

**LAPORAN TEKNIS:  
TAHUN ANGGARAN 2013**

**Karakteristik Potensi Sumber Daya Ikan Bilih dan  
Kesinambungan Pengelolaan Perikanan di Danau  
Toba, Sumatera Utara**



Tim Riset :  
Siswanta Kaban, Arif Wibowo, Abdul Karim Gaffar  
Mirna Dwirastina, dan Dody Nasution

BALAI PENELITIAN PERIKANAN PERAIRAN UMUM  
PUSAT PENELITIAN PENGELOLAAN PERIKANAN DAN  
KONSERVASI SUMBER DAYA IKAN  
BADAN PENELITIAN KELAUTAN DAN PERIKANAN  
KEMENTERIAN KELAUTAN DAN PERIKANAN  
TAHUN 2013

## LEMBAR PENGESAHAN

1. Judul Penelitian : Karakteristik Potensi Sumber Daya Ikan Bilih dan Kesenambungan Pengelolaan Perikanan di Danau Toba Sumatera Utara
2. Tim Penelitian : 1. Siswanta Kaban, S.Si, M.Si (Koordinator)  
2. Dr. Arif Wibowo (Anggota)  
3. Dr. A.Karim Gaffar (Anggota)  
4. Mirna Dwirastina, A.Md (Anggota)  
5. Dody Nasution (Anggota)
3. Jangka Waktu Penelitian : 1 (Tiga) Tahun

Menyetujui,  
Kepala Balai Penelitian Perikanan  
Perairan Umum

Palembang, Desember 2013  
Koordinator Kegiatan,

Drs. Budi Iskandar Pri Santoso  
NIP. 195809181986031003

Siswanta Kaban, S.Si, M.Si  
NIP.197907052006041003

# Karakteristik Potensi Sumber Daya Ikan Bilih dan Kestinambungan Pengelolaan Perikanan di Danau Toba, Sumatera Utara

Oleh

Siswanta Kaban, Arif Wibowo, Karim Gaffar, Mirna Dwirastina  
dan Dody Nasution

## Abstrak

Penelitian tentang karakteristik potensi sumber daya ikan bilih dilakukan untuk menentukan arah pengelolaan ikan bilih dan kestinambungan pengelolaan perikanan di Danau Toba, Sumatera Utara dilakukan sepanjang tahun 2013. Tujuan penelitian adalah melakukan kajian populasi ikan bilih berdasarkan gen COI DNA mitokondria yang akan dijadikan sumber informasi dalam mengidentifikasi unit pengelolaan dan kondisi populasi ikan bilih. Mengkaji aspek bioekologi ikan bilih yang meliputi perkembangan gonad, keterkaitan kondisi lingkungan terhadap reproduksi, makanan dan kebiasaan makan dan pertumbuhan yang akan dijadikan sumber informasi dalam menentukan strategi pengelolaan ikan bilih.

Lokasi sampling, baik di Danau Toba, Sumatera Utara ditentukan secara *purposive sampling*, habitat tempat ikan bilih di amati secara fisik, kimia dan biologi menggunakan metode APHA. Spesimen ikan yang telah diperoleh selanjutnya ditandai (*tagging*) kode spesimen dan asalnya. Pengawetan sampel di lapangan dengan cara merendam ikan tersebut dalam larutan alkohol 75%. Dilakukan pengamatan aspek biologi yang meliputi makanan, reproduksi dan pertumbuhan. Pengamatan populasi dilakukan dengan analisis mtDNA dengan sequencing menggunakan primer CO1.

Hasil penelitian menunjukkan ikan bilih yang ada di Sumatera Utara merupakan sebagai *Mystacoleucus padangensis*. Habitat pemijahan ikan bilih di danau Toba adalah aliran sungai yang mengalir ke danau dengan suhu 23 – 26 °C, kedalaman 8 – 15 cm dan debit arus 0,27 – 0,7 m/s pada bebatuan kerikil dan berpasir. Kualitas perairan Danau Toba masih mendukung untuk perikanan dan masih di bawah baku mutu yang ditetapkan pemerintah Status perairan Danau Toba di tinjau dari kualitas perairan secara umum masih bersifat oligotrofik menuju mesotrofik. Jenis ikan yang ditemukan di Danau Toba ada sebanyak 16 Jenis yang di dominasi oleh ikan bilih (*Mystacoleucus padangensis*) dan ikan mujair (*Tilapia mossambica*) Potensi ikan bilih di Danau Toba diperkirakan dari hasil tangkapan nelayan dengan menggunakan alat tangkap ulangat (lift net) berkisar antara 9,17 – 18,34 ton/hari

Pengelolaan perikanan di Danau Toba secara berkelanjutan dapat dilakukan dengan cara koordinasi dan kerjasama yang asih perlu dilakukan antara jajaran pemerintah, dunia usaha, masyarakat, nelayan dan perguruan tinggi dengan cara sosialisasi, pengaturan penangkapan penataan ruang untuk wilayah reservat, wilayah KJA, pariwisata, hotel dan restoran,.

**Kata Kunci** : Bilih, Danau Toba, biologi, kualitas air dan pengelolaan

## KATA PENGANTAR

Dengan memanjatkan puji dan syukur ke hadirat Allah SWT, akhirnya kami dapat menyelesaikan Laporan Teknis Kegiatan TA 2013 yang berjudul Karakteristik Potensi Sumber Daya Ikan Bilih dan Kestinambungan Pengelolaan Perikanan di Danau Toba, Sumatera Utara. Kegiatan riset ini merupakan kegiatan riset tahun ke-1 (pertama) dari 1 tahun masa riset di Balai Penelitian Perikanan Perairan Umum Palembang untuk tahun anggaran 2013.

Kegiatan penelitian ini diawali dengan penyusunan proposal pada awal tahun kegiatan dan pelaksanaan kegiatan di lapangan mulai bulan Februari 2013 dan berakhir pada bulan Desember 2013. Kajian bioekologi dalam rangka menentukan arah Potensi Sumber Daya Ikan Bilih dan Kestinambungan Pengelolaan Perikanan di Danau Toba, Sumatera Utara diharapkan dapat memberikan informasi biologi, populasi dan ekologi. Informasi tersebut diharapkan dapat memberikan masukan untuk upaya pengelolaan ikan bilih dan pengelolaan perikanan secara berkelanjutan di Danau Toba.

Penulis berterima kasih kepada pihak-pihak yang telah banyak membantu terutama kepada Dinas Kelautan dan Perikanan Prov. Sumatera Utara dan Kepala Balai Penelitian Perikanan Perairan Umum (BP3U), para peneliti, teknisi dan pejabat struktural lingkup BP3U Palembang, sehingga Laporan Teknis ini dapat selesai. Kritik dan saran dari semua pihak yang sifatnya membangun diharapkan untuk perbaikan penulisan Laporan Teknis ini.

Palembang, Desember 2013  
Tim Penulis

## DAFTAR ISI

	Hal
HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
ABSTRAK .....	iii
KATA PENGANTAR .....	iv
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR TABEL.....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	vii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Penerima Manfaat .....	2
1.3 Startegi Pencapaian Keluaran .....	5
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Ikan Bilih .....	4
2.2 Identifikasi Stok Ikan.....	8
2.3 Keragaman Genetik.....	10
2.4 Makanan.....	11
2.5 Pertumbuhan .....	11
2.6 Reproduksi .....	12
2.7 Kualitas Air .....	12
<b>BAB III METODE PENELITIAN</b>	
3.1. Lokasi dan Waktu Penelitian.....	15
3.2. Bahan dan Alat .....	15
3.3. Marka Molekuler.....	17
3.4. Makanan.....	18
3.5. Pertumbuhan.....	19
3.6. Reproduksi.....	19
3.7. Kualitas Air.....	20
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	
4.1. DNA Ikan Bilih.....	23
4.2. Makanan.....	27
4.3. Pertumbuhan.....	28
4.4. Reproduksi.....	29
4.5. Kualitas Air.....	32
4.6. Potensi Ikan Bilih.....	38
4.7. Kegiatan Budidaya Perikanan.....	41
4.8. Kriteria Pengelolaan Danau Toba.....	45
<b>BAB V KESIMPULAN .....</b>	<b>47</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>48</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>51</b>

## DAFTAR TABEL

	Hal
Tabel 1. Parameter, metode pengukuran dan bahan alat .....	20
Tabel 2. Variasi nukleotida ikan bilih Danau Toba..... berdasarkan 636 pb nukleotida gen COI ikan bilih	24
Tabel 3. Tingkat Kesuburan Air Berdasarkan Kecerahan.....	32
Tabel 4. Struktur Komunitas Fitoplankton di Danau Toba 2013 .....	35
Tabel 5. Struktur Komunitas Zooplankton di Danau Toba 2013 .....	36
Tabel 6. Struktur Komunitas bentos di Danau Toba.....	37
Tabel 7. Daftar Alat Tangkap dan Jumlah Jermal di Setiap Lokasi .....	38
Tabel 8. Jumlah Ulangat di Danau Toba 2013.....	39
Tabel 9 Potensi Ikan Bilih di Danau Toba .....	39
Tabel 10. Jenis ikan di Danau Toba.....	40
Tabel 11. Produksi Perikanan, Ekspor, Konsumsi per Kapaita..... dan Penyerapan Tenaga Kerja	42
Tabel 12. Tabel Panjang Berat ikan bilih di Danau Toba Maret 2013.....	51
Tabel 13. Panjang Berat ikan bilih di Danau Toba Mei 2013.....	54
Tabel 14. Panjang Berat ikan bilih di Danau Toba Agustus 2013.....	56
Tabel 15. Panjang Berat Ikan bilih di Danau Toba Oktober 2013.....	58
Tabel 16. Beberapa Kualitas Perairan di Danau Toba 2013 .....	60
Tabel 17. Fitoplankton di Danau Toba Maret 2013 .....	60
Tabel 18. Fitoplankton di Danau Toba Mei 2013.....	61
Tabel 19. Fitoplankton di Danau Toba Agustus 2013.....	62
Tabel 20. Zooplankton di Danau Toba Maret 2013 .....	63
Tabel 21. Zooplankton di Danau Toba Mei 2013 .....	64
Tabel 22 Zooplankton di Danau Toba Agustus 2013.....	64
Tabel 23. Makroobentos di Danau Toba Maret 2013 .....	65
Tabel 24. Makroobentos di Danau Toba Mei 2013.....	65

## DAFTAR GAMBAR

	Hal
Gambar 1. Skema molekul sirkuler pada genom mitokondria .....	10
Gambar 2. Pola Regim Aliran Air di Danau Toba .....	14
Gambar 3. Lokasi penelitian Di Danau.....	15
Gambar 4. Profil DNA <i>Mystacoleucus padangensis</i> .....	23
Gambar 5. Profil DNA <i>Mystacoleucus padangensis</i> dengan 1000 Bootstraps .	25
Gambar 6. Kontruksi phylogeni dengan Neighbour-joining .....	26
Kimura 2-parameter model	
Gambar 7. Hubungan panjang dan berat ikan bilih di Danau Toba 2013 .....	28
Gambar 8. Struktur morfologis dan histologis ovarium ikan bilih .....	30
Gambar 9. Struktur morfologis dan histologis ovarium ikan bilih .....	30
Gambar 10. Lokasi pemijahan ikan pora-pora di Danau Toba .....	41
Gambar 11. Sebaran KJA di Danau Toba 2013.....	42
Gambar 12. Aktivitas Kegiatan di Danau Toba 2013.....	66

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1. Latar Belakang**

Penebaran ikan bilih di Danau Toba dilakukan pertama kali pada tahun 2003 dan berkembang dengan baik. Hal ini dapat terindikasi dari kemampuan ikan bilih menjalani siklus hidupnya (reproduksi, tumbuh dan berkembang), produksi tinggi, wilayah distribusinya yang luas, performa pertumbuhan dan reproduksi yang bahkan lebih baik dari ikan bilih di habitat asalnya di Danau Singkarak, Sumatera Barat.

Ikan bilih telah menjadi hasil tangkapan dominan (14.6%, peringkat ke-3) di Danau Toba sejak tahun 2005 dan menjadi 39% tahun 2008. Menjadi sesuatu yang sangat menarik, mengetahui bagaimana kondisi 5 tahun kemudian atau 10 tahun setelah penebaran (2013). Ikan bilih di Danau Singkarak tahun 2002, telah menjadi hasil tangkapan utama (90% dari hasil tangkapan nelayan di Danau Singkarak), hal ini memberikan kontribusi terhadap hasil tangkapan ikan bilih yang terus menurun dan ukuran ikannya pun mengecil. Panjang total maksimum ikan bilih di Danau Singkarak hanya mencapai 9.0 cm, jauh lebih kecil dibandingkan panjang total ikan bilih di Danau Toba yang bisa mencapai 21.6 cm.

Tren pola eksploitasi yang meningkat memberikan suatu kekhawatiran terhadap eksistensi ikan bilih di Danau Toba, bercermin dari apa yang terjadi di Danau Singkarak. Selain itu, jumlah ikan bilih yang besar dan distribusi luas potensial memberikan dampak yang negative terhadap struktur komunitas ikan di Danau Toba, khususnya terhadap ikan endemik ikan pora-pora. Ada indikasi bahwa masyarakat sekitar danau menyebut ikan bilih ini sebagai ikan pora-pora. Danau toba memiliki 32 buah reservat perikanan yang tidak berfungsi optimal dan perlu dilakukan revitalisasi. Tujuan penelitian adalah untuk mengidentifikasi dan mengkarakterisasi potensi sumber daya ikan bilih dan kesinambungan pengelolaan perikanan di Danau Toba, Sumatera Utara melalui optimalisasi reservat perikanan yang ada.

### **1.2. Penerima Manfaat**

1. Direktorat Jenderal Sumberdaya Ikan (Subdirektorat. Perairan Umum Daratan PUD)



2. Dinas Kelautan dan Perikanan Provinsi Sumatera Utara dan Dinas Kelautan dan Perikanan Kabupaten-kabupaten di sekitar Danau Toba
3. Perguruan Tinggi Negeri (USU, Sekolah Tinggi Perikanan dll)
4. Masyarakat baik nelayan dan pemerhati perikanan
5. Peneliti bidang perikanan perairan umum daratan

### **1.3. Strategi Pencapaian Keluaran**

#### Metodologi Pelaksanaan

Penelitian akan dilaksanakan dengan pendekatan pengumpulan data primer dan data sekunder. Data sekunder dikumpulkan melalui penelusuran pustaka dan hasil penelitian yang relevan dari instansi terkait (Sub.dit PUD, DirJen Tangkap, Dinas Kelautan dan Perikanan Prov. Sumatera Selatan dan Kabupaten-kabupaten sekitar Danau Toba, Bappeda, BLH dan Perguruan Tinggi).

Data sekunder yang dikumpulkan mencakup:

- a. Semua informasi yang terkait dengan ikan bilih di Danau Toba (sejarah, perkembangan populasi, termasuk pertumbuhan dan reproduksinya)
- b. Informasi sumber daya ikan Danau Toba (inventarisasi jenis-jenis ikan)
- c. Informasi karakteristik lingkungan perairan Danau Toba (baik fisik, biota dan kimia perairan).
- d. Informasi terkait 32 reservat perikanan yang sudah ada.

Data sekunder adalah data pendukung, untuk memberikan pemahaman yang lebih dalam dan detil terhadap objek, permasalahan dan tujuan penelitian. Data primer dikumpulkan dari empat kali survei mewakili musim hujan, peralihan dan kemarau. inventarisasi pada 5 stasiun pengamatan di Danau Toba yang ditentukan berdasarkan metode *purposive sampling*.

Data primer yang diharapkan diperoleh dari kegiatan ini adalah:

- a. Semua informasi yang terkait dengan karakteristik sumberdaya ikan bilih di Danau Toba (produksi, lokasi penangkapan dan upaya-upaya konservasi yang telah dan direncanakan dilakukan)
- b. Informasi sumber daya ikan Danau Toba (inventarisasi jenis-jenis ikan, estimasi potensi dan stok). Termasuk Informasi jenis-jenis ikan Danau Toba menggunakan pendekatan morfologi dan DNA Barcoding. Semua spesies ikan yang diperoleh (minimal 3 spesimen/spesies) di katalog (diberi label dan disimpan) di Museum koleksi ikan air tawar, Balai Penelitian Perikanan Perairan Umum (BP3U) Palembang. Hasil sekuense setiap spesies yang di diperoleh didaftarkan dan disimpan pada *GenBank* NCBI.
- c. Informasi karakteristik lingkungan perairan Danau Toba, baik fisik, biota dan kimia perairan). Karakteristik habitat dan kemiripan akan diperoleh melalui Analisis Komponen Utama (PCA) dan kanonikal Analysis (CA).
- d. Informasi terkait dengan zonasi pengelolaan di Danau Toba

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Ikan Bilih

##### Sistematika Ikan Bilih

Ikan bilih atau dalam bahasa ilmiah disebut *Mystacoleucus padangensis* Bleeker adalah ikan endemik yang hidup di danau Singkarak, Sumatera Barat (Kottelat, M. *et al.* 1993). Sebagai ikan endemik, ikan bilih hidup dalam geografis yang terbatas sehingga di dunia hanya ditemukan di danau Singkarak. Oleh karena itu, danau Singkarak merupakan habitat asli ikan bilih (Kartamihardja dan Sarnita, 2008). Secara sistematik, ikan bilih termasuk ke dalam klasifikasi sebagai berikut (Kartamihardja dan Sarnita, 2008):

Kelas : Actinopterygii

Ordo : Cypriniformes

Famili : Cyprinidae

Sub Famili : Cyprininae

Genus : *Mystacoleucus*

Species : *Mystacoleucus padangensis* Bleeker

Synonim : *Capoeta padangensis* Bleeker

*Puntius padangensis* Bleeker

*Systemus padangensis* Bleeker

Menurut Azhar (1993), tanda-tanda *Mystacoleucus padangensis* Bleeker antara lain sebagai berikut:

1. Sirip punggung mempunyai jari-jari keras (berduri) yang rebah ke muka, kadangkadang duri ini tertutup oleh sisik sehingga tidak kelihatan jika tidak diraba. Sirip dubur tidak mempunyai jari-jari keras, hanya terdapat 8- 9 jari-jari lemah;
2. Badan bulat panjang dan pipih, tinggi badan 2-3 cm, panjang badan maksimum 11,6 cm;
3. Sisiknya kecil-kecil dan tipis, terdapat 37-39 baris antara tengah-tengah dasar sirip punggung dan gurat sisi (*lateral line*);
4. Tubuh ditutupi oleh sisik yang berwarna keperak-perakan. Punggung dan ekor bagian sebelah sirip berwarna kehitam-hitaman.

Bentuk badan ikan bilih sangat mirip dengan ikan genggehek (Jawa Barat) atau wader (Jawa Tengah dan Timur), yaitu *Mystacoleucus merginatus* yang banyak terdapat di perairan umum Sumatera, Jawa dan Kalimantan. Juga mirip dengan ikan wader cakul (Jawa Tengah dan Timur), beunteur (Jawa Barat) atau pora-pora (Sumatera Utara), yaitu *Pontius binotatus*. Karena ikan pora-pora di Danau Toba tidak pernah tertangkap lagi sejak tahun 1990-an, maka masyarakat sekitar danau tersebut menyebut ikan bilih sebagai ikan pora-pora. Nama pora-pora yang sebenarnya adalah ikan bilih terus melekat dan populer sampai sekarang (Kartamihardja dan Sarnita, 2008).

Ikan bilih rentan terhadap kepunahan akibat kerusakan habitat dan eksploitasi yang intensif. Di danau Singkarak sebagai habitat asli, ikan bilih merupakan hasil tangkapan utama di samping jenis-jenis ikan ekonomis lainnya, seperti ikan asang (*Osteochilus brachynopterus*), sasau (*Hampala ampalung*), dan turik (*Cyclocheilichthys de Zwani*). Pada tahun 2002, sekitar 90% dari hasil tangkapan nelayan di danau Singkarak adalah ikan bilih (Kartamihardja dan Sarnita, 2008).

Harga ikan bilih yang ekonomis tinggi menjadikan ikan ini sebagai komoditas ekspor dalam bentuk kering ke negara jiran, Malaysia dan Singapura. Sejak tahun 2000, hasil tangkapan ikan bilih di danau ini terus menurun dan ukuran ikan mengecil (Syandri, 1996) dengan panjang total maksimum hanya mencapai 9,0 cm (Kartamihardja dan Sarnita, 2008). Menurut Kartamihardja dan Sarnita (2008), produksi tangkapan ikan bilih yang terus menurun mengurangi ikan bilih yang dikeringkan sehingga pengusaha ikan bilih kering satu per satu mulai gulung tikar dan tidak lagi mengeksport ikan bilih kering.

### **Siklus Hidup Ikan Bilih**

Ikan bilih melakukan reproduksi atau pemijahan dengan mengikuti aliran air di sungai yang bermuara di danau. Induk jantan dan betina beruaya ke arah sungai dengan kecepatan arus berkisar antara 0,3-0,6 m/detik dan kedalaman antara 10-20 cm. Habitat pemijahan adalah perairan sungai yang jernih, dengan suhu air relative rendah, berkisar 24,0-26,0°C, dasar sungai yang berbatu kerikil dan atau pasir.

Faktor lingkungan yang mempengaruhi pemijahan ikan bilih adalah arus air dan substrat dasar. Ikan bilih menuju ke daerah pemijahan menggunakan orientasivisual dan insting. Sesampai di habitat pemijahan, betina melepaskan telur dan bersamaan jantan

melepaskan sperma untuk membuahi telur. Telur yang telah dibuahi berwarna transparan dan tenggelam di dasar sungai (di kerikil atau pasir) untuk kemudian hanyut terbawa arus air masuk ke danau. Telur-telur tersebut akan menetas di danau sekitar 19 jam setelah dibuahi pada suhu air antara 27,0-28,0°C dan larva berkembang di danau menjadi dewasa.

Populasi ikan bilih memijah setiap hari sepanjang tahun, mulai dari sore sampai dengan pagi hari. Puncak pemijahan ikan bilih terjadi pada pagi hari mulai dari jam 5.00 sampai dengan jam 9.00, seperti diperlihatkan dengan banyak telur yang dilepaskan. Pemijahan ikan bilih bersifat parsial, yakni telur yang telah matang kelamin tidak dikeluarkan sekaligus tetapi hanya sebagian saja dalam satu kali periode pemijahan (Kartamihardja dan Koeshendrajana, 2006b).

Menurut Kartamihardja dan Sarnita (2008), pola tingkah laku pemijahan ikan bilih dimanfaatkan nelayan di danau Singkarak untuk menangkap menggunakan alat penangkap dipasang di aliran sungai oleh masyarakat setempat disebut alahan. Alahan ini menangkap ikan bilih yang akan memijah, sehingga jika terus-menerus dilakukan tanpa pengelolaan yang baik, populasi ikan bilih akan menurun dan menjadi langka atau punah. Penangkapan ikan bilih diperparah karena ikan yang sudah terperangkap di alahan tersebut ditangkap menggunakan alat tangkap listrik (setrum). Hal ini menyebabkan kematian induk ikan dan telur-telur yang baru dipijahkan.

Menurut Kartamihardja dan Sarnita (2008), pengangkapan ikan dengan menggunakan alahan berlangsung antara 6-7 bulan setiap tahun, dilakukan di tiga sungai, yaitu Panningahan, Sumpur dan Muara Pingai. Di ketiga sungai tersebut terdapat ± 4-7 buah alahan dengan kisaran produksi antara 48-760 kg/hari di Panningahan, 15-161 kg/hari di Sumpur, dan 8-390 kg/hari di Muara Pingai. Selain menggunakan alahan, ikan bilih juga ditangkap dengan jaring insang dan jala. Jaring insang yang digunakan nelayan di danau Singkarak mempunyai mata 0,75-1,0 inci sehingga ikan bilih yang tertangkap juga berukuran panjang lebih kecil dari 8,5 cm.

### **Introduksi Ikan Bilih di Danau Toba**

Introduksi ikan (*fish introduction/ transplantation*) adalah upaya memindahkan atau menebar ikan dari suatu perairan ke perairan lain dimana jenis ikan yang ditebarkan semula tidak terdapat di perairan tersebut. Dengan demikian, introduksi ikan

bilih berarti memindahkan ikan bilih dari habitat asli di danau Singkarak ke habitat baru di Danau Toba (Kartamihardja dan Sarnita, 2008).

Menurut Kartamihardja dan Sarnita (2008), introduksi ikan bilih ke Danau Toba dilakukan melalui proses penelitian yang cukup panjang. Kegiatan penelitian pertama adalah mempelajari tingkah laku di habitat asli Danau Singkarak yang meliputi aspek makanan dan kebiasaan makan, pertumbuhan, dan reproduksi serta karakteristik habitat yang diperlukan, baik habitat pemakanan, asuhan dan pemijahan. Bersamaan juga dilakukan studi karakteristik habitat, ketersediaan makanan dan struktur populasi ikan serta relung ekologi Danau Toba. Penelitian di Danau Toba bertujuan agar ikan bilih dapat menempati habitat yang sesuai, makanan alami tersedia dan dapat mengisi relung ekologis yang kosong sehingga tidak berkompetisidan merugikan jenis ikan asli Danau Toba.

Untuk keperluan penyediaan benih diambil dari hasil tangkapan di danau Singkarak. Upaya penangkapan harus dilakukan dengan alat tangkap yang memungkinkan ikan tertangkap hidup dan tidak terluka, yaitu alahan. Namun semua alahan tidak beroperasi karena permukaan air danau Singkarak tinggi, merendam seluruh alahan. Penangkapan ikan dilakukan menggunakan anco (*lift net*). Anco dibuat dari bahan waring 1,5 x 1,5 m dengan bingkai dari bambu. Anco dipasang di pinggir pantai danau Singkarak dekat UPT Perikanan Perairan Umum/ Hatchery Singkarak. Pengangkatan alat tangkap anco dilakukan setiap satu jam.

Benih dan atau calon induk bilih yang tertangkap ditampung dalam kantong waring dan bak yang diberi cukup aerasi karena ikan bilih mudah mati dan stress terutama jika kekurangan oksigen. Hasil tangkapan disimpan satu hari dan keesokan hari ikan yang sehat dikemas dalam kantong plastik. Setiap kantong diisi air 5 liter, ikan bilih 200 ekor dan diisi oksigen sampai penuh. Sebanyak 18 kantong dikemas dengan total 3400 ekor. Ikan yang diangkut berukuran panjang total antara 4,1-5,7 cm dengan berat antara 0,9-1,5 g/ekor.

Perjalanan dari danau Singkarak menuju Parapat di Danau Toba melalui jalan darat ditempuh sekitar 18 jam. Waktu pengangkutan dipilih malam hari agar suhu udara selama perjalanan cukup dingin sehingga mengurangi stress terhadap ikan bilih. Sesampai di Parapat, ikan bilih ditampung dalam keramba jaring apung untuk adaptasi dengan kondisi air Danau Toba. Proses aklimatisasi dalam keramba jarring apung dilakukan selama satu hari. Tanggal 3 Januari 2003, ikan bilih ditebarkan di daerah

Parapat dan Ajibata di Danau Toba. Dari jumlah ikan bilih yang dibawa sebanyak 3400 ekor dapat hidup dan ditebarkan sebanyak 2840 ekor karena mati sebesar 25%. Sebanyak 50 ekor ikan bilih tetap dipelihara di satu keramba jaring untuk mempelajari perkembangannya di Danau Toba.

Faktor-faktor kunci keberhasilan introduksi ikan bilih antara lain adalah karakteristik limnologis Danau Toba mirip dengan Danau Singkarak, habitat pemijahan ikan bilih di Danau Toba lebih banyak/luas dari Danau Singkarak, makanan alami sebagai makanan utama ikan bilih cukup tersedia dan belum seluruhnya dimanfaatkan oleh jenis ikan lain yang hidup di Danau Toba, dan daerah pelagis dan limnetik Danau Toba jauh lebih luas (sepuluh kali lipat dari luas Danau Singkarak) mampu diisi oleh ikan bilih.

## **2.2 Identifikasi Stok Ikan**

Identifikasi stok ikan dapat dilakukan melalui pengukuran pada struktur morfologis (karakter morfometrik) (Tschibwabwa 1997; Sudarto 2003; Gustiano 2003) dan karakter meristik (Seymour 1959; MacCrimmon and Clayton 1985; Al-Hasan 1984; 1987a,b) dan marka molekular (Waltner 1988; Krueger 1986; Sudarto 2003).

Morfometrik adalah perbandingan ukuran relatif bagian-bagian tubuh ikan, sementara meristik adalah bagian yang dapat dihitung dari ikan yang merupakan jumlah bagian-bagian tubuh ikan. Perbedaan morfologis antar populasi dapat berupa perbedaan jumlah, ukuran dan bentuk (Sprent 1972), keunggulan menggunakan karakter morfologis dalam membedakan populasi adalah mudah dilakukan, tidak memerlukan biaya besar dan tidak memerlukan waktu lama (Mustafa 1999; Gustiano 2003).

Penanda molekular mampu mengidentifikasi perbedaan genetik langsung pada level DNA sebagai komponen genetik. Semua karakter yang ditampilkan baik secara nyata atau tidak oleh satu individu hewan tidak lain adalah pencerminan karakter gen yang dimiliki oleh individu hewan tersebut, atau dapat disebut bahwa semua informasi yang dapat diamati pada suatu individu hewan adalah penanda genetik dari individu tersebut. Karakteristik penanda molekular ini dapat menanggulangi keterbatasan penggunaan penanda morfologi karena penanda ini bebas dari pengaruh-pengaruh

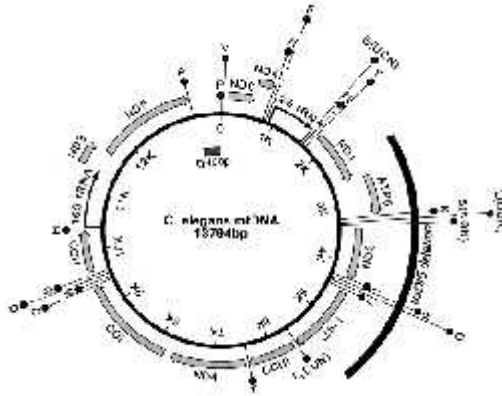
epistasi, lingkungan dan fenotipe, sehingga dapat menyediakan informasi yang lebih akurat (Muladno 2006).

Salah satu penanda molekuler yang biasa digunakan untuk identifikasi stok adalah analisis sekuense mtDNA. Hal ini karena mtDNA bersifat maternal dan diturunkan oleh parentalnya tanpa rekombinasi (Harrison 1989; Amos and Hoelzel 1992), molekulnya kompak dan ukuran panjangnya relatif pendek (16000–20000 nukleotida) tidak sekompleks DNA inti sehingga dapat dipelajari sebagai satu kesatuan utuh, tingkat evolusi yang tinggi (5-10 kali lebih besar dari DNA inti) sehingga dapat memperlihatkan dengan jelas perbedaan antar populasi dan hubungan kekerabatan (Brown *et al.*, 1979; Brown 1983), memiliki jumlah copy yang besar 1000-10000 dan lebih cepat dan mudah mendapatkan hasil dari jaringan yang telah diawetkan sebelumnya (Brown 1983).

Mitokondria memiliki molekul DNA tersendiri dengan ukuran kecil yang susunannya berbeda dengan DNA inti. mtDNA hewan secara umum memiliki jumlah dan jenis gen yang sama, yaitu 13 daerah yang mengkode protein masing-masing NADH dehidrogenase (ND1, ND2, ND3, ND4, ND5, ND6, ND4L), *Cytochrome-c Oxidase* (*Cytochrome Oxidase* unit I, *Cytochrome Oxidase* unit II, *Cytochrome Oxidase* unit III), *Cytochrome-b*, dan ATPase 6 (ATP6 dan ATP8); 2 gen pengkode rRNA yaitu 12S rRNA dan 16S rRNA; 22 gen pengkode tRNA masing-masing tRNA fenil alanin ( $tRNA^{Phe}$ ), valin ( $tRNA^{Val}$ ), leusin ( $tRNA^{Leu}$ ), isoleusin ( $tRNA^{Ile}$ ), metionin ( $tRNA^{Met}$ ), triptofan ( $tRNA^{Trp}$ ), asam aspartat ( $tRNA^{Asp}$ ), lisin ( $tRNA^{Lys}$ ), glisin ( $tRNA^{Gly}$ ), arginin ( $tRNA^{Arg}$ ), histidin ( $tRNA^{His}$ ), serin ( $tRNA^{Ser}$ ), leusin ( $tRNA^{Leu}$ ), treonin ( $tRNA^{Thr}$ ), glutamat ( $tRNA^{Glu}$ ), prolin ( $tRNA^{Pro}$ ), serin ( $tRNA^{Ser}$ ), tirosin ( $tRNA^{Tyr}$ ), sistein ( $tRNA^{Cys}$ ), asparagin ( $tRNA^{Asn}$ ), alanin ( $tRNA^{Ala}$ ), glutamin ( $tRNA^{Gln}$ ) dan daerah bukan pengkode, hanya terdiri dari daerah kontrol (daerah *D-Loop*) yang memegang peranan penting dalam proses transkripsi dan replikasi genom mitokondria (Lemire 2005), Gambar 1.

Daerah kontrol pada mtDNA memiliki laju mutasi yang lebih cepat dibandingkan dengan daerah mitokondria yang lain, daerah ini sangat baik digunakan untuk analisa keragaman hewan, baik di dalam spesies maupun antar spesies (Muladno 2006) dan sering digunakan sebagai penanda genetik (Bentzen *et al.* 1993). Penanda genetik atau DNA *barcoding* dianggap sebagai suatu sistem standar untuk identifikasi semua taksa eukariot secara akurat dan cepat.





Gambar 1. Skema molekul sirkular pada genom mitokondria (Lemire 2005)

### 2.3 Keragaman Genetik

Keragaman genetik merupakan bagian dari keragaman hayati (*biodiversity*) yang memiliki pengertian yang lebih luas, yakni keragaman struktural maupun fungsional dari kehidupan pada tingkat komunitas dan ekosistem, populasi, spesies dan molekul DNA (Soewardi 2007). Sumberdaya genetik memiliki peranan penting karena semakin beragam sumberdaya genetik, akan semakin tahan populasi tersebut untuk hidup dalam jangka waktu yang lama dan semakin tinggi daya adaptasi populasi terhadap perubahan lingkungan. Disamping itu, keragaman genetik juga merupakan kunci penting meningkatkan produktivitas dari suatu spesies (Soewardi 2007).

Keragaman genetik populasi adalah keragaman gen (tipe dan frekuensi) yang ada dalam populasi (Primack dkk. 1998). Gen berada dalam kromosom yang mengandung molekul DNA penyusun gen dan mengkode biosintesis protein (Mustafa 1999). Karakteristik genetik suatu populasi ikan di alam berdasarkan beberapa studi menunjukkan adanya heterogenitas spasial, bahkan pada jarak yang sangat dekat (Smith and Chesser 1981). Fenomena ini disebabkan oleh seleksi yang mencerminkan adaptasi terhadap kondisi lingkungan lokal dan proses stokastik (*drift*) (Smith dan Chesser 1981). Keragaman genetik populasi juga dapat dihitung berdasarkan data haploid yang merupakan karakteristik mtDNA. Dugaan keragaman genetik berdasarkan data mtDNA, menggunakan  $h$  sebagai suatu ukuran keragaman haplotipe, dalam konteks ini,  $h$  mendeskripsikan jumlah dan frekuensi haplotipe mitokondria yang berbeda.

## 2.4 Makanan

Besarnya populasi ikan dalam suatu perairan antara lain ditentukan oleh makanan yang tersedia, makanan adalah segala sesuatu yang dapat dimakan dan diserap oleh ikan sehingga dapat digunakan untuk menjalankan metabolisme tubuhnya. Kebiasaan makanan (*food habit*) ikan penting untuk diketahui, karena pengetahuan ini memberikan petunjuk tentang pakan dan selera organisme terhadap makanan. Effendie (1997) mendefinisikan kebiasaan makanan sebagai kuantitas dan kualitas makanan yang dimakan oleh ikan. Kebiasaan makan ikan dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain ukuran ikan dalam memanfaatkan makanan yang tersedia, habitat hidupnya, kesukaan terhadap jenis makanan tertentu, musim, ukuran dan umur ikan, periode harian mencari makanan dan jenis kompetitor (Hickley 1993 *dalam* Satria dan Kartamihardja 2002).

Umumnya ikan memperlihatkan tingkat kesukaan terhadap jenis makanan tertentu dan hal ini terlihat dari jenis makanan dominan yang ada dalam lambungnya (Weatherley dan Gill 1987 *dalam* Effendie 1997). Natarajan dan Jhingran *dalam* Effendie (1997) menyatakan bahwa untuk menentukan jenis organisme makanan yang dimanfaatkan oleh ikan digunakan indeks bagian terbesar (*Index of Preponderance*), yang merupakan gabungan dari metode frekuensi kejadian dan metode volumetrik. Nikolsky (1963) mengategorikan makanan kedalam 4 kelompok, yaitu: (1) makanan utama, makanan yang paling banyak ditemukan dalam saluran pencernaan; (2) makanan pelengkap, makanan yang sering ditemukan dalam saluran pencernaan dengan jumlah yang sedikit; (3) makanan tambahan, makanan yang jarang ditemukan dalam saluran pencernaan dan jumlahnya sangat sedikit; dan (4) makanan pengganti, makanan yang hanya dikonsumsi apabila makanan utama tidak tersedia.

## 2.5 Pertumbuhan

Pengertian pertumbuhan secara umum adalah perubahan dimensi (panjang, berat, volume, jumlah, dan ukuran) persatuan waktu baik individu maupun komunitas (Effendie 2002). Pertumbuhan adalah suatu indikator yang baik untuk melihat kondisi kesehatan individu, populasi, dan lingkungan (Moyle and Cech 2004). Pertumbuhan ikan dipengaruhi oleh faktor internal dan faktor eksternal. Faktor internal yang mempengaruhi

pertumbuhan ikan yaitu keturunan (genetik), jenis kelamin, parasit dan penyakit (Effendie 1997), serta umur dan maturitas (Moyle and Cech 2004). Faktor eksternal yang mempengaruhi pertumbuhan ikan yaitu jumlah dan ukuran makanan yang tersedia, jumlah ikan yang menggunakan sumber makanan yang tersedia, suhu, oksigen terlarut, kadar amonia di perairan dan salinitas (Moyle and Cech 2004).

## **2.6 Reproduksi**

Reproduksi pada ikan berhubungan erat dengan fekunditas dan gonad sebagai alat reproduksi seksualnya. Aspek biologi reproduksi menurut Nikolsky (1963), terdiri dari rasio kelamin, frekuensi pemijahan, waktu pemijahan, ukuran ikan pertama kali matang gonad dan tempat memijah.

Induk yang matang gonad adalah induk yang telah melakukan fase pembentukan kuning telur (*phase vitellogenesis*) dan masuk ke fase dorman. Fase pembentukan kuning telur dimulai sejak terjadinya penumpukan bahan-bahan kuning telur (*yolk*) dalam sel telur dan berakhir setelah sel telur mencapai ukuran tertentu atau nukleolus tertarik ke tengah nukleus. Setelah fase pembentukan kuning telur berakhir, sel telur tidak mengalami perubahan bentuk selama beberapa saat, tahap ini disebut fase istirahat (*dorman*). Menurut Woynarovich and Horvath (1980), bila rangsangan diberikan pada saat ini akan menyebabkan terjadinya migrasi inti ke perifer, inti pecah atau lebur, selanjutnya terjadi ovulasi (pecahnya folikel) dan oviposisi.

## **2.7 Lingkungan Perairan**

### **Kualitas Air**

Ikan bilih membutuhkan kondisi lingkungan perairan untuk hidup, tumbuh dan berkembangbiak. Kondisi lingkungan perairan yang dibutuhkan ikan bilih termasuk faktor fisika (suhu perairan, turbidity, kedalaman dan arus), kimia (oksigen terlarut, pH, kesadahan dan amoniak).

Suhu perairan berpengaruh terhadap sintasan, reproduksi, pertumbuhan organisme muda dan kompetisi (Krebs 1985). Bagi ikan yang hidup di perairan tawar, perubahan suhu perairan pada musim penghujan memberikan tanda secara alamiah untuk melakukan pemijahan, beruaya dan mencari makan. Turbidity menggambarkan sifat

optik air, turbidity yang tinggi dapat mengakibatkan terganggunya sistem osmoregulasi seperti pernapasan, daya lihat organisme akuatik serta dapat menghambat penetrasi cahaya di dalam air.

### **Wilayah Tepian**

Wilayah tepian merupakan pembatas ekosistem danau, yang memiliki peran dan kepentingan yang tinggi terhadap kondisi perairan, baik ditinjau dari kepentingan ekologis maupun dari aspek pengelolaan danau.

Dari kepentingan ekologis, wilayah tepian merupakan zona ekoton antara ekosistem daratan dan perairan, yang umumnya memiliki keragaman biota yang tinggi. Vegetasi-vegetasi tepian (*rivarian vegetation*) yang tumbuh di sepanjang tepian selain menjadi habitat fauna spesifik darat-air, tetapi juga merupakan pemasok bahan organik dan hara yang menjadi salah satu sumber “energi” perairan. Di wilayah tepian ini juga terletak wilayah littoral, yang merupakan wilayah trofogenik utama perairan danau. Di wilayah ini berkembang berbagai tumbuhan air, biota-biota benthik, serta menjadi wilayah utama pemijahan ikan. Mengingat tingginya peranan ekologis wilayah tepian ini, maka dalam pemanfaatan perairan perlu menjadi salah satu perhatian.

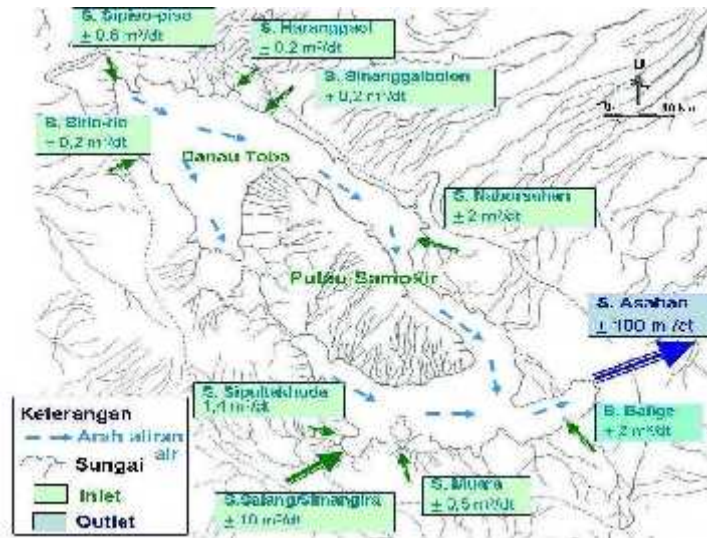
Ditinjau dari kepentingan pengelolaan danau, wilayah tepian danau adalah bagian dari sempadan, yang harus terbuka untuk akses publik. Wilayah tepian ini dapat digunakan sebagai koridor inspeksi perairan serta untuk kepentingan umum. Pada sisi lain wilayah ini dapat menjadi pusat aktivitas proses pengolahan dari aktivitas-aktivitas daratan, seperti untuk pembangunan pengolahan limbah, pengambilan air danau atau kepentingan lainnya (Lukman, 2011).

### **Pola Aliran Sungai**

Pola aliran sungai yang menjadi inlet danau serta outletnya yang akan membentuk pola regim aliran air yang spesifik untuk setiap danau. Pola regim aliran ini akan berperan terhadap pola dan dinamika bahan pencemar dari berbagai aktivitas pemanfaatan baik di wilayah perairan maupun daratannya.

Pola aliran air di Danau Toba didominasi oleh inlet berupa sungai-sungai kecil, dengan jumlah total 289 sungai namun hanya 71 sungai permanent dan sisanya bersifat

musiman (*intermitten*). Dari Pulau Samosir mengalir 122 buah sungai dan dari daratan Sumatera 177 buah (Soedarsono, 1989). Sungai yang memiliki debit paling besar adalah Sungai Simangira ( $\pm 10 \text{ m}^3/\text{dt}$ ), sungai yang memiliki debit sedang adalah Naborsahan ( $\pm 2 \text{ m}^3/\text{dt}$ ), S. Balige ( $\pm 2 \text{ m}^3/\text{dt}$ ), dan Sipultakhuda ( $\pm 1,4 \text{ m}^3/\text{dt}$ ). Sungai-sungai tersebut umumnya berada di wilayah selatan danau, sementara outletnya sendiri yaitu Sungai Asahan juga berada di wilayah selatan danau (Lukman & Ridwansyah, 2010) (Gambar 2).



Gambar 2. Pola Regim Aliran Air di Danau Toba

Sumber: Lukman & Ridwansyah

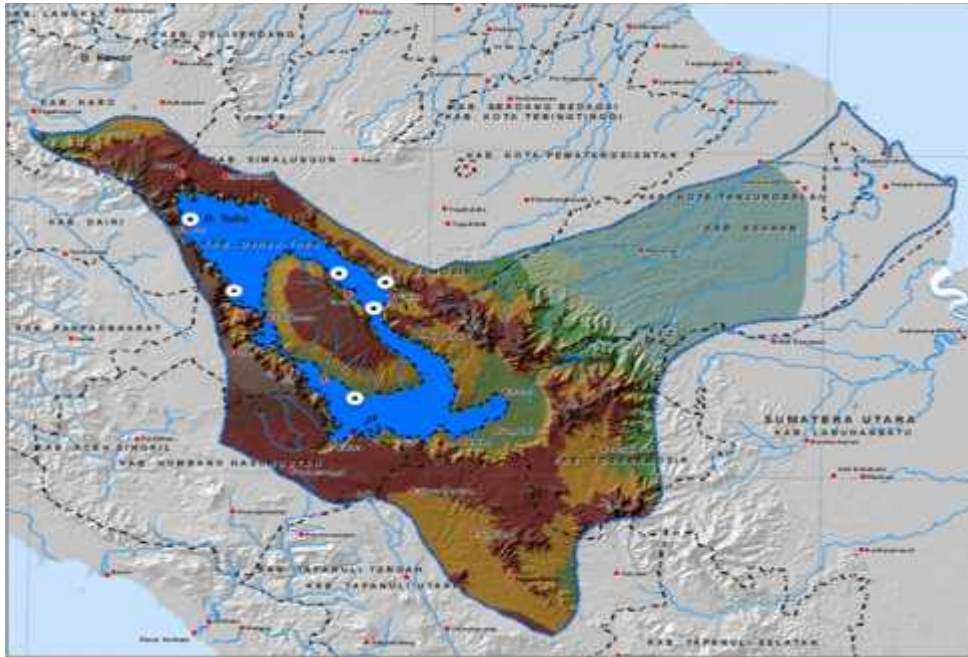
Berdasarkan kondisi tersebut akan menciptakan pola/waktu simpan air yang berbeda. Wilayah perairan Danau Toba bagian selatan cenderung akan lebih dinamis dibandingkan dengan wilayah utaranya, yang harus menjadi pertimbangan pemanfaatannya terkait dengan tingkat akumulasi pencemar yang berbeda (Lukman, 2011).

## BAB III

### METODE PENELITIAN

#### 3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan di Danau Toba, Sumatera Utara sepanjang Tahun 2013. Sampel ikan diperoleh dari hasil penangkapan ikan oleh nelayan pada 6 titik sampling di Danau Toba, Sumatera Utara (Gambar 3)



Gambar 3. Lokasi penelitian Di Danau Toba (point putih)

#### 3.2 Bahan dan Alat Penelitian

- **Bahan**

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

- Bahan Identifikasi Spesies Ikan Bilih

- 1) Darah dan otot ikan bilih dari perairan Danau Toba Alkohol absolut 99% untuk pengawetan sample
- 2) Bahan kimia pengujian DNA
  - Bahan ekstraksi; *Genomic DNA Purification Kit* (Fermentas) berupa: *lysis solution, chloroform, precipitation solution, H<sub>2</sub>O, nuclease-free, NaCl solution, alkohol 70%, dan ethanol dingin 70%.*
  - Bahan amplifikasi berupa primer  
Fish-COI-F (5'-ACT TCA AAC TTC CAY AAA GAY aty GG-3) and



COI-Fish-R (5'-TAG ACT TCT GGG TGG CCR AAR Aay CA-3 ').  
Ivanova et al. (2007): Taq DNA Polymerase (recombinant) in reaction buffer, H<sub>2</sub>O, MgCl<sub>2</sub> dan dNTPs (dATP, dCTP, dGTP, dTTP)

- Bahan *elektroforesis* berupa: Polyacrilamid, 10X TBE (*Tris-Borate-EDTA*), *loading buffer*, dan *ethidium bromide*.

➤ Aspek Reproduksi

Bahan yang digunakan adalah ikan bilih, alkohol 70% dan formalin 37% untuk mengawetkan ikan, formalin 5% untuk mengawetkan gonad ikan dan Bouin untuk mengawetkan gonad ikan yang akan dihistologi.

➤ Aspek Makanan dan Kebiasaan Makan

Bahan yang digunakan adalah ikan bilih, formalin 4% dan aquades.

➤ Kualitas Perairan

Bahan yang digunakan untuk analisis kualitas air APHA, AWWA and WPCF (1981), Bain and Stevenson (1999) dan Effendi (2003).

▪ **Alat**

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian adalah sebagai berikut :

- Alat lapangan  
Alat yang digunakan dalam kegiatan di lapangan adalah *Digital counting calliper*, alat suntikan, *Tagging apparatus*, *dissecting set*, tempat ikan dan peralatannya, kamera digital.
- Alat laboratorium untuk analisis DNA  
Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah tabung *ependorf* volume 1.5 ml dan 0,5 ml, *vortex* (Genie 2), inkubator *type 12B* (Julabo), mikro sentrifuse (Biofuge-pico, Heraeuse), tip mikro pipet, mikro pipet dengan ketelitian 0-10 µl, 10-100 µl, 20-200 µl, 1000 µl (*Eppendorf research, Transfer pette*), *thermocycler* kapasitas 77 *ependorf* (Biometra), *elektroforesis system type* Mupid-2Plus (Advance), *ultraviolet transilluminator type* Macro Vue UV 20 (Hofer), film polaroid (Gel Cam), gunting dan sarung tangan. *Polymerase Chain Reaction (PCR)* dan *Pharmacia automated sequencer*.
- Alat Laboratorium  
Alat-alat laboratorium lain yang digunakan dalam penelitian adalah alat bedah, botol sampel, penggaris dengan ketelitian 1 mm untuk mengukur panjang ikan, timbangan digital dengan ketelitian 1 gram untuk menimbang berat tubuh dan timbangan digital dengan ketelitian 0,01 gram gonad ikan, cawan petri, mikroskop dengan mikrometer objektif dan okuler, gelas objek dan tissue.

### 3.3 Marka Molekuler

Setiap specimen yang terpilih, dilakukan koleksi darah dan sebagian otot (kurang lebih berukuran 1 x 1 cm), selanjutnya dimasukkan atau disimpan dalam *vial tube* yang telah berisi alkohol absolut 99%. *Vial tube* diberi kode dan asal specimen, untuk kemudian disimpan dalam suhu kamar. *Scapel* dan sarung tangan untuk koleksi darah dan otot hanya digunakan sekali untuk setiap specimen dan langsung dibuang. *Vial tube* hanya berisi darah atau otot dari hanya satu specimen sampel. Selanjutnya *vial tube* dibawa ke laboratorium untuk dilakukan ekstraksi dan isolasi mtDNA.

- **Ekstraksi dan isolasi mtDNA**

Isolasi DNA dilakukan menggunakan *Genomic DNA mini kit for blood (Geneaid)* yang dimodifikasi. Sel-sel darah ikan yang disimpan dalam alkohol 70% dicuci dengan air destilata dua kali kemudian disuspensikan dalam bufer STE (NaCl 1M, Tris-HCL 10mM, EDTA 0.1mM, pH 8) hingga volume 350µl. Sel-sel darah dilisis dengan SDS 1% dan proteinase K 0.125 mg/ml pada suhu 55°C selama 1 jam sambil dikocok pelan. Metode ekstraksi DNA selanjutnya mengikuti petunjuk *Genomic DNA mini kit for fresh blood (Geneaid)*.

- **Amplifikasi dan visualisasi fragmen mtDNA**

Amplifikasi sebagian fragmen D-Loop mtDNA menggunakan primer Fish-COI-F (5'-ACT TCA AAC TTC CAY AAA GAY aty GG-3) and COI-Fish-R (5'-TAG ACT TCT GGG TGG CCR AAR Aay CA-3 '). Ivanova et al. (2007). Komposisi reaksi PCR dilakukan dengan volume akhir 50 µl terdiri atas sampel DNA 5 µl, DW steril 16 µl, primer masing-masing 2 µl dan *Taq ready mix* 25 µl. Reaksi PCR dilakukan menggunakan mesin *thermocycler BioApply* dengan kondisi sebagai berikut: tahap pradenaturasi 95°C selama 10 menit, tahap kedua yang terdiri dari 35 siklus yang masing-masing mencakup tahap denaturasi 94°C selama satu menit, penempelan primer (*annealing*) pada suhu 48°C (42°C untuk gen sitokrom *b*) selama satu menit, pemanjangan (*extension*) pada suhu 72 °C selama 1,5 menit dan tahap terakhir yaitu pemanjangan akhir (*final extension*) pada suhu 72 °C selama 7 menit. Produk PCR diuji menggunakan PAGE 6% dalam bufer 1x TBE (10 Mm Tris-HCL, 1 M asam borat, dan EDTA 0.1 Mm) yang dijalankan pada kondisi 200 Mv selama 30 menit. Selanjutnya DNA diwarnai dengan pewarnaan sensitif perak.

- **Perunutan produk PCR**

Produk PCR di atas gel poliakrilamid yang berukuran sesuai dengan desain primer dimurnikan dengan metode *agarose-gel-cutting* yang diikuti dengan *spin-coloumn*



*DNA extraction from gel.* Produk PCR yang sudah dimurnikan dijadikan cetakan dalam *PCR for sequencing* dengan menggunakan pasangan primer yang sama dengan amplifikasi awal. Pekerjaan ini dilakukan di *First Base DNA Sequencing Service* Singapura.

- **Analisa data**

Hasil perunutan nukleotida diedit secara manual berdasarkan kromatogram. Runutan nukleotida yang sudah diedit kemudian saling disejajarkan antara bagian *forward* dan *reverse* menggunakan Clustal W yang tertanam dalam MEGA 4.0 (*Molecular Evolutionary Genetics Analysis*) (Tamura *et al.* 2007), kemudian dilakukan analisa variasi sekuense dan distribusi nukleotida. Analisis filogeni *Neighbour Joining (NJ)* dilakukan menggunakan MEGA 4.0 (Tamura *et al.* 2007), berdasarkan model substitusi nukleotida *Kimura-2-paramater* dengan bootstrap 10.000 kali.

### 3.4 Makanan

- **Struktur Saluran Pencernaan**

Analisis struktur saluran pencernaan dilakukan pengamatan secara makroanatomi, pengamatan pada posisi mulut, bentuk gigi, struktur tapis insang, faring, bentuk lambung dan panjang usus. Rasio panjang usus dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Rasio panjang usus (\%)} = \frac{PT}{PU} \times 100$$

Keterangan : PT = Panjang total ikan (mm)

PU = Panjang usus ikan (mm)

- **Komposisi Makanan**

Metode estimasi persentase volume organisme makanan dapat digunakan untuk menduga volume yang sesungguhnya, hal ini dilakukan karena volume sebenarnya tidak dapat diukur secara langsung. Data estimasi volume nantinya akan digunakan sebagai dasar untuk menghitung indeks bagian terbesar (*Index of Preponderance*) suatu jenis makanan yang dimanfaatkan oleh ikan. Penggunaan metode ini adalah pada saat mengamati organisme dan mengelompokkannya berdasarkan jenisnya. Kemudian kelompok-kelompok tersebut diukur volumenya menggunakan gelas ukur. Persentase volume masing-masing organisme yang teramati jika dijumlahkan akan mencapai 100 %.

### 3.5 Pertumbuhan

Analisis hubungan panjang berat menggunakan uji regresi:

$$W = aL^b$$

Keterangan: W = Berat tubuh ikan (gram)

L = Panjang ikan (mm), a dan b = konstanta

Jika b=3 (isometrik) atau b > 3 (alometrik).

### 3.6 Reproduksi

Untuk analisis biologi reproduksi dilakukan pengamatan dan pengukuran parameter-parameter sebagai berikut: jenis kelamin, tingkat kematangan gonad, berat gonad, indeks kematangan gonad. Kemudian dilakukan pengukuran fekunditas total, telur matang dan rata-rata diameter telur.

- **Nisbah kelamin**

Nisbah kelamin diketahui berdasarkan jumlah ikan jantan dan betina yang tertangkap pada setiap sampling yang dilakukan. Jenis kelamin ditentukan setelah dilakukan pembedahan sampel ikan tersebut. Untuk mengetahui perbandingan jenis kelamin, dilakukan uji "Chi kuadrat" ( $X^2$ ) sebagai berikut:

$$X^2 = \sum_{i=1,2,3}^s \frac{(f_i - F)^2}{F}$$

Keterangan :

$X^2$  = Nilai distribusi kelamin

$F_i$  = Nilai pengamatan ikan ke- $i$

$F$  = Nilai harapan ke- $i$

$i$  = 1,2,3

$S$  = Jumlah pengamatan

Apabila nilai  $X^2_{hit} > X^2_{tab (0,05)}$ , maka  $H_0$  ditolak yang berarti nisbah kelamin tidak seimbang, sedangkan jika  $X^2_{hit} < X^2_{tab (0,05)}$   $H_0$  diterima, yang berarti nisbah kelamin seimbang.

- **Morfologi dan Histologi Gonad**

Penentuan Tingkat Kematangan Gonad (TKG) ikan jantan dan betina ditentukan secara morfologis mencakup warna, bentuk, dan ukuran gonad. Perkembangan gonad secara kualitatif ditentukan dengan mengamati TKG I-V berdasarkan morfologi gonad.

Analisis secara histologis gonad ikan sampel dilakukan untuk mengetahui tingkat kematangan gonad secara histologis dan pola pemijahannya. Untuk keperluan pengamatan histologi tersebut, dilakukan pengambilan gonad ikan jantan

dan betina yang masih segar. Gonad ikan difiksasi dengan larutan *Bouin*, kemudian dianalisis di laboratorium dengan proses jaringan (agar bisa dipotong 5-7 mikron), pemotongan jaringan, dan pewarnaan dengan menggunakan haemotoxylin dan eosin.

### 3.7. Kualitas Air

- **Pengukuran parameter lingkungan**

Pengukuran parameter lingkungan dilakukan setiap 3 bulan sekali sepanjang Tahun 2012 yang mewakili musim hujan dan musim kemarau. Penentuan titik sampling untuk pengamatan parameter lingkungan disamakan dengan titik pengambilan sampel ikan bilih.

Tabel 1. Parameter, metode pengukuran, bahan dan alat

No	Parameter Yang Diamati	Metode	Bahan	Alat
<b>I</b>	<b>Parameter Fisika</b>			
1	Suhu	Termografik	-	Termometer air raksa
2	Kedalaman	Langsung dengan alat	-	<i>Depth sounder</i>
3	Kecepatan Arus	Langsung dengan alat	-	Stopwatch dan tali penduga
4	Turbiditas	Langsung dengan alat	-	Turbidity meter
5	Curah Hujan	Data sekunder		
6	Debit Air	Data sekunder		
<b>II</b>	<b>Parameter Kimia</b>			
1	pH	Langsung dengan alat		pH indicator
2	Oksigen terlarut	Langsung dengan alat	-	DO Meter
3	Kesadahan	Titrimetri	- H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 0.02 N (216 cc) (2.8 ml H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> p jadikan 100 ml (H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 0.1 N) ambil 200 H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 0.1 N jadikan 1000 ml (H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 0.02 N) - Methyl Orange (576 tetes)	- Erlemeyer 250 ml 1 bh - Pipet ukur 5 ml 2 bh - Pipet tetes 2 bh - Gelas ukur 100 ml 1 bh - Botol Aquadest 1 bh
4	Amoniak	Titrimetri	-	-

Pengamatan parameter fisika dan kimia perairan berpedoman pada APHA, AWWA and WPCF (1981), Bain and Stevenson (1999) dan Effendi (2003), seperti terlihat pada Tabel 1.

Untuk pengukuran turbiditas, kesadahan dan amoniak, dilakukan di laboratorium Kimia, Balai Riset Perikanan Perairan Umum Palembang. Sampel air diambil menggunakan botol sampel dan disimpan dalam kotak dingin yang suhunya selalu dijaga dingin. Analisa vegetasi berupa persentase kerapatan vegetasi berdasarkan peta citra dan foto yang dikuantifikasi, besaran yang diperoleh kemudian dilakukan skoring dan pembobotan.

Hasil pengukuran fisika, kimia dan biologi perairan disetiap lokasi pengamatan selanjutnya dibandingkan dengan standar kualitas air yang optimal yang mendukung pertumbuhan dan reproduksi ikan bilih.

Untuk menentukan kondisi kualitas perairan disetiap lokasi pengamatan menggunakan cara skoring indeks kualitas lingkungan (IKL). IKL merupakan perhitungan yang digunakan dalam upaya meringkas dan menyederhanakan data parameter lingkungan sehingga dapat memberikan informasi yang berguna tentang kondisi lingkungan. Hasil pengukuran parameter fisika-kimia air yang diperoleh dibandingkan dengan standar kondisi lingkungan optimum untuk pertumbuhan dan reproduksi ikan bilih.

Tahapan analisis data untuk menentukan indeks kualitas lingkungan dengan cara skoring adalah sebagai berikut:

- i. Data hasil pengukuran parameter diseluruh lokasi pengamatan ditentukan nilai rata-rata minimum dan maksimum yang tercatat selama penelitian dan dibandingkan dengan parameter optimum untuk pertumbuhan dan reproduksi ikan bilih. Skor yang didapatkan dikalikan dengan bobot skor yang ditentukan berdasarkan ketergantungan ikan contoh dengan parameter yang diuji. Bobot skor yaitu suhu (10), kecepatan arus (20), kedalaman (10), turbidity (20), oksigen (10), pH (10), kesadahan (10) dan  $\text{NH}_3\text{H}$  (10) sehingga jumlah keseluruhan pembobotan adalah 100.
- ii. Untuk menghitung IKL dengan mengikuti beberapa tahap yaitu:
  - a. Seluruh parameter lingkungan (fisika, kimia dan biologi) yang sudah dirata-rata, diberikan skoring atau skala penilaian kualitas dibandingkan dengan standar kualitas optimum terhadap ikan semah mengikuti pustaka yang diacu.
  - b. Tahap selanjutnya pemberian bobot nilai berdasarkan tingkatan kepentingan terhadap pertumbuhan dan reproduksi ikan bilih.

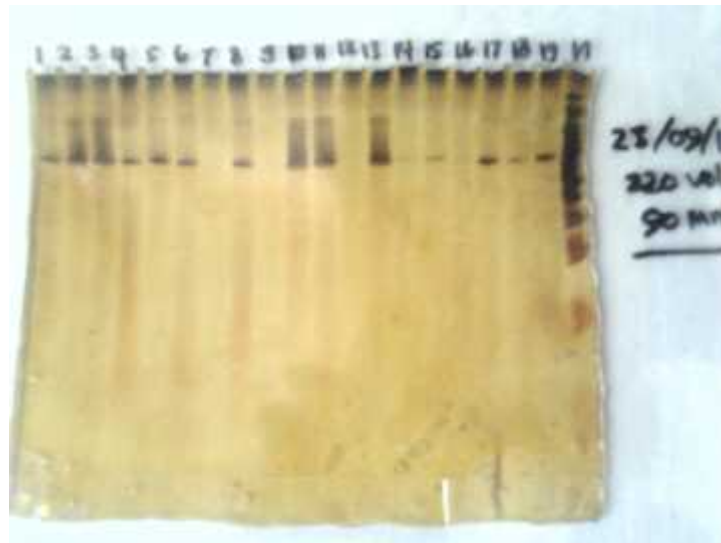
- iii. Indeks kualitas lingkungan yang didapat, selanjutnya dilakukan skoring atau ditentukan nilai jangkauannya, dan nilai jangkauan ini dibagi menjadi 5 interval yang sama. Jumlah total skor (parameter yang telah skor dan dibobot) setiap stasiun pengambilan sampel dihitung ditentukan status kualitas perairannya dengan membandingkan terhadap kisaran nilai tertinggi dan terendah kualitas perairan dari 5 stasiun pengamatan.

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 DNA ikan bilih (*Mystacoleucus padangensis*)

Amplikasi gen *Cytochrome Oxidase Subunit I (COI)* pada ikan-ikan Danau Toba menghasilkan fragmen gen COI berukuran 660-688 pb pada posisi 5537-6225 pb berdasarkan acuan *Genbank*. Profil DNA hasil amplikasi disajikan pada Gambar 4.



Gambar 4. Profil DNA *Mystacoleucus padangensis* hasil amplifikasi menggunakan pasangan primer COI F dan COI R.

#### *Ikan bilih di Danau Toba*

Jenis ikan bilih yang diperoleh dari lokasi sampling adalah *Mystacoleucus padangensis* (hanya satu jenis). DNA total telah diisolasi dari cuplikan otot semua sample tersebut. Hasil isolasi DNA total ikan digunakan sebagai cetakan untuk amplikasi gen. Dari 212 asam amino hasil translasi 636 nukleotida pada gen COI parsial *Mystacoleucus padangensis*, seluruhnya situs asam amino bersifat kekal. Komposisi empat basa nukleotida, rata-rata nukleotida *Cytosin* adalah yang paling banyak ditemukan (28,4%), sedangkan rata-rata yang paling sedikit ditemukan adalah *Guanin* (17,6%). Rata-rata komposisi basa nukleotida *Adenin+Timin* secara keseluruhan pada ikan bilih adalah lebih banyak (53,9%) daripada rata-rata *Guanin+Cytosin* (46,1%).

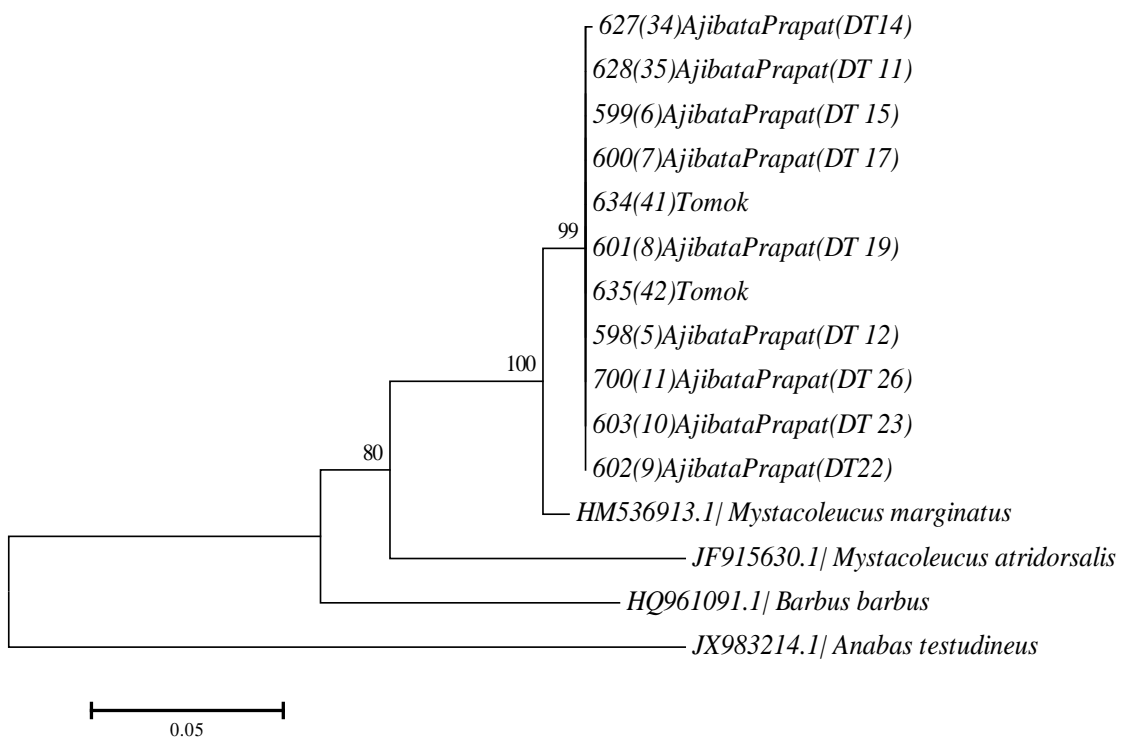
Analisa komposisi basa nukleotida untuk *Mystacoleucus padangensis* mengidentifikasi adanya 2 situs nukleotida yang bervariasi bersifat singleton Tabel 2. Analisa sekuense nukleotida berdasarkan gen COI mengindikasikan paling tidak terdapat tiga haplotipe atau sumber induk ikan bilih di Danau Toba. Ekosistem yang kompleks dan besar dan perilaku biologi menjadi prekursor terbentuknya struktur populasi. Sehingga perlu dilakukan analisis lanjut dari haplotipe yang berbeda dengan menggunakan penanda molekuler yang lebih cepat (*mtDNA control region*) ataupun *microsatellite* untuk membuktikan adanya struktur populasi.

Tabel 2. Variasi nukleotida ikan bilih Danau Toba berdasarkan 636 pb nukleotida gen COI ikan bilih

Sample	Nucleotide	
	5555	6054
627(34)AjibataPrapat(DT14)	T	T
602(9)AjibataPrapat(DT22)	T	C
603(10)AjibataPrapat(DT 23)	T	C
700(11)AjibataPrapat(DT 26)	T	C
598(5)AjibataPrapat(DT 12)	T	C
635(42)Tomok	T	C
601(8)AjibataPrapat(DT 19)	T	C
634(41)Tomok	T	C
600(7)AjibataPrapat(DT 17)	T	C
599(6)AjibataPrapat(DT 15)	C	C
628(35)AjibataPrapat(DT 11)	T	C

Rekonstruksi hubungan kekerabatan dari runutan basa nukleotida *Mystacoleucus padangensis* dan kerabatnya tersebut disajikan pada Gambar 5. Hasil filogram berdasarkan nukleotida gen COI memperlihatkan bahwa intraspecies

*Mystacoleucus* masing-masing secara garis besar membentuk satu hubungan kekerabatan. Walaupun ada variasi namun karena jumlahnya yang sedikit tidak terlalu terlihat pada filogram tersebut. Kelompok ini memiliki hubungan kekerabatan yang paling dekat dengan *Mystacoleucus marginatus*. Hasil penelitian ini mampu mengidentifikasi daerah beragam dan kekal pada gen COI mtDNA. Region yang conserve dapat dijadikan sebagai penanda genetik (*barcoding*) untuk mengidentifikasi keaslian genetik suatu jenis secara akurat dan juga sebagai *barcoding* untuk mengetahui daerah asal suatu spesies; sedangkan region yang beragam dapat digunakan untuk mengetahui hubungan kekerabatan.

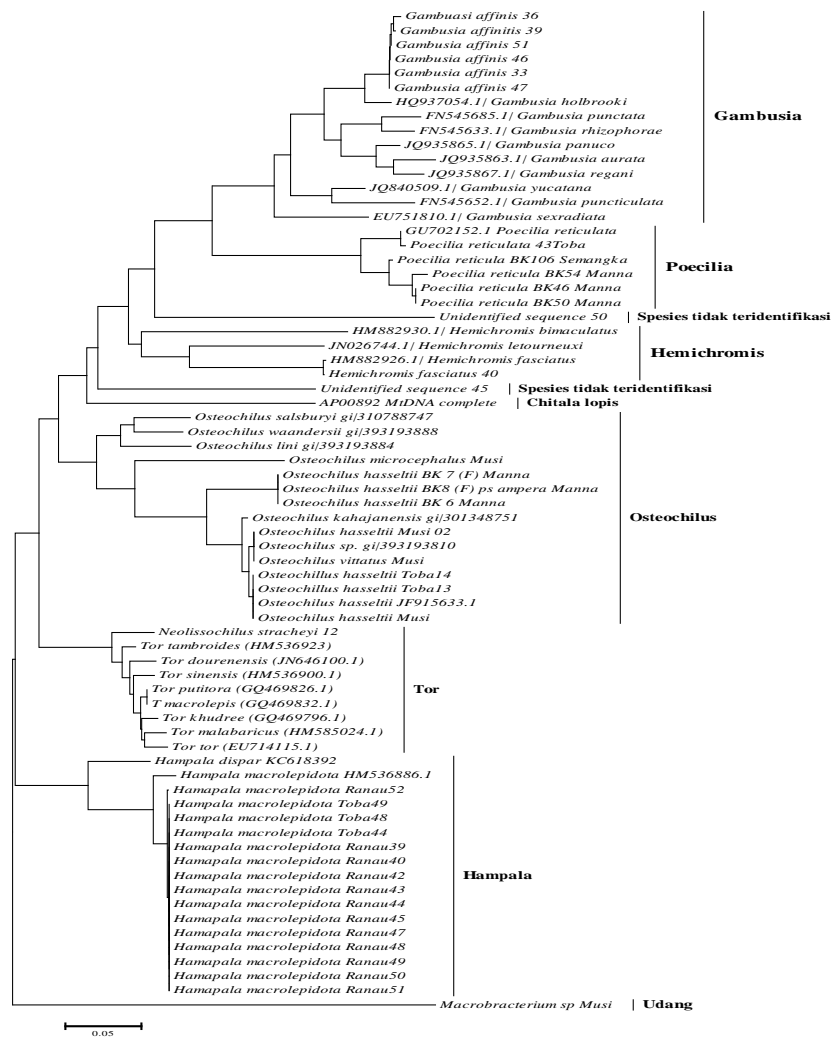


Gambar 5 Profil DNA *Mystacoleucus padangensis* dengan 1000 Bootstraps (panjang cabang mengindikasikan jumlah substitusi persitus) berdasarkan 636 pb nukleotida gen COI ikan bilih dan kerabat pembandingnya dari *Genbank*.

#### *Ikan-ikan Danau Toba*

Jenis ikan yang terdapat di Danau Toba tidak terlalu banyak jumlahnya, hal ini sangat terkait dengan sejarah terbentuknya Danau. Paling tidak enam jenis ikan dikoleksi dari ekosistem ini, terlihat dalam filogram berdasarkan nukleotida gen COI, intragenetik jenis ikan Danau Toba tidak terlalu terlihat apabila dibandingkan dengan kerabatnya Gambar 6.





Gambar 6. Kontruksi phylogeni dengan Neighbour-joining Kimura 2-parameter model dengan 1000 Bootstraps (panjang cabang mengindikasikan jumlah substitusi persitus) berdasarkan 504 pb nukleotida gen COI ikan bilih dan kerabat pembandingnya dari *Genbank*

Secara garis besar membentuk satu hubungan kekerabatan yang didukung oleh nilai *bootstrap* yang tinggi dan terlihat pola yang sama (*mixed*) dengan susunan genetik ikan yang sama dari lokasi geografis yang berbeda.

## 4.2 Makanan

- **Struktur Anatomis Saluran Pencernaan**

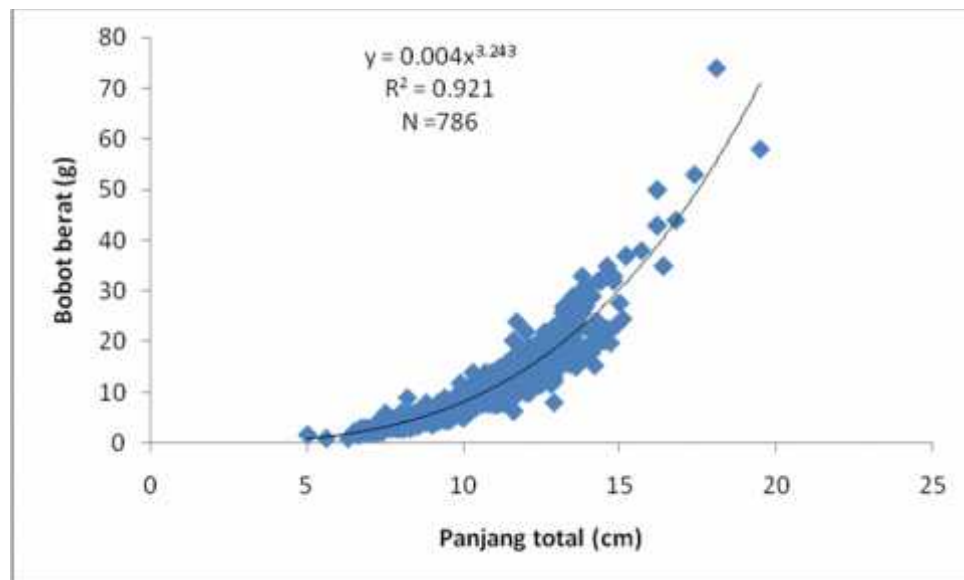
Struktur anatomis saluran pencernaan pada ikan dapat digunakan sebagai alat untuk menentukan pola kebiasaan makanannya. Kebiasaan makanan pada ikan seringkali dihubungkan dengan bentuk tubuh yang khusus dan fungsional morfologis dari tengkorak, rahang, dan alat pencernaan makanannya (Effendie 1997). Menurut Affandi dkk. (2009), secara anatomis, struktur alat pencernaan ikan berkaitan dengan bentuk tubuh dan kebiasaan makan. Dalam hal ini, kebiasaan makanan yang terkait dengan kategori ikan, kebiasaan makanan yang terkait dengan tingkah laku makan dan umur (stadia hidup) ikan. Berdasarkan struktur alat pencernaannya, ikan bilih memiliki lambung yang panjang karena tergolong dalam herbivora.

- **Komposisi makanan ikan semah secara umum**

Pengamatan makanan ikan bilih hanya dilakukan pada bagian lambung karena diasumsikan organisme makanan pada bagian ini belum tercerna sempurna, sehingga organisme makanan lebih mudah diidentifikasi. Makanan ikan bilih didominasi oleh plankton. Menurut Effendi (1997) faktor-faktor yang menentukan suatu spesies ikan dalam mengkonsumsi makanan adalah ketersediaan makanan, rasa, ukuran makanan, warna, tekstur makanan dan selera ikan terhadap makanan. Karbohidrat yang ada pada ikan berasal dari tumbuhan (zat tepung, serat, selulose dan fruktosa). Karena ikan tidak memiliki kelenjar liur (*salivary gland*), pencernaan karbohidrat dimulai dibagian lambung. Melalui mekanisme pencernaan makanan selanjutnya karbohidrat akan dirubah menjadi glukosa, dalam bentuk glukosa ini karbohidrat dapat diserap oleh dinding sel usus (enterosit).

### 4.3. Pertumbuhan

Pola pertumbuhan ikan dapat diketahui melalui hubungan panjang total (mm) dan berat total (g), selanjutnya berdasarkan hubungan panjang-berat ikan tersebut diperoleh nilai  $b$ . Nilai  $b$  adalah indikator pertumbuhan yang menggambarkan kecenderungan penambahan panjang dan bobot ikan. Nilai yang diperoleh dari perhitungan panjang dan berat adalah informasi mengenai dugaan berat dari panjang ikan atau sebaliknya, keterangan tentang ikan mengenai pertumbuhan, kemontokan serta perubahan dari lingkungan (Effendie 1997). Menurut Kleanthidis *et al.* (1999) dalam ilmu perikanan hubungan panjang berat penting untuk menduga berat hanya data panjang yang tersedia dan sebagai indeks kondisi ikan. Secara umum ikan bilih memiliki nilai  $b = 3,243$  Gambar 7, sehingga pola pertumbuhan ikan bilih termasuk alometrik positif yang berarti pertumbuhan bobot lebih besar dari pertumbuhan panjang.



Gambar 7. Hubungan panjang dan berat ikan bilih di Danau Toba Tahun 2013

#### **4.4. Reproduksi**

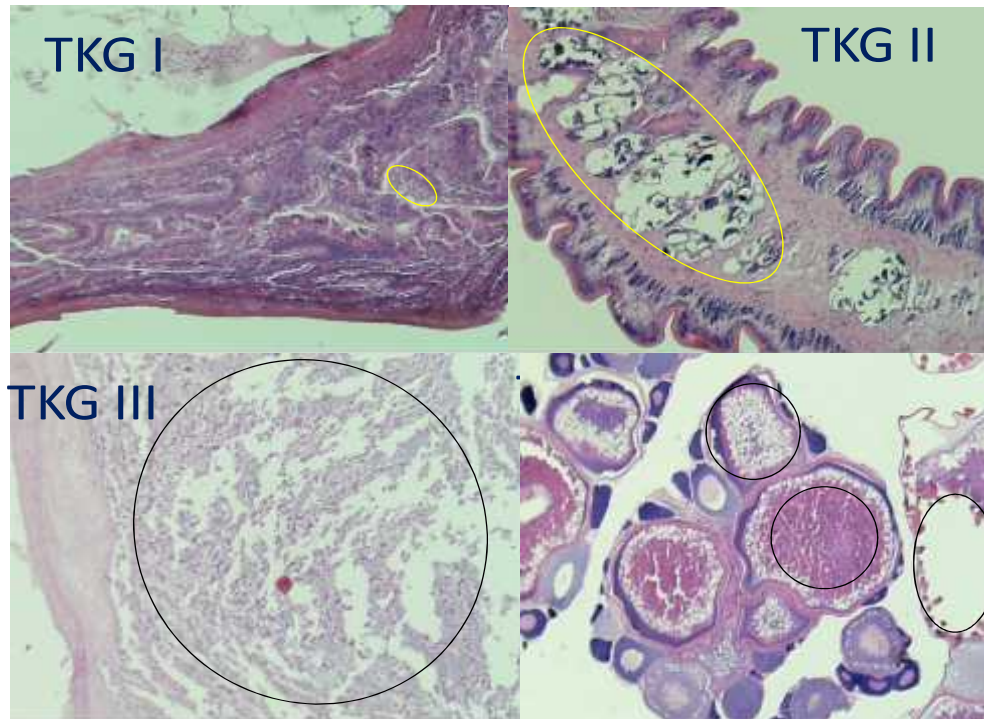
- **Nisbah Kelamin Ikan bilih**

Jenis kelamin pada ikan bilih tidak dapat dibedakan secara morfologi. Untuk mengidentifikasi jenis kelamin jantan dan betina harus dilakukan pembedahan. Ikan bilih yang diperoleh selama penelitian berjumlah 1078 ekor, yang terdiri dari 846 ekor ikan jantan dan 232 ekor ikan betina dengan nisbah kelamin 3.65 : 1. Akan tetapi pada muara sungai ikan bilih betina lebih banyak dijumpai dibandingkan dengan ikan bilih jantan. Selama penelitian dari 456 ekor ikan bilih, terdiri dari 159 ekor ikan jantan dan 297 ekor ikan betina dengan nisbah kelamin 1.87 : 1

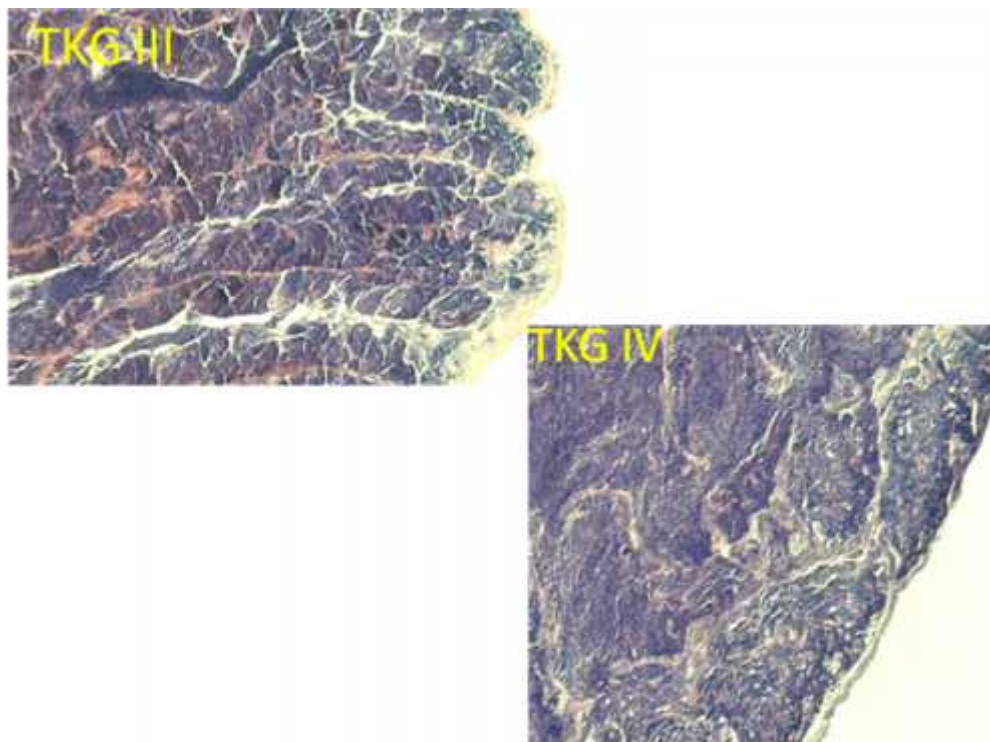
Jumlah ikan bilih jantan lebih banyak ditemukan di danau toba dibandingkan ikan bilih betina, hal disebabkan oleh perbedaan tingkah laku ikan bilih betina jika sudah matang gonad mencari daerah pemijahan ke muara sungai. Hal ini sejalan dengan pendapat Nikolsky (1963), yang menyatakan bahwa perbandingan jenis kelamin ikan dapat berubah menjelang dan selama pemijahan berlangsung. Secara umum perbandingan nisbah kelamin jantan dan betina ikan bilih (1 : 1) karena pada waktu melakukan ruaya pemijahan, populasi ikan didominasi oleh ikan jantan, kemudian menjelang pemijahan populasi ikan jantan dan betina dalam kondisi yang seimbang, lalu didominasi oleh ikan betina.

- **Morfologi dan Histologi Gonad**

Pengamatan morfologi dan histologi gonad dilakukan untuk mengidentifikasi tingkat kematangan gonad ikan bilih jantan dan betina. Pengamatan secara morfologi dilakukan dengan cara membandingkan warna, ukuran, volume gonad yang mengisi rongga tubuh dan penampilan butiran telur, sementara pengamatan secara histologis dilakukan melalui foto histologis gonad. Pengamatan morfologi dan histologi gonad ikan bilih betina dan jantan terlihat pada Gambar 8 dan Gambar 9.



Gambar. 8. Struktur morfologis dan histologis ovarium ikan bilih



Gambar 9. Struktur morfologis dan histologis ovarium ikan bilih

Struktur morfologis ovarium ikan bilih betina pada TKG I berbentuk memanjang dengan salah satu ujungnya semakin kecil dan bertambahnya sel goblet

pada villi uterus, berwarna kemerahan dan permukaan licin. Pada TKG II ovarium berukuran lebih besar daripada TKG I dan terjadi Akumulasi sel adiposa, berwarna kuning kemerahan dan butir telur belum bisa dilihat satu per satu dengan mata telanjang. TKG III ovarium lebih besar dari TKG II, butir telur sudah mulai terlihat jelas dan masih dilapisi selaput ovarium yang bening dan Lunturnya glandula endometrium. TKG IV ovarium berukuran semakin besar, mengalami plasmolisis butiran telur terlihat jelas dengan mata dan mudah terpisah antara butir yang satu dengan butir yang lain.

Secara histologis pada TKG I didominasi oleh oogenium, sedikit oosit dan inti sel belum terlihat jelas. Pada TKG II oogenium melakukan pembelahan sel secara mitosis dan membentuk oosit yang lebih banyak, inti sel mulai terlihat jelas. Pada TKG III sel telur berkembang menjadi ootid, diameter telur berukuran lebih besar, butir kuning telur sudah mulai terlihat dan butir-butir minyak semakin jelas dengan warna putih yang mengelilingi inti sel. Menurut Nasution (2004) *in* Mustakim (2008) menyatakan bahwa proses vitelogenesis pada TKG III merupakan tahap pembentukan globul kuning telur (*yolk vesicle*) yang dinamakan fase akumulasi kuning telur. Pada TKG IV ootid berkembang menjadi ovum, butiran minyak (berwarna putih) semakin banyak yang menyebar dari sekitar inti sel sampai ke tepi.

Pada ikan bilih jantan, secara morfologis pada tahap perkembangan gonad pertama TKG I dan II tidak dapat sampel. Perkembangan gonad jantan ikan bilih pada TKG II dan III tidak terlihat jelas. TKG III diidentifikasi dari volumenya yang besar dan berwarna putih. Pada ikan bilih jantan TKG IV terlihat jelas bulir sperma, walupun tanpa bantuan mikroskop. Akan tetapi hasil histologi TKG III dan IV terlihat berwarna ungu, hal ini disebabkan karena sifatnya yang bersifat basofilik (basa).

Spermatogenesis yaitu perkembangan spermatogonium menjadi spermatid dan setelah proses tersebut terbentuklah spermatozoa hasil dari metamorfosa spermatid yang disebut spermiogenesis. Pada tahap pertama gonad didominasi oleh jaringan ikat dan terdapat spermatogonia. Pada tahap kedua spermatogonia ini akan mengalami berulang kali pembelahan mitosis (penggandaan spermatogonia) yang akan membentuk spermatosit primer. Kemudian dengan pembelahan meiosis (reduksi) membentuk spermatosit sekunder pada tahap ketiga. Spermatosit sekunder mengalami pembelahan meiosis kedua menjadi spermatid pada tahap keempat. Setelah itu spermatid mengalami diferensiasi sehingga menjadi spermatozoa atau gamet jantan.

Pada TKG III spermatosit primer berubah menjadi spermatosit sekunder. Pada TKG IV spermatosit sudah menyebar, namun masih terbungkus sista. Spermatosit sudah berkembang menjadi spermatid dan spermatozoa.

#### 4.5. Kualitas air

##### Kecerahan

Hasil pengukuran nilai parameter kecerahan air pada saat penelitian, diketahui bahwa rata-rata kecerahan untuk semua stasiun penelitian berada pada kisaran 4,3- 7,5 meter, dimana rata-rata nilai kecerahan terendah terdapat pada stasiun II sebesar 4,3 meter dan nilai kecerahan tertinggi terdapat pada stasiun I dengan nilai 7,5 meter. Bila mengacu kepada Henderson *et al.*(1987) tentang kriteria tingkat kesuburan air berdasarkan kecerahan, maka pada saat dilakukan penelitian, kondisi perairan Danau Toba di semua stasiun penelitian tergolong perairan dengan tingkat kesuburan oligotrof – mesotrof.

Tabel 3. Tingkat Kesuburan Air Berdasarkan Kecerahan

Tingkat Kecerahan (m)	Tingkat Kesuburan
>6	Oligotrof
3 – 6	Mesotrof
<3	Eutrof

Sumber : Henderson *et al.*,(1987)

##### Temperature

Hasil pengukuran temperatur air selama penelitian memperlihatkan bahwa temperatur air pada masing-masing stasiun penelitian tidak menunjukkan variasi yang tinggi, yaitu berkisar antara 24,9 °C - 25,4 °C. Temperatur air terendah terdapat pada stasiun I (24,9 °C). Kondisi rata-rata nilai temperatur air pada semua stasiun penelitian, baik stasiun yang terdapat aktifitas KJA maupun stasiun yang tidak terdapat aktifitas KJA masih berada dalam kisaran yang dapat ditoleransi oleh organisme akuatik dan sesuai bagi fitoplankton untuk dapat tumbuhan dan berkembang dengan baik.



## **Alkalinitas dan pH**

Hasil pengukuran alkalinitas dan pH air selama penelitian di peroleh dengan kisaran 30 – 33 mg/l dan 7,3 – 8,5. Nilai alkalinitas dan pH air cukup tinggi karena Danau Toba dikelilingi oleh daratan dengan tipe bebatuan baik dari batu gamping maupun kapur yang bersifat basa. tertinggi ditemukan pada stasiun IV (control) sebesar 8,5 yang merupakan control tetapi di tepi danau adanya batuan kapur yang menyebabkan tingginya derajat keasaman di daerah tersebut. Nilai alkalinitas tidak mempunyai perbedaan yang mencolok sedangkan nilai pH cenderung berbeda dari masing masing lokasi dimana pH terendah ditemukan pada stasiun I sebesar 7,3. Secara umum nilai pH yang didapatkan dari semua stasiun penelitian, baik stasiun yang terdapat aktifitas KJA maupun stasiun yang tidak terdapat aktifitas KJA masih berada dibawah nilai ambang batas baku mutu air untuk kelas I (Peraturan Pemerintah Nomor 82 tahun 2001), dan mampu mendukung kehidupan setiap biota perairan seperti yang dinyatakan dalam keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup KEP No.51/MNLH/I/2004.

## **Oksigen (O<sub>2</sub>)**

Oksigen merupakan salah satu gas terlarut di perairan yang keberadaanya sangat diperlukan oleh organisme aerob perairan untuk kelangsungan hidupnya. Keberadaan oksigen terlarut di perairan terutama berasal dari difusi oksigen yang terdapat di atmosfer. Sumber oksigen di perairan berasal dari proses fotosintesa tumbuhan air terutama oleh phytoplankton. Kandungan oksigen di Danau Toba masih cukup tinggi dengan kisaran 7,3 – 8,14 mg/l, tingginya oksigen di perairan Danau Toba disebabkan karena kelimpahan plankton cukup padan dan juga disebabkan oleh ombak permukaan. Hasil pengukuran Oksigen hingga kedalaman 20 m masih relatif tinggi dengan kisaran 5,4 – 7,5 mg/l hal ini menunjukkan bahwa oksigen di perairan Danau Toba masih baik untuk perikanan.

## **Posfor**

Sumber Posfor di alam sangat sedikit, bila di perairan kandungan fosfornya tinggi maka dapat dipastikan berasal dari aktifitas manusia, termasuk diantaranya fosfor organik dari sisa budidaya ikan pada KJA. Kandungan Total fosfor di Danau Toba pada kedalaman 0 – 10 meter berkisar antara 2 -181 µg/l dengan nilai rata rata 21.61



$\mu\text{g/l}$ . Penelitian yang dilakukan DPPL PSTLH – ITM, 2009 bahwa kandungan posfor di perairan di Danau Toba 20  $\mu\text{g/L}$ . Hal ini menunjukkan bahwa adanya peningkatan posfor terlarut di perairan. Menurut Novotny dan Olem (1994); perairan oligotrofik (kesuburan rendah) bila kandungan total fosfor kurang dari 10  $\mu\text{g/l}$ , mesotrofik (kesuburan sedang) bila kandungan total fosfor antara 10 – 35  $\mu\text{g/l}$ , eutrofik (kesuburan tinggi) bila kandungan fosfor total lebih dari 35 – 100  $\mu\text{g/l}$ , hipertrofik bila kandungan fosfor total > 100  $\mu\text{g/l}$ . Perairan danau Toba berdasarkan kandungan total fosfor secara umum termasuk kategori perairan oligotrofik (kesuburan rendah) menuju mesotrofik.

### **Nitrogen**

Sumber nitrogen diperairan banyak yaitu bisa dari atmosfer, bahan anorganik dan organik yang masuk ke perairan. Kandungan total nitrogen di perairan Danau Toba berkisar antara 0,78 – 1,58 mg/l, biasanya bentuk nitrogen yang berupa gas yaitu ammonia ( $\text{NH}_3$ ), bersifat mudah larut dalam air. Salah satu sumber utama ammonia di perairan yaitu hasil dekomposisi bahan organik yang masuk ke perairan. Ammonia bebas ( $\text{NH}_3$ ) bersifat toksik (racun) bagi organism air, toksisitas ammonia akan meningkat bila kandungan oksigen rendah. Ammonia yang masuk kedalam darah lewat proses pernafasan akan mengganggu pengikatan oksigen oleh darah sehingga ikan akan kekurangan oksigen dalam darah, kadar ammonia bebas di perairan melebihi 0,2 mg/l bersifat toksik bagi ikan.

### **Klorofil a**

Klorofil-a merupakan pigmen hijau organisme fotoautotrof yang berperan sebagai mediator dalam proses fotosintesis. Keberadaan klorofil-a pada badan air merupakan salah satu parameter yang mempengaruhi produktivitas primer perairan dan dapat sebagai indikator tingkat kesuburan perairan. Sebenarnya ada 3 macam klorofil yang lazim terdapat pada tumbuhan, yaitu klorofil-a, klorofil-b dan klorofil-c. Dari ketiga pigmen tersebut, klorofil-a merupakan pigmen yang paling umum terdapat pada fitoplankton, dan oleh sebab itu maka biomassa fitoplankton yang terdapat di badan air dapat diketahui melalui pengukuran konsentrasi klorofil-a yang terdapat pada perairan tersebut (Parsons *et al* (1984) dalam Realino *et al* (2005). Hal ini dapat dilakukan karena setiap organism fitoplankton mengandung klorofil-a sekitar 1 – 2 % dari berat keringnya (Realino *et al*, 2005). Hal yang sama juga ditegaskan oleh

Kementerian Negara Lingkungan Hidup (2008) yang menyatakan bahwa pertumbuhan fitoplankton pada perairan dapat ditandai dengan peningkatan konsentrasi klorofil-a pada badan air tersebut. Kandungan total klorofil a di perairan Danau Toba berkisar antara 0,1- 0.5 mg/m<sup>3</sup> dengan nilai rata rata 0,3 mg/m<sup>3</sup>, dan hanya pada lokasi tertentu kandungan klorofil a berkisar 0,9 mg/m<sup>3</sup> dengan kepadatan KJA yang cukup tinggi.

## Plankton

### Fitoplankton

Berdasarkan hasil pengamatan mikroskopis yang telah dilakukan pada penelitian ini, ternyata di perairan Danau Toba didapatkan 41 spesies fitoplankton yang termasuk dalam 4 kategori takson (Cyanophyceae, Chlorophyceae, Dinophyceae, Diatomae/Bacillariophyceae). Hasil selengkapnya disajikan pada lampiran.

Tabel 4. Struktur Komunitas Fitoplankton di Danau Toba 2013

Bulan	Indek Keanekaragaman (H)	Indeks Dominansi (D)
Maret	2.13	0.18
Mei	1.84	0.29
Agustus	2.04	0.18
Rata -Rata	2	0.21

Meskipun kelimpahan plankton tergolong rendah, namun secara ekologis kondisi ekosistem tergolong masih baik. Hal ini ditunjukkan dengan cukup tingginya nilai indeks keanekaragaman plankton yang berkisar 1,84 – 2,13. Dengan demikian rentang indeks keanekaragaman plankton di Danau Toba pada penelitian bermakna bahwa kondisi komunitas plankton adalah sudah mengalami tekanan walaupun nilai H nya cenderung > 2. Menurut Lee at al. (1978) bahwa indeks keanekaragaman plankton > 2,0 menunjukkan kondisi perairan tidak tercemar. Sehingga dapat dikatakan bahwa kondisi perairan pada Danau Toba pada wilayah studi atau lokasi pengambilan contoh di tahun 2013 tergolong masih alami (belum tercemar) tetapi sudah ada gejala tekanan lingkungan.

Indeks dominansi zooplankton berada pada nilai yang moderat atau sedang < 0,3 yang berarti belum adanya jenis yang mendominasi pada perairan tersebut.

## Zooplankton

Berdasarkan hasil pengamatan mikroskopis yang telah dilakukan pada penelitian ini, ternyata di perairan Danau Toba didapatkan 13 spesies fitoplankton yang termasuk dalam 4 kategori takson (Mastigopora, Ploima, Monogonota, Crustacea dan Ciliata). Hasil selengkapnya disajikan pada lampiran 2). Hasil analisis menunjukkan kelimpahan zooplankton berkisar antara 5 – 200 ind/L. Nilai rata-rata indeks keanekaragaman zooplankton di Danau Toba sebesar 0,7 ( $H' < 1$ ) yang menunjukkan bahwa keanekaragaman zooplankton di perairan tersebut rendah. Hal ini di dukung juga. Zooplankton berada pada nilai yang moderat atau sedang (0,4) yang berarti belum adanya jenis yang mendominasi pada perairan tersebut (Tabel 5).

Tabel 5. Struktur Komunitas Zooplankton di Danau Toba 2013

Bulan	Indek Keanekaragaman (H)	Indeks Dominansi (D)
Maret	0.47	0.08
Mei	0.77	0.67
Agustus	1	0.46
Rata -Rata	0.75	0.4

Keanekaragaman menunjukkan kekayaan jenis dengan melihat jumlah species dalam suatu komunitas dan kelimpahan relatif. Nilai Keseragaman menunjukkan jumlah individu antar spesies dalam suatu komunitas dimana semakin merata penyeberan individu atau spesies /proporsi antar spesies , maka keseimbangan komunitas akan semakin meningkat. Spesies yang dominan dalam suatu komunitas memperlihatkan kekuatan spesies itu dibandingkan dengan spesies lain (Odum, 1971), dengan demikian terdapat jenis-jenis plankton yang mengendalikan perairan dan akan menimbulkan perubahan-perubahan penting tidak hanya pada komunitas biotiknya sendiri, tetapi juga dalam lingkungan fisiknya.

Perairan Danau Toba dengan kelimpahan zooplankton yang rendah, jumlah jenis rendah-sedang dan indeks keanekaragaman sedang mengindikasikan bahwa perairan Danau Toba sudah tergolong perairan yang tercemar-ringan.

## Makrozoobentos

Makrozoobentos memegang peranan penting dalam sistem ekologi di dasar perairan yaitu sebagai pakan alami bagi ikan. Sebagian besar makrozoobentos

merupakan *filter feeder* yang memakan plankton dan bahan organik dengan cara menyaring air, selain itu dapat digunakan sebagai indikator tingkat pencemaran suatu perairan. Pada Danau Toba, kelimpahan makrozoobentos paling banyak terdapat pada stasiun dengan daerah litoral yang luas serta dengan substrat yang berpasir halus dan juga banyak terdapat tumbuhan air.

Hasil pengamatan di laboratorium Hidrobiologi BP3U- Palembang terhadap komposisi makrozoobenthos pada bulan 2013 di Danau Toba tertera pada Lampiran 11-14. didapatkan komunitas makrozoobenthos yang terdiri dari 3 ordo (Oligochaeta, Insecta dan Mollusca). Dari ordo Oligochaeta terdiri atas 1 familia yaitu Tubificidae, ordo Insecta 1 familia yaitu Chironomidae dan ordo Mollusca terdiri atas 3 familia yaitu Thiaridae, Viviparidae dan Pleuroceridea. Kelimpahan Mollusca khususnya dari genus *Thiara scabra* dan *Thiara winteri* relatif tinggi dan hampir tidak ada perbedaan antar waktu penelitian. Tingginya organisme dasar dari jenis moluska diduga karena substrat pada daerah tersebut relatif didominasi oleh dasar berpasir serta bahan organik yang menjadi kesukaan moluska sebagai habitat hidupnya. Dominannya jenis makrozoobentos ini menjadi indikasi bahwa perairan tersebut tinggi bahan organik.

Tabel 6. Struktur Komunitas bentos di Danau Toba

Bulan	Indek Keanekaragaman (H)	Indeks Dominansi (D)
Maret	0.98	0.45
Mei	1.14	0.36
Rata -Rata	1.06	0.4

Nilai indeks keanekaragaman organisme dasar Danau Toba sebagaimana tertera pada Tabel 3, termasuk rendah karena menurut Odum (1977), nilai indeks keanekaragaman jenis jika kurang dari 1,0 maka keanekaragaman jenis tergolong rendah, nilai indeks dengan kisaran antara 1,0-3,0 keanekaragaman jenis sedang. Jika dibandingkan dengan kriteria pencemaran air berdasarkan indeks keanekaragaman Shannon-Wiener *dalam* Odum (1977), maka perairan Danau Toba termasuk dalam kriteria tercemar ringan. Merujuk pada kriteria tersebut maka perairan Danau Toba dengan nilai indeks keanekaragaman makrozoobentos sebesar 1.06 menunjukkan bahwa ekosistem perairan tersebut dalam mengalami tekanan lingkungan. Nilai ini mengukur jumlah individu antar spesies dalam suatu komunitas dimana semakin merata penyebaran individu/proporsi antar spesies maka

keseimbangan komunitas akan makin meningkat. Indeks dominansi (D Simpson mendeskripsikan dominansi organisme dalam suatu komunitas ekologi bilamana terdapat jenis yang lebih banyak pada saat pengambilan data. Nilai D berada pada kategori rendah jika berkisar antara  $0,00 < D \leq 0,50$ , sedang  $0,50 < D \leq 0,75$  dan tinggi  $0,75 < D \leq 1,00$ . Berdasarkan kriteria tersebut maka dengan nilai indeks dominansi sebesar 0,2 perairan Danau Lindu termasuk kategori dominansi rendah yang menjadi indikasi bahwa belum adanya suatu jenis makrozoobentos yang mendominasi perairan tersebut. Menurut Odum (1971), pola adaptasi organisme bentos ekosistem perairan danau diantaranya cenderung mengendap di dasar, mudah mengapung untuk mendapat makanan, dan biasanya hidup soliter karena adanya arus yang lambat serta memiliki nilai dominansi yang rendah.

#### 4.5. Potensi Ikan Bilih

##### Alat tangkap secara Umum

Penangkapan ikan pora-pora di Danau Toba digunakan alat tangkap sulangat, sulangat yang telah dimodifikasi dengan bantuan cahaya pada malam hari untuk menangkap ikan pora-pora di Danau Toba. Kisaran hasil tangkapan ikan pora-pora pada masing masing lokasi yang ditentukan berkisar antara 10 – 20 kg/hari (Tabel 7)

Tabel 7. Daftar Alat Tangkap dan Jumlah Jermal di Setiap Lokasi

No	Lokasi	Alat Tangkap	Jenis Ikan	Komposisi %	Total Hasil Tangkapan/hari
1	Aji Bata	Ulangat	Pora-pora	100	10-20 kg
2	Sigaol-gaol	Ulangat	Pora-pora	100	15 -20 kg
3	Simanindo	Ulangat	Pora-pora	100	10 -20 kg
4	Pangururan	Ulangat	Pora-pora	100	10 -25 kg
5	Onarunggu	Ulangat	Pora-pora	100	10 -20 kg

Berdasarkan hasil pengamatan jumlah alat tangkap ulangat di Danau Toba ditemukan sebanyak 917 unit. Jumlah ini tersebar di seluruh Danau Toba. Dari data yang diperoleh bahwa kisaran hasil tangkapan ikan pora-pora di Danau Toba dengan menggunakan alat tangkap ulangat berkisar antara 10-20 kg/hari. Dengan data tersebut diasumsikan bahwa potensi ikan hasil tangkapan pora-pora menggunakan alat tangkap ulangat berkisar antara 9,17 ton – 18,34 ton per hari (Tabel 8).

Tabel 8. Jumlah Ulangat di Danau Toba tahun 2013

NO	Lokasi	Jumlah ulangat(Unit)
1	Aji Bata	90
2	SiGaol-Gaol	38
3	Simanindo	59
4	Batu Gantung	23
5	Penahotan	17
6	Samosir	107
7	Ambarita	108
8	Onarunggu	177
9	Nainggolan	72
10	Palipi	44
11	Pangururan	182
Total		917

Jenis ikan yang ditemukan di Danau Toba seperti dibawah ini (Tabel 8). Jenis ikan endemik di danau toba adalah ikan batak.

Tabel 9. Potensi Ikan Bilih di Danau Toba

No	KABUPATEN	PRODUKSI IKAN BILIH (TON)		
		2010	2011	2012*
1	SIMALUNGUN	6,79	960	656,92
2	TOBASA	370,5	393,5	425
3	TAPUT	128,4	287,9	270,8
4	HUMBAHAS	795	823	814
5	SAMOSIR	13.510,8	11.816,7	11.13
6	DAIRI	710	432	428,25
7	KARO	971,51	324	183,06
	<b>J U M L A H</b>	1505	2539	1250.13

Sumber : Dinas Perikanan Sumatera Utara (2009)

Muara sungai merupakan habitat pemijahan ikan pora-pora, hasil pengamatan menunjukkan bahwa air deras merupakan tempat ikan untuk memijah seperti yang terlihat pada gambar 8. Jenis ikan di Danau Toba ditemukan sebanyak 16 jenis yang di dominasi dari ikan bilih, dan ikan mujair (Tabel 10). Ikan batak atau sering disebut dengan ihan ini merupakan ikan endemik yang ada di Danau Toba, akan tetapi ikan

ini sudah jarang ditemukan karena ikan merupakan ikan yang sering di buat sebagai hidangan pada pesta adat dan harganya sangat mahal. Harga mahal ikan ini sehingga membuat ikan ini menjadi langka dan habitat asli sebenarnya ikan ini berada pada hulu sungai yang berarus deras

Tabel 10. Jenis ikan di Danau Toba

No	Jenis_jenis Ikan	Nama latin	Keterangan
1	Ikan Mujair	<i>Tilapia mossambica</i>	**
2	Ikan Kepala Timah	<i>Aplocheilus panchax</i>	*
3	Ikan Seribu	<i>Lebistes reticulates</i>	*
4	Ikan Gurami	<i>Osphorenemus goramy</i>	*
5	Ikan sepat siam	<i>Trichogaster trichopterus</i>	*
6	Ikan gabus	<i>Channa Striata</i>	**
7	Ikan Lele	<i>Clarias batrachus</i>	*
8	Ikan mas	<i>Cyprinus carpio</i>	*
9	Ikan buricak	<i>Rasbora sp</i>	**
10	Ikan Nila	<i>Oreochromis niloticus</i>	**
11	Ikan Nila Merah	<i>Oreochromis sp</i>	*
12	Ikan Bilih	<i>Mystacoleucus padangensis</i>	***
13	Ikan selontok	<i>Glossogobius sp</i>	*
14	Ikan pora -pora	<i>Osteochilus kappenii</i>	*
15	Ikan horitung	<i>Oxyeleotris marmorata</i>	*
16	Ikan Batak	<i>Tor tambroides</i>	*

Ket : \*\*\* = Jumlah banyak  
 \*\* = Sedikit  
 \* = Jarang

Pada daerah ini merupakan lokasi pemijahan ikan pora-pora menuju ke air deras dengan melewati bebatuan, sebagian ikan tidak dapat melewati batuan dan ikan terhempas ke bebatuan dan mati. Sebagian ikan yang siap memijah akan lewat dan memijah pada lokasi ini. Permasalahan pada lokasi ini adalah melakukan penangkapan khususnya pada sore hari, pada umumnya ikan pora-pora cenderung migrasi/mijah ke arah muara sungai. Ini merupakan salah satu bentuk penangkapan yang tidak baik, karena wilayah ini merupakan wilayah yang seharusnya di bebaskan dari penangkapan karena merupakan tempat memijahnya ikan pora-pora. Pada survei terakhir pada Oktober 2013 ditemukan jenis ikan baru yaitu jenis ikan kaca kaca (*Parambassis sp*) yang tertangkap dengan menggunakan ulangat, hal ini kemungkinan adanya penebaran ikan ini ke Danau Toba





Gambar 10. Lokasi pemijahan ikan pora-pora di Danau Toba

#### 4.6. Kegiatan Budidaya Perikanan

Kegiatan budi daya perikanan yang berkembang pesat di kawasan Danau Toba adalah Sistem Keramba Jaring Apung (KJA). Sistem KJA telah dilakukan sejak Tahun 1986, namun berkembang pesat sejak Tahun 1998 melalui budi daya jaring apung intensif berkepadatan tinggi. Perkembangan keramba jarring apung semakin meningkat dengan bertambahnya pengusaha untuk mengembangkan KJA yang tersebar di Danau Toba (Gambar 9). KJA rakyat yang paling padat di temukan di lokasi Haranggaol dan KJA PMA yang paing banyak di milki oleh PT. Aquafarm Nusantara dan sekarang pengembangan KJA oleh PT. Arta Lautan Mulia di lokasi Tiga ras.



**Jumlah Keramba Jaring Apung : Total KJA : 8012 unit**

1.Masyarakat : 7447 unit (di 7 Kab. Sekitar D. Toba)

2.Perusahaan : - PT.Aqua Farm : 553 unit

Terdapat di 5 (lima) lokasi yaitu Panahatan (Kab. Simalungun), Pangambatan, Lontung, Silimalombu (Kab. Samosir) dan Sirungkungon (Kab. Tobasa)

- PT.Artha Lautan Mulia :12 unit (Kab.Simalungun)



Gambar 11. Sebaran KJA di Danau Toba Tahun 2013

**Dampak Positif dan Negatif Kegiatan Keramba Jaring Apung**

Keberadaan budi daya perikanan di perairan Danau Toba memiliki dampak positif bagi perekonomian masyarakat di sekitar Danau Toba namun juga memiliki dampak negatif bagi perairan Danau Toba. Dampak positif kegiatan budi daya perikanan di Danau Toba adalah dapat meningkatkan perekonomian masyarakat, meningkatkan nilai konsumsi ikan sebagai sumber protein serta adanya penyerapan tenaga kerja lokal pada tabel 11.

Tabel 11. Produksi Perikanan, Ekspor, Konsumsi per Kapaita dan Penyerapan Tenaga Kerja

No	Uraian	Tahun	
		2006	2007
1	Produksi Perikanan Budidaya (Ton)	51.027	53.323,22
2	Produksi Perikanan Tangkap (Ton)	354.907	370.877,82
3	Ekspor (Ton)	37.719,29	46.743,38
4	Konsumsi Ikan (Kapita/Tahun)	27,3	24,5
5	Penyerapan Tenaga Kerja (Orang)	132.378	137.178

Sumber : Rismawati (2010)

Sedangkan dampak negatif dari kegiatan keramba jaring apung adalah sebagai berikut :

1. Dampak Ruang, keberadaan keramba jaring apung juga berdampak terhadap pemakaian permukaan perairan danau sehingga tidak dapat dipergunakan untuk kebutuhan lainnya dan juga dapat mengganggu jalur pelayaran kapal atau transportasi danau.
2. Dampak penurunan nilai estetika, Danau Toba merupakan salah satu tujuanwisata nasional dan internasional yang memiliki keindahan luar biasa.Keberadaan keramba jaring apung di perairan danau Toba telah mengurangi nilaikeindahan permukaan perairan Danau Toba.
3. Dampak penyuburan perairan Danau (eutrofikasi), pengkayaan unsur hara yang antara lain bersumber dari kegiata perikanan telah meningkatkan populasi eceng Gondok di perairan Danau Toba. Berdasarkan data dari BKPEKDT Tahun 2008, terdapat 500 Ha Eceng Gondok di perairan Danau Toba, dimana keberadaan tumbuhan ini telah mengurangi nilai estetika perairan Danau Toba sebagai daerah tujuan wisata serta menghambat pemutaran turbin pada mesin Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) Asahan.
4. Dampak Penurunan Kualitas Perairan Danau Toba Dari pemantauan 4 tahun berturut-turut Tahun 2005, 2006, 2007 dan 2008 ditemukan nilai Oksigen yang terlarut (DO) Tahun 2006 terjadi penurunan. Hal ini disebabkan oleh pencemaran yang semakin meningkat dan gulma air yang semakin banyak, sehingga diikuti penurunan jumlah oksigen yang terlarut. Berkurangnya jumlah oksigen terlarut dalam air (DO) menunjukkan berkurangnya kemampuan air tersebut untuk mendukung kehidupan akuatik di dalamnya (BLH, 2008),.

### **Eceng Gondok**

Eceng gondok gondok di Danau Toba cenderung mengumpul di muara anak sungai yang mengalir ke Danau Toba, perkembangan eceng gondok kemungkinan disebabkan dari antropogenik dari hulu sungai yang menyebabkan kesuburan di

muara cukup tinggi sehingga perkembangan vegetatif eceng gondok cukup tinggi. Eceng gondok akan mengganggu keindahan Danau Toba apabila eceng gondok menyebar ke perairan khususnya pada musim hujan dan pengaruh kecepatan angin yang tinggi. Berdasarkan data BKPEKDT tahun 2008 terdapat 500 Ha eceng gondok di perairan Danau Toba. Hasil penelitian yang di lakukan bahwa eceng gondok ini umumnya tersebar di muara anak sungai dan tepian Danau Toba. Pengaruh lain dari Eceng gondok ini jika menyebar ke tengah danau selain mengganggu keindahan dan kebesersihan perairan, sehingga kedepannya perlunya pembersihan eceng gondok dari perairan dan pemanfaatan eceng gondok sebagai bahan yang bermanfaat (bahan campuran pakan ikan, biogás, kerajinan tangan, dll) untuk menghindari efek negatif dari eceng gondok tersebut serta mengurangi sumber pencemaran antropogenik dari hulu sungai.

### **Proses Produksi Kegiatan Budi Daya Perikanan di Danau Toba**

Proses produksi kegiatan perikanan di kawasan Danau Toba terdiri dari 3(tiga) bagian yaitu :

1. Pembenihan dan penaburan bibit ikan

Pembenihan ikan dilakukan di luar kawasan Danau Toba yaitu di Kecamatan Pantai Cermin Kabupaten Deli Serdang

2. Pemberian Pakan Ikan

Pakan merupakan kebutuhan utama dalam proses pembesaran ikan. Pakan untuk ikan dapat berupa pakan alamidan pakan buatan. Pakan yang dipergunakan di perairan Danau Toba adalah pakan yang dibeli dari supplier dengan merk dagang Charoen Phokpand, Japfa Comfeed, Sinta Prima, Cargill dan Global.

3. Proses Pemanenan

Ikan yang dipanen adalah ikan yang telah mencapai berat 1,2 kg atau masa pemeliharaan 7,5-8 bulan. Panen dilakukan dengan cara melepas ikatan jaring pada sebagian keramba jaring apung kemudian mengangkatnya hingga ikan terkumpul.

## 4.8 Kriteria Pengelolaan di Danau Toba

### Wilayah Pengambilan Air Baku

Untuk pengambilan air baku untuk PDAM (Perusahaan Daerah Air Minum), telah ditetapkan secara jelas dalam Peraturan Pemerintah (PP) nomor 82 tahun 2001. Kriteria yang paling mudah adalah keberadaan bahan organik (dengan kriteria COD; *Chemical Oxygen Demand*) yang mana pada umumnya berbagai aktivitas akan memberikan cemaran berupa bahan organik. Kriteria air baku yang terkait dengan keberadaan bahan organik dibatasi dengan tingkat COD  $\leq 10$  mg/l, yaitu masuk pada golongan I.

### Wilayah Pariwisata Air

Pariwisata akan terkait dengan nilai keindahan dan keunikan (*scenic value*) dari wilayah tersebut. Faktor-faktor alam yang menjadi nilai keindahan yang di Danau Toba, khususnya pariwisata terkait perairan, diantaranya adalah pasir putih dan air jernih (Silalahi) dan keindahan lingkungan (Parapat, Balige, Pangururan dan Sipiso-piso-keberadaan air terjun).

### Wilayah Reservat

Wilayah reservat terkait dengan perlindungan biota tertentu sehingga selain terkait dengan keberadaan jenis tersebut, habitat yang mendukung juga seminimal mungkin mendapat gangguan dari aktivitas manusia. Keberadaan suaka perikanan di dalam sistem hukum Indonesia dijamin oleh Pasal 8 ayat 1 dan ayat 2, Undang-undang RI No 9 Tahun 1985 tentang Perikanan (Hartoto, 2002). Dua biota perairan yang mendapat perhatian di Danau Toba yaitu remis toba (*Corbicula tobae*) dan ikan batak *L. sumatranus* dan *L. soro*, yang merupakan biota-biota endemik di danau ini (Lukman, 2010)

### Wilayah untuk Pemanfaatan Karamba Jaring Apung

Beberapa pertimbangan untuk pemanfaatan perairan sebagai wilayah pengembangan KJA, selain kedalaman  $\leq 100$  m seperti dikemukakan sebelumnya, memiliki kondisi lingkungan yang bebas dari pencemaran, adanya pertukaran air yang baik, serta berada pada wilayah terlindung baik dari gelombang maupun terpaan angin (Beveridge, 1987). Pada kondisi perairan Danau Toba, wilayah KJA harus memiliki jarak dari aktivitas perkotaan atau industri dan pariwisata,

ditempatkan pada wilayah terlindung seperti di teluk-teluk, serta jauh dari wilayah yang akan dicanangkan untuk reservat.

Pertimbangan penempatan KJA juga harus mempertimbangkan faktor-faktor daya dukung perairan, yang diperkirakan akan sangat berbeda antara wilayah utara dan selatan Danau Toba. Hal ini terkait dengan regim aliran yang sangat spesifik untuk setiap wilayah, sebagaimana pola aliran dari sungai-sungai yang masuk dan aliran air yang keluar dari perairan Danau Toba. Selain itu penempatan KJA di Danau Toba Tidak Melebihi 1000 unti dalam satu lokasi.

## KESIMPULAN

- 1) Jenis ikan bilih yang diperoleh dari lokasi sampling adalah *Mystacoleucus padangensis* (hanya satu jenis). DNA total telah diisolasi dari cuplikan otot semua sample tersebut. Hasil isolasi DNA total ikan digunakan sebagai cetakan untuk amplikasi gen. Dari 212 asam amino hasil translasi 636 nukleotida pada gen COI parsial *Mystacoleucus padangensis*, seluruhnya situs asam amino bersifat kekal. Komposisi empat basa nukleotida, rata-rata nukleotida *Cytosin* adalah yang paling banyak ditemukan (28,4%), sedangkan rata-rata yang paling sedikit ditemukan adalah *Guanin* (17,6%). Rata-rata komposisi basa nukleotida *Adenin+Timin* secara keseluruhan pada ikan bilih adalah lebih banyak (53,9%) daripada rata-rata *Guanin+Cytosin* (46,1%).
- 2) Habitat pemijahan ikan bilih di danau Toba adalah aliran sungai yang mengalir ke danau dengan suhu 23 – 26 °C, kedalaman 8 – 15 cm dan debit arus 0,27 – 0,7 m/s pada bebatuan kerikil dan berpasir.
- 3) Kualitas perairan Danau Toba masih mendukung untuk perikanan dan masih di bawah baku mutu yang ditetapkan pemerintah
- 4) Status perairan Danau Toba di tinjau dari kualitas perairan secara umum masih bersifat oligtrofik menuju mesotrofik.
- 5) Jenis ikan yang ditemukan di Danau Toba ada sebanyak 16 Jenis yang di dominasi oleh ikan bilih (*Mystacoleucus padangensis*) dan ikan mujair (*Tilapia mossambica*)
- 6) Potensi ikan bilih di Danau Toba diperkirakan dari hasil tangkapan nelayan dengan menggunakan alat tangkap ulangat (lift net) berkisar antara 9,17 – 18,34 ton/hari

## SARAN

- 1) Koordinasi dan kerjasama yang asih perlu ditingkatkan sinergitas diantara jajaran pemerintah, dunia usaha dan masyarakat termasuk perguruan tinggi.
- 2) Perlindungan wilayah asuhan sebagai wilayah reservat dan pengaturan mesh size alat tangkap ulangat (lift net) sehingga juvenile ikan bilih tidak ikut tertangkap.
- 3) Pengaturan ulang kembali wilayah KJA yang ada di Danau Toba pada daerah dengan kedalaman > 100 meter serta tidak pada daerah teluk dan kapasitas KJA tidak melebihi 1000 unit dalam satu lokasi.
- 4) Pengurangan kadar posfor pada pakan untuk KJA tidak melebihi 1 % sehingga mengurangi beban pencemar ke perairan.

## DAFTAR PUSTAKA

- APHA, 1986. Standard methods for the examinations of water and wastewater. APHA Inc, Washington DC. 986 p.
- Amos, B & A.R, Hoelzel. 1992. Applications of molecular genetic techniques to the conservation of small populations. *Biological Conservation* 6, p. 133–144.
- Azhar, A. 1993. Studi Ekologi Ikan Bilih (*Mystacoleucus padangensis* BLKR) di Danau Singkarak – Sumatera Barat. Tesis. Institut Pertanian Bogor.
- Barus, T.A. 2004. *Pengantar Limnologi, Studi Tentang Ekosistem Sungai dan Danau*. Jurusan Biologi Fakultas MIPA USU. Medan.
- Bapedalda-SU & L-P ITB, 2001. Pengkajian Teknis Sumber Daya Alam dan Pengelolaan Lingkungan Hidup Kawasan Danau Toba
- [BKPEKDT]. 2008. *Rona Awal Ekosistem Kawasan Danau Toba*.
- Beveridge, M.C.M. 1996. *Cage and Fish Farming Carrying Capacity Models and Environmental Impact*. FAO Fish Tech.
- Brown, W. M., George M. & A. C. Wilson. 1979. Rapid evolution of mitochondrial DNA, *Proc. Natl Acad. Sci. USA*. 76: p. 1967-71.
- Brown, W.M. 1983. *Evolution of animal mitochondrial DNA*, pp 62-88. In: M. Nei and R.K. Koehn (eds). *Evolution of Genes and Proteins*. Sinauer, Sunderland, MA.
- Castresana J. *Selection of conserved blocks from multiple alignments for their use in phylogenetic analysis*. *Mol Biol Evol*. 2000, Apr;17(4):540-52.
- Dereeper A., Guignon V., Blanc G., Audic S., Buffet S., Chevenet F., Dufayard J.F., Guindon S., Lefort V., Lescot M., Claverie J.M., Gascuel O. *Phylogeny.fr: robust phylogenetic analysis for the non-specialist*. *Nucleic Acids Res*. 2008 Jul 1;36(Web Server issue):W465-9. Epub 2008 Apr 19. Edgar RC. *MUSCLE: multiple sequence alignment with high accuracy and high throughput*. *Nucleic Acids Res*. 2004, Mar 19;32(5):1792-7.
- Dirjen Penataan Ruang-PU (2009), Materi Teknis Raperpres Rencana Tata Ruang Kawasan Danau Toba. Buku Draft Rencana. Departemen PU. 52 hal
- Dinas Kelautan dan Perikanan, Provinsi Sumatera Utara, 2009. Kebijakan Pengelolaan Danau Toba Bagi Perikanan. Seminar Sosialisasi Pengelolaan Ikan Bilih Di Danau Toba Sumatera Utara.
- Guindon S., Dufayard J.F., Lefort V., Anisimova M., Hordijk W., Gascuel O. *New Algorithms and Methods to Estimate Maximum-Likelihood Phylogenies: Assessing the Performance of PhyML 3.0*. *Syst Biol*. 2010, May;59(3):307-21

- Hartoto, D. I, A. Sarnita, D. S. Safei, A. Satya, Y. Syawal, Sulastri, M.M. Kamal, & Y. Siddik. 1998. Kriteria Evaluasi Suaka Perikanan Perairan Darat. Puslit Limnologi – LIPI. 51 hal.
- Hartoto, D. I., 2002. Peran Pengembangan Sistem Reservat dalam Pengelolaan Berkelanjutan Perikanan Darat. Prosiding Seminar Nasional Limnologi 2002. Puslit Limnologi-LIPI. Hal. 273-296
- [KLH]. 2008. *Konsep Pedoman Umum Pengelolaan Ekosistem Danau*.
- Kartamihardja, E.S dan K. Purnomo. 2006a. Keberhasilan Introduksi Ikan Bilih (*Mystacoleucus padangensis*) ke Habitatnya Yang Baru di Danau Toba, Sumatera Utara. Prosiding Seminar Nasional Ikan IV. Pusat Penelitian Biologi LIPI
- Kartamihardja, E.S dan Sarnita A.S. 2008. Populasi Ikan Bilih di Danau Toba. Keberhasilan Introduksi Ikan Implikasi Pengelaaolan dan Prospek Masa Depan. Pusat Riset Perikanan Tangkap, BRKP, DKP.
- Kottelat, M. A. *et all*. 1993. Freshwater Fishes of Western Indonesia and Sulawesi (Ikan Air Tawar Indonesia Bagian Barat dan Sulawesi). Java Books. Jakarta.P229.
- Lukman & Ridwansyah, 2010. Evaluasi Perilaku Perairan Danau Toba berdasarkan Kajian Karakteristik Fisiknya. Limnotek, Perairan Darat Tropis di Indonesia, Vol. XVI (2). (*Dalam Proses*)
- Lukman. 2011..”*Perspektif Biologi dalam Pengelolaan umbedaya Hayati*”. *Prosiding Seminar Nasional Biologi, Fakultas Biologi Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta 24 – 25 September 2010. Hal. 222 – 229.*
- Lukman. 2010. “*Faktor-Faktor Pertimbangan dalam Penetapan Tata Ruang Perairan Danau Toba*” *Prosiding Seminar Nasional Limnologi V, Pusat Penelitian Limnologi-LIPI. Hal. 354 – 369*
- Muladno. 2006. *Aplikasi Teknologi Molekuler dalam Upaya Peningkatan Produktivitas Hewan*. Pelatihan Teknik Diagnostik Molekuler untuk Peningkatan Produksi Peternakan dan Perikanan di Kawasan Timur Indonesia. Kerjasama Pusat Studi Ilmu Hayati, Lembaga Penelitian dan Pemberdayaan Masyarakat Institut Pertanian Bogor dan Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi Depdiknas, Bogor.
- Novonty, V and Olem,H.1994. Water Quality, Prevention, Identification, and Management of Diffuse Pollution. Van Nostrans Reinhold.New York 1054 p
- Ping, Y., Z. Hao., C. Li-qiao., Y. Jin-yun., Y. Na., G. Zhi-min and S. Da-xiang. 2007. Genetic structure of the oriental river prawn (*Macrobrachium nipponense*) from Yangtze and Lancang River, inferred from COI gene sequence. *Zoological Research*, 28(2): 113-118.
- Polzin, T and S.V. Daneshmand. 2004. *Steiner (MP) algorithm*. Fluxus Technology. <http://www.fluxus-technology.com/>.



- Rismawati. 2010. *Analisis Daya Dukung Perairan Danau Toba Terhadap Kegiatan Perikanan Sebagai Dasar Dalam Pengendalian Pencemaran Keramba Jaring Apung*. Sekolah Pascasarjana Universitas SumateraUtara. Medan. Tesis.
- Tamura K., J. Dudley, M. Nei & S. Kumar. 2007. MEGA4: Molecular Evolutionary Genetics Analysis (MEGA) software version 4.0. *Molecular Biology and Evolution* 10.1093/molbev/msm092.
- Tegelstrom H. 1986. Mitochondrial DNA in Natural Populations: an Improved Routine for the Screening of Genetic Variation Based on Sensitive Silver Staining. *Electrophoresis* 7:226-229.