

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Ikan kotak kuning (*Ostracion cubicus*) termasuk famili *Ostraciidae* yang pada umumnya hidup di perairan terumbu karang dengan distribusi penyebar luas di daerah tropis dan subtropis dan ditemukan di di Samudra Pasifik, Samudra Hindia, Samudra Atlantik Tenggara, Laut Mediterania (Bariche 2011, Crocetta & Bariche 2016, Gökoğlu & Korum 2017). Menurut Smith (1986) *Ostracion cubicus* juga ditemukan di perairan Indo-Pasifik, yaitu di Teluk Persia, Laut Merah dan Afrika Timur hingga Kepulauan Hawaii dan Tuamotu, Utara hingga Kepulauan Ryukyu, selatan hingga Pulau Lord Howe.

Wilayah Penangkapan Ikan Republik Indonesia 713 memiliki peran ekonomi dan dan ekologi yang sangat penting. Secara ekonomi, Wilayah Penangkapan Ikan Republik Indonesia 713 merupakan daerah penangkapan ikan yang sibuk sehingga menjadi salah satu pusat pertumbuhan ekonomi yang penting, terutama bagi keluarga nelayan. Secara ekologi, Wilayah Penangkapan Ikan Republik Indonesia 713 terletak pada Garis Wallace yang merupakan salah satu pusat mega diversitas dunia. Di satu sisi, penangkapan tidak boleh menyebabkan rusaknya pusat megadiversitas dunia ini, dan di sisi lain, status sebagai pusat megadiversitas tidak boleh menyebabkan nelayan yang tinggal di sekitarnya harus diam tanpa kegiatan penangkapan ikan dengan alasan untuk menjaga kelestarian pusat megadiversitas dunia. Oleh karena itu fungsi ekonomi, sosial dan ekologi Wilayah Penangkapan Ikan Republik Indonesia 713 perlu dijaga keseimbangannya melalui pengelolaan secara berkelanjutan.

Secara ekonomi, *Ostracidea* yang memiliki nilai tinggi, baik untuk konsumsi, maupun untuk ornamental fish (Sinansari & Priono 2019). Sebagai ikan konsumsi, beberapa spesies dari *Ostracidea* merupakan ikan konsumsi yang memiliki rasa yang sangat gurih yang disajikan pada restoran seafood. Pada restoran seafood di Makassar, harga per sajian sekitar US\$5 per ekor. Sebagai ikan hias, salah satu famili *Ostracidae* yang diperdagangkan sebagai ikan hias adalah *Ostracion cubicus* dengan harga sekitar US\$100. Spesies lain dari famili *Ostracidae* yang diperdagangkan sebagai ikan hias di Amerika Serikat adalah *Ostracion meleagris* (Walsh et al 2004).

Secara ekologi, *Ostracion cubicus* hidup pada laguna dan terumbu karang semi-terlindung. Ikan muda sering berada di antara karang Acropora (Lieske & Myers 1994). Ikan muda yang masih kecil bersembunyi di celah-celah sempit pada karang (Kuiter & Tonozuka 2001). *Ostracion cubicus* merupakan ikan Benthopelagic (Mundy 2005) yang makanan utamanya adalah alga, dengan makanan pelengkap mikroorganisme, invertebrata, moluska, spons (Cornic 1987), polychaetes penghuni pasir, krustasea, foraminifera, dan ikan (Myers 1999, Lougher 2006). *Ostracion cubicus* adalah hewan soliter (Cornic

1987). Perkembangbiakan terjadi dalam kelompok kecil yang terdiri dari satu jantan dan dua sampai empat betina (Moyer 1979). Sebagai ikan karang, ikan ini memiliki peran ekologis yang penting sehingga perlu dikelola secara berkelanjutan.

Dari hasil studi bibliometri yang berbasis “data base Scopus” dengan kata kunci pencarian “*Ostracion cubicus*” ditemukan 25 dokumen. Berdasarkan pemetaan dengan kata kunci tersebut, nampak bahwa kajian yellow boxfish selama ini berfokus pada aspek taxonomi, makanan, hidrodinamika dan lain-lain. Hasil pemetaan ini menunjukkan bahwa hingga saat ini parameter populasi dan biologi reproduksi masih belum banyak dikaji.

Dari hasil studi bibliometri lainnya yang berbasis “data base Scopus” dengan kata kunci pencarian “boxfish or Aracanidae or Ostracidae” ditemukan 111 dokumen, dan nampak bahwa kajian boxfish selama ini berfokus pada aspek hidrodinamika, morfologi, biometri, fisiology, parasit, dan lain-lain

Penelusuran terhadap kedua hasil pemetaan menunjukkan bahwa belum ada hasil kajian hingga saat ini tentang parameter populasi dan biologi reproduksi belum banyak dikaji di Perairan Indonesia, khususnya di Perairan Liukang Kalmas. Oleh karena itu diperlukan kajian parameter populasi dan biologi reproduksi *Ostracion cubicus* agar dapat memberikan informasi dan tersedia sebagai rujukan dalam pengelolaan sumberdaya ikan kotak kuning secara berkelanjutan.

1.2 Rumusan Masalah

Penangkapan yang terus meningkat dapat menurunkan kelestarian ikan kotak di Perairan Selat Makassar. Penduduk di daerah tersebut mayoritas berprofesi sebagai nelayan. Salah satu hasil tangkapannya adalah ikan kotak kuning, dimana memiliki potensi yang cukup tinggi, mulai dari banyaknya permintaan di pasar-pasar setempat dan rumah makan, sehingga hal tersebut membuat para nelayan untuk terus melakukan penangkapan. Oleh karena itu untuk menjaga ketersediaan sumber daya ikan kotak di Perairan Selat Makassar khususnya di Perairan Liukang Kalmas diperlukan suatu kajian parameter populasi dan biologi reproduksi ikan kotak.

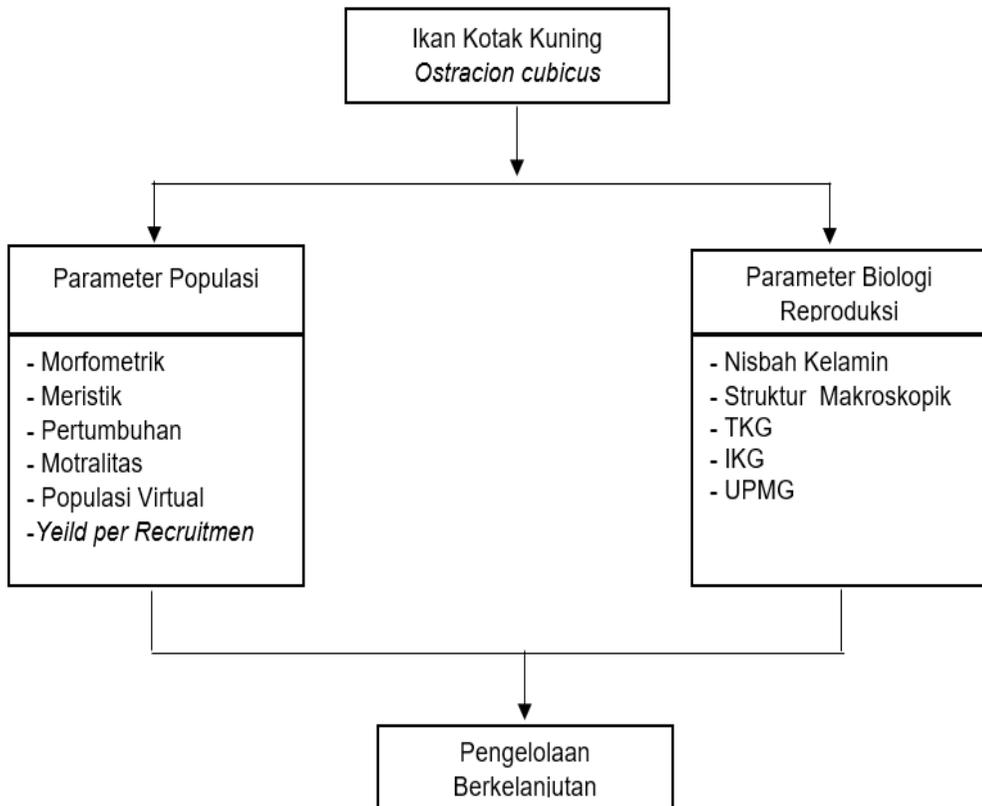
1.3 Tujuan dan Manfaat

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengkaji parameter populasi dan biologi reproduksi ikan kotak kuning di Perairan Selat Makassar

Adapun manfaat dari hasil penelitian ini adalah diharapkan dapat menjadi sumber informasi pengelolaan secara berkelanjutan sumberdaya ikan kotak yang tertangkap oleh nelayan di Perairan Selat Makassar.

1.4 Kerangka Pikir Penelitian

Kerangka penelitian yang ditampilkan pada (Gambar 1) menjelaskan kerangka pikir penelitian yang berkaitan dengan parameter populasi dan biologi reproduksi ikan kotak kuning *Ostracion cubicus* yang berfokus pada upaya pengelolaan secara berkelanjutan.



Gambar 1. Kerangka Pikir Penelitian Ikan Kotak Kuning *Ostracion cubicus*.

1.5 Teori

1.5.1 Klasifikasi dan Ciri Morfologi Ikan Kotak Kuning (*Ostracion cubicus* Linnaeus, 1758)

Kelompok ikan kotak diklasifikasikan kedalam suku *Ostraciidae* (Yennawar dan Tudu, 2010; Matsuura, 2015; Randall, 1972) dengan klasifikasi sebagai berikut:

Kingdom	: <i>Animalia</i>
Phylum	: Chordata
Subphylum	: Vertebrata
Superclass	: Teleostei
Class	: Actinopterygii
Ordo	: Tetraodontiformes
Family	: Ostraciidae
Genus	: <i>Ostracion</i>
Spesies	: <i>Ostracion cubicus</i> Linnaeus, 1758

Jenis ikan kotak kuning merupakan anggota famili *Ostraciidae* mempunyai bentuk tubuh yang kotak dan berbeda dengan jenis ikan pada umumnya, karena tubuhnya terbungkus dengan karapas yang keras yang terbentuk dari lempengan sisik yang membesar dan menebal (Smith 1986; Nelson 2006). Karapas terbuat dari tulang pelat heksagonal berfungsi sebagai pelindungan terhadap gigitan predator yang hidup di daerah terumbu karang (Vermeij, 1987). Karapas heksagonal menutupi sebagian besar kepala dan tubuh, celah mulut, lubang hidung, celah insang, anus, tangkai ekor, dan sirip (Smith 1986; Randall 1983). Tubuhnya juga dilapisi oleh lendir yang mengandung ichthyotoxins defensive digunakan sebagai “senjata mematikan” untuk mempertahankan diri dari predator (Smith 1986; Kalmanzon dan Zlotkin 2000; Nelson 2006).

Tubuh ikan kotak kuning *Ostracion cubicus* memiliki ciri meristik yang dilengkapi dengan sirip punggung dengan 9 jari utama, dubur 9, dan sirip ekor 10 jari (Nelson 2006; Kannan *et al.*, (2013). Clark dan Gohar (1953), mereka melaporkan *Ostracion cubicus* yang ditemukan di laut merah dari hasil pengukuran panjang standar adalah 101 hingga 312 mm. Hiatt dan Strasburg (1960) melakukan pengukuran morfometrik pada Panjang total yaitu 290 mm dan panjang standar yaitu 125 hingga 260 mm dengan ciri-ciri warna tubuh kuning segar dengan corak bintik-bintik biru pucat (Bariche, 2011).

Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa tubuh ikan kotak kuning *Ostracion cubicus* dikenal dengan spesies dengan pola warna yang khas, karena untuk ikan dewasa betina mempunyai aneka corak warna yaitu kuning atau coklat kekuningan dengan putih atau pucat bintik-bintik biru bermata hitam, sedangkan ikan dewasa jantan mempunyai warna yang bervariasi terdiri dari warna kuning terang hingga biru kecoklatan (Randall, 1983; Smith 1986; Debelius 1998; Taquet dan Diringner 2007). Jumlah gigi pada ikan kotak kuning memiliki sepuluh gigi atas dan delapan gigi bawah rahang pada ikan dewasa (Randall 1983).

Menurut Randall (1983), tubuh ikan kotak kuning pada saat remaja berwarna kuning dengan bintik hitam kecil di kepala dan badan yang ditemukan (Indo-Pasifik) dan bintik-bintik putih bermata lebar dengan hitam di Laut Merah. Spesies Indo-Pasifik mempunyai karapas dengan bentuk segi empat pada tubuh tanpa tulang (Randall, 1983). Menurut Hove *et al.*, (2001) karapas yang kaku membatasi kekuatan berenang, umumnya ikan kotak bergerak lambat dalam ruang terbatas wilayah mereka dengan gerakan berenang mereka gunakan yaitu sirip dada, punggung, dan dubur mereka (Hove *et al.*, 2001; Blake, 1977).

Ostracion cubicus merupakan ikan Benthopelagic (Mundy 2005) yang makanan utamanya adalah alga, rumput laut, organisme planktonik dan benthik kecil, moluska, spons, kelompok krustasea, foraminifera, ikan, dan hewan invertebrata lainnya yang hidup di terumbu karang (Myers, 1999; Cornic 1987; Debelius 1998; Taquet & Diringner 2007). *Ostracion cubicus* adalah hewan soliter (Cornic 1987). Perkembangbiakan terjadi dalam kelompok kecil yang terdiri dari satu jantan dan dua sampai empat betina (Moyer 1979). Sebagai ikan karang, ikan ini memiliki peran ekologis yang penting sehingga perlu dikelola secara berkelanjutan.

1.5.2 Habitat dan Distribusi

Secara umum ikan kotak biasanya hidup pada daerah laguna dan terumbu karang semi-terlindung. Ikan muda sering berada diantara karang *Acropora* (Lieske & Myers 1994). Ikan muda yang masih kecil bersembunyi di celah-celah sempit pada karang (Kuitert & Tonozuka 2001). Ikan kotak merupakan benthopelagik yang mempunyai kemampuan melayang di dalam air (Mundy, 2005). *Family Ostraciidae* memiliki 14 genera dengan memiliki distribusi yang di seluruh Samudera Hindia, Pasifik dan Atlantik yang saat ini telah dideskripsikan sebanyak 33 spesies (FAO, 2009; Nelson 2006). Randall (1983) dan Smith (1986) telah melaporkan bahwa ikan kotak umumnya ukuran dapat mencapai panjang sekitar 45 cm dan hidup pada permukaan dan kedalaman 50 m namun dapat juga hidup pada kedalaman hingga 90 meter. Ikan kotak *Ostraciidae* tersebar luas di wilayah Indo-Pasifik, Laut Merah dan Afrika Timur ke Pulau Hawaii dan Tuamotu, Sri Lanka Pulau Ryukyu utara,

Pulau Lord Howe, Maladewa, Andaman bagian selatan, dan pantai Australia (Smith, 1986).

1.5.3 Parameter Populasi

1.5.3.1 Pertumbuhan

Pertumbuhan adalah proses fisiologis kompleks yang ditandai oleh penambahan ukuran, baik panjang maupun berat, dalam periode tertentu. Terdapat dua kategori pertumbuhan yaitu mutlak dan relatif, yang keduanya merupakan parameter penting dalam usaha pembesaran ikan (Setijaningsih *et al.*, 2006). Pertumbuhan dibedakan menjadi dua kategori yaitu pertumbuhan mutlak yang mengukur rata-rata bobot atau panjang ikan, dan pertumbuhan relatif yang membandingkan ukuran awal dan akhir (Ronsfel dan Everhart, 1962).

Pertumbuhan ikan dipengaruhi oleh faktor seperti makanan, suhu, O₂ terlarut, umur, dan kematangan gonad. Analisis panjang-bobot penting untuk mengetahui status biologi dan pengelolaan stok ikan (Froese, 2006; Rosli dan Isa 2012; Effendie, 1997). Selain itu, analisis panjang-berat ikan dilakukan sebagai indikator biologis dari kondisi ekosistem perairan. Rasio panjang dan berat ikan merupakan salah satu data tambahan yang sangat penting untuk diketahui dari sudut pandang pengelolaan sumber daya alam yang berkelanjutan, misalnya dalam menentukan selektifitas penangkapan sehingga hanya ikan dengan ukuran yang sesuai yang ditangkap (Kienzle *et al.*, 2014).

1.5.3.2 Mortalitas dan Laju Eksploitasi

Mortalitas dapat didefinisikan sebagai jumlah individu yang hilang selama suatu periode (Ricker, 1975). Mortalitas biasanya dibagi menjadi dua kelompok, mortalitas alami (M) dan mortalitas penangkapan (F). Kematian alami adalah kematian yang disebabkan oleh faktor selain penangkapan, seperti kanibalisme, pemangsaan, stres reproduksi, kelaparan dan umur.

Kematian alami yang tinggi terlihat pada organisme dengan koefisien laju pertumbuhan yang tinggi. Organisme dengan faktor pertumbuhan kecil memiliki kematian alami yang rendah. Kematian yang berhubungan dengan penangkapan kemungkinan bahwa ikan akan mati karena penangkapan selama periode waktu tertentu, karena semua faktor yang menyebabkan kematian juga mempengaruhi populasi ikan (Sparre dan Venema, 1999).

Laju eksploitasi (E) Laju eksploitasi merupakan turunan dari dinamika populasi dan pendugaan stok spesies tunggal, yaitu growth overfishing, recruitment overfishing, maximum sustainable yield, dan maximum economic yield (Murawski, 2000). Laju eksploitasi juga didefinisikan sebagai jumlah ikan yang ditangkap dan dibandingkan dengan jumlah ikan yang mati oleh faktor alam dan faktor luar seperti penangkapan (Pauly, 1983). Penentuan tingkat

penangkapan merupakan salah satu faktor yang harus diketahui untuk menentukan suatu kondisi sumber daya laut yang meliputi, ruang lingkup yang luas yang mencakup kehidupan laut (Martinez *et al.*, 1995).

Menurut Dahuri (2003) faktor utama yang mengancam kelestarian sumberdaya hayati pesisir dan lautan adalah: (1) Penangkapan berlebihan (over exploitation) sumberdaya hayati, (2) Teknik Penggunaan dan peralatan penangkapan ikan yang merusak lingkungan, (3) Pencemaran, dan (4) Degradasi habitat. Sumberdaya hayati yang sangat melimpah dan memiliki kemampuan untuk pulih kembali, tetapi tanpa adanya pengawasan yang menangkap secara terus menerus (*over fishing*) memungkinkan menurunkan hasil tangkapan ikan (Naamin dan Hardjamulia, 1990). Overfishing adalah suatu kawasan perairan atau daerah yang sumber daya ikannya telah mengalami tangkap lebih yang mengancam kepunahan terhadap sumberdaya hayati pesisir dan lautan.

Penyebab utama krisis sumber daya ikan merupakan campur tangan manusia yang tidak terkendali terhadap ketidakseimbangan antara penangkapan ikan dan potensi sumber daya ikan dapat menyebabkan penangkapan berlebih, kelebihan kapasitas, penurunan produksi, inefisiensi penangkapan, penyusutan sumber daya dan degradasi (Sangaji *et al.*, 2014). Laju eksploitasi sangat berguna untuk menganalisis pengelolaan secara berberlanjutan, dimana salah satu aspek pengelolaan berkelanjutan adalah memelihara keberlanjutan stok agar tidak melewati daya dukungnya (Charles, 2001).

1.5.3.3 Yield Per Recruitment (Y'/R)

Yield diartikan sebagai porsi atau bagian dari populasi yang diambil oleh manusia (Effendie, 1997), sedangkan recruitment adalah penambahan anggota baru ke dalam suatu kelompok. Recruitment dalam dapat diartikan sebagai penambahan suplai baru yang sudah dapat dieksploitasi ke dalam stok lama yang sudah ada dan sedang dieksploitasi. Recruitment merupakan hasil reproduksi yang telah tersedia pada tahapan tertentu dari daur hidupnya dan telah mencapai ukuran tertentu, sehingga dapat tertangkap dengan alat penangkapan yang digunakan dalam perikanan (Effendie, 1997; Effendie 2002).

Ada beberapa faktor yang terkait dengan rekrutmen, termasuk ukuran populasi stok dewasa, kondisi lingkungan, predasi, dan persaingan. Faktor-faktor tersebut dapat digolongkan sebagai density-independent atau density-dependent tidak mempengaruhi tingkat populasi. Faktor density-dependent dihubungkan dengan tingkat populasi atau ekologi sedangkan kompetisi, predasi, dan penyakit dapat dihubungkan dengan tingkat populasi dijadikan sebagai faktor density-dependent. Memahami struktur dan fungsi proses rekrutmen, khususnya meningkatkan kemampuan peramalan, yang akan

memainkan peran penting dalam pengembangan model-model stok rekrutmen (Aziz, 1989). Menurut Pauly (1984), model ini lebih mudah dan praktis digunakan karena hanya memerlukan input nilai parameter populasi lebih sedikit jika dibandingkan dengan model (Y/R) yang lainnya.

1.5.4 Karakter Morfometrik dan Meristik

Karakter morfometri dan meristik telah digunakan dalam biologi sejak lama mengukur jarak dan kekerabatan yang dalam klasifikasi variabel taksonomi. Morfometri adalah pengukuran bagian tertentu dari struktur tubuh ikan (metode pengukuran). Elawa (2004) mendefinisikan morfometri sebagai tanda yang menggambarkan bentuk tubuh ikan. Karakter morfometri yang umum digunakan antara lain: panjang total, panjang standar, panjang cagak, tinggi dan lebar tubuh, tinggi dan panjang sirip, dan diameter mata (Lagler *et al.*, 1977). Sedangkan karakter meristik berkaitan dengan jumlah bagian tubuh ikan tertentu, seperti jumlah sisik pada gurat sisi, jumlah jari-jari keras dan lemah pada sirip punggung, dada, perut dan sebagainya (Affandi *et al.*, 1992).

Perbedaan sifat terkait dengan jumlah bagian tertentu pada tubuh ikan di pengaruhi faktor lingkungan seperti suhu perairan dan salinitas atau faktor genetik yang tidak seimbang. Faktor lingkungan sangat berpengaruh terhadap pertumbuhan ikan, karena meskipun ikan dari satu spesies yang sama memiliki umur yang sama, namun ukuran mutlakanya bisa berbeda. Oleh karena itu, standar identifikasi adalah ukuran perbandingan, seperti jarak antara panjang total (PT) dan panjang standar (PB) (Affandi *et al.*, 1992).

Studi morfometri kuantitatif memiliki tiga keunggulan, yaitu: membedakan spesies, menggambarkan pola keragaman morfologi pada populasi atau spesies, dan mengklasifikasikan atau memprediksi hubungan filogenetik (Strauss dan Bond, 1990). Setiap jenis ikan memiliki ukurannya masing-masing benar berbeda. Hal ini dipengaruhi oleh usia, jenis kelamin dan lingkungan hidupnya, sedangkan faktor lingkungan adalah makanan, suhu, pH dan salinitas (Affandi *et al.*, 1992).

1.5.5 Parameter Biologi Reproduksi

1.5.5.1 Nisbah Kelamin

Nisbah kelamin adalah variabel yang memungkinkan untuk melihat keseimbangan ikan jantan dan betina di suatu perairan (Sumartina, 2020). Nisbah kelamin ikan memiliki nilai yang berbeda untuk setiap pengamatan (Hariandati, 2015). Rasio kelamin pada ikan di bulan dan musim yang berbeda sangat penting untuk mendapatkan informasi perbedaan rasio kelamin secara musiman dan kelimpahan relatif pada musim pemijahan. Purdom (1993) menjelaskan bahwa menentukan rasio jenis kelamin suatu spesies ikan merupakan alat yang sangat penting dalam menghitung produksi ikan.

Salah satu faktor yang mempengaruhi hubungan seksual adalah kematian, yang dapat sangat mempengaruhi persaingan kawin dan pemilihan pasangan, misalnya tingkat kematian yang berbeda dari jenis kelamin dapat membuat rasio jenis kelamin condong terhadap pemangsa (Hart dan Reynolds, 2002). Suhu juga sangat mempengaruhi rasio jenis kelamin, dengan suhu rendah mempengaruhi populasi dengan lebih banyak betina dari pada jantan pada suhu 13-15 °C, sedangkan pada suhu tinggi populasi jantan lebih banyak dari pada betina pada suhu 25 °C (Wootton dan Smith, 2014).

1.5.5.2 Tingkat Kematangan Gonad (TKG)

Tingkat kematangan gonad (TKG) dapat dikatakan sebagai tahap perkembangan gonad sebelum dan sesudah ikan memijah (Effendie, 1997). Pengamatan tingkat kematangan gonad dilakukan dengan cara morfologi dan histologis. Pengamatan morfologi gonad betina meliputi bentuk ovarium, ukuran ovarium, besar-kecilnya ovarium, pengisian rongga ovarium, warna ovarium, ukuran telur dalam ovarium, kejelasan bentuk dan warna telur, diameter dan warna telur. Sedangkan pada ikan jantan dapat dilihat dari bentuk testis, ukuran testis, pengisian testis dalam rongga tubuh, dan warna testis (dalam keadaan segar) (Effendie, 1979, Tresnati *et al.*, 2019, Yanti *et al.*, 2019).

Menurut Effendie (1979), yang dimaksud dengan tingkat kematangan gonad (TKG) merupakan tahap eksklusif perkembangan gonad sebelum serta selesainya ikan memijah. Penentuan tingkat kematangan gonad antara lain menggunakan pengamatan terhadap perkembangan gonad. Pada proses reproduksi, perkembangan gonad yang semakin matang berasal dari proses produksi ikan sebelum terjadi pemijahan. Selama itu sebagian besar hasil metabolisme tertuju pada proses perkembangan gonad.

Perubahan tingkat kematangan gonad merupakan informasi untuk mengetahui perbandingan ikan yang akan melakukan reproduksi seperti informasi kapan ikan akan memijah, baru memijah, dan sudah selesai memijah.

1.5.5.3 Indeks Kematangan Gonad (IKG)

Indeks kematangan gonad (IKG) adalah persentase bobot gonad terhadap bobot ikan betina. Artinya IKG merupakan satuan yang menyatakan perubahan gonad secara kuantitatif. Nilai IKG erat hubungannya dengan tahap perkembangan gonad dan diameter telur. Selain TKG, perkembangan gonad juga dapat dipantau dengan melalui indeks kematangan gonad (IKG). Sejalan dengan perkembangan gonad, semakin tinggi nilai IKG-nya maka akan mencapai nilai tertinggi saat pemijahan (Tamsil, 2010; Kantun *et al.*, 2018; Tresnati *et al.*, 2019; Yanti *et al.*, 2019).

Pada ikan betina nilai IKG lebih besar dibandingkan dengan ikan jantan karena nilai IKG akan mencapai nilai pada berat gonad yang akan mencapai batas maksimum pada waktu akan terjadi pemijahan (Effendie, 1997). Menurut

Tisasari *et al.*, (2016) perbedaan ikan jantan dan ikan betina yang berasal dari gonad menggunakan cara yaitu membedah tubuh ikan (seksual utama), bentuk, warna serta organ lengkap (seksual sekunder). Indeks kematangan gonad dapat digunakan sebagai indikator perkembangan gonad, dimana semakin tinggi nilai indeks kematangan gonad maka semakin dekat waktu ovulasi dan mencapai batas maksimal ovulasi.

1.5.5.4 Ukuran pertama kali matang gonad (UPMG)

Pendugaan ukuran gonad pertama saat matang merupakan salah satu cara untuk mengetahui perkembangan populasi di perairan seperti awal pemijahan, pemijahan dan pasca pemijahan (Eragradhini, 2014). Setiap spesies ikan mencapai tahap pertama kali matang gonad pada umur yang berbeda. Pada umumnya ikan jantan mencapai matang gonad lebih cepat dibandingkan ikan betina (Yuniar, 2017). Waktu pemijahan pertama kali pada ikan jantan dan betina yaitu tergantung pada kondisi lingkungan yang sesuai (Nasution, 2017).

Ukuran awal pematangan gonad merupakan parameter penting untuk pengelolaan sumber daya alam. Di masa mendatang, penyebab penurunan stok ikan mungkin karena gangguan reproduksi. UPMG berhubungan dengan pertumbuhan ikan dan pengaruh lingkungan terhadap strategi pertumbuhan dan reproduksi. Tidak semua spesies ikan memiliki ukuran dan umur yang sama saat pertama kali matang gonad, meskipun ikan dari spesies yang sama mungkin berbeda dalam kondisi dan geografis. Usia saat mulai reproduksi bervariasi antara ikan jantan dan betina pada umur pertama kali matang gonad sangat bergantung pada kondisi lingkungan (Tuwo dan Tresnati, 2015).

Pada lingkungan yang tidak sesuai untuk pertumbuhan dan kelangsungan hidup, ikan menunda reproduksi dan ini mempengaruhi ukuran saat pertama kali matang gonad (Nasution, 2017). Ukuran panjang ikan pertama kali matang gonad berhubungan dengan pertumbuhan ikan dan faktor lingkungan yang mempengaruhi terutama terhadap ketersediaan makanan, dan tidak semua ikan matang gonad secara bersamaan (Effendie, 1997). Perkembangan gonad dipengaruhi oleh dua faktor, yaitu faktor lingkungan dan hormon (Tang *et al.*, 2000).

1.5.6 Suhu Air Laut

Pemanasan global merupakan salah satu dampak lingkungan dunia saat ini yang berdampak pada perubahan iklim. Kenaikan suhu rata-rata baik di atmosfer dan di laut diduga merupakan salah satu dampak dari pemanasan global (Rusbiantoro, 2008). Suhu menjadi indikator fenomena perubahan iklim merupakan faktor penting bagi kehidupan biota di laut yang mempengaruhi langsung aktivitas pernapasan, pertumbuhan dan reproduksi serta

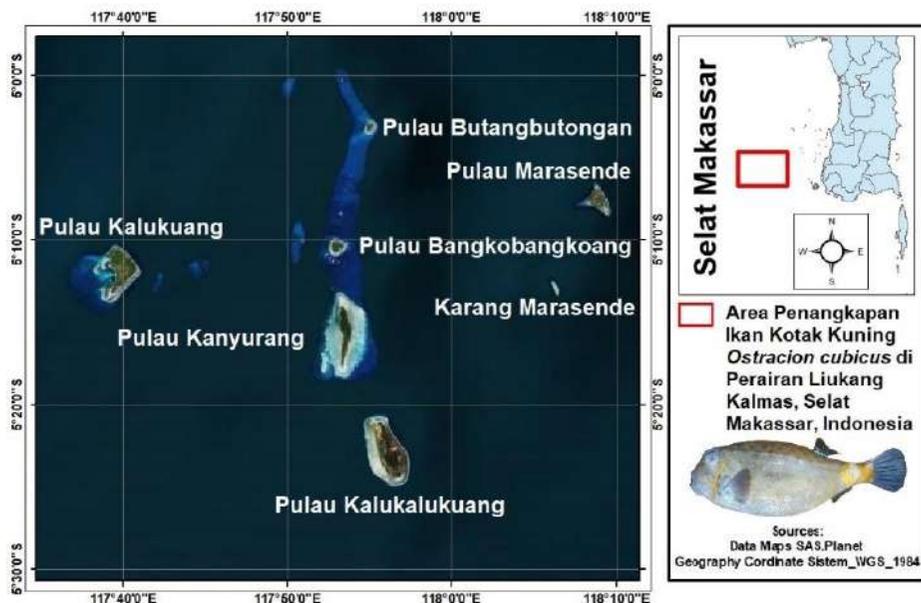
menyebabkan kematian (Hutabarat & Evans, 1986). Organisme laut mempunyai suhu optimum tertentu, karena kenaikan suhu air laut mempengaruhi proses metabolisme dan kebutuhan oksigen organisme tetapi perubahan drastis suhu sampai mencapai 5°C akan menyebabkan stress pada organisme hingga menyebabkan kematian (Cholik *et al.*, 1986).

Suhu juga berdampak terhadap kemampuan reproduksi organisme perairan laut (Geiger dan Clarke, 1987). Suhu rendah dapat memperlambat proses kematangan gonad pada ikan yang berdampak pada pelambatan mencapai ukuran awal kematangan gonad (Pawson *et al.*, 2000). Pemanasan global diduga kuat dapat berdampak sebaliknya, yaitu mempercepat awal kematangan gonad. Awal kematangan gonad merupakan salah satu bentuk ukuran dalam pengelolaan sumberdaya ikan (Fontoura *et al.*, 2009), sehingga dapat dijadikan instrumen konservasi sumberdaya ikan. Menurut (Latuconsina, 2010) masih ada dapat dampak mengancam dari pemanasan global terhadap keberlanjutan ekosistem pesisir dan lautan yaitu: (1) pemutihan komunitas terumbu karang (*coral bleaching*) yang menurunkan perikanan karang; dan (2) terancamnya biota laut dari kepunahan akibat meningkatnya suhu dan penurunan salinitas perairan laut.

BAB II METODE PENELITIAN

2.1 Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Oktober 2022 sampai dengan September 2023, dengan menggunakan sampel ikan kotak *Ostracion cubicus* yang didaratkan oleh nelayan di TPI Paotere Kota Makassar. Nelayan menangkap *Ostracion cubicus* di Perairan Liukang Kalmas, Selat Makassar yang merupakan bagian dari Blok 713 (Kantun et al 2012). Berdasarkan hasil pemetaan partisipatif yang melibatkan nelayan yang membawa ikan ke TPI Paotere diketahui bahwa *Ostracion cubicus* berasal dari enam lokasi penangkapan di Perairan Liukang Kalmas, yaitu perairan Pulau Kalukuang, Kalukalukuang, Kanyurang, Bankobangkoang, Butongbutongan, dan Marasende (Gambar 2). Total sampel yang digunakan selama penelitian adalah 367, yang terdiri atas 195 ekor (Jantan), 172 ekor (Betina) Selanjutnya proses pengamatan dilakukan di Laboratorium Multitrofik, Universitas Hasanuddin.



Gambar 2. Peta lokasi penelitian Ikan Kotak Kuning *Ostracion Cubicus* di Perairan Liukang Kalmas Selat Makassar.

Hasil wawancara nelayan ikan kotak kuning *Ostracion cubicus* ditangkap oleh nelayan menggunakan tombak, posisi bekas tombak umumnya pada bagian atas kepala (Gambar 3).



Gambar 3. Posisi bekas tombak pada Ikan Kotak Kuning *Ostracion cubicus* yang tertangkap di Perairan Liukang Kalmas Selat Makassar.

2.2 Alat dan Bahan

Adapun alat yang digunakan pada penelitian ini disajikan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Alat dan Bahan yang digunakan selama penelitian.

No.	Alat dan Bahan	Kegunaan
1.	Alat tulis	Menulis untuk mencatat data hasil pengukuran ikan sampel
2.	Baskom	Wadah sampel
3.	Botol sampel	Wadah untuk mengawetkan sampel gonad
5.	Coolbox	Menyimpan ikan kotak saat di lapangan
6.	Es batu	Mengawetkan sampel
7.	Jangka sorong	Mengukur morfometrik
8.	Gunting Bedah	Membedah sampel
9.	Kaos tangan/ <i>gloves</i>	Melindungi tangan selama bekerja
10.	Komputer dan perangkat lunak	Olah dan analisis data
12.	Lembar data	Mencatat data
13.	Larutan alkohol dan formalin	Mengawetkan sampel
14.	Papan ukur panjang ikan dengan ketelitian 1 milimeter	Mengukur panjang total ikan
15.	Pinset	Mengambil atau menarik bagian organ tubuh yang dibedah

No.	Alat dan Bahan	Kegunaan
16.	Pisau bedah	Membedah ikan contoh
17.	Timbangan digital dengan ketelitian 0,01 gram	Mengukur bobot tubuh dan gonad ikan
18.	Kamera	Mengambil gambar

2.3 Prosedur Penelitian

2.3.1 Teknik Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel ikan kotak kuning *Ostracion cubicus* dilakukan dua kali sebulan. Sampling dilakukan pada bulan terang dan bulan gelap setiap bulannya di TPI Paotere Kota Makassar dengan cara mengambil semua ikan yang didaratkan pada hari sampling. Pada penelitian ini, perbedaan kondisi mikrosesial diabaikan sehingga sample ikan dianggap satu populasi yang hidup di perairan Selat Makassar. Lokasi penangkapan ditentukan melalui wawancara dengan nelayan di TPI dan Pulau sekitar lokasi penangkapan ikan. Hasil sampling selanjutnya di bawa ke Laboratorium Multitrofik, Universitas Hasanuddin untuk dilakukan pengukuran parameter populasi dan biologi reproduksi.

2.3.2 Analisis Laboratorium

Identifikasi sampel dilakukan di Laboratorium untuk Parameter populasi yang diamati yaitu: Morfometrik, Meristik, pertumbuhan, Mortalitas, Populasi virtual, *Yield Per Recruitment Relative (Y/R)*. Adapun untuk parameter biologi reproduksi yaitu: Nisbah kelamin, Struktur makroskopik gonad, Tingkat kematangan gonad, Indeks kematangan gonad, dan Ukuran pertama kali matang gonad. Sampel yang sudah dikumpulkan dilakukan pengukuran panjang tubuh dengan mistar berketelitian 0,1 cm, sedangkan untuk berat ikan menggunakan timbangan berketelitian 0,01 gram. Untuk melihat karakteristik gonad, ikan dibedah menggunakan gunting bedah, dimulai dengan membuka bagian perut dari anus ke arah kepala. Setelah dibedah, dilakukan pengamatan karakteristik gonad dengan mengeluarkan gonad dari tubuh ikan lalu mengukur gonad menggunakan mistar bertelitian 0,01 cm lalu menimbang bobot gonad dengan timbangan berketelitian 0,01 gram.

2.3.3 Metode Pengukuran Morfometrik dan Meristik

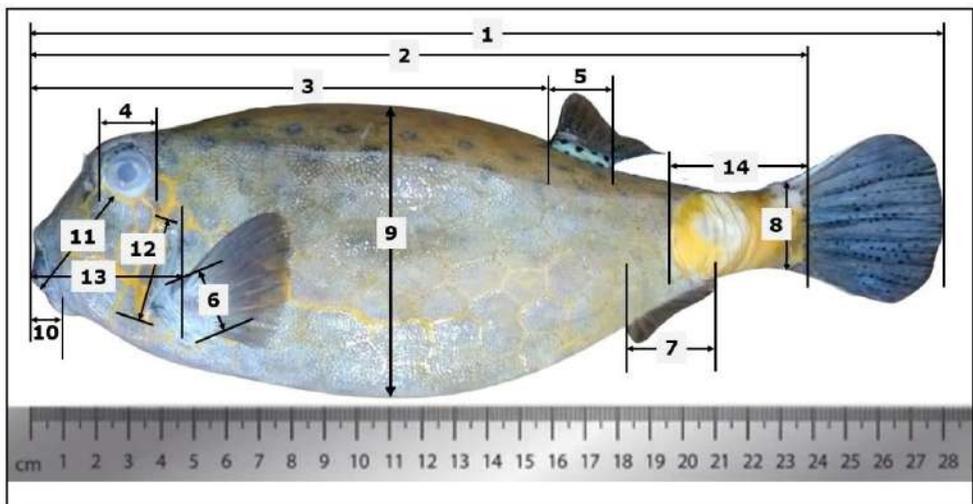
Parameter morfometrik diukur menggunakan jangka sorong dengan ketelitian 0,1 mm. Parameter yang diukur meliputi: (1) Panjang Total (PT), (2) Panjang Baku (PB), (3) Panjang Bagian Depan Sirip Punggung (PBDSPG), (4) Lebar Mata (LM), (5) Panjang Dasar Sirip Punggung (PDSPG), (6) Panjang Dasar Sirip Dada (PDSDD), (7) Panjang Dasar Sirip Dubur (PDSDB), (8) Panjang Dasar Sirip Ekor (PDSEK), (9) Tinggi Badan (TB), (10) Lebar Bukaan

Mulut (LBM), (11) Panjang Antara Mulut Dengan Mata (PAMDM), (12) Panjang Celah Insang (PCI), (13) Panjang Kepala (PK), dan (14) Panjang Batang Ekor (PBE). Parameter meristik dihitung dengan menggunakan mikroskop stereo. Parameter yang dihitung meliputi: (1) Jumlah Jari-jari Sirip Dada (SDD), (2) Jumlah Jari-jari Sirip Punggung (SPG), (3) Jumlah Jari-jari Sirip Dubur (SDB), dan (4) Jumlah Jari-jari Sirip Ekor (SEK) (Randall et al 1998). Karakter morfometrik yang dapat diukur dilihat pada (Tabel 2 dan Gambar 4) sedangkan karakter meristik yang dihitung dapat dilihat pada (Tabel 3 dan Gambar 5).

Tabel 2. Karakter Morfometrik Ikan kotak kuning *Ostracion cubicus* yang diukur.

No	Variabel	Keterangan
1	Panjang Total (PT)	Jarak antara ujung kepala yang terdepan dengan ujung sirip ekor yang paling belakang.
2	Panjang Baku (PB)	Jarak antara ujung kepala terdepan sampai mengarah ke lipatan dasar sirip. ekor
3	Panjang bagian di depan sirip punggung (PBDSPG)	Jarak antara ujung kepala yang terdepan sampai dasar jari-jari pertama sirip punggung,
4	Lebar mata (LM)	Panjang garis tengah (diameter) rongga mata,
5	Panjang dasar sirip punggung (PDSPG)	Jarak antara pangkal jari-jari pertama sampai tempat selaput sirip di belakang jari-jari terakhir sirip bertemu dengan badan.
6	Panjang dasar sirip dada (PDSDD)	Jarak antara dasar pertama jari-jari sirip pertama sampai sirip di belakang jari-jari terakhir.
7	Panjang dasar sirip dubur (PDSDB)	Jarak antara dasar jari-jari pertama sampai selaput tipis di belakang jari-jari terakhir bertemu dengan badan.
8	Panjang dasar sirip ekor (PDSEK)	Diukur pada batang ekor yang mempunyai tinggi terkecil.
9	Tinggi badan (TB)	Diukur pada tempat tertinggi antara bagian dorsal dan ventral.
10	Lebar bukaan mulut (LBM)	Jarak antara kedua sudut mulut saat mulut dibuka selebar mungkin.
11	Panjang antara mulut dengan mata (PAMDM)	Jarak antara ujung mulut sampai pinggiran ujung mata terdepan.

No	Variabel	Keterangan
12	Panjang celah insang (PCI)	Diukur dari ujung atas sampai ujung bawah.
13	Panjang kepala (PK)	Jarak antara ujung kepala terdepan sampai ujung terdepan dasar sirip dada.
14	Panjang batang ekor (PBE)	Diukur dari ujung karapas terakhir sampai dasar sirip ekor

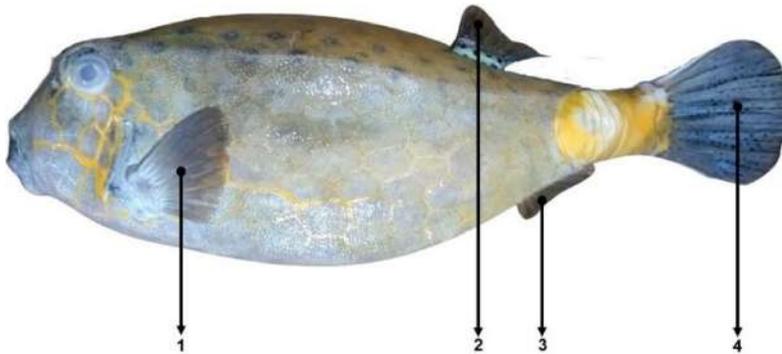


Gambar 4. Skema ikan yang menunjukkan ciri-ciri morfometrik dan ukuran yang digunakan dalam identifikasi: 1. PT; 2. PB; 3. PBDSPG; 4. LM; 5. PDSPG; 6. PDSDD 7. PDSDB; 8. PDSEK; 9. TB; 10. LMB; 11. PAMDM; 12. PCI; 13. PK; 14. PBE.

Tabel 3. Karakter Meristik Ikan kotak kuning *Ostracion cubicus* yang diukur.

No	Variabel	Keterangan
1	Jumlah jari-jari sirip dada (sirip keras dan lemah) (JKSPG dan JLSDD)	Perhitungan jari-jari sirip dada (sirip keras dan sirip lemah).
2	Jumlah jari-jari sirip punggung (sirip keras dan lemah) (JKSPG dan JLSPG)	Perhitungan jari-jari sirip punggung (sirip keras dan sirip lemah).
3	Jumlah jari-jari sirip dubur (sirip keras dan lemah) (JKSDB dan JLSDB)	Perhitungan jari-jari sirip dubur (sirip keras dan sirip lemah).

4	Jumlah jari-jari sirip ekor (sirip keras dan lemah) (JKSEK dan JLSEK)	Perhitungan jari-jari sirip ekor (sirip keras dan sirip lemah).
---	---	---



Gambar 5. Skema ikan yang menunjukkan ciri-ciri meristik dan ukuran yang digunakan dalam identifikasi: 1. (JKSPG dan JLSD); 2. (JKSPG dan JLSPG); 3. JKSD dan JLSD); 4. (JKSEK dan JLSEK).

2.3.4 Analisis Data Parameter Populasi

2.3.4.1 Kelompok Umur

Kelompok umur diduga dengan menggunakan analisis frekuensi panjang dan diolah dengan metode Bhattacharya dengan membagi ikan kedalam kelompok kelas panjang, selanjutnya dilakukan perhitungan logaritma dari frekuensi masing-masing kelompok panjang. Berdasarkan hasil perhitungan logaritma dicari selisih logaritma ($\Delta \log F$) diantara kelompok yang ada, kemudian dilakukan pemetaan nilai tengah dari masing-masing kelas panjang tubuh sumbu sebagai sumbu X dengan selisih logaritma dan frekuensi kelas panjang tubuh sebagai sumbu Y (Johanes *et al.*, 2013). Selanjutnya menarik garis lurus dari terbesar ke titik yang terkecil maka diperoleh kelompok umur yang berpotongan dengan sumbu X, dimana pada perpotongan garis lurus dengan sumbu X memberi nilai \bar{x} (rata-rata panjang individu setiap kelompok umur) (Tilohé *et al.*, 2014). Kelompok umur ditentukan dengan menggunakan metode Bhattacharya pada program Fish Stock Assessment Tools II (FISATII) (Gayanilo 1997).

2.3.4.2 Pertumbuhan

Analisis data dilakukan untuk mengetahui parameter pertumbuhan, mortalitas dan laju eksploitasi dengan menggunakan software FISAT II (FAO-ICLARM Fish Stock Assessment Tools) (Gayanilo 1997). Parameter

pertumbuhan (L dan K) ditentukan dengan menggunakan metode ELEFAN I (Electronic Length Frequency Analysis) (Gayanilo *et al.*, 2005) melalui persamaan pertumbuhan von Bertalanffy:

$$L_t = L_\infty [1 - e^{-K(t-t_0)}]$$

Dimana :

L_t = Panjang Ikan pada saat umur ke t (cm)

L_∞ = Panjang asimtotik (cm)

K = Konstanta laju kecepatan pertumbuhan ikan (tahun⁻¹)

t = Umur ikan (tahun)

t_0 = Umur teoritis pada saat panjang asimptok berukuran nol (tahun)

Untuk memilih kurva Von Bertalanffy terbaik berdasarkan nilai R_n tertinggi (*Goodness of Fit*) dari metode ELEFANI (Gayanilo *et al.*, 2005). Pendugaan umur teoritis pada saat panjang ikan sama dengan nol (t_0), diduga dengan menggunakan rumus empiris (Pauly 1983):

$$\log(-t_0) = -0,3922 - 0,2752(\log L_\infty) - 1,038(\log K)$$

Dimana:

L_∞ = panjang asimptot ikan (cm)

K = koefisien laju pertumbuhan (tahun)

t_0 = umur teoritis ikan pada saat panjang sama dengan nol (tahun)

dimana t_0 adalah usia teoritis *Ostracion cubicus* pada saat panjang waktu sama dengan nol (tahun).

Indeks kinerja pertumbuhan (GPI) atau phi-prime (Φ') dihitung dengan menggunakan persamaan: $\Phi' = \text{Log}(K) + 2 \text{Log}(L_\infty)$ (Pauly & Munro 1983).

➤ **Mortalitas Total (Z)**

Laju mortalitas total diduga dengan menggunakan metode length converted catch curve pada program FISAT II (Pauly 1983):

$$\ln \frac{C(L_1-L_2)}{\Delta t(L_1-L_2)} = C - Z \cdot t \frac{(L_1-L_2)}{2}$$

Persamaan ini diduga dengan menggunakan persamaan regresi linear sederhana $y = b_0 + b_1 \cdot x$ di mana $y = \ln \frac{C(L_1-L_2)}{\Delta t(L_1-L_2)}$ sebagai ordinat, $x = t \frac{(L_1-L_2)}{2}$ sebagai absis, dan $Z = -b_1$.

➤ **Mortalitas Alami (M)**

Laju Mortalitas Alami (M) dihitung dengan menggunakan rumus Empiris Pauly (1980) sebagai berikut:

$$\log(M) = -0,0066 - 0,279 \log L_\infty + 0,6543 \log K + 0,4634 \log T$$

Dimana:

M = Laju mortalitas alami (per tahun)

L_∞ = Panjang asimptot ikan (cm),

K = koefisien pertumbuhan (per tahun)

T = Suhu rata-rata perairan di Selatan Selat Makassar (27.89°C)
(Susilo & Siwi 2021).

➤ **Mortalitas Penangkapan (F)**

Laju mortalitas penangkapan (F) diestimasi dengan menggunakan persamaan (Sparre & Venema 1999a):

$$Z = F + M \text{ atau } F = Z - M$$

Dimana:

F = Mortalitas penangkapan (per tahun)

Z = Laju mortalitas total (per tahun)

M = Mortalitas alami (per tahun)

2.3.4.3 Analilis Populasi Virtual

Analisis populasi virtual diestimasi menggunakan Model (Beverton dan Holt 1957:

$$N_{t+1} = RN_t / (1 + N_t/K)$$

Keterangan:

N_t = Jumlah individu pada waktu t

N_{t+1} = Jumlah individu pada waktu t+1

R = Laju pertumbuhan intrinsik

K = Kapasitas lingkungan

2.3.4.4 Yield Per Recruitment (Y'/R)

Yield Per Recruitment (Y'/R) berdasarkan berdasarkan persamaan Beverton dan Holt (Sparre dan Venema, 1999):

$$Y'/R = E \cdot U^{M/K} \left(1 - \frac{3U}{1+m} + \frac{3U^2}{1+2m} + \frac{U^3}{1+3m} \right)$$

Dimana:

$$U = 1 - \frac{L'}{L_\infty}$$

$$m = \frac{1 - E}{\frac{M}{K}}$$

$$E = \frac{F}{Z}$$

Keterangan:

M = Laju mortalitas alami (per tahun)

F = Mortalitas penangkapan

E = Laju eksploitasi

K = Koefisien laju pertumbuhan (per tahun)

L' = Batas terkecil ukuran panjang ikan yang tertangkap secara penuh (mm)

L^∞ = panjang asimptot ikan (mm)

2.3.4.4 Parameter Morfometrik

Parameter Morfometrik dianalisis menggunakan Principal Component Analysis (PCA) digunakan untuk membandingkan parameter morfometrik antar populasi ikan jantan dan betina. PCA dapat memberikan pemahaman yang lebih komprehensif mengenai variasi morfometrik antar populasi ikan jantan dan betina (Brosse et al 2001, Mojekwu & Anumudu 2015).

Analisis komponen utama (PCA) digunakan untuk mengurangi dimensi data parameter morfometrik dan kebiasaan makanan digunakan. PCA mengubah variabel awal yang saling berkorelasi menjadi kumpulan variabel baru yang tidak berkorelasi. Ada tiga prinsip-prinsip utama PCA, yaitu: (1) Identifikasi Variasi Maksimum. PCA bertujuan untuk menemukan komponen utama yang menangkap varians terbesar dalam data; komponen utama pertama akan menjelaskan varians terbesar, komponen kedua terbesar, dan seterusnya. (2) Ortogonalitas: Komponen utama saling ortogonal, artinya mereka tidak berkorelasi satu sama lain. Hal ini memastikan bahwa setiap komponen utama mengumpulkan informasi unik yang tidak tumpang tindih dengan komponen lainnya, dan (3) Reduksi Dimensi. PCA dapat mengurangi dimensi data tanpa kehilangan banyak informasi penting karena hanya sedikit komponen utama yang menjelaskan sebagian besar varians (Jolliffe 2002).

Uji-t digunakan untuk membandingkan parameter morfometrik antar populasi jantan dan betina. Uji-t digunakan untuk menentukan apakah ada perbedaan yang signifikan antara dua kelompok data, uji-t adalah uji statistik yang menguji hipotesis tentang perbedaan antara dua populasi rata-rata. Ada dua jenis uji t, yaitu: (1) Uji t sampel independen. Digunakan untuk membandingkan rata-rata dua kelompok independen yang tidak berhubungan, seperti membandingkan rata-rata berat makanan antara kelompok ikan jantan dan betina; dan (2) Uji t sampel berpasangan, juga dikenal sebagai uji t sampel berpasangan, digunakan untuk membandingkan rata-rata dua kelompok kelompok yang berhubungan atau berpasangan (Scherrer 1984). Parameter morfometrik ikan kotak kuning dianalisa menggunakan Uji-t Sampel Independen.

2.3.5 Analisis Data Biologi Reproduksi

2.3.5.1 Nisbah Kelamin

Nisbah kelamin (NK) dihitung dengan rumus (Zar, 2010) menggunakan persamaan:

$$NK = \frac{\sum J}{\sum B}$$

Keterangan:

NK = Nisbah kelamin

$\sum J$ = jumlah ikan jantan (ekor)

$\sum B$ = jumlah ikan betina (ekor).

2.3.5.2 Tingkat Kematangan Gonad (TKG)

TKG ditentukan dengan mengacu pada (Yanti et al 2019) yang membagi lima fase reproduksi yaitu imatur (belum matang), awal pematangan, pematangan, matang, dan pasca pemijahan; TKG dihitung berdasarkan kelas umur.

2.3.5.3 Indeks Kematangan Gonad (IKG)

IKG dihitung dengan mengacu kepada Tuwo and Conand (1992) dengan menggunakan persamaan:

$$IKG = \frac{BG}{BI} \times 100\%$$

Keterangan:

IKG = Indeks Kematangan Gonad

Bg = Berat Gonad

BI = Berat Ikan

2.3.5.4 Ukuran Pertama Kali Matang Gonad

Ukuran Pertama Kali Matang Gonad dihitung berdasarkan jumlah individu pada fase III, IV dan V dengan mengacu kepada Nandikeswari (2016):

$$UPMG = Lm50$$

Dimana: Lm50 adalah 50% dari panjang total ikan mencapai kematangan gonad.