

Identifikasi Spesies Ikan Kerapu di Pasar Ikan Karangasem dan Kedonganan Bali Menggunakan DNA Mitokondria Gen 16s rRNA

IDENTIFICATION OF GROUPER SPECIES USING 16S rRNA MITOCHONDRIAL DNA IN KARANGASEM AND KEDONGANAN FISH MARKET, BALI

Ni Luh Made Ika Yulita Sari Hadiprata^{1*}, I Made Bagus Arya Permana Ardiana Putra¹,
I Gusti Ngurah Kade Mahardika², I Nengah Wandia³, Tjokorda Sari Nindhia⁴

¹Mahasiswa Program Pendidikan Dokter Hewan

²Laboratorium Biomedik dan *Indonesian Biodiversity Research Center*

³Laboratorium Anatomi Veteriner, ⁴Laboratorium Biostatistika Fakultas Kedokteran Hewan,
Universitas Udayana

Jln Raya Sesetan Gg Markisa No 6 Denpasar,
Telepon 0361 8423062, E-mail : lithadipratha@gmail.com,

ABSTRAK

Ikan kerapu merupakan bioindikator dari kesehatan ekosistem karang dan bernilai ekonomi tinggi. Berbagai ikan kerapu yang dijual di pasar ikan di Indonesia tidak diketahui spesiesnya. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi spesies ikan kerapu yang terdapat di pasar ikan Karangasem dan Kedonganan. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah teknik *Polymerase Chain Reaction* (PCR) dengan menggunakan gen 16S rRNA DNA mitokondria sebagai penanda molekulernya. Sampel ikan kerapu dikoleksi dari Pasar Ikan Karangasem berjumlah 11 sampel dan dari Pasar Ikan Kedonganan dikoleksi 42 sampel. Sekuen dari masing-masing sampel diperoleh dari hasil analisis di *Berkeley Sequencing Facility*, California, Amerika Serikat. Sekuen sampel kemudian dianalisis dengan BLAST dan dicocokkan dengan sekuen yang terdapat pada *GenBank*. Hasil analisis menunjukkan bahwa enam spesies ikan kerapu dapat diidentifikasi dari pasar ikan Karangasem yaitu *Cephalopholis leopardus*, *C. cyanostigma*, *C. miniata*, *C. sonnerati*, *Variola albimarginata*, dan *Epinephelus fasciatus*. Tujuh spesies dapat diidentifikasi dari pasar ikan Kedonganan yaitu *E. fuscoguttatus*, *E. coeruleopunctatus*, *E. merra*, *E. polyphekadion*, *C. cyanostigma*, *C. miniata* dan *V. albimarginata*.

Kata-kata kunci : ikan kerapu, 16S rRNA DNA mitokondria, Karangasem, Kedonganan

ABSTRACT

Groupers are bio-indicators of the health of coral ecosystems and high economic value. Various species of grouper fish sold in markets in Indonesia is not known. The purpose of this study was to identify the species of grouper fish market located in Karangasem and Kedonganan. The method used in this study was polymerase chain reaction (PCR) technique and mitochondrial DNA 16S rRNA gene as a molecular marker. Grouper samples were collected from the fish market Karangasem total of 11 samples and 42 samples collected from Kedonganan. Sequences from each sample was obtained from the analysis in *Berkeley Sequencing Facility*, California. Sequencing samples were then analyzed by BLAST and matched with the sequences found in *GenBank*. The analysis showed that six species can be identified from the fish market Karangasem namely *Cephalopholis leopardus*, *C. cyanostigma*, *C. miniata*, *C. sonnerati*, *Variola albimarginata*, and *Epinephelus fasciatus*. Seven species can be identified in the fish market Kedonganan namely *E. fuscoguttatus*, *E. coeruleopunctatus*, *E. merra*, *E. polyphekadion*, *C. cyanostigma*, *C. miniata* and *V. albimarginata*.

Key Words : grouper fish, 16S rRNA mitochondrial DNA, Karangasem, Kedonganan

PENDAHULUAN

Indonesia adalah negara kepulauan terbesar di dunia dengan 75% dari total luas wilayah Indonesia ditutupi oleh laut. Indonesia memiliki keanekaragaman hayati biota laut yang cukup tinggi dimanfaatkan sebagai sumber pangan bagi manusia (Pujawan *et al.*, 2012). Berbagai jenis ikan telah dijadikan sumber pangan bagi manusia. Salah satunya ikan kerapu. Ikan mengandung protein dan komponen asam lemak salah satu di antaranya omega-3 yang sangat berguna dalam menurunkan risiko berbagai penyakit termasuk tekanan darah tinggi, penyakit kardiovaskuler, penyumbatan arteri, serta gangguan kekebalan tubuh (Kris-Etherton *et al.*, 2002).

Kerapu adalah ikan karang yang dapat dikembangkan sebagai sumber devisa negara karena memiliki nilai jual yang tinggi. Indonesia adalah produsen utama kerapu, dan produksi budidaya ikan kerapu pada tahun 1999 sebesar 759 ton, meningkat menjadi 6.493 ton pada tahun 2005 dengan nilai total sekitar Rp. 116 milyar (Afero, 2012). Peningkatan tersebut ditunjang oleh pengetahuan tentang teknik budidaya yang semakin berkembang dan permintaan pasar yang meningkat, terutama dari negara-negara seperti Singapura, Hong Kong, Jepang, dan Cina (Nuraini, 2007).

Dengan semakin meningkatnya produksi kerapu maka perlu dilakukan perbaikan mutu genetik ikan kerapu dengan melakukan identifikasi spesies sehingga karakter dan tingkat keragaman genetik kerapu dapat diketahui. Salah satu metode molekuler yang digunakan untuk mengetahui spesies dan variasi genetik ikan adalah analisis DNA mitokondria (mtDNA). Senyawa DNA mitokondria telah digunakan untuk analisa molekuler kerapu dari genus *Epinephelus* dan *Mycteroperca* di perairan samudra Atlantik Selatan (Maggio *et al.*, 2005), mengetahui filogeografi dan keragaman genetik kerapu spesies *Cromileptes altivelis* (Susanto *et al.*, 2011), dan untuk mengetahui struktur genetik populasi ikan kerapu hawai (*E. quernus*) (Rivera *et al.*, 2004). Identifikasi spesies kerapu dapat dilakukan dengan menggunakan teknik analisis sekuen mtDNA pada fragmen gen 16S rRNA. Dari seluruh perairan di Bali, identifikasi spesies ikan kerapu di perairan Karangasem dan Kedonganan belum pernah dilaporkan.

Berdasarkan latar belakang di atas, identifikasi spesies kerapu di Karangasem dan Kedonganan dengan menggunakan teknik analisis sekuen mtDNA pada fragmen gen 16S rRNA akan memberikan kontribusi bukan hanya bagi dunia kedokteran hewan melainkan pada pelestarian kekayaan hewan laut di Indonesia. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan spesies ikan kerapu yang terdapat di pasar ikan Karangasem dan Kedonganan. Dari penelitian ini selain dapat memperoleh informasi tentang spesies ikan kerapu yang terdapat di pasar ikan Karangasem dan Kedonganan juga dapat memperoleh data dasar untuk penelitian ikan kerapu di masa yang akan datang.

METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini sampel yang digunakan adalah 11 ikan kerapu dari pasar ikan Karangasem dan 42 sampel dari perairan Kedonganan. Bahan-bahan yang digunakan untuk preservasi sampel sirip ikan adalah alkohol 96%, sedangkan *chelex* 10% digunakan dalam ekstraksi DNA. Komponen bahan untuk PCR yaitu DNA *template*, ddH₂O, PCR *Buffer* (PE-II), dNTPs (10mM), MgCl₂ (25 mM), *Taq Enzim Polymerase*, primer 16S rRNA. Primer yang digunakan adalah 16SAR (5'-CGC CTG TTT ATC AAA AAC AT-3') sebagai primer depan dan 16SBR (5'-CCG GTC TGA ACT CAG ATC ACG T-3') sebagai primer belakang (Westneat dan Alfaro, 2005). Bahan untuk elektroforesis yaitu *buffer TAE* (*Tris Acetic EDTA*), *etidium bromide* (*EtBr*), *loading dye*, *marker* 100 bp DNA *Ladder* (*invitrogen*) dan *gel Agarose* 1%.

Penelitian ini menggunakan rancangan penelitian deksriptif eksploratif observasional. Ekstraksi DNA dilakukan dengan mengambil sedikit jaringan sirip dubur ikan kerapu dengan pinset dan dimasukkan ke dalam tabung *ependorf* yang sudah berisi 250 µL *chelex* 10% (Walsh *et al.*, 1991) kemudian diberi label. Setelah itu tabung di-vortex selama 30 detik kemudian disentrifugasi dengan kecepatan 15.000 rpm selama 30 detik. Selanjutnya tabung yang berisi DNA dalam *chelex* diinkubasikan selama 30 menit pada suhu 95°C menggunakan *heating block*. Tabung di-vortex kembali selama 30 detik dan disentrifugasi selama 30 detik

dengan kecepatan 15.000 rpm. Selanjutnya hasil ekstraksi di simpan satu malam dalam lemari es suhu 2-8°C.

Hasil ekstraksi DNA dilanjutkan dengan proses PCR yang amplifikasinya menggunakan sepasang primer 16SAR dan 16SBR. Senyawa DNA diamplifikasi dengan menggunakan mesin MJ Mini Personal Thermal Cycler (Biorad). Pertama-tama reaksi dimulai dengan tahapan pemanasan awal selama 10 menit pada suhu 94°C. Selanjutnya PCR dilakukan sebanyak 38 siklus dengan tahap denaturasi 30 detik pada suhu 94°C, annealing 30 detik pada suhu 50 °C, extention selama 45 detik pada suhu 72°C. Terakhir inkubasi selama 10 menit pada suhu 72°C dan satu menit pada suhu 24°C.

Hasil PCR dielektroforesis dengan mencampur 4 µl produk PCR dengan 1µL loading dye (Bromphenol-blue dan Cyline Cyanol). Selanjutnya dielektroforesis pada gel 1% dengan campuran 0,5 g agarose ditambah dengan 50 mL TAE 1X dan etidium bromide (EtBr) sebanyak 4 µL. Marker 100 bp DNA ladder (Invitrogen) dielektroforesis pada jalur yang berbeda pada gel yang sama. Elektroforesis dilakukan pada tegangan 100 v, dengan arus 400 mA selama 30 menit. Visualisasi fragmen DNA dilakukan di bawah sinar ultraviolet dan foto diambil menggunakan kamera digital.

Sampel dengan band positif kemudian dikirim untuk disekuensing di Berkeley Sequencing Facility, California, Amerika Serikat. Sekuen kemudian diedit dalam software MEGA5 yang selanjutnya dicocokkan dengan sekuen GenBank dengan metode BLAST. Sekuen yang telah teridentifikasi spesiesnya kemudian dianalisis situs polimorfik dan pohon filogenetiknya. Hasil identifikasi spesies ini kemudian ditetapkan sebagai spesies kerapu yang ditemukan di perairan Karangasem dan Kedonganan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Persentase Kemiripan Sampel

Sebanyak 42 sampel dari Pasar Ikan Kedonganan yang berhasil diamplifikasi adalah sebanyak 37 sampel sedangkan dari Pasar Ikan Karangasem 11 sampel dapat diamplifikasi

dengan baik, dengan teknik PCR yang menghasilkan produk PCR dengan panjang sekitar 600 bp. Contoh gambar elektroforesis hasil PCR pada agarose 1% disajikan pada Gambar 1. Hasil perunutan data sekuen yang dapat dibaca dengan baik adalah berkisar 549 hingga 556 bp. Sekuen yang diperoleh telah diregistrasi GenBank dengan kode akses KM261603 sampai dengan KM261639 untuk sekuen ikan kerapu Kedonganan sedangkan kode akses KM261668 sampai KM261678 untuk sekuen ikan kerapu Karangasem.



Gambar 1. Hasil elektroforesis sampel ikan kerapu di Pasar Ikan Karangasem

Hasil analisis BLAST menunjukkan 11 data sekuen dari Karangasem dikelompokkan ke dalam enam spesies dan 37 data sekuen dari Kedonganan dikelompokkan menjadi tujuh spesies kerapu dengan kemiripan sekuen dengan database GenBank lebih besar dari 97%. Dasar konfirmasi spesies adalah publikasi Bhattacharjee et al., (2012) bahwa persentase kemiripan sekuen yang dinyatakan dengan sekuen database apabila 97% sampai 100% dikatakan signifikan, 92% sampai 96% dikatakan cukup, sedangkan lebih kecil dari 91% dikatakan tidak signifikan untuk menyatakan bahwa sekuen yang kita miliki adalah spesies dalam database GenBank tersebut. Spesies kerapu yang dapat diidentifikasi dari Karangasem adalah *Cephalopholis leopardus*, *C. miniata*, *C. cyanostigma*, *C. sonnerati*, *Variola albimarginata*, dan *Epinephelus fasciatus* sedangkan dari Kedonganan adalah *E.fuscoguttatus*, *E. coeruleopunctatus*, *E. merra*, *E. polyphemadion*, *C. cyanostigma*, *C. miniata* dan *V. albimarginata*. Hasil identifikasi spesies kerapu di Pasar Ikan Karangasem dan Pasar Ikan Kedonganan berdasarkan database GenBank disajikan pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1. Hasil identifikasi spesies ikan kerapu di Karangasem berdasarkan *data base Gen Bank* menggunakan BLAST

No.	Spesies yang teridentifikasi	Kemiripan %	Jumlah
1	<i>Cephalopholis leopardus</i>	97-99	4
2	<i>Epinephelus fasciatus</i>	100	1
3	<i>Cephalopholis sonnerati</i>	99	1
4	<i>Cephalopholis cyanostigma</i>	99	1
5	<i>Cephalopholis miniata</i>	99-100	2
6	<i>Variola albimarginata</i>	100	2
Jumlah total			11

Tabel 2. Hasil identifikasi spesies ikan kerapu di Kedonganan berdasarkan *data base Gen Bank* menggunakan BLAST

No.	Spesies yang teridentifikasi	Kemiripan %	Jumlah
1	<i>Epinephelus fuscoguttatus</i>	99	2
2	<i>Epinephelus coeruleopunctatus</i>	99	1
3	<i>Epinephelus merra</i>	99-100	6
4	<i>Epinephelus polyphemadion</i>	100	13
5	<i>Cephalopholis cyanostigma</i>	99	4
6	<i>Cephalopholis miniata</i>	99-100	8
7	<i>Variola albimarginata</i>	100	3
Jumlah total			37

Tabel 3. Hasil analisis situs polimorfik sampel teridentifikasi *Cephalopholis leopardus* dan sekuen standar yang ditemukan di *GenBank*

Sampel	Haplotipe	Situs Polimorfik													
		159	160	191	219	226	234	235	237	305	349	350	359	370	383
KRN.02	CLB1	A	G	T	G	C	A	C	C	C	A	T	C	T	C
KRP.01	CLB2	G	.	.	.	.	.	.	T	T	.	.	.	C	.
KRQ.01	CLB3	G	A	C	A	T	.	T	T	.	G	C	T	C	T
KRN.01	CLB1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>C. leopardus</i> AY947560.1		G	A	C	A	T	G	T	T	.	G	C	T	C	T

Keterangan : Titik-titik pada setiap sekuen menunjukkan kesamaan basa dengan sekuen yang teratas

Tabel 4. Hasil analisis situs polimorfik sampel teridentifikasi *Cephalopholis miniata* dan sekuen standar yang ditemukan di *GenBank*

Sampel	Haplotipe	Situs Polimorfik						
		22	207	230	234	245	248	260
KRL.01	CMB1	C	G	A	C	A	T	G
KRG.01	CMB2	T	A	G	T	G	C	A
<i>C. miniata</i> EF213713.1		.	.	.	.	.	.	.

Keterangan : Titik-titik pada setiap sekuen menunjukkan kesamaan basa dengan sekuen yang teratas

Tabel 5. Jumlah haplotipe berbagai spesies ikan kerapu yang diperoleh dari Pasar Ikan Kedonganan.

No	Spesies yang teridentifikasi	Jumlah Sampel	Jumlah Haplotipe
1	<i>Epinephelus fuscoguttatus</i>	2	2
2	<i>Epinephelus coeruleopunctatus</i>	1	1
3	<i>Epinephelus merra</i>	6	3
4	<i>Epinephelus polyphekadion</i>	13	1
5	<i>Cephalopholis cyanostigma</i>	4	3
6	<i>Cephalopholis miniata</i>	8	2
7	<i>Variola albimarginata</i>	3	1

Situs Polimorfik

Analisis situs polimorfik 11 sekuen gen 16S rRNA kerapu dari Pasar Ikan Karangasem dilakukan pada masing-masing spesies yang teridentifikasi. Hasil analisis situs polimorfik sekuen gen 16S rRNA, empat sampel yang teridentifikasi *Cephalopholis leopardus* menghasilkan 14 situs polimorfik dan tiga haplotipe (Tabel 3). Pada dua sampel yang teridentifikasi *Cephalopholis miniata* terdapat tujuh situs polimorfik yang menghasilkan dua haplotipe (Tabel 4). Perbedaan sekuen *C. sonnerati* dengan data *GenBank* adalah satu mutasi yaitu transisi A213G. Sementara empat sampel lain yang diidentifikasi sebagai *V. albimarginata*, *C. cyanostigma*, dan *E. fasciatus* mempunyai kemiripan 100% dengan sekuen standar.

Analisis situs polimorfik pada sekuen Kedonganan mengidentifikasi keragaman genetik melalui jumlah haplotipe dalam satu spesies. Jumlah haplotipe yang dihasilkan dari analisis situs polimorfik sekuen Kedonganan disajikan pada Tabel 5.

Hasil analisis situs polimorfik sampel yang teridentifikasi sebagai *Cephalopholis leopardus* menghasilkan 14 situs polimorfik dengan komposisi 14 transisi dan tidak terdapat transversasi. Perubahan basa *adenine* menjadi basa *guanine* dapat terlihat pada situs polimorfik 159, 234, dan 349. Basa *guanine* yang diganti menjadi basa *adenine* terdapat pada situs polimorfik 160 dan 219. Pergantian basa *cytosine* menjadi *timine* terdapat pada situs polimorfik 226, 235, 237, 305, 359, dan 383, sedangkan basa *timine* yang diganti basa *cytosine* terdapat pada situs polimorfik 191, 350, dan 370. Dari hasil analisis situs polimorfik tersebut dapat diperoleh tiga haplotipe yaitu CLB1, CLB2, dan CLB3 dari 4 sampel yang teridentifikasi *C. leopardus*. Sebanyak dua sampel yang teridentifikasi *C. miniata* menghasilkan dua haplotipe dengan

tujuh situs polimorfik, dan hanya terdapat komposisi transisi tanpa komposisi transversasi. Transisi basa *cytosine* menjadi *timine* terdapat pada situs polimorfik 22 dan 234. Basa *guanine* yang diganti oleh basa *adenine* terdapat pada situs polimorfik 207 dan 260. Pergantian basa *adenine* menjadi basa *guanine* terjadi pada situs polimorfik 230 dan 245. Selanjutnya, basa *timine* yang diganti basa *cytosine* hanya terdapat pada situs polimorfik 248. Sampel KRL.01 memiliki tujuh situs polimorfik yang berbeda dengan sampel KRG.01 sehingga KRL.01 dinamai haplotipe CMB1 dan KRG.01 dinamai CMB2. Sampel yang teridentifikasi *C. sonnerati* hanya satu sampel dengan kode haplotipe KRM.01. Hasil analisis situs polimorfik sampel KRM.01 dengan standar menunjukkan sampel tersebut tidak sama persis dengan standar. Hal tersebut terjadi karena KRM.01 pada situs polimorfik 213 mempunyai komposisi basa *adenine* sedangkan standar mempunyai komposisi basa *guanine*. Adanya satu transisi inilah kemudian sampel KRM.01 dinamai haplotipe CSB, sedangkan satu sampel yang teridentifikasi *C. cyanostigma*, dua sampel yang teridentifikasi *V. albimarginata* dan satu sampel yang teridentifikasi *E. fasciatus* tidak menghasilkan situs polimorfik.

Pada sekuen ikan kerapu Kedonganan jumlah variasi genetik terendah ditunjukkan oleh spesies *Epinephelus polyphekadion* dengan jumlah sampel 13 dan jumlah haplotipe satu, *V. albimarginata* dengan jumlah sampel tiga dan jumlah haplotipe satu, hal ini menunjukkan keberadaannya di alam kemungkinan terancam akibat populasi efektif di alam yang rendah. Hal tersebut menjadi landasan konservasi bagi spesies kerapu yang memiliki haplotipe yang rendah dengan memberi edukasi kepada masyarakat sebagai konsumen, pedagang sebagai distributor dan nelayan sebagai produsen, agar mengurangi membeli, menjual

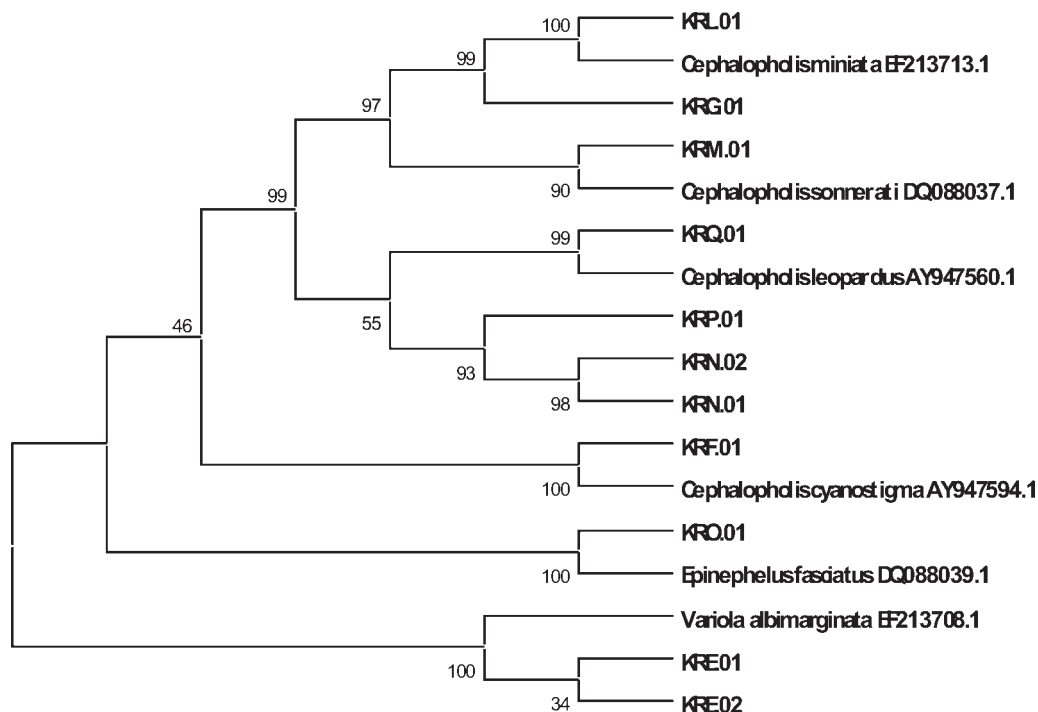
dan menangkap spesies kerapu yang memiliki haplotipe rendah dan keberadaannya dalam terancam (Mitcheson *et al.*, 2012). Perlu dibentuknya *marine protected areas* (MPAs) sebagai lokasi konservasi bagi kerapu yang terancam keberadaannya di alam (Wielgus *et al.*, 2007).

Analisis pohon filogenetik seluruh sampel kerapu dilakukan untuk mengetahui hubungan dengan spesies teridentifikasi dari *data base Gen Bank*. Pohon filogenetik tersebut direkonstruksi menggunakan metode Neighbor-Joining (Saitou dan Nei, 1987) dan jarak evolusi dihitung dengan menggunakan metode Tamura 3-parameter (Tamura, 1992). Untuk konsistensi topologi dilakukan metode *bootstrap* pengulangan 1000 kali (Felsenstein, 1985). Rekontruksi pohon filogenetik sekuen ikan kerapu Karangasem (Gambar 3) menggambarkan dua cabang besar, salah satunya memperlihatkan hubungan sampel dengan genus *Variola*. Cabang besar yang lainnya dibagi lagi menjadi dua cabang, satu cabang memperlihatkan hubungan sampel dengan genus *Cephalopholis* dan cabang yang lain memperlihatkan hubungan sampel dengan genus *Epinephelus* sedangkan sekuen ikan kerapu Kedonganan (Gambar 4) menunjukkan tujuh cabang utama yang menunjukkan

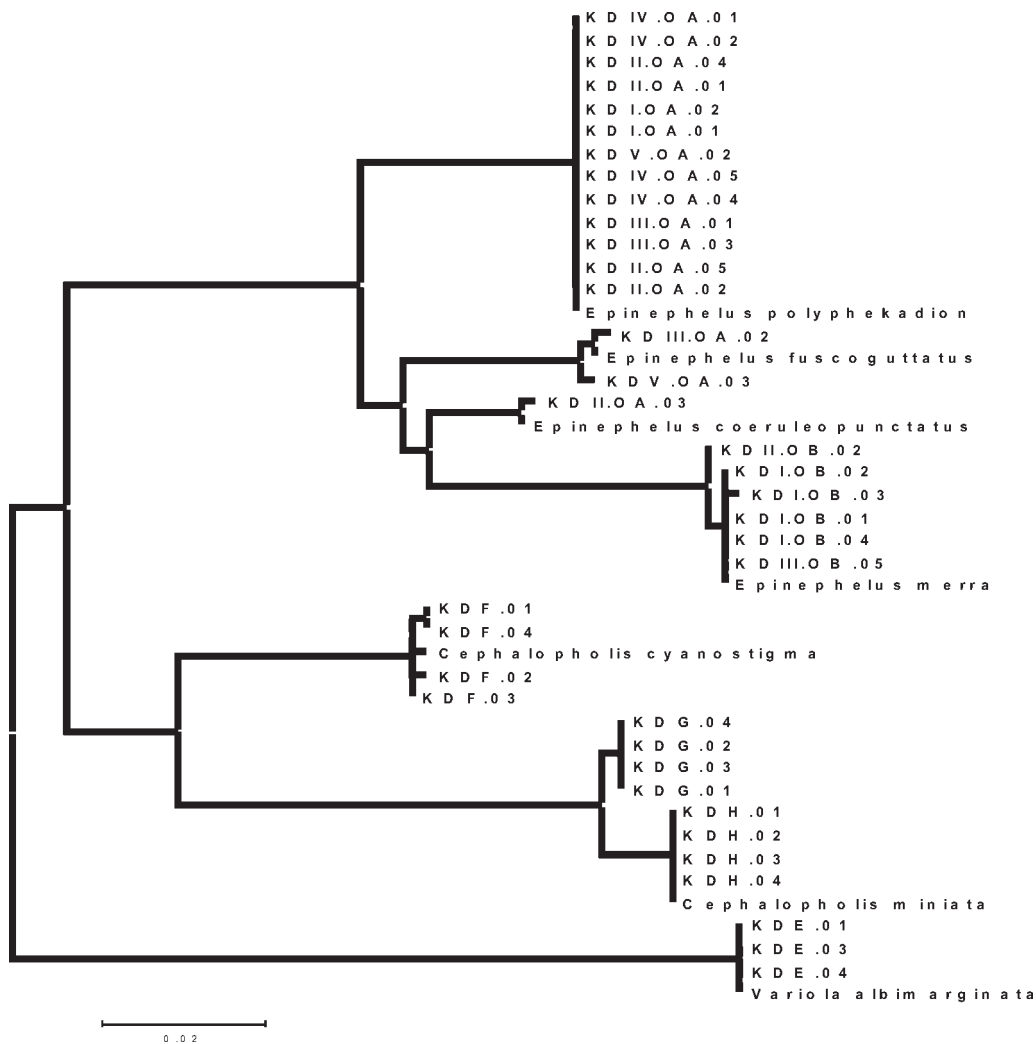
terdapat tujuh spesies dalam 37 sampel kerapu.

Menurut publikasi *International Union for Conservation of Nature and Natural Resources* (IUCN) pada tahun 2008, populasi spesies *C. miniata* dan *V. albimarginata* (Cabanban *et al.*, 2008a; Cabanban *et al.*, 2008b), serta populasi *E. fasciatus* (Fennessy *et al.*, 2008) mengalami penurunan. Ancaman terbesar bagi *E. fasciatus* adalah hilangnya habitat spesies tersebut akibat pemutihan terumbu karang (Sheppard, 2003). Ancaman lainnya meliputi penangkapan ikan dengan menggunakan dinamit yang merusak terumbu, menggunakan racun dan jaring pada terumbu yang telah mengakibatkan hilangnya habitat di beberapa negara, seperti Tanzania, Indonesia, Filipina dan Malaysia (Kunzmann, 2004). Ikan *C. miniata* terancam oleh *overfishing* dan degradasi habitat (bom ikan, sedimentasi). Spesies ini secara umum memiliki kepentingan ekonomi perikanan lokal serta dalam perdagangan ikan karang hidup. Ikan *V. albimarginata* ditangkap untuk perdagangan ikan karang hidup. Akibat penurunan populasinya maka disarankan untuk menurunkan eksploitasi terhadapnya (Fry *et al.*, 2006).

Sesuai dengan publikasi IUCN tersebut, dalam penelitian ini juga ditemukan bahwa



Gambar 3. Pohon filogenetik sampel kerapu dari Pasar Ikan Karangasem (spesies) merupakan hasil BLAST dengan *database GenBank*)



Gambar 4. Pohon filogenetik sampel ikan kerapu dari Pasar Ikan Kedonganan (spesies merupakan hasil BLAST dengan database GenBank)

proporsi spesies *C. miniata*, *V. albimarginata*, dan *E. fasciatus* dari seluruh sampel yang diamati berjumlah sedikit. Eksploitasi terhadap tiga spesies tersebut harus dihentikan agar tidak terjadi *overfishing*. Pembatasan izin dari pemerintah terkait jenis alat tangkap perlu dilakukan untuk mencegah teknik penangkapan ikan yang merusak terumbu karang sebagai habitat ikan kerapu. Pembuatan area yang di dalamnya terdapat zona larang tangkap untuk melindungi daerah pemijahan, tempat mencari makan, dan pembesaran bagi ikan kerapu tersebut perlu dilakukan.

SIMPULAN

Ikan kerapu yang hidup di perairan Karangasem terdiri dari enam spesies yaitu *C. leopardus*, *C. miniata*, *C. sonnerati*, *C. cyanostigma*, *E. fasciatus*, dan *V. albimarginata* sedangkan di Kedonganan terdapat tujuh spesies yaitu *E. fuscoguttatus*, *E. coeruleopunctatus*, *E. merra*, *E. polyphekadion*, *C. cyanostigma*, *C. miniata*, dan *V. albimarginata*.

SARAN

Eksplotasi terhadap spesies *C. miniata*, *V. albimarginata*, dan *E. fasciatus* harus dihentikan agar tidak terjadi *overfishing* karena diketahui bahwa populasi spesies tersebut mengalami penurunan di alam. Pembatasan ijin dari pemerintah terkait terhadap jenis alat tangkap perlu dilakukan untuk mencegah teknik penangkapan ikan yang merusak terumbu karang sebagai habitat dari spesies kerapu, serta perlu dibuat area yang didalamnya terdapat zona larang tangkap untuk melindungi daerah pemijahan, tempat mencari makan, dan pembesaran bagi ikan kerapu.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih penulis ucapkan atas dana yang diberikan pada penelitian ini. Analisis genetik pada penelitian ini didanai oleh USAID melalui sub-grant dari NAS (National Academy of Science) dengan NAS sub-grant number PGA-2000001987 dan sponsor *grant award number* AID-OAA-A-11-00012 dengan judul *Building Indonesia Capacity through Genetic Assessment of Commercial Fish Species*.

DAFTAR PUSTAKA

- Afero F. 2012. Analisa Ekonomi Budidaya Kerapu Macan (*Epinephelus fuscoguttatus*) dan Kerapu Bebek (*Cromileptes altivelis*) dalam Keramba Jaring Apung di Indonesia. *Depik Jurnal* 1(1): 10-21.
- Bhattacharjee MJ, Laskar BA, Dhar B, Ghosh SK. 2012. Identification and Re-Evaluation of Freshwater Catfishes through DNA Barcoding. *Plos One* 7:1-7.
- Cabanban, AS, Kulbicki, M, Fennessy, S, Heemstra, PC, Yeeting, B. 2008a. *Cephalopholis miniata*. The IUCN Red List of Threatened Species Version 2012. 2. <www.iucnredlist.org>.
- Cabanban, AS, Fennessy, S, Myers, R, Rhodes, K, Pollard, D. 2008b. *Variola albimarginata*. The IUCN Red List of Threatened Species Version 2012.2. <www.iucnredlist.org>.
- Felsenstein J. 1985. Confidence Limits on Phylogenies: An Approach Using the Bootstrap. *Evolution* 39:783-791.
- Fennessy, S, Kulbicki, M, Cabanban, AS, Myers, R, Choat, JH. 2008. *Epinephelus fasciatus*. The IUCN Red List of Threatened Species Version 2012.2. <www.iucnredlist.org>.
- Fry GC, Brewer DT, Venables WN. 2006. Vulnerability of Deepwater Demersal Fishes to Commercial Fishing: Evidence from a Study Around a Tropical Volcanic Seamount in Papua New Guinea. *Fisheries Research* 81:126-141.
- Kris-Etherton PM, Harris WS, Appel LJ. 2002. Fish Consumption, Fish Oil, Omega-3 Fatty Acids, and Cardiovascular Disease. *Circulation* 106:2747-2757.
- Kunzmann A. 2004. Corals, Fishermen and Tourists. *NAGA: World Fish Center Quarterly Newsletter* 27:1-2.
- Maggio T, Andaloro F, Hemida F, Arculeo M. 2005. A Molecular Analysis of Some Eastern Atlantic Grouper from the *Epinephelus* and *Mycteroperca* Genus. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 321: 83-92.
- Mitcheson YS, Craig MT, Bertoni AA, Carpenter KE, Cheung WL, Choat JH, Cornish AS, Fennessy ST, Ferreira BP, Heemstra PC, Liu M, Myers RF, Pollard DA, Rhodes KL, Rocha LA, Russell BC, Samoilys MA, Sanciangco J. 2012. Fishing groupers towards extinction: a global assessment of threats and extinction risks in a billion dollar fishery. *Fish and Fisheries* 14(2): 119-136.
- Nuraini S. 2007. Jenis Ikan Kerapu (Serranidae) dan Hubungan Panjang Berat di Perairan Berau, Kalimantan Timur. *Jurnal Iktiologi Indonesia* 7(2):61-65.
- Pujawan AANO, Nindhia TS, Mahardika IGNK. 2012. Identifikasi Spesies Udang Mantis (*Stomatopoda*) di Perairan Pemuteran Dengan Menggunakan *Gen Cytochrome C Oxidase* Subunit-1 dari DNA Mitokondria. *Indonesia Medicus Veterinus* 1(2): 268-280.
- Rivera MAJ, Kelley CD, Roderick GK. 2004. Subtle Population Genetic Structure in the Hawaiian Grouper, *Epinephelus quernus* (Serranidae) as Revealed by Mitochondrial DNA Analyses. *Biological Journal of The Linnean Society* 81:449-468.

- Saitou N, Nei M. 1987. The Neighbor-Joining Method: A New Method for Reconstructing Phylogenetic Trees. *Molecular Biology and Evolution* 4:406-425.
- Sheppard CRC. 2003. Predicted Recurrences of Mass Coral Mortality in the Indian Ocean. *Nature* 435: 294-297.
- Susanto AH, Nuryanto A, Soedibja PHT. 2011. Phylogeography and Genetic Diversity of Humpback Grouper *Cromileptes altivelis* based on Cytochrome C Oxidase I. *Jurnal Natur Indonesia* 14(1) : 47-51.
- Tamura K. 1992. Estimation of The Number of Nucleotide Substitutions when there are Strong Transition-transversion and G + C-content Biases. *Molecular Biology and Evolution* 9:678-687.
- Walsh PS, Metzger DA, Higuchi R. 1991. Chelex-100 as a Medium for Simple Extraction of DNA for PCR Based Typing from Forensic Material. *Biotechniques* 10: 506-513.
- Westneat WM, Alfaro EM. 2005. Phylogenetic Relationships and Evolutionary History of the Reef Fish Family *Labridae*. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 36: 370–390.
- Wielgus J, Ballantyne F, Sala E, Gerber LR. 2007. Viability analysis of reef fish populations based on limited demographic information. *Conserv Biol* 21(2):447-54.