

KONSERVASI GENETIK IKAN SIDAT TROPIS (*Anguilla spp*) DI PERAIRAN INDONESIA

CONSERVATION OF GENETIC TROPICAL FISH EEL (*Anguilla spp*) WATERS IN INDONESIA

Melta Rini Fahmi

Balai Penelitian dan Pengembangan Budidaya Ikan Hias

Teregistrasi I tanggal: 30 Juni 2014; Diterima setelah perbaikan tanggal: 23 Februari 2015;

Disetujui terbit tanggal: 27 Februari 2015

ABSTRAK

Konservasi genetik merupakan upaya pengelolaan dan konservasi spesies dengan menggunakan pendekatan molekuler dalam memahami berbagai aspek biologi spesies. Penelitian ini menyajikan model pengelolaan dan konservasi ikan sidat berdasarkan data genetika populasi dengan pendekatan molekuler. Ikan sidat yang digunakan berasal dari perairan Indonesia meliputi Aceh, Mentawai, Padang, Bengkulu, Pelabuhan Ratu, Pangandaran, Cilacap, Bali, Lombok, Kalimantan Timur, Danau Poso, Manado, Perairan Ambon dan Tanjung Boy Papua. Penelitian terbagi tiga tahap; pertama adalah identifikasi dengan menggunakan metoda semi-multiplex PCR; kedua adalah membuat peta distribusi dan ketiga adalah analisis keragaman genetik dan struktur populasi menggunakan marka *cytochrome b* dan mikrosatelit. Hasil identifikasi menunjukkan bahwa perairan Indonesia didiami oleh tujuh spesies dan subspecies yaitu *Anguilla marmorata*, *A. bicolor bicolor*, *A. b. pacifica*, *A. celebesensis*, *A. bornensis*, *A. interioris* dan *A. nebulosa nebulosa*. Jenis *A. marmorata* dan *A. bicolor* merupakan spesies yang memiliki sebaran yang lebih luas dan keragaman genetik yang tinggi, sedangkan *A. celebesensis*, *A. bornensis*, *A. interioris* merupakan spesies dengan sebaran sempit dan spesies endemik Indonesia. Nilai keragaman genetik ikan sidat di perairan Indonesia cukup tinggi yaitu 0,98 dan 4,75% masing-masing untuk keragaman haplotipe dan keragaman nukleotid. Jenis *A. borneensis* merupakan spesies basal genus *Anguilla* yang mendiami perairan Indonesia. Pengelolaan dan konservasi ikan sidat wilayah perairan Indonesia dapat dilakukan berdasarkan distribusi dan tingkat keragaman genetik. Spesies-spesies yang memiliki nilai keragaman genetik yang tinggi dan penyebaran yang luas dapat dimanfaatkan atau dikelola sedangkan untuk spesies endemik perairan Indonesia dilakukan perlindungan atau konservasi.

KATA KUNCI: Ikan sidat tropis, konservasi genetik, distribusi ikan sidat, struktur pupulasi perairan Indonesia

ABSTRACT

Conservation genetic is a management and conservation of the species by using a molecular approach to understand the biological aspects of these species. This study presented a model of management and conservation of eel based on population genetic data with molecular approach. Sample was collected from Indonesian waters, that covering Aceh, Mentawai, Padang, Bengkulu, Pelabuhan Ratu, Pangandaran, Cilacap, Bali, Lombok, East Kalimantan, Poso, Manado, Ambon and Papua. The study was divided into three stages; first, the identification of eel by using semi-multiplex PCR; second, to establish the geographic distribution of eels and third, the analysis of genetic diversity and population structure of eel by using *cytochrome b* and microsatellite markers. The results showed that Indonesian waters is inhabited by seven species and subspecies of *Anguilla marmorata*, *A. bicolor bicolor*, *A. b. pacifica*, *A. celebesensis*, *A. bornensis*, *A. A. nebulosa nebulosa* and *A. interioris*. *A. marmorata* and *A. bicolor* are two species have a wide distribution, whereas *A. celebesensis*, *A. bornensis* and *A. interioris* are species with a narrow distribution. The genetic diversity of eel in Indonesian waters was quite high that are 0.98 and 4.75%, respectively for haplotype and nucleotide diversity. *A. borneensis* indicated as basal species of the genus *Anguilla* that inhabit the waters of Indonesia. Management and conservation of Indonesian eels could be done based on the distribution and genetic variety. The species that have a high genetic diversity and widely distribution could be utilized under control while the endemic species and narrow distribution should be protected or conservation.

KEYWORDS: Tropical eel, genetic conservation, eel distribution, population genetic and Indonesian waters

Korespondensi penulis:

Balai Penelitian Perikanan Laut, Muara Baru-Jakarta.e-mail: melta_rini.fahmi@kkp.go.id
Jl. Muara Baru Ujung, Komp. PP Nizam Zachman, Jakarta Utara

PENDAHULUAN

Ikan sidat (*Anguilla* spp: Anguillidae) banyak dikenal karena memiliki daur hidup yang unik yaitu ikan yang bermigrasi secara katadromous, artinya ikan sidat mengawali hidup di laut, selanjutnya bermigrasi ke air tawar untuk tumbuh menjadi dewasa di perairan tersebut, dan kembali ke laut untuk melakukan proses pemijahan. Hampir semua jenis *Anguilla* melakukan pemijahan di daerah tropis (*low latitude*) (Ege, 1939; Tesch 1977). Larva ikan sidat yang baru menetas dikenal dengan istilah *leptocephali* berenang secara pasif mengikuti arus menuju pantai memasuki perairan tawar. Ikan sidat akan menghabiskan sebagian besar fase hidupnya di air tawar dan akan kembali ke laut untuk memijah.

Selain memiliki pola hidup yang unik, sidat juga populer sebagai makanan yang mewah karena memiliki nilai nutrisi yang baik. Kandungan protein ikan sidat mencapai 65%, lemak 28% dan memiliki khasiat dapat meningkatkan stamina tubuh (Hainsbroek *et al.*, 2007). Masyarakat Jepang merupakan konsumen sidat terbesar dengan jumlah konsumsi mencapai 130.000 ton pertahun (Tsukamoto dan Aoyama, 1998).

Produksi ikan sidat dunia terus mengalami peningkatan dari 80.000 ton tahun 1990 menjadi 285.000 ton pada tahun 2007 (Ringuet *et al.*, 2002). Pemenuhan kebutuhan konsumsi sidat dunia sebagian besar ($\pm 94\%$) diproduksi melalui kegiatan budidaya dengan pasokan benih berasal dari alam dan teknologi yang dikembangkan umumnya sudah maju (intensif). Eksploitasi secara besar-besaran terhadap benih ikan sidat telah menyebabkan

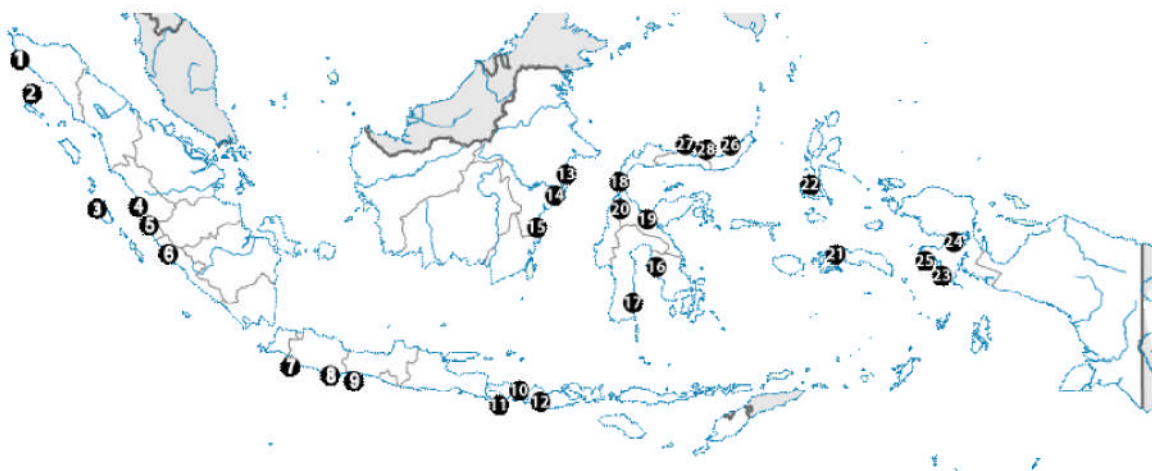
penurunan populasi ikan sidat secara signifikan. Penurunan pasokan benih dari alam paling tinggi terjadi di negara Jepang yaitu sebesar 64%, menyusul Eropa dan Amerika masing-masing sebanyak 43,5% dan 8,3% selama 17 tahun (1984-2000) (Ringuet *et al.*, 2002).

Penurunan populasi ikan sidat di wilayah sub-tropis menyebabkan keberadaan ikan sidat tropis menjadi penting dan strategis saat ini, baik untuk tujuan pasar maupun penelitian. Dari 19 spesies-subspecies genus *Anguilla*, 14 spesies-subspecies mendiami perairan tropis dan 7 diantaranya ditemukan di perairan Indonesia (Fahmi *et al.*, 2012). Hingga saat ini data dan informasi ikan sidat Indonesia masih sangat terbatas, namun disisi lain penangkapannya telah berlangsung intensif di beberapa wilayah terutama untuk kegiatan ekonomi (Fahmi *et al.*, 2013). Oleh karena itu penelitian ini dilakukan untuk memperoleh data dan informasi genetik ikan sidat yang mendiami perairan Indonesia dan selanjutnya digunakan sebagai bahan rekomendasi dalam melakukan konservasi ikan tersebut.

BAHAN DAN METODE

Koleksi Sampel

Penelitian diawali dengan pengumpulan sampel ikan sidat di sepanjang perairan Indonesia yang diduga didiami oleh ikan sidat dari tahun 2008 hingga 2012. Lokasi penelitian disajikan pada Gambar 1 dan Tabel 1. Kajian konservasi genetik ikan sidat mencakup tiga tahap penelitian melalui pendekatan molekuler yaitu identifikasi ikan sidat, konstruksi peta distribusi ikan sidat dan keragaman genetik serta struktur populasi ikan sidat yang ada di perairan Indonesia.



Gambar 1. Lokasi sampling ikan sidat di perairan Indonesia.

Figure 1. Sampling location of eel in Indonesian waters.

Tabel 1. Lokasi sampling ikan sidat
Table 1. *Sampling location of eel*

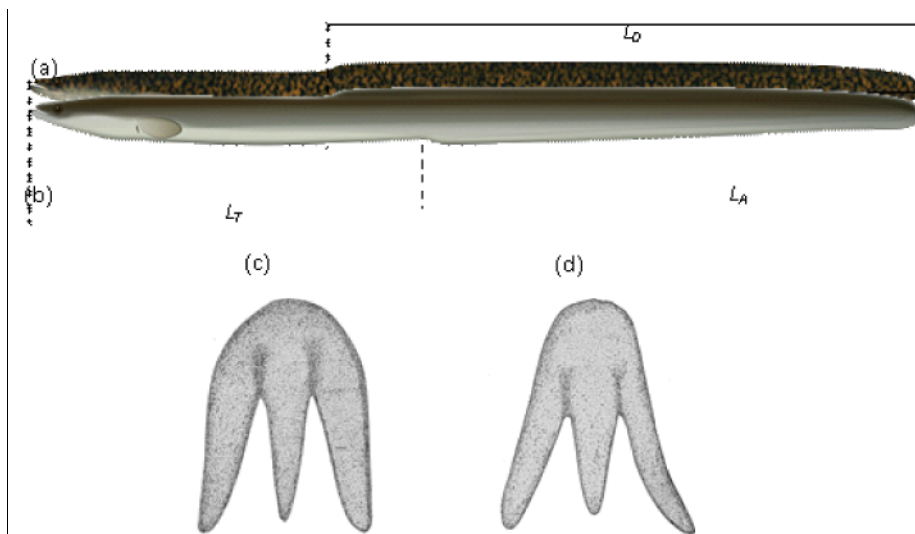
| No | Lokasi sampling/ <i>Sampling location</i> | Kode <i>Code</i> | Waktu sampling <i>Time of sampling</i> | Jumlah sampel <i>Number of sample</i> | Stadium |
|------------------------|-------------------------------------------------------------|---------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
| 1 | Muara sungai Tadu, Aceh | Ace | 2 January 2010 | 40 | <i>yellow eel</i> |
| 2 | Perairan pulau Smeulue | Ace | March 2012 | 8 | <i>yellow eel</i> |
| 3 | Perairan Kep. Mentawai | Men | 21 June 2011 | 42 | <i>yellow eel</i> |
| 4 | Muara sungai Bungus, Padang (1-45) | Pad 1 | 7 August 2008 | 50 | <i>yellow eel</i> |
| 5 | Muara sungai Tarusan, Painan, Padang (46-97) | Pad 2 | 27-Feb-08 | 37 | <i>yellow eel</i> |
| 6 | Muara sungai Ketaun, Bengkulu | Ben | December 2009 | 23 | <i>yellow eel</i> |
| | Muara sungai Ketaun, Bengkulu | Ben | March 2009 | 8 | <i>yellow eel</i> |
| | Muara sungai Ketaun, Bengkulu | Ben | June 2008 | 51 | <i>Glass eel</i> |
| 7 | Muara sungai Cimandiri, Sukabumi | Pel 8 | August 2009 | 30 | <i>Glass eel</i> |
| | Muara sungai Cimandiri, Sukabumi | Pel 9 | Sep-09 | 30 | <i>Glass eel</i> |
| | Muara sungai Cimandiri, Sukabumi | Pel 10 | Okt-09 | 43 | <i>Glass eel</i> |
| | Muara sungai Cimandiri, Sukabumi | Pel 11 | November 2009 | 23 | <i>Glass eel</i> |
| | Muara sungai Cimandiri, Sukabumi | Pel R | June 2008 | 163 | <i>Glass eel</i> |
| 8 | Pangandaran, | Pang | 28 June 2009 | 20 | <i>yellow eel</i> |
| 9 | Cilacap, Muara sungai Mengereng, | Cil | 25 June 2009 | 18 | <i>yellow eel</i> |
| 10 | Bali (1-30) | Bal 1 | 5 June 2009 | 30 | <i>yellow eel</i> |
| 11 | Muara sungai Unde, Bali (31- 62) | Bal 2 | 12 December 2009 | 31 | <i>yellow eel</i> |
| 12 | Muara sungai Labuan Haji, Lombok | Lom | Sep-09 | 14 | <i>yellow eel</i> |
| 13 | Muara sungai Bengalon, Kalimantan | Beng | Okt-10 | 11 | <i>Elver</i> |
| 14 | Muara sungai Sangata, Kalimantan | Sang | Okt-10 | 14 | <i>yellow eel</i> |
| 15 | Muara sungai Mahakam, Kalimantan | Mah | Okt-10 | 3 | <i>yellow eel</i> |
| 16 | Muara sungai Lasusua, Sulawesi | Las 1 | Okt-08 | 64 | <i>yellow eel</i> |
| | Muara sungai Lasusua, Sulawesi | Las 2 | Sep-09 | 40 | <i>yellow eel</i> |
| 17 | Muara sungai Salusuna Muara sungai Donggala, Sulawesi | Sal | Okt-10 | 1 | <i>yellow eel</i> |
| 18 | Muara sungai Poso, Sulawesi | Dong | Okt-10 | 18 | <i>Elver</i> |
| 19 | Muara sungai Poso, Sulawesi | Pos | Apr-10 | 47 | <i>Glass eel</i> |
| | Muara sungai Poso, Sulawesi | Pos | December 2011 | 30 | <i>Glass eel</i> |
| | Muara sungai Poso, Sulawesi | Pos-S | June 2008 | 37 | <i>Glass eel</i> |
| | Muara sungai Poso, Sulawesi | Pos-J | June 2008 | 24 | <i>Glass eel</i> |
| 20 | Muara sungai Tantena, Sulawesi | Pal | August 2010 | 7 | <i>yellow eel</i> |
| 21 | Perairan Tanah merah, Seram, Ambon | Amb | November 2010 | 26 | <i>yellow eel</i> |
| 22 | Perairan pulau Obi, Maluku | Obi | November 2011 | 12 | <i>yellow eel</i> |
| 23 | Sungai Ware mare, Papua (1- 5, 9-10) | Pap | November 2010 | 7 | <i>yellow eel</i> |
| 24 | Kali Besar, Papua (11-16) | Pap | November 2010 | 6 | <i>Glass eel</i> |
| 25 | Tanjung Boy, Papua (6-8) | Pap | November 2010 | 3 | <i>yellow eel</i> |
| 26 | Sungai Amurang, Sulawesi | Amu | November 2011 | 51 | <i>yellow eel,</i> <i>glass eel</i> |
| 27 | Sungai Poigar, Sulawesi | Poig | January 2012 | 30 | <i>Glass eel</i> <i>yellow eel,</i> <i>elver</i> |
| 28 | Sungai Inobonto, Sulawesi | Ino | November 2011 | 23 | |
| Total specimens | | | | 1.115 | |

Identifikasi ikan sidat

Identifikasi ikan sidat dengan menggunakan karakter morfologi mengacu pada Watanabe *et al.* (2004) dan molekuler mengacu pada Fahmi *et al.*, 2012. Karakter morfologi yang digunakan yaitu panjang anodorsal (D_A) dengan formulasi $D_A = 100(L_D - L_A)L_T^{-1}$ (Reveillac *et al.*, 2009), berdasarkan nilai anodorsal ikan sidat dibagi menjadi dua grup yaitu grup *short fin (SF)* dengan nilai $D_A < 5\%$ dan *long fin (LF)* dengan nilai $D_A > 5\%$. Karakter kedua yaitu lebar maxilari yang mengacu pada jumlah gigi pada bagian tengah maxilari, berdasarkan lebar maxilari ikan sidat terbagi menjadi dua kelompok yaitu sempit (jumlah gigi antara 2-4) dan lebar (jumlah gigi antara 5-10) dan karakter ketiga yaitu corak kulit, ikan sidat

dikelompokkan juga menjadi dua bagian yaitu polos dan bermotif. Dari tiga karakter morfologi tersebut ikan sidat dikelompokkan menjadi empat grup; pertama, *long anodorsal fin (LF)*, kulit bermotif dan maxilari lebar; kedua, *long anodorsal fin (LF)*, kulit bermotif dan maxilari sempit; ketiga, *short anodorsal fin (SF)*, kulit polos dan keempat *long anodorsal fin (LF)*, kulit polos.

Identifikasi secara molekuler dilakukan dengan menggunakan metoda semi-multiplex PCR yang melibatkan sembilan primer spesifik seperti yang tercantum pada Tabel 2.



Gambar 2. Pengukuran karakter morfologi ikan sidat; (a) kulit bermotif, (b) kulit tidak bermotif, (c) maxilari yang lebar dan (d) maxilari yang sempit, L_D = panjang sirip dorsal L_A =panjang sirip anal, L_T = panjang total. (Modifikasi dari Silfvergrip, 2009).

Figure 2. Morphometric characteristic measurement of eel; (a) skin colour (b) skin without colour, (c) maxillary width, (d) maxillary tight, L_D =length of dorsal fin; L_A = length of anal fin; L_T = total length.

Table 2. Primer spesifik spesies untuk analisa semi-multiplex PCR dan produk PCR masing-masing untuk tujuh spesies dan subspecies.

Table 2. Species specific primer that using on semi-multiplex PCR analysis and PCR products for seven species and subspecies

| Gene | Primers | Sequence (5'----3') | Lengths of PCR amplification (bp) | Specific species |
|--------------|----------|-------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Cytochrome b | FCYT-EEL | TAGTGGATCTACCAACCC (Forward) | 230 | <i>A. bicolor bicolor</i> <i>A. bicolor pacifica</i> <i>A. marmorata</i> <i>A. celebensis</i> <i>A. interioris</i> |
| | R-BICO | AGACAAATGAAGAAGAATGA | | |
| | R-BPAC | ATGTTAGGGCAGTTAGC | | |
| | R-MAR | GTGGAATGGAATTTTGTC | | |
| | R-CEL | ATCTGGATCTCCAAGAAGA | | |
| | R-INT | CGTAGGCGAATAGAAAG | | |
| 16S rRNA | F16S-EEL | AGGAGAAGAAGGAAGCTCG (Forward) | 372 | <i>A. nebulosa nebulosa</i> <i>A. borneensis</i> |
| | R-NNEB | TTGGATCATATTTAACGTTT | | |
| | R-BORN | AAGTTTAGGGGTATTCCC | | |

Keragaman genetik dan struktur populasi

Keragaman genetik ikan sidat dianalisa dengan menggunakan marka mitokondria seluruh gen *cytochrome b*. Primer yang digunakan adalah sebagai berikut: FEEL-Cytb: 5'-CCACCG TTA TAA TTC AAC-3' dan REEL-Cytb: 5'-AAG CTA CTA GGC TTA TC-3'. Primer yang digunakan mengamplifikasi gen target sebesar 1.184 bp. Keragaman genetik masing-masing spesies diukur dengan melihat nilai keragaman haplotip (h) dan keragaman nukleotida (p) dengan menggunakan program DnaSP ver 5.1 dan konstruksi pohon kekerabatan dengan menggunakan program Mega 5.2.

long anodorsal fin (LF), kulit bermotif dan maxilari lebar dimiliki oleh dua spesies yaitu *A. celebesensis* dan *A. interioris*, artinya kedua spesies tersebut memiliki karakter morfologi yang sama dan kedua spesies tersebut hanya dapat dibedakan dengan pendekatan molekuler. Demikian juga *A. marmorata* dan *A. n. nebulosa* kedua spesies ini juga memiliki karakter morfologi yang sama yaitu *long anodorsal fin* (LF), kulit bermotif dan maxilari sempit, untuk membedakan kedua spesies tersebut juga hanya dapat dilakukan dengan pendekatan molekuler.

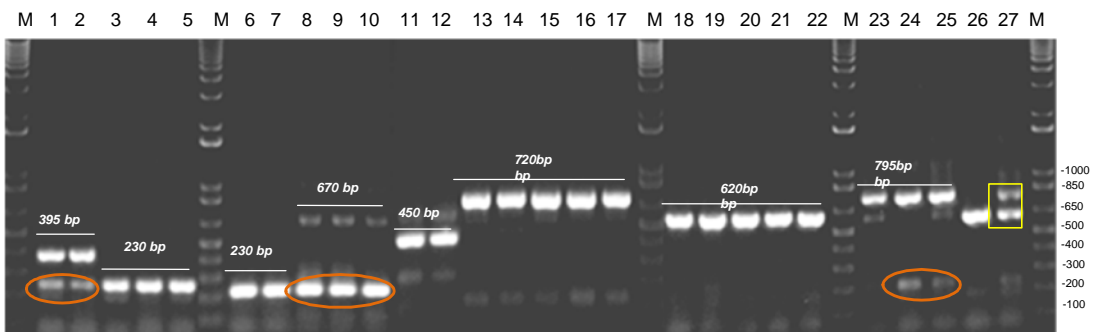
HASIL DAN BAHASAN

HASIL

Identifikasi dan taxomoni ikan sidat

Hasil identifikasi molekuler dengan menggunakan metoda Semi-Multiplex PCR disajikan pada Gambar 3. Identifikasi sampel ikan sidat dengan menggunakan pendekatan molekuler selanjutnya dikompilasi dengan identifikasi secara morfologi dan disajikan seperti pada Tabel 3. Hasil kompilasi pada Tabel 3 menunjukkan bahwa untuk kelompok karakter morfologi (pertama)

Sampel yang telah diidentifikasi selanjutnya dipetakan seperti pada Gambar 4. Berdasarkan peta distribusi ikan sidat (Gambar 4) terlihat beberapa spesies terdistribusi secara luas dan sebagian lagi terdistribusi secara terbatas. *A. celebesensis*, *A. borneensis* dan *A. interioris* merupakan spesies yang tersebar secara sempit dan terbatas di wilayah tertentu. Jika mengacu pada peta distribusi ikan sidat yang dipublikasikan oleh Ege (1939) maka tiga spesies tersebut merupakan spesies endemik perairan Indonesia. Sedangkan jenis *A. marmorata* dan *A. bicolor* tersebar secara luas.



Gambar 3. Identifikasi ikan sidat genus *Anguilla* menggunakan metode semi-multiplex PCR. Sampel 1-2 *A. n. nebulosa*, 3-7 *A. b. bicolor*, 8-10 *A. b. pacifica*, 11-12 *A. borneensis*, 13-17 *A. celebesensis*, 18-22 dan 26 *A. marmorata*, 23-25 and 27 *A. interioris*, M= 100 bp ladder = unspecific bands, = unexpected band.

Figure 3. Identification of eel especially genus *Anguilla* using PCR semi-multiplex method Sampel 1-2 *A. n. nebulosa*, 3-7 *A. b. bicolor*, 8-10 *A. b. pacifica*, 11-12 *A. borneensis*, 13-17 *A. celebesensis*, 18-22 dan 26 *A. marmorata*, 23-25 and 27 *A. interioris*, M= 100 bp ladder = unspecific bands, = unexpected band.

Tabel 3. Hasil identifikasi ikan sidat yang mendiami perairan Indonesia dengan menggunakan pendekatan molekuler dan morfologi.

Table 3. Identification of eels that inhabit in Indonesian waters by morphological and molecularr approach

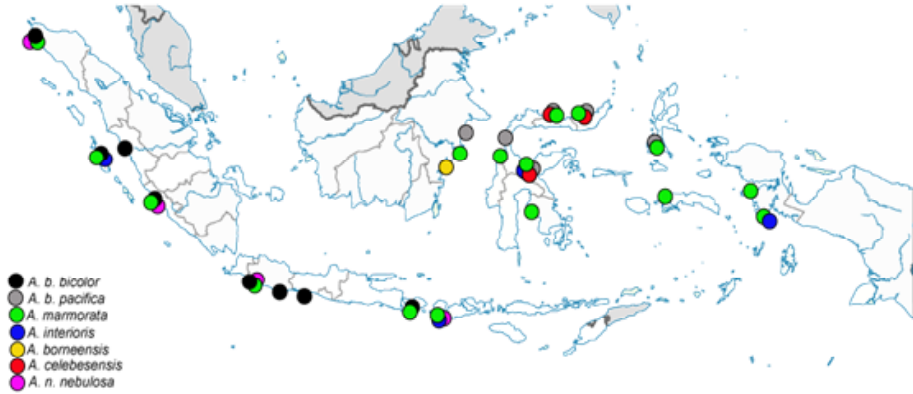
| Pengelompokkan ikan sidat berdasarkan karakter morfologi (n*) | Identifikasi spesies (n*) dengan menggunakan semi-multiplex PCR |
|-----------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| 1. <i>long anodorsal fin</i> (LF), kulit bermotif dan maxilari lebar (15) | : <i>A. celebenesis</i> (47), <i>A. interioris</i> (16) |
| 2. <i>long anodorsal fin</i> (LF), kulit bermotif dan maxilari sempit (428) | : <i>A. marmorata</i> (487), <i>A. n. nebulosa</i> (15) |
| 3. <i>long anodorsal fin</i> (LF) (3), kulit polos | : <i>A. borneensis</i> (3) |
| 4. <i>short anodorsal fin</i> (SF), kulit polos (323) | : <i>A. b. bicolor</i> (510), <i>A. b. pacifica</i> (34) |

*) jumlah sampel

Keragaman genetik intra dan antar spesies

Keragaman genetik ikan sidat yang terdapat di perairan Indonesia disajikan pada Tabel 4. Nilai keragaman haplotype (*h*) masing-masing spesies

berkisar antara 0,923-1,00 sedangkan keragaman nukleotid berkisar antara 0,3-1,06 %. Pohon kekerabatan antar spesies ikan sidat yang ada di perairan Indonesia disajikan pada Lampiran 1.



Gambar 4. Peta distribusi ikan sidat di perairan Indonesia.
 Figure 4. Map showing eel distribution in Indonesian waters.

Tabel 4. Keragaman genetik ikan sidat di perairan Indonesia
 Table 4. Genetic diversity of eel in Indonesian waters

| Species/subspecies | n | P | Nhp | h | π (%) | Tajima's D test |
|------------------------|-----|----|-----|---------------|---------------|-----------------|
| <i>A. marmorata</i> | 92 | 16 | 45 | 0.937 ± 0.013 | 0.861 ± 0.002 | -1.9511* |
| <i>A. interioris</i> | 13 | 4 | 12 | 0.974 ± 0.051 | 0.541 ± 0.000 | -0.8798 |
| <i>A. n. nebulosa</i> | 7 | 4 | 6 | 0.953 ± 0.111 | 0.302 ± 0.000 | -1.6226* |
| <i>A. b. pacifica</i> | 18 | 4 | 12 | 0.935 ± 0.048 | 1.012 ± 0.006 | -2.2838** |
| <i>A. b. bicolor</i> | 66 | 8 | 46 | 0.931 ± 0.026 | 1.060 ± 0.002 | -1.8541* |
| <i>A. celebesensis</i> | 14 | 4 | 10 | 0.923 ± 0.058 | 0.544 ± 0.000 | -0.4112 |
| <i>A. borneensis</i> | 3 | 1 | 3 | 1.000 ± 0.000 | 0.128 ± 0.000 | n.d. |
| Total | 213 | | 134 | 6.653 ± 0.307 | 4.448 ± 0.010 | - |
| Average | - | | - | 0.950 ± 0.044 | 0.635 ± 0.001 | - |

Note: jumlah sekuen (n), jumlah populasi (p), jumlah haplotip (Nhp), keragaman haplotip (h) dan keragaman nucleotide (π), * signifikansi ($p=0.005$)

BAHASAN

Identifikasi molekuler ikan sidat yang dikembangkan pada penelitian ini, telah memberikan kontribusi yang signifikan dalam penentuan jenis ikan sidat terutama pada fase glass eel. Mengacu pada pernyataan Watanabe *et al.* (2004) dan Aoyama *et al.* (2001), bahwa karakter morfologi ikan sidat tidak mampu mengidentifikasi sampel hingga level spesies, identifikasi spesies genus *Anguilla* hanya dapat dilakukan dengan menggunakan pendekatan molekuler. Penggunaan karakter morfologi hanya dapat mengelompokkan ikan sidat ukuran dewasa menjadi empat kelompok. Seperti data yang terdapat pada Tabel 3 menunjukkan bahwa spesies *A. celebesensis* dan *A. interioris* serta *A. marmorata* dan

A. n. nebulosa tidak bisa dibedakan dengan menggunakan karakter morfologi walaupun pada stadia dewasa. Hal serupa disampaikan oleh Aoyama *et al.* (1999) yang menyarankan identifikasi keempat spesimen tersebut hanya dapat dilakukan dengan menggunakan pendekatan molekuler.

Frankham *et al.* (2007) menyatakan bahwa bagian yang sangat penting dalam konservasi genetik adalah kepastian taksonomi baik melalui pendekatan morfologi maupun molekuler. Kepastian taksonomi ini diperlukan untuk beberapa alasan diantaranya perlindungan hukum untuk spesies yang terancam punah, peta penyebaran, status spesies endemik atau invasif dan identifikasi spesies yang memiliki nilai ekonomis penting.

Disamping identifikasi pada level spesies metoda semi-multiplex PCR juga mampu mengidentifikasi hingga level subspecies seperti pada *A. b. bicolor* dan *A. b. pacifica*. Penelitian-penelitian sebelumnya belum menemukan metoda yang efektif untuk identifikasi subspecies ikan sidat (Watanabe *et al.*, 2008). Watanabe *et al.* (2008) menyatakan bahwa perlu dilakukan evaluasi pembagian subspecies pada genus *Anguilla*.

Pohon kekerabatan yang dikonstruksi berdasarkan sekuen gen *cytochrome b* (Gambar 5), diketahui bahwa spesies *A. mosambica* merupakan *species basal* (nenek moyang) genus *Anguilla* dan spesies *A. borneensis* merupakan nenek moyang ikan sidat di perairan Indonesia. Aoyama *et al* 2001 menyatakan bahwa nenek moyang genus *Anguilla* adalah *A. borneensis*, dan peneliti senior ikan sidat sebelumnya yaitu Tsukamoto *et al.* (1998), menyebutkan bahwa perairan Indonesia merupakan ancentral genus *Anguilla*.

Tingginya nilai keragaman haplotipe ikan sidat di Indonesia hampir sama dengan keragaman haplotipe ikan sidat Jepang *A. japonica*, yang berkisar antara 0,97 (Sang *et al.*, 1994) dan 0,96 (Ishikawa *et al.*, 2001). Tingginya keragaman genetik ikan sidat baik di wilayah tropis maupun subtropis diduga disebabkan oleh proses pemijahan ikan sidat terjadi secara acak (*panmictic*) di perairan laut dalam (Avicé *et al.*, 1989). Konservasi genetik menurut Frankham *et al.* (2007) berorientasi pada optimalisasi potensi genetik dan meminimalisasi potensi inbreeding suatu spesies, sehingga keragaman genetik suatu spesies akan menjadi dasar dalam pengelolaan atau konservasi genetik. Spesies yang memiliki keragaman genetik rendah perlu dilakukan perlindungan sedangkan pemanfaatan diutamakan pada spesies yang memiliki keragaman tinggi.

Konservasi Genetik Ikan Sidat

Konservasi saat ini telah menjadi topik yang banyak dibicarakan pada genus *Anguilla* karena dua spesies penting *A. japonica* dari Jepang dan *A. anguilla* dari Eropa saat ini terancam punah dan masuk CITES RedList Appendix II (Ringuet, 2002). Redlist Appendix II, mensyaratkan sistem kuota atau kontrol dalam kegiatan penangkapan kedua jenis ikan sidat tersebut untuk tujuan perdagangan. Upaya konservasi menjadi perhatian yang cukup serius dalam pengelolaan dan manajemen ikan sidat mengingat industri budidaya ikan sidat masih mengandalkan pasokan benih dari alam.

Konsep konservasi ikan sidat yang disajikan pada tulisan ini mengacu pada pola sebaran (distribusi) dan keragaman genetik ikan sidat di perairan Indonesia dengan menggunakan marka mitokondria gen *cytochrome b*.

Pertama yaitu terkait dengan pola sebaran ikan sidat yang diperoleh pada penelitian ini serta hasil pemetaan distribusi ikan sidat oleh Ege (1939) yang direvisi oleh Watanabe *et al.* (2004), menunjukkan bahwa ikan sidat yang mendiami perairan Indonesia memiliki pola sebaran luas dan sempit. Ikan sidat dengan pola sebaran sempit umumnya merupakan ikan sidat endemik perairan Indonesia yaitu *A. borneensis*, yang hanya ditemukan diperairan timur Kalimantan dan barat Sulawesi. Disamping penyebarannya sempit spesies ini juga memiliki kelimpahan yang sangat sedikit (*small population*). Frankham *et al.* (2007) menyebutkan bahwa hewan-hewan yang hidup dengan kriteria *small population* cenderung memiliki pola pemijahan *single panmictic population*, untuk spesies-spesies seperti ini Frankham *et al.* (2007) menyarankan sebaiknya dilindungi atau dimanfaatkan secara terbatas untuk menjaga kelestariannya. Pola yang hampir sama dengan *A. borneensis* adalah *A. celebesensis* dan *A. interioris*. Namun untuk jenis *A. celebesensis* dan *A. interioris* memiliki karakter morfologi yang sama dengan *A. marmorata* dan di beberapa wilayah ketiga spesies ini hidup secara bersamaan. Tentu ini menjadi kendala tersendiri dalam perlindungan atau konservasi *A. celebesensis* dan *A. interioris* mengingat jenis *A. marmorata* merupakan jenis yang memiliki nilai ekonomis penting dan telah dieksploitasi sebagai komoditas bernilai ekonomis penting.

Kedua yaitu konservasi ikan sidat berdasarkan aspek keragaman genetik. Genetik merupakan material dasar yang dimiliki oleh makhluk hidup untuk menghadapi perubahan lingkungan. Pada sebagian besar makhluk terestrial tingginya tingkat keragaman genetik berbanding lurus dengan ketahanan (*fitness*) suatu populasi atau spesies dalam menghadapi perubahan lingkungan (Frankham *et al.*, 2007). Sebaliknya tingginya keragaman genetik ikan sidat tidak berbanding lurus dengan *fitness* populasi atau spesies tersebut. Hal ini ditunjukkan oleh fenomena ikan sidat yang mendiami perairan subtropis mulai terancam punah, walaupun populasi ikan sidat tersebut memiliki keragaman genetik yang tinggi. Avicé *et al.* (1989) menyatakan bahwa tingginya keragaman genetik ikan sidat disebabkan oleh proses perkawinan yang terjadi secara acak (*panmictic*).

Aoyama (2009) menyatakan bahwa pada awalnya teori yang berkembang pada ikan sidat adalah "single panmictic population", namun seiring dengan perkembangan teknologi analisis struktur populasi diketahui ikan sidat memiliki karakter "multi-population panmictic". Lebih lanjut Aoyama menjelaskan artinya jika terjadi *overfishing* di suatu populasi belum tentu berdampak langsung terhadap kepunahan ikan sidat, karena waktu yang digunakan oleh masing-masing populasi mencapai wilayah pemijahan berbeda. Seperti umumnya ikan-ikan yang bermigrasi menurut Aoyama (2009), dimana faktor utama yang menyebabkan kepunahan ikan sidat adalah kerusakan lingkungan yang berdampak pada terganggunya jalur migrasi menuju tempat pemijahan atau sebaliknya. Beberapa contoh kerusakan lingkungan yang mengganggu jalur migrasi ikan adalah adanya bendungan, pencahayaan (seperti lampu mercusuar), pencemaran air dan aktifitas manusia lainnya. Sehingga menjaga jalur migrasi ikan sidat menjadi fokus utama dalam melindungi (konservasi) serta menjaga *fitness* populasi ikan sidat (Aoyama, 2009).

Konservasi genetik merupakan aktifitas mempertahankan keragaman genetik suatu populasi dan keragaman genetik dalam suatu spesies, hal ini disebabkan karena dua alasan. Alasan pertama yaitu perubahan lingkungan merupakan sebuah proses yang terjadi secara terus menerus disisi lain keragaman genetik diperlukan bagi makhluk hidup untuk beradaptasi, berevolusi dan melakukan perubahan sehingga dapat menyesuaikan diri dengan perubahan lingkungan. Alasan kedua adalah hilangnya keragaman genetik akan menimbulkan potensi inbreeding dan menurunkan kebugaran (*fitness*) reproduksi (Frankham *et al.*, 2002). Sehingga IUCN merekomendasikan kelestarian keragaman genetik sebagai salah satu dari tiga prioritas konservasi global disamping keragaman spesies dan laju kepunahan.

Berkurangnya keragaman genetik secara langsung berdampak pada penurunan nilai heterozigositas dalam suatu populasi atau spesies, kondisi ini akan memicu terjadinya seleksi terhadap alel-alel tertentu, terutama pada spesies yang memiliki populasi kecil. Proses seleksi terhadap alel-alel tertentu terutama pada populasi kecil akan mendorong terjadinya proses inbreeding (Frankham *et al.*, 2002). Pada kasus ikan sidat hal ini dapat dan berpeluang terjadi pada spesies-spesies yang memiliki populasi kecil dan penyebarannya terbatas seperti spesies *A. borneensis*, *A. interioris* dan *A. celebesensis*. Sehingga pengelolaan spesies-spesies endemik (populasi kecil) dilakukan secara terbatas,

sedangkan spesies seperti *A. bicolor* dan *A. marmorata* yang tersebar secara luas dapat dimanfaatkan secara terkontrol.

KESIMPULAN

Tahap pertama dari konservasi genetik adalah kejelasan taksonomi spesies metoda semi-multiplek PCR yang dikembangkan pada penelitian ini berhasil mengidentifikasi ikan sidat hingga level spesies. Peta distribusi yang dibuat menunjukkan *A. borneensis*, *A. interioris* dan *A. celebesensis* merupakan spesies yang tersebar secara terbatas dan perlu dilindungi sedangkan *A. bicolor* serta *A. marmorata* yang tersebar secara luas dapat dimanfaatkan secara terkontrol. Mengacu pada aspek biologi (siklus hidup), maka konservasi ikan sidat dilakukan dengan cara menjaga lalu lintas ruaya ikan terutama bagi ikan-ikan yang akan melakukan pemijahan. Ancaman kepunahan ikan sidat tidak dapat diukur dari tingkat keragaman genetiknya, karena ikan sidat cenderung memiliki keragaman genetik yang tinggi karena proses pemijahannya terjadi secara acak (*panmictic*)

DAFTAR PUSTAKA

- Aida, K., K. Tsukamoto, K. Yamauchi. 2003. Eel biology. *Springer*, Tokyo.
- Aoyama, J., S. Watanabe, S. Ishikawa, M. Nishida, K. Tsukamoto. 1999. Are morphological characters effective enough to discriminate two species of freshwater eels, *Anguilla celebesensis* and *A. interioris*? *Ichthyological Research*. 47: 157–161 p.
- Aoyama, J., S. Ishikawa, T. Otake, N. Mochioka, Y. Suzuki, S. Watanabe, A. Shinoda, J. Inoue, PM. Lokman, T. Inagaki, M. Oya, H. Hasumoto, K. Kubokawa, TW. Lee, H. Fricke & K. Tsukamoto. 2001. Molecular approach to species identification of eggs with respect to determination of the spawning site of the Japanese eel *Anguilla japonica*. *Fisheries Science*. 67: 761-763 p.
- Aoyama, J. 2009. Life history and evolution of migration in catadromous eels (Genus *Anguilla*). *Aqua-Bio.Sci.Monogr*. 2:1-42.
- Avice, J.C., G.S. Helfman, N.C. Sauters & L.S. Hales. 1989. Mitochondrial DNA differentiation in North Atlantic eels: Population genetic consequences of an unusual life history pattern. *Proc.Natl.Acad.Sci*. 83: 4350-4354 p.

- Ege, V. 1939. A revisi of the Genus *Anguilla* shaow, A systemic, phylogenetic and geographical study. London: *Oxford University Press*. 260 pp.
- Fahmi, M.R., D.D. Solihin, K. Soewardi, L. Pouyaud, Z. Shao & P. Berrebi. 2012. A novel semi-multiplex PCR assay for identification of tropical eels of genus *Anguilla* in Indonesia water. *Fish Sci*. DOI 10.1007/s12562-012-0587-0.
- Fahmi, M.R. 2013. Phylogeography of tropical eel (*Anguilla spp*) in Indonesian waters. *Disertasi*. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Frankham, R., J.D. Ballau & D.A. Briscoes. 2002. Introduction to conservation genetic. *Cambridge University Press*.
- Heinsbroek, L.T.N., P.L.A. Van Hoff, W. Swinkels, MWT. Tanck, J.W. Schrama, J.A.J Verte. 2007. Effect of feed composition on life history development in feed intake, metabolism, growth, and body composition of European eel, *Anguilla anguilla*. *Aquaculture*. 267 : 175-187p.
- Ishikawa, S., J. Aoyama, K. Tsukamoto, M. Nishida. 2001. Population structure of the Japanese eel *Anguilla japonica* as examined by mitochondrial DNA sequence. *Fish. Sci*; 67:246-253 p.
- R'evenillac, E.R., P.A. Gagnaire, R.F. Lecomte, P. Berrebi, T. Robinet & P. Valade. 2009. Development of a key using morphological character to distinguish south-western Indian Ocean anguillid glass eels. *J. Fish Bio*. 74: 2171–2177 p.
- Ringuet, S., F. Muto & C. Raymakers. 2002. Eel: Their Harvest and Trade In Europe and Asia. *Traffic Bulletin*. Vol 19. No 2.
- Sang, T.K, H.Y. Chang, C.T. Chen & C.F. Hui. 1994. Population structure of Japanese Eel, *Anguilla japonica*. *Mol. Biol. Evol* 11(2):250-260 p.
- Silfvergrip, A.M.C. 2009. CITES identification guide to the freshwater eels (Anguillidae). *Swedish Environmental Protection Agency*. 135 p.
- Tesch, F.W. 1977. The Eel, Biology and management of Angillid eels. *Chapman & Hall*. London.
- Thillart, G., S. Dufour & C. Rankin. 2008. Spawning Migration of the European Eel: Reproduction Index, a Useful Tool for Conservation Management. *Springer Fish and Fisheries Series*. Oregon, USA. 477 p.
- Tsukamoto, K & J. Aoyama. 1998. Evolution of freshwater eel of the genus *Anguilla*: a probable scenarion. *Env. Biol. Fish*; 58: 139-148.
- Watanabe, S., J. Aoyama, M. Nishida & K. Tsukamoto. 2004. Reexamination of Ege's (1939) use of taxonomic carácter of the genus *Anguilla*. *Bull. Mar. Sci*. 74(2): 337-351 p.
- Watanabe, S., J. Aoyama & K. Tsukamoto. 2008. The use of morphological and molecular genetic variation to evaluated subspecies issue in genus *Anguilla*. *Coast. Mar. Sci*. 32(1): 19-29 p.

Lampiran:

Gambar 5. Pohon kekerabatan genus *Anguilla* berdasarkan sekuen gen *cytochrome b*, (huruf merah) sekuan dari GenBank (huruf hitam); sekuan dari penelitian ini.

Figure 5. *The phylogenetic tree of genus Anguilla based on cytochrome b gene sequences, (red letters) sequence from GenBank (black letters); sequence of this research.*

