

**PERBEDAAN JUMLAH KROMOSOM IKAN GABUS (*Channa Striata*)
DARI RAWA DATARAN RENDAH, DATARAN TINGGI
DAN PASANG SURUT**

*The Difference Chromosomes Number of Snakehead Fish (*Channa striata*)
from Floodplain Area, Highland Swamp, and Tidal Land*

Wahyu Angga Saputra¹, Muslim^{1*}, dan Ade Dwi Sasanti¹

¹PS.Akuakultur Fakultas Pertanian UNSRI
Kampus Indralaya Jl. Raya Palembang Prabumulih KM 32 Ogan Ilir Telp. 0711 7728874

*Korespondensi email : muslim_bdaunsri82@yahoo.com

ABSTRACT

The aim of this research is to determine the chromosomes number of snakehead fish (*Channa striata*) from floodplain area, highland swamp, and tidal land. The research has done on December 2013 until January 2014 at *Laboratorium Pengembangbiakan dan Genetika Ikan*, Department of Aquaculture, Faculty of Fishries and Marine Science, Bogor Agricultural Institute, *Laboratorium Dasar Perikanan dan Laboratorium Budidaya Perairan*, Study Program of Aquaculture, Agriculture Faculty, Sriwijaya University and *Laboratorium Fisiologis Hewan*, Mathematics and Natural Science Faculty, Sriwijaya University, Indralaya. The research was conducted by means of direct observation and analyzed descriptive through making preparations chromosome squash methods. The results showed no difference in diploid (2n) chromosome number of snakehead fish floodplain area as much ranges 40-42, highland swamps ranges 36-40 and tidal land ranges 38-40 and it can be concluded that the chromosomes amount of snakehead fish between 36-42.

Keywords : *Channa striata, Chromosome, Floodplain area, Highland swamp, Tidal Land*

PENDAHULUAN

Ikan gabus merupakan salah satu jenis ikan dari famili Channidae yang bernilai ekonomis tinggi di wilayah Sumatera Selatan. Hal ini dikarenakan ikan gabus banyak dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan pempek. Menurut Muslim (2007), ikan gabus dapat dimanfaatkan mulai dari anak sampai ukuran dewasa. Ikan gabus yang berukuran kecil biasanya

digunakan sebagai pakan ikan hias, sedangkan untuk ukuran dewasa bisa dimasak langsung maupun dijadikan bentuk awetan seperti ikan gabus asin dan ikan gabus salai.

Menurut Muflikhah *et al.* (2008), di Sumatera Selatan terdapat bermacam-macam jenis ikan famili Channidae. Keragaman jenis suatu spesies ini dapat

dilihat dari fenotipe yaitu dengan melihat morfologinya dan genotipe dilihat dengan cara melihat kromosomnya. Pada kegiatan budidaya, analisa kromosom biasanya digunakan untuk hibridisasi, menghasilkan individu monoseks dan ploidisasi (Said *et al.*, 2002). Selain itu, analisa kromosom juga bermanfaat untuk mengetahui keanekaragaman dan tingkat kekerabatan suatu spesies.

Lingkungan merupakan salah satu faktor pembatas dari tiap-tiap populasi ikan baik dari morfometrik ataupun genetik. Penelitian mengenai pengaruh lingkungan terhadap kromosom pernah dilakukan pada ikan nilam (*Osteochilus sp.*) oleh Nuryanto (2001) dari kolam dan sungai Cikawung, Cilacap yang hasilnya jumlah kromosom ikan nilam sungai Cikawung $2n=48$ dan ikan nilam kolam sebanyak $2n=46$. Penelitian Defira (2004) pada ikan lalawak (*Barbodes balleroides*) dan lalawak jengkol (*Barbodes sp*) dari sungai Cikandungan dan kolam budidaya di Sumedang didapatkan hasil ikan lalawak dan lalawak jengkol jumlah kromosomnya sama-sama $2n=48$. Serta penelitian yang dilakukan oleh Andriani *et al.* (2004) pada ikan rainbow Sulawesi (*Telmatherina*

ladigesi) dari 3 anak sungai Maros dengan hasil jumlah kromosomnya sama-sama $2n=48$.

Ikan gabus merupakan salah satu ikan yang mempunyai alat bantu pernafasan (Chandra dan Tanun, 2004 dalam Muslim, 2012). Adanya alat bantu pernafasan ini, ikan gabus mampu mengambil oksigen langsung dari udara sehingga memungkinkan ikan gabus hidup di berbagai habitat.

Penelitian tentang analisa kromosom ikan gabus telah banyak dilakukan sebelumnya seperti yang dilakukan oleh Phen *et al.* (2005) di India, Supiwong *et al.* (2009) di Thailand, Rishia dan Haobama (1990) di India, Kumar *et al.* (2013) di India, dan Naorem and Bhagirath (2006) di India. Walaupun telah banyak dilakukan penelitian tentang analisa kromosom ikan gabus, namun penelitian tentang kromosom ikan gabus dari rawa dataran rendah, dataran tinggi dan rawa pasang surut belum diketahui. Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian tentang jumlah kromosom ikan gabus dari berbagai lokasi yaitu rawa dataran rendah, dataran tinggi dan rawa pasang surut.

PELAKSANAAN PENELITIAN

Waktu dan Tempat

Penelitian dilaksanakan pada bulan Desember 2013 - Januari 2014 di Laboratorium Pengembangbiakan dan Genetika Ikan, Departemen Budidaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor, Laboratorium Dasar Perikanan dan Laboratorium Budidaya Perairan, Program Studi Budidaya Perairan, Fakultas Pertanian, Universitas Sriwijaya dan Laboratorium Fisiologi Hewan, Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya, Indralaya.

Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini adalah akuarium 40 cm x 50 cm x 30 cm, *hotplate*, mikroskop binokuler, preparat cekung, tabung *mikrotube*, kaca preparat, cover preparat, pipet tetes, *beaker glass*, gelas ukur, erlenmeyer, kamera digital, alat bedah, timbangan digital, spuit suntik, jarum, kertas tissue dan baskom.

Bahan yang digunakan pada penelitian adalah ikan gabus ukuran 200-500 g sebanyak 3 ekor untuk masing-

masing habitat, benih ikan nila, larutan stabilizer, larutan hipotonik, larutan fiksatif, asam asetat, entelan, akuadest, larutan giemsa, alkohol, kalium klorida (KCl), etanol, minyak emersi dan kolkisin.

Metode Penelitian

Penelitian menggunakan metode observasi langsung, ikan gabus yang digunakan diambil dari rawa dataran rendah di Desa Tanjung Pering, Kec. Indralaya Utara, Kab. Ogan Ilir, rawa dataran tinggi di Desa Sumbersari, Kec. Sumberharta, Kab. Musi Rawas, Kota Lubuk Linggau dan rawa pasang surut di Desa Bangun Sari, Kec. Tanjung Lago, Kab. Banyuasin.

Cara Kerja

a. Pemeliharaan Ikan Uji

Sebelum dilakukan penelitian, ikan uji yang berhasil didapatkan dipelihara selama tiga hari di akuarium ukuran 40 cm x 50 cm x 30 cm. Selama pemeliharaan, ikan gabus diberi pakan berupa benih ikan nila hal ini dimaksudkan agar ikan tetap sehat serta terhindar dari kondisi stress sehingga sel aktif membelah saat dilakukan analisa kromosom. Pemberian pakan dilakukan secara *ad libitum*.

Penyutikan Ikan Uji dengan Kolkisin

Pembuatan preparat kromosom dilakukan dengan metode *squash*, mengacu Gul *et al.* (2004) dalam Roesma *et al.* (2012) yang dimodifikasi. Ikan dalam keadaan hidup ditimbang lalu disuntik dengan larutan kolkisin 0,25 % (0,01 ml/g berat tubuh) secara *intra abdominal* kemudian dipelihara di dalam akuarium yang beraerasi selama 10 jam dengan dilakukan 2 kali penyuntikan setiap 5 jam.

b. Pengawetan Jaringan

Setelah 10 jam, ikan uji kemudian dimatikan dengan cara menusukkan jarum ke bagian hipotalamus, selanjutnya ikan dibedah dan diambil sirip, ginjal, dan insangnya. Insang, ginjal dan sirip kemudian dipotong kecil-kecil lalu dimasukkan ke dalam masing-masing tabung *mikrotube* yang selanjutnya direndam dalam larutan hipotonik (KCl 0,075 M) selama 60 menit pada suhu ruang. Selama perendaman dilakukan pergantian larutan hipotonik setiap 30 menit. Setelah direndam, sirip, ginjal dan insang direndam dalam larutan fiksatif (larutan Carnoy) selama 60 menit (2 x 30 menit). Larutan Carnoy dibuat dengan cara mencampurkan asam asetat glasial dengan etanol (perbandingan 1:3) (Siagian, 2006).

c. Pembuatan Preparat

Jaringan yang telah difiksasi diambil menggunakan pinset dan selanjutnya disentuh pada kertas tissue untuk menghilangkan larutan fiksatif. Sebelum digunakan objek gelas direndam di dalam alkohol 70% selama 2 jam. Kemudian jaringan diletakkan di atas objek gelas serta ditambahkan 3-4 tetes asam asetat 50%. Selanjutnya digerak-gerakkan secara perlahan menggunakan tusuk gigi atau ujung pisau bedah agar sel lepas dari jaringan pengikatnya (Siagian, 2006).

Hasil perlakuan menghasilkan suspensi yang terbentuk ditandai larutan menjadi keruh. Suspensi kemudian diambil menggunakan pipet tetes secara perlahan agar tidak membentuk gelembung udara. Suspensi yang sudah diambil kemudian diteteskan di atas objek gelas yang diletakkan di atas *hot plate* bersuhu 45–50°C. Selanjutnya diambil kembali setelah terbentuk lingkaran (*ring*) berdiameter 1-1,5 cm. Setiap objek gelas dibuat 3-4 buah lingkaran. Setelah terbentuk lingkaran selanjutnya objek gelas dikeringanginkan pada suhu ruang.

d. Pewarnaan Preparat

Setelah preparat kering, selanjutnya diwarnai menggunakan larutan giemsa

20%, yaitu mencampurkan giemsa dan akuades dengan perbandingan 2 : 8. Preparat tersebut ditetesi larutan giemsa sebanyak 2 tetes dan didiamkan selama kurang lebih 30 menit pada suhu ruang. Preparat dibilas menggunakan akuades, kemudian objek gelas tersebut dikeringkan pada suhu ruang lalu diamati di mikroskop untuk dihitung jumlah kromosom.

Parameter yang diamati

Jumlah kromosom

Jumlah kromosom dihitung satu per satu pada tiap preparat kromosom yang diamati di mikroskop dengan perbesaran 1000x.

Analisa Data

Analisa jumlah kromosom ikan gabus dari rawa dataran rendah, rawa dataran tinggi, dan rawa pasang surut dilakukan secara deskriptif.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

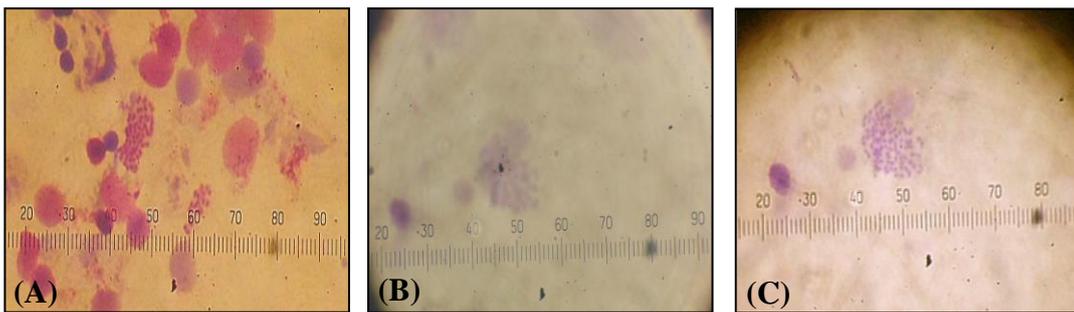
Dari hasil pengamatan yang dilakukan selama penelitian didapatkan hasil tentang jumlah kromosom ikan gabus yang didapat dari berbagai habitat. Adapun data jumlah kromosom ikan dapat dilihat pada Tabel 1 berikut :

Tabel 1. Jumlah kromosom ikan gabus

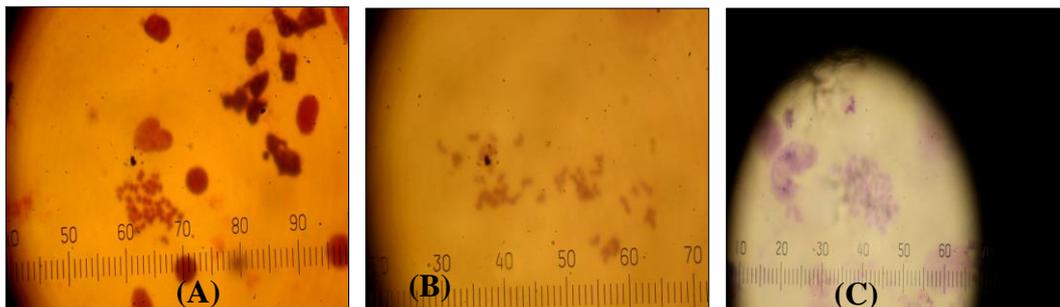
Ikan	Preparat	Jumlah kromosom		
		Rawa dataran rendah	Rawa dataran tinggi	Rawa pasang surut
1	1	2n=40	2n=36	2n=40
	2	2n=40	2n=40	2n=40
	3	2n=42	2n=40	2n=40
2	1	2n=30	2n=40	2n=38
	2	2n=40	2n=38	2n=30
	3	2n=40	-	2n=40

Hasil pengamatan memperlihatkan bahwa jumlah kromosom dari masing-masing rawa berbeda satu dengan lainnya. Pembuatan preparat dibuat dari dua sampel ikan dari masing-masing habitat. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa

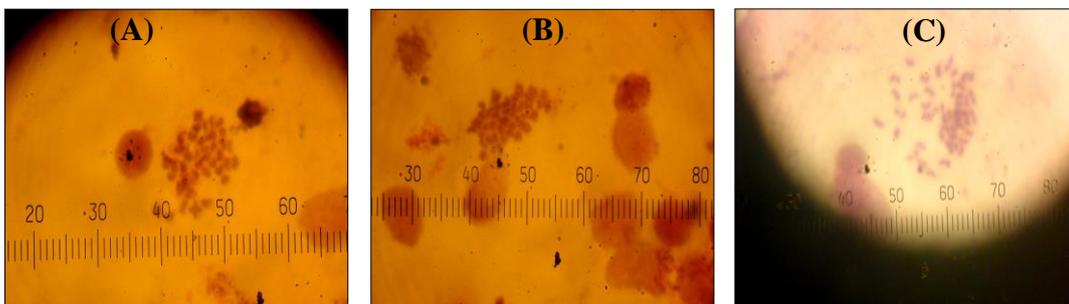
kromosom yang teramati diambil dari organ ginjal. Adapun pengamatan preparat kromosom ikan gabus dari masing-masing rawa yang dilakukan di bawah mikroskop dengan perbesaran 1000x dapat dilihat pada Gambar 1, Gambar 2, dan Gambar 3.



Gambar 1. Kromosom ikan gabus dari rawa dataran rendah (A) $2n=42$, (B) $2n=40$ dan (C) $2n=40$ (perbesaran 1000x)



Gambar 2. Kromosom ikan gabus dari rawa dataran tinggi (A) $2n=40$, (B) $2n=40$, dan (C) $2n=40$ (perbesaran 1000x)



Gambar 3. Kromosom ikan gabus dari rawa pasang surut (A) $2n=40$, (B) $2n=40$, dan (C) $2n=40$ (perbesaran 1000x)

Pembahasan

Dari hasil penelitian yang dilakukan terhadap jumlah kromosom yang diamati di bawah mikroskop dengan perbesaran 1000x menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan pada sebaran kromosom ikan gabus dari rawa dataran rendah, rawa dataran tinggi dan rawa pasang surut. Saat pengamatan didapatkan

bahwa kromosom berukuran kecil, berwarna ungu dan terlihat seperti batang. Menurut Stansfield (1991) dalam Parhusip (2010), kromosom akan tampak sebagai butiran-butiran yang halus. Kromosom terlihat terang karena menggulung, memendek dan menebal karena adanya penambahan matriks-matriks protein sewaktu proses

pembelahan sel berlangsung kromosom terlihat seperti badan gelap dalam sel.

Menurut Siagian (2006), organ-organ yang digunakan untuk pembuatan preparat kromosom dengan menggunakan teknik jaringan padat yaitu ginjal, insang dan sirip. Pada penelitian ini, sampel yang menunjukkan kromosom didapatkan dari jaringan ginjal. Kromosom yang diamati sebaiknya berasal dari jaringan atau sel yang aktif membelah seperti ginjal (Hartono, 2003). Selain menggunakan jaringan seperti ginjal, sirip dan insang, bisa juga menggunakan jaringan yang lain seperti pada penelitian Said (1998) *dalam* Said *et al.* (2001) yang menggunakan telur dan embrio fase bintik mata pada fase pertumbuhan ikan.

Pengamatan kromosom dilakukan secara baik, hal ini dikarenakan kromosom dapat dihitung jumlahnya. Menurut Hartono (2003), sebaran kromosom yang relatif baik adalah kromosom yang dapat dilakukan pengamatan terhadap jumlah kromosom dan bentuk dari setiap kromosom. Dari beberapa preparat ikan gabus dari rawa dataran rendah dengan sebaran kromosom jumlah kromosom beragam berkisar antara $2n=30$ sampai $2n=42$. Sebaran kromosom ikan gabus dari dataran tinggi juga beragam berkisar antara $2n=18$

sampai $2n=40$. Sedangkan untuk rawa pasang surut, dari sebaran jumlah kromosom berkisar antara $2n=38$ sampai $2n=40$. Menurut Purdom (1993) *dalam* Siagian (2006), jumlah kromosom di dalam sel tubuh secara normal terdapat dua set kromosom, satu set berasal dari telur dan satu set lagi berasal dari sperma sehingga sering digambarkan sebagai diploid ($2n$).

Penentuan jumlah kromosom dilakukan dengan cara melihat jumlah kromosom yang paling sering muncul. Penentuan jumlah kromosom ini berdasarkan Hartono (2003), yakni penentuan jumlah kromosom ini berdasarkan jumlah kromosom yang sering atau paling banyak muncul atau modus. Penentuan jumlah kromosom dengan menggunakan modus juga dilakukan Naorem dan Thounajoum (2005), yang menyebutkan bahwa jumlah kromosom ikan gabus sebanyak 40 ($2n=40$). Hasil penelitian yang dilakukan juga menunjukkan hasil yang sama seperti penelitian yang dilakukan sebelumnya oleh Phen *et al.* (2005) yang mendapatkan jumlah kromosom ikan gabus sebanyak $2n=40$. Selama penelitian, ditemukan juga bahwa ada beberapa preparat yang jumlahnya lebih dari modus bahkan ada

yang jumlah kromosomnya kurang dari modus.

Jumlah kromosom ikan gabus dari rawa dataran rendah, rawa dataran tinggi dan rawa pasang surut tidak memperlihatkan adanya perbedaan jumlah. Menurut Phen *et al.* (2005), di India memperlihatkan bahwa kromosom ikan gabus dari Kalyani, Delhi, dan Assam India memiliki jumlah yang sama yaitu berjumlah 40. Rishia dan Haobam (1990), yang menunjukkan bahwa jumlah kromosom ikan gabus di Impal, India berjumlah $2n=40$ dan Kumar *et al.* (2013), menunjukkan bahwa jumlah kromosom ikan gabus di Manipur berjumlah $2n=40$. Namun sedikit berbeda pada penelitian yang dilakukan oleh Supiwong *et al.* (2009) di Thailand dengan hasil jumlah kromosom ikan gabusnya sebanyak $2n=42$. Jumlah kromosom suatu spesies mungkin sama, tapi kromosom satu dengan yang lainnya berbeda bentuk, ukuran dan komposisi gen dengan kromosom lainnya. Semakin jauh hubungan kekerabatan suatu organisme, makin besar kemungkinan perbedaan jumlah, bentuk serta susunan kromosomnya (Yatim, 1991 *dalam* Hartono, 2003).

Walaupun sama-sama berjumlah $2n=40$, namun ikan gabus dari India

memiliki susunan kromosom yang berbeda yakni 8 metasentrik, 6 subtelosentrik dan 26 telosentrik (Phen *et al.*, 2005). Pada penelitian Rishi dan Haobam (1990), menunjukkan bahwa ikan gabus di India memiliki susunan kromosom 4 metasentrik, 1 subtelosentrik dan 15 akrosentrik. Di Impal India, ikan gabus mempunyai susunan kromosom 8 metasentrik, 10 submetasentrik dan 22 akrosentrik (Naorem dan Bhagirath, 2006). Sedangkan penelitian Kumar *et al.* (2013) di Impal India menunjukkan susunan kromosom yang berbeda yakni 6 metasentrik, 2 submetasentrik, 10 subtelosentrik dan 22 telosentrik. Sedangkan menurut Supiwong *et al.* (2009), ikan gabus yang di Thailand memiliki susunan kromosom 6 metasentrik, 2 akrosentrik dan 34 telosentrik. Hal ini menunjukkan bahwa habitat tidak terlalu berpengaruh pada jumlah kromosom namun berpengaruh pada susunan kromosom.

Menurut Andriani *et al.* (2004) perbedaan karyotipe dan susunan kromosom diduga merupakan pengaruh adaptasi ikan terhadap lingkungan yang sumber airnya berbeda. Dalam hal ini, ikan diambil dari habitat yang berbeda yang berarti juga memiliki sumber air yang berbeda. Adanya kecenderungan

hubungan jumlah kromosom terhadap tingkatan evolusi spesies. Spesies yang lebih primitif lebih banyak jumlah
Jurnal Akuakultur Rawa Indonesia

spesies yang lebih maju. Hal ini terjadi karena kromosom spesies yang lebih primitif sebagian besar terdiri dari akrosentrik, sedangkan kromosom spesies lebih maju sebagian besar terdiri dari kromosom metasentri (Denton, 1973 dalam Roesma *et al.*, 2012). Perbedaan karyotipe dan susunan kromosom disebabkan adanya mutasi atau telah terjadi evolusi pada kromosom sehingga mempengaruhi perkembangan genetik yang akhirnya mengakibatkan perubahan ekspresi fenotipe (Jusuf, 2001 dalam Siagian, 2006).

Menurut Pudrow (1993) terdapat tiga variasi kromosom dalam intraspesifik maupun pada intra individual yaitu 1) variasi jumlah kromosom ($2n$) maupun jumlah lengan kromosom, 2) variasi dalam pola pita kromosom individual dan 3) variasi kromosom seks. Variasi ini tidak hanya terlihat diantara individu atau spesies tetapi juga diantara sel-sel dalam suatu individu. Menurut Hartono (2003), perbedaan karyotipe dapat disebabkan karena perbedaan lingkungan. Selain waktu yang relatif lama juga dipengaruhi perkembangan genetik ikan sehingga

memungkinkan terjadinya mutasi. Proses perubahan material genetik dapat terjadi pada tingkat gen maupun kromosom
Saputra, *et al.* (2014)

proses spontan maupun adanya rangsangan dari luar. Rangsangan dari luar yang dapat mempengaruhi adanya perubahan materi genetik dapat berupa bahan kimia, faktor fisik dan faktor biologi (Hartono, 2003).

Perbedaan morfologi kromosom tidak hanya dapat dilihat pada tingkat spesies yang berbeda atau spesies dari tempat yang berlainan., tetapi juga dapat terjadi dalam satu spesies dalam satu lingkungan. Proses perubahan kromosom dapat disebabkan oleh pengaruh lingkungan (fisika dan kimia) sehingga proses pembelahan sel meiosis dan mitosis akan terganggu bahkan tidak berjalan dengan semestinya sehingga mengakibatkan adanya perubahan komposisi gen dari satu kromosom dibandingkan dengan induknya. Becak *et al.* (1966) dalam Hartono (2003) menyatakan bahwa kemungkinan adanya perbedaan didalam individu dapat disebabkan terjadinya pola Robertsonian (penggabungan dan pemisahan) selama perkembangan zigot.

Pengetahuan mengenai kromosom dan kromosom seks sangat diperlukan

dalam pengembangan budidaya monoseks, ploidisasi, maupun hibridisasi. Selain itu juga diterapkan untuk mengidentifikasi hasil rekayasa yang diterapkan (Roesma *et al.*, 2012). Karyotipe juga digunakan untuk mengidentifikasi genetik hasil hibrid dan membandingkan spesies yang berbeda, sitogenetik yang meliputi sistematika, mutagenesis, evolusi, pengelolaan stok ikan dan pencemaran lingkungan, penyebab terjadinya penyakit, identifikasi spesies, mutasi kromosom, penentuan jenis kelamin serta identifikasi ploidi suatu organisme (Carman, 1990 *dalam* Hartono, 2003).

KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini adalah penelitian ini menunjukkan bahwa jumlah kromosom diploid (2n) ikan gabus dari rawa dataran rendah sebanyak berkisar 40-42, rawa dataran tinggi berkisar 36-40 serta rawa pasang surut berkisar 38-40 sehingga disimpulkan bahwa jumlah kromosom ikan gabus antara 36-42.

DAFTAR PUSTAKA

- Andriani, I., N. Sugin, O. Carman dan D.S. Sjafei. 2001. Kariotip ikan hias endemik rainbow Sulawesi (*Telmatherina ladigesii*) sungai Maros, Sulawesi Selatan. *Jurnal Akuakultur Indonesia* 3(2) : 13 – 18
- Defira, C. N. 2004. Variasi, morfologi, kariotip dan pola isozim ikan Lalawak (*Barbodes balleroides*) dan lalawak jengkol (*Barbodes* sp) dari Sungai Cikandung dan kolam budidaya desa Buah Dua Kabupaten Sumedang. Tesis. Insitut Pertanian Bogor. Bogor. (tidak dipublikasikan)
- Hartono, D. P. 2003. Karakteristik kromosom ikan kerapu. Tesis. Institut Pertanian Bogor. Bogor. (tidak dipublikasikan)
- Kumar, A., B. Kushwaha, N.S. Nagpure, B. K. Behera and W. S. Lakra. 2013. Karyological and molecular diversity in three freshwater species of the genus *Channa* (Teleostei, Perciformes) from India. *Caryologia* : 1 – 12
- Muflikhah, N., M. Safran., N.K. Suryati. 2008. Gabus. Balai Riset Perikanan Perairan Umum Palembang. Palembang.
- Muslim. 2007. Tingkat perkembangan gonad (TKG) ikan gabus (*Channa striatus* Blkr) di rawa sekitar sungai Kelekar. *Agria*, Vol. 3 (2), 25 – 27
- . 2012. Domestikasi calon induk ikan gabus (*Channa striata*) dalam lingkungan budidaya (kolam beton). Makalah Jurnal Ilmiah Sriwijaya edisi Agustus 2012. Halaman 20-27
- Naorem, S. And T. Bhagirath. 2006. Chromosomal differentiations in the evolution of channid fishes—molecular genetic perspective. *Caryologia* 59(3): 235-240.
- Nuryanto, A. 2001. Morfologi, kariotip dan pola protein ikan nilam (*Osteochilus* sp.) dari Sungai Cikawung dan kolam budidaya

- Kabupaten Cilacap. Tesis. Institut Pertanian Bogor. Bogor. (tidak dipublikasikan)
- Parhusip, J. 2010. Perbedaan karyotipe dua spesies ikan batak *Neolissochilus sp.* dan *Tor sp.*. Skripsi. Universitas Sumatera Utara. Medan. (tidak dipublikasikan)
- Phen, C., T.B. Thang., E. Baran, dan L.S. Vann. 2005. Biological Reviews Of Important Cambodian Fish Species, Based On Fishbase 2004. Volume 1: *Channa striata*, *Channa micropeltes*; *Barbonymus altus*; *Barbonymus gonionotus*; *Cyclocheilichthys apogon*; *Cyclocheilichthys enoplos*; *Henicorhynchus lineatus*; *Henicorhynchus siamensis*; *Pangasius hypophthalmus*; *Pangasius djambal*. WorldFish Center and Inland Fisheries Research and Development Institute, Phnom Penh, Cambodia. 127 p.
- Pudjirahaju, A., Rustidja, dan S.B. Sumitro. 2008. Penelusuran Geonotipe Ikan Mas (*Cyprinus carpio* L.) Strain Puntan Gynogenetik. Jurnal Ilmu-Ilmu Perairan dan Perikanan Indonesia. Jilid 15 (1):13-19
- Purdow, C.E. 1993. Genetics and Fish Breeding. Chapman and Hall. London-Glasgow-New York- Tokyo. 111-133.
- Rahmawaty, I., D.S. Budi, dan Jasmadi. 2011. Preparasi kromosom ikan Batak *Tor soro* dengan teknik jaringan padat. Program Kreativitas Mahasiswa. Institut Pertanian Bogor. Bogor.(tidak dipublikasikan)
- Ramadhani, D., Y. Lusiyanti., Z. Alatas., dan S. Purnami. 2011. Semi otomatis kariotipe untuk deteksi aberasi kromosom akibat paparan radiasi. Seminar Nasional SDM Teknologi Nuklir VII. Yogyakarta.
- Rishia, K.K. and M.S. Haobama. 1990. A chromosomal study on four species of snakeheads (*Ophiocephalidae: pisces*) with comments on their karyotypic evolution. Caryologia Vol 43(2) : 163-167
- Roesma, D.I., Syaifullah, dan Melyawati. 2012. Pengamatan kromosom ikan bilih (*Mystacoleucus padangensis* BLKR., Cyprinidae) dari danau Singkarak Sumatera Barat. Biospecies, Vol 5(2) : 1-4.
- Siagian, W. K. 2006. Karakteristik kromosom ikan manvis (*Pterophyllum scalare*). Tesis. Institut Pertanian Bogor. Bogor. (tidak dipublikasikan)
- Said, D. S. Dan Hidayat. 2005. Kekerabatan beberapa spesies ikan pelangi Irian (famili Melanotaeniidae) berdasarkan karyotipe. Jurnal Iktiologi Indonesia, Vol 5 (1) : 31-38.
- , O. Carman, dan Abinawanto. 2002. Karyotipe ikan pelangi merah (*Glossolepis incisus*). Aquaculture Indonesia, Vol 2(1) : 19-23 .
- Supiwong, W., P. Jeearranaiprepame, and A. Tanomtong. 2009. A new report of karyotype in the chevron snakehead fish, *Channa striata* (Channidae, Pisces) from Northeast Thailand. Cytologia 74(3) : 000-000, 2009.
- Wati, M. 2008. Studi kromosom ikan bilih (*Mystacoleus padangensis* Blkr., Cyprinidae) Danau Singkarak Sumatera Barat. Skripsi. Universitas Andalas. Padang. (tidak dipublikasikan)