli 2002; Kelly 2005). Area potensial lain yang menjadi perhatian adalah bahwa peningkatan resistensi penyakit dari udang transgenik mungkin membuat mereka menjadi inang yang lebih baik untuk patogen baru, yang kemudian dapat diteruskan ke manusia melalui konsumsi (FAO 2000). Alergen atau toksin dapat dihasilkan sebagai hasil dari transfer gen jika transgen mengkode protein alergen atau protein yang menginduksi ekspresi toksin yang sebelumnya tidak aktif (Galli 2002; Kelly 2005). Selain itu, ekspresi protein bioaktif seperti GH dan cecropin, yang mungkin terus memiliki sifat bioaktif setelah dikonsumsi. Misalnya, sifat antimikroba dari cecropin memiliki potensi untuk mengubah flora normal usus pada manusia dan/atau secara selektif mendorong perkembangan patogen manusia dengan peningkatan resistensi (NAS 2002; Kelly 2005). Namun, menurut Organisasi Pangan dan Pertanian Perserikatan Bangsa-Bangsa (FAO), risiko yang terkait dengan penggunaan bioteknologi saat ini dalam akuakultur “sangat terbatas dan kecil” (FAO 2000).

### **Simpulan**

Meskipun perikanan tangkap dunia telah mengalami pertumbuhan yang lambat atau stagnan selama beberapa tahun terakhir, perikanan budidaya terus meningkat. Pengembangan metode transfer gen dapat meningkatkan ketahanan terhadap penyakit pada udang. Hal tersebut dapat menjadi salah satu alternatif yang dapat memecahkan masalah

penyakit pada budidaya udang, mengurangi kerugian para pembudidaya akibat kematian udang yang sering terjadi. Terlepas dari potensi transgenik dalam akuakultur, sejumlah masalah lingkungan dan kesehatan manusia tetap ada. Kekhawatiran utama termasuk lepasnya udang transgenik ke alam liar. Salah satu cara untuk mengurangi ketakutan lepasnya dan berkembang biaknya udang transgenik dengan populasi alami adalah dengan menciptakan organisme steril.

### Persantunan

Ucapan terima kasih terbesar penulis berikan kepada Dr. Ir. Ayi Yustiati yang telah membimbing penulis serta seluruh pihak yang telah membantu dalam pembuatan paper ini.

### Daftar Pustaka

- Alimuddin, Yoshizaki, G., Carman, O., & Sumantadinata, K. 2003. Aplikasi transfer gen dalam akuakultur. *J. Akuakultur Indonesia*, 2(1): 41-50.
- Alimuddin., G. Yoshizaki., O. Carman dan T. Takeuchi. 2007. Efektivitas Promoter hCMV, mEF1 $\alpha$  dan mAct dalam Mengatur Ekspresi Gen Asing pada Transgenik Ikan Zebra. *Jurnal Akuakultur Indonesia*, 6(1): 65–77 (2007)
- Anshary, H. dan 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. *Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia*, 11:69-73.
- Arenal, Amilcar., Rafael Pimentel., Meyrene Guimaraes., Armando Rodriguez, Rebeca Martinez dan Zoila Abad. 2000. Gene Transfer in Shrimp (*Litopenaeus schmitti*) by Electroporation of Single-cell Embryos and Injection of Naked DNA into Adult Muscle. *Biotecnología Aplicada* 2000; Vol.17, No.4
- Badan Pusat Statistik. 2017. <https://www.bps.go.id/indicator/56/1514/1/nilai-produksi-perikanan-budidaya-menurut-komoditas-utama.html> (Diakses tanggal 26 Oktober 2021)
- Beaumont, A.R., & Hoare, K. 2003. *Biotechnology and genetic in fisheries aquaculture*. Blackwell Science.
- Buwono, Ibnu Dwi., M Untung Kurnia Agung dan Ujang Subhan. 2016. Perakitan Ikan Lele (*Clarias sp*) Transgenik dengan Teknik Elektroporasi Sperma. *Jurnal Biologi*, Volume 20 No.1 JUNI 2016
- Darmawan, Bobby Dani. 2013. Evaluasi Resiko Aplikasi Ikan Transgenik dalam Kegiatan Budidaya. *AKUATIK-Jurnal Sumberdaya Perairan*, Volume 7. Nomor. 1. Tahun 2013
- Dewi, Raden Roro Sri Pudji Sinarni., Huria Marnis., Rommy Suprpto dan Narita Syawalia. 2013. Produksi Ikan Lele Cepat Tumbuh Generasi F-0 Menggunakan Metode Transgenesis. *Jurnal Riset Akuakultur*, Vol. 8 No. 2 Tahun 2013: 173-180
- Dunham RA. 2004. *Aquaculture and fisheries biotechnology: genetic approaches*. Cambridge, Mass.: CABI Publishing. p 372.

- FAO. 2000. The state of the world fisheries and aquaculture (SOFIA). FAO, Rome. ([http://www.fao.org/sof/sofia/index\\_en.htm](http://www.fao.org/sof/sofia/index_en.htm) diakses pada tanggal 26 Oktober 2021)
- Fletcher, Garth Leonardo., Margaret Shears., Madonna J King dan Peter Davies. 2011. Evidence for Antifreeze Protein Gene Transfer in Atlantic Salmon (*Salmo salar*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 45(2):352-357
- Hadie, Wartono., Sularto., Lies Emmawati Hadie., Angela Mariana Lusiastuti., Alimuddin., Evi Tahapari dan Huria Marnis. 2015. Inseri gen lisozim pada ikan patin siam *Pangasianodon hypophthalmus* (Sauvage, 1878) untuk membentuk galur tahan penyakit. *Jurnal Iktiologi Indonesia*, 15(2): 119-127
- KKP (Kementerian Kelautan dan Perikanan). 2021. Kelautan dan Perikanan dalam Angka 2021. Jakarta : Pusat Data Statistik dan Informasi. (<https://statistik.kkp.go.id/home.php?m=eksim&i=211#panel-footer> diakses pada tanggal 30 Oktober 2021)
- Lante, Samuel., Andi Tenriulo dan Andi Parenrengi. 2015. Performa Larva Udang Windu, *Penaeus monodon* Transgenik dan Tanpa Transgenik pmAV Pasca Uji Vitalitas dan Morfologi. Prosiding Forum Inovasi Teknologi Akuakultur 2015
- Lu Y, Sun PS. 2005. Viral resistance in shrimp that express an antisense Taura syndrome virus coat protein gene. *Antiviral Res* 67(3):141–6
- Parenrengi, Andi. 2010. Peningkatan Resistensi Udang Windu *Penaeus monodon* terhadap Penyakit White Spot Syndrome Virus Melalui Transfer Gen *Penaeus monodon* Antiviral. Institut Pertanian Bogor.
- Parenrengi, Andi dan Bunga Rante Tampangallo. 2013. Uji Tantang Udang 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. *Jurnal Riset Akuakultur*, 6(3), 353-361
- Rakasiwi, Sindhu. 2017. Sistem Pakar Diagnosa Penyakit Udang *Vannamei* Menggunakan Metode Forward Chaining Berbasis Web. *Jurnal SIMETRIS*, Vol 8 No 2 November 2017.
- Sarmasik, A. 2003. Application of Gene Transfer Technology for Genetic improvement of Fish. *Turk. J. Zool.*, 27: 1-6.
- Suwoyo, Hidayat Suryanto dan Sahabuddin. 2017. Performa Pertumbuhan Calon Induk Udang Windu *Penaeus monodon* Transfeksi pada Generasi yang Berbeda. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, Vol. 9, No. 1, Hlm. 185-199, Juni 2017.
- Yazawa R, Watanabe K, Koyama T, Ruangapan L, Tassanakajon A, Hirono I, Aoki T. 2005b. Development of gene transfer technology for black tiger shrimp, *Penaeus monodon*. *J Exp Zool A, Comp Exp Biol* 303(12):1104–9
- Zbikowska HM. 2003. Fish can be first—advances in fish transgenesis for commercial applications. *Transgenic Res* 12(4):379–89