



BIOLOGI, DINAMIKA POPULASI DAN STRATEGI PENGELOLAAN TONGKOL ABU-ABU (*Thunnus tonggol*) DI LAUT JAWA

THOMAS HIDAYAT



**PROGRAM STUDI PENGELOLAAN SUMBERDAYA PERAIRAN
FAKULTAS PERIKANAN DAN KELAUTAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2022**

- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University
— Bogor Indonesia —

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



PERNYATAAN MENGENAI DISERTASI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa disertasi berjudul Biologi, Dinamika Populasi dan Strategi Pengelolaan Tongkol Abu-abu (*Thunnus tonggol*) di Laut Jawa adalah benar karya saya dengan arahan komisi pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apapun kepada perguruan tinggi manapun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian disertasi ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, Juni 2022



Thomas Hidayat
NIM C261170041

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

RINGKASAN

THOMAS HIDAYAT. Biologi, Dinamika Populasi dan Strategi Pengelolaan Tongkol Abu-abu (*Thunnus tonggol*) di Laut Jawa. Dibimbing oleh MENNOFATRIA BOER, M. MUKHLIS KAMAL, ZAIRION dan ALI SUMAN.

Ikan tongkol abu-abu (*Thunnus tonggol*) merupakan salah satu jenis ikan pelagis ekonomis penting yang ditemukan di Laut Jawa. Ikan ini dimanfaatkan oleh masyarakat baik sebagai ikan konsumsi, maupun dalam bentuk olahan seperti ikan kaleng. Sampai saat ini penelitian tentang spesies ini di Laut Jawa belum banyak dilakukan. Penangkapan yang semakin masif dapat menyebabkan penangkapan berlebih sehingga dikawatirkan akan menyebabkan stok ikan tongkol abu-abu semakin menurun dari waktu ke waktu. Berkaitan dengan hal tersebut diperlukan penelitian untuk mengetahui status pemanfaatan perikanan tongkol abu-abu di Laut sebagai dasar bagi upaya pengelolaan yang berkelanjutan. Penelitian ini bertujuan untuk: 1) menganalisis struktur populasi/stok ikan tongkol abu-abu di Laut Jawa dan Laut Natuna melalui identifikasi karakter morfometrik ikan tongkol abu-abu, 2) menganalisis biologi reproduksi dan kebiasaan makanan 3) menganalisis dinamika populasi, 4) menganalisis status pemanfaatan perikanan tongkol, 5) merumuskan strategi pengelolaan bagi perikanan tongkol di Laut Jawa.

Penelitian ini dilakukan di Pekalongan, Jawa Tengah terhadap ikan tongkol abu-abu yang tertangkap di Laut Jawa. Pengambilan sampel ikan dilakukan setiap bulan selama satu tahun dari April 2018 hingga Maret 2019. Ikan sampel berasal dari armada kapal dengan alat tangkap pukat cincin mini (*mini purse seine*) dengan ukuran mata jaring 1 inchi, serta alat tangkap jaring insang hanyut (*drift gill net*) dan jaring insang lingkaran (*encircling gill net*) dengan ukuran mata jaring 4 inchi. Untuk memastikan unit stok di Laut Jawa, maka pengambilan ikan contoh untuk analisis morfometrik dilakukan di tiga lokasi, yaitu di Pekalongan yang mewakili Laut Jawa, Pemangkat dan Tanjung Pinang mewakili Laut Natuna. Analisis biologi dilakukan di Laboratorium Balai Riset Perikanan Laut, Cibinong Bogor.

Hasil penelitian memperlihatkan karakter biometrik ikan tongkol abu-abu antar habitat Laut Jawa dan Laut Natuna memiliki dua karakter morfometrik pembeda yaitu: karakter panjang sirip perut (PeL) dan karakter panjang sirip perut anal (PAF). Analisis karakter morfometrik populasi tongkol abu-abu terdiri dari 2 kelompok subpopulasi atau unit stok, pertama tongkol abu-abu dari Laut Jawa dan Laut Natuna bagian barat satu unit stok sementara ikan dari Laut Natuna di Utara-Timur merupakan unit stok tersendiri.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa hubungan panjang berat tongkol abu-abu bersifat isometrik. Nisbah jenis kelamin tidak berbeda nyata antara jantan dan betina. Ukuran pertama kali tertangkap (L_c) tongkol abu-abu dari jaring insang hanyut dan pukat cincin mini masing-masing adalah 43,1 cm dan 25,9 cm. Ukuran pertama kali matang gonad (L_m) adalah 42,3 cm. Nilai L_c jaring insang hanyut lebih besar dari nilai L_m , hal ini menunjukkan bahwa sebagian besar tongkol abu-abu yang tertangkap oleh jaring insang hanyut merupakan ikan dewasa yang telah memijah setidaknya satu kali sebelum ditangkap. Ikan tongkol abu-abu yang tertangkap oleh pukat cincin mini

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.

2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



sebagian besar adalah ikan muda yang belum memijah. Puncak musim pemijahan terjadi pada bulan Mei dan November dengan fekunditas antara 783.597 - 1.579.160 telur. Tongkol abu-abu memiliki pola beberapa kali memijah setahun. Tongkol abu-abu tergolong ikan karnivora yang preferensi makanan utamanya tidak sama setiap bulan yaitu teri, udang, cumi-cumi, tembang dan hancuran ikan, sedangkan sebagai pelengkap yaitu ikan kembung dan layang.

Panjang cagak tongkol abu-abu ditemukan di Laut Jawa pada kisaran 9–81 cm, dengan modus dalam 47-49cm. Hubungan bobot panjang memiliki pola pertumbuhan isometrik. Spesies ini mempunyai laju pertumbuhan lambat ($K=0,41$ per tahun) untuk mencapai panjang asimtotik (L_{∞}) 78,8 cm. Mortalitas alami (M), mortalitas penangkapan ikan (F), mortalitas total (Z) diperkirakan masing-masing 0,77 per tahun, 0,92 pertahun, dan 1,69 pertahun. Laju eksploitasi (E) diperkirakan 0,54 pertahun yang menunjukkan bahwa tongkol abu-abu di Laut Jawa telah dieksploitasi sepenuhnya. Pola rekrutmen dua kali dalam setahun yaitu pada bulan September-Oktober (puncak), dan April-Mei (minor). Hasil per penambahan baru (Y/R) sebesar 547,4 g/r dan mortalitas penangkapan maksimum (F_{max}) 2,2 per tahun, $F_{0,1}$ sebesar 1,38 pertahun. mortalitas penangkapan saat ini (F_{cur}) saat ini sebesar 0,92 per tahun lebih kecil dari titik acuan $F_{0,1}$ sebesar 1,38, mortalitas penangkapan atau setara dengan upaya penangkapan tongkol abu-abu secara teoritis masih dapat ditingkatkan sampai 0,46 atau 46%. Rasio potensi pemijahan (SPR) 27% masih lebih kecil dari nilai SPR optimum berada pada 36%. Ikan tongkol abu-abu memiliki fekunditas tinggi sehingga nilai SPR saat ini masih bisa diterima.

Tongkol abu-abu di Laut Jawa dihasilkan pukat cincin mini 4%, jaring insang hanyut 10% dan jaring insang lingkaran 86%. Dari komposisi hasil tangkapan jaring insang hanyut dan jaring insang lingkaran merupakan alat tangkap utama penangkapan tuna neritik. Musim penangkapan ikan di Laut Jawa terjadi dua kali dalam setahun yaitu pertama musim peralihan I (Maret-Mei) (minor), dan musim peralihan II (September-November) (mayor). Kondisi aktual tingkat pemanfaatan sumberdaya ikan tongkol sudah mencapai 65-67% dari MSY dan 35-42% dari $fMSY$. Sementara itu berdasarkan MEY kondisi saat ini sudah mencapai 58-73% dari MEY dan $fMEY$ dan masih bisa ditingkatkan hingga 27-42%. Hasil proyeksi pada model dinamika biomassa upaya penangkapan dapat ditingkatkan 5% dari MSY selama 5 tahun kedepan.

Strategi pengelolaan perikanan tongkol abu-abu di Laut Jawa yang bisa dilakukan yaitu pembatasan upaya penangkapan, melalui penutupan musim penangkapan yang berdasarkan pada waktu pemijahan ikan tongkol abu-abu di Laut Jawa yaitu pada bulan Mei-Juni. Penetapan ukuran ikan yang boleh yaitu ditangkap sama dengan atau lebih dari 42,3 cm, agar dapat tumbuh dan bereproduksinya optimal, selain itu merekomendasikan alat tangkap yang ramah untuk tongkol abu-abu yaitu jaring insang hanyut dan jaring insang lingkaran dengan mata jaring 4 inch. Peningkatan upaya 5% setiap tahun, sampai 5 tahun kedepan dan kondisi biomas dalam keadan masih aman.

Kata Kunci: *biologi reproduksi, dinamika populasi, Laut Jawa, strategi pengelolaan, Thunnus tonggol.*

SUMMARY

THOMAS HIDAYAT. Biology, Population Dynamics and Management Strategy of Longtail tuna (*Thunnus tonggol*) in the Java Sea. Supervised by MENNOFATRIA BOER, M. MUKHLIS KAMAL, ZAIRION and ALI SUMAN.

Longtail tuna (*Thunnus tonggol*) is one of important economically pelagic fish species found in the Java Sea. This fish is used by the community both as consumption fish, and in processed forms such as canned fish. Research conducted on this species in the Java Sea still limited. Increasingly massive fishing can lead to overfishing so it will result in decrease of fish stock from time to time. In this regard, research is needed to determine the status of the use of longtail tuna fisheries in the Java Sea as a basis for sustainable management efforts. This study aims to: 1) analyze the population structure/stock of longtail tuna in the Java Sea and Natuna Sea through the identification of morphometric characters. 2) analyze reproductive biology and food habits 3) analyze population dynamics, 4) analyze the utilization status of tuna fishery, 5) propose a management strategy for tuna fisheries in the Java Sea.

This research was conducted in Pekalongan, Central Java on longtail tuna caught in the Java Sea. Sampling was carried out every month for one year from April 2018 to March 2019. The sample fish came from a fleet of with mini purse seine with a mesh size 1 inch, and drift gill net and encircling gill net fishing gear with a mesh size of 4 inches. Sample analysis was carried out at the Marine Fisheries Research Institute Laboratory, Cibinong Bogor. To ensure stock units of longtail tuna in the Java Sea, the sample was collected in Pekalongan as represent Java Sea, and Pemangkat dan Tanjung Pinang represent Natuna Sea. Sample analysis was carried out at the Marine Fisheries Research Institute Laboratory, Cibinong Bogor.

The results showed that the biometric character of longtail tuna between Java Sea and Natuna Sea habitats had two distinguishing morphometric characters: pelvic fin length (PeL) and Insertion of pelvic fin to insertion of anal fin (PAF) characters. The morphometric character analysis of the gray tuna population consisted of 2 subpopulation groups or stock units, longtail tuna from the Java Sea and the western of the Natuna Sea were one stock unit while fish from the North-East Natuna Sea were separate stock units.

The results showed that the growth pattern of longtail tuna was isometric. The sex ratio was not significantly different between males and females. The length of first captured by drift gill nets was 43.2 cmFL, which was greater than the length at first maturity of 42.3 cmFL. This indicates that most of the longtail tuna caught by drifting gill nets have spawned. The peak of spawning season occurs in May and November with fecundity levels between 783,597 - 1,579,160 eggs. The longtail tuna has a pattern of multiple spawner. Longtail tuna is a carnivorous fish that has different food preferences every month, namely anchovies, shrimp, squid, sardines and crushed fish, while as a complementary food, mackerel and mackerel scad.

Several parameters of the population dynamics of longtail tuna (*Thunnus tonggol*) were analyzed in the Java Sea. The sample were collected from Pekalongan based fisheries, Indonesia. A total of 17152 specimens were collected by drift gillnet and small purse seine from April 2018 to March 2019. The length data was analyzed

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



by using FiSAT II to estimate population parameters. The fork length ranged between 9 and 81 cm, with the mode between 47 and 49 cm. Based on the von Bertalanfy growth function, it was estimated that the growth constant (K) was 0.41 per year, and the asymptotic length (L) of 78.8 cm. The natural mortality (M), fishing mortality (F), and total mortality rate (Z) were 0.77 per year, 0.92 per year, and 1.69 per year, respectively. The recruitment pattern occurred twice a year in March-April (peak recruitment) and August-September (lean recruitment), and the rate of exploitation (E) was estimated to be 0.54 per year indicating that longtail tuna in the Java Sea was fully exploited. The result yield per recruit (Y/R) was 547.4 g/r and the maximum fishing mortality (F_{max}) was 2.2 per year, $F_{0.1}$ was 1.38 per year. The current fishing mortality longtail tuna (F_{cur}) is 0.92 per year, which is smaller than the reference point $F_{0.1}$ at 1.38, theoretically the fishing mortality equal effort to can still be increased until to 0.46 or 46%. The spawning potential ratio (SPR) is 27%, lower than the optimum SPR at 36%. Longtail tuna has high fecundity, so the current SPR value is can be accepted.

Annual catch and CPUE of longtail tuna are still fluctuating. The catch of longtail tuna in the Java Sea was resulted 3.5% from mini purse seine, 10.2% drift gill net and 86% encircling gill net. From the catch composition of the, drift gill nets and encircling gill nets are the main fishing gear for catching neritic tuna. The fishing season in the Java Sea occurs twice a year, namely the first transitional season I (March-May) (minor), and the second transitional season (September-November) (major). The actual condition of the utilization rate of tuna resources has reached 65-67% of MSY and 35-42% of $fMSY$. Meanwhile, based on MEY , the current condition has reached 58-73% of MEY and $fMEY$ and can still be increased to 27-42%. The results of the first scenario projection in the biomass dynamics model that fishing effort can be increased by 5% from MSY over the next 5 years.

The longtail tuna fisheries management strategy in the Java Sea that can be conducted with determination of the size of fish that may be caught is equal to or more than 42.3 cm and limitation the mesh size on the main fishing gear, drift gill nets and encircling gill net at 4 inch. The closing of the fishing season in May-June, which is based on the spawning season of longtail tuna in the Java Sea. Based on the results of projections with several scenarios, it shows that the actual condition can still increase efforts 5% per year, for the next 5 years and the of the biomass is still safe condition.

Key Words: Java Sea, management strategy, population dynamics, reproductive biology, *Thunnus tonggol*.

@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

© Hak Cipta Milik IPB, Tahun 2022 Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah; dan pengutipan tersebut tidak merugikan kepentingan IPB

Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apa pun tanpa izin IPB



@Hak cipta milik IPB University

IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

**BIOLOGI, DINAMIKA POPULASI DAN STRATEGI
PENGELOLAAN TONGKOL ABU-ABU (*Thunnus tonggol*)
DI LAUT JAWA**

THOMAS HIDAYAT

Disertasi
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Doktor pada
Program Studi Pengelolaan Sumberdaya Perairan

**PROGRAM STUDI PENGELOLAAN SUMBERDAYA PERAIRAN
FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2022**

@Hak cipta milik IPB University

IPB University





Penguji Luar Komisi Pembimbing pada Ujian Tertutup Disertasi:

1. Prof. (Ris) Dr. Ir. Wudianto, M.Sc
2. Dr. Ir. Rahmat Kurnia, M.Si

Promotor Luar Komisi Pembimbing pada Sidang Promosi Terbuka Disertasi:

1. Prof. (Ris) Dr. Ir. Wudianto, M.Sc
2. Dr. Ir. Rahmat Kurnia, M.Si

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



Judul Disertasi : Biologi, Dinamika Populasi dan Strategi Pengelolaan Ikan Tongkol
Abu-abu (*Thunnus tonggol*) di Laut Jawa

Nama : Thomas Hidayat

NIM : C261170041

@Hak cipta milik IPB University

Disetujui oleh

Pembimbing 1:
Prof. Dr. Ir. Mennofatria Boer, DEA



Pembimbing 2:
Dr. Ir. M. Mukhlis Kamal, M.Sc



Pembimbing 3:
Dr. Ir. Zairion, M.Sc



Pembimbing :
Prof. (Ris) Dr. Ali Suman



Diketahui oleh

Ketua Program Studi
Pengelolaan Sumberdaya Perairan :
Dr. Ir. Sigid Hariyadi, M.Sc



Dekan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan:
Dr. Ir. Fredinan Yulianda, M.Sc NIP



Tanggal Ujian Tertutup: 11 Maret 2022
Tanggal Ujian Terbuka: 14 April 2022

Tanggal Lulus: 14 April 2022

PRAKATA

Segala puji dan syukur dipanjatkan kehadirat Allah SWT atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan draf disertasi berjudul “Biologi, Dinamika Populasi dan Strategi Pengelolaan Ikan Tongkol Abu-abu (*Thunnus tonggol*) di Laut Jawa”.

Penulis menghaturkan banyak terima kasih kepada Bapak Prof. Dr. Ir. Mennofatria Boer, DEA selaku ketua komisi pembimbing, Dr. Ir. Mohammad Mukhlis Kamal, M.Sc, Dr. Ir. Zairion, M.Sc dan Prof (Ris.) Dr. Ali Suman selaku anggota komisi pembimbing yang telah meluangkan waktunya untuk memberikan ilmu pengetahuan dan arahan selama proses pembimbingan sehingga disertasi ini dapat terselesaikan dengan baik.

Ucapan terima kasih juga kami sampaikan kepada Ketua Program Studi Pengelolaan Sumberdaya Perairan bapak Dr. Ir. Sigid Hariyadi, M.Sc atas segala kemudahan pengurusan administratif dan senantiasa selalu menerima kami selama proses konsultasi untuk penentuan pembimbingan disertasi sampai dengan tahapan akhir yang kami lalui dengan baik dan lancar.

Ucapan terima kasih tidak lupa kami sampaikan kepada kedua orang tua, istri dan anak-anak tercinta dan mertua yang selalu memberikan doa dan dukungan moril serta materiil kepada penulis selama ini.

Terakhir, kepada semua pihak yang telah membantu namun tidak dapat penulis sebutkan satu per satu, penulis ucapkan terima kasih.

Dalam upaya penelitian sampai dengan penyusunan disertasi ini penulis berupaya untuk menyusunnya secara sistematis dan sesempurna mungkin, namun jika masih terdapat kekurangan penulis sangat mengharapkan segala kritikan konstruktif demi penyempurnaannya. Harapan penulis semoga disertasi ini dapat memenuhi persyaratan akademik sehingga diterima sebagai persyaratan untuk meraih gelar doktor pada program studi Pengelolaan Sumberdaya Perairan, Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor, Aamiin.

Semoga karya ilmiah ini bermanfaat.

Bogor, Juni 2022



Thomas Hidayat



DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xixv
DAFTAR ISTILAH	xixv
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian	5
1.5 Kebaruan	5
1.6 Ruang Lingkup Penelitian	5
II KARAKTER MORFOMETRIK IKAN TONGKOL ABU-ABU	7
2.1 Abstrak	7
2.2 Pendahuluan	7
2.3 Metode	8
2.4 Hasil	11
2.5 Pembahasan	13
2.6 Simpulan	14
III BIOLOGI REPRODUKSI DAN KEBIASAAN MAKANANAN IKAN TONGKOL ABU-ABU (Thunnus tonggol) DI LAUT JAWA	15
3.1 Abstrak	15
3.2 Pendahuluan	15
3.3 Metode	16
3.4 Hasil	19
3.3 Pembahasan	26
3.4 Simpulan	28
IV BEBERAPA PARAMETER DINAMIKA POPULASI RASIO POTENSIAL PEMIJAHAN IKAN TONGKOL ABU-ABU DI LAUT JAWA	29
4.1 Abstrak	29
4.2 Pendahuluan	29
4.3 Metode	30
4.4 Hasil	32
4.5 Pembahasan	36
4.6 Simpulan	39
PERIKANAN TONGKOL (TUNA NERITIK) DAN STATUS PEMANFAATANNYA DI LAUT JAWA	40
5.1 Abstrak	40

5.2	Pendahuluan	40
5.3	Metode	41
5.4	Hasil	43
5.5	Pembahasan	54
5.6	Simpulan	57
VI	PEMBAHASAN UMUM	58
6.1	Karakter Morfometrik Ikan Tongkol Abu-Abu	58
6.2	Biologi Populasi Ikan Tongkol Abu-abu (<i>Thunnus tonggol</i>)	58
6.3	Perikanan Tongkol Abu-abu dan Status Pemanfaatannya	59
6.4	Strategi pengelolaan perikanan Tongkol Abu-abu	59
VII	SIMPULAN DAN SARAN	61
7.1	Simpulan	61
7.2	Saran	62
	DAFTAR PUSTAKA	63
	LAMPIRAN	76
	RIWAYAT HIDUP	84

DAFTAR TABEL

2.1	Deskripsi karakter morfometrik yang diukur	9
2.2	Nilai Koefisien faktor PC2 dan PC3 dari interpopulasi tongkol ikan abu-abu	11
2.3	Nilai presentase sharing component antar lokasi berdasarkan kanonikal diskriminan	13
3.1	Parameter hubungan panjang berat bulanan dari tongkol abu-abu di Laut Jawa	21
4.1	Potensi rasio pemijahan ikan tongkol abu-abu di Laut Jawa	35
4.2	Parameter pertumbuhan tongkol abu-abu dari berbagai area	36
5.1	Peluang (%) penyimpangan dari TBmsy dan Fmsy dalam 3 tahun (2022) dan 10 tahun (2029)	53

DAFTAR GAMBAR

1.1	Ikan tongkol abu-abu (<i>Thunnus tonggol</i>)	1
1.2	Kerangka pemikiran penelitian	6
2.1	Lokasi pengambilan sampel ikan tongkol abu-abu	8



Hak Cipta milik IPB University

IPB University

2.2	Karakter morfometrik tongkol abu-abu yang diukur	9
2.3	Kombinasi karakter panjang sirip perut (PeL) dan panjang dari sirip perut anal (PAF) pada bidang morfometrik interpopulasi tongkol abu-abu	12
2.4	Diagram Scatter plot analisis diskriminan tongkol abu-abu	12
3.1	Lokasi penelitian tongkol abu-abu di Laut Jawa 17	
3.2	Frekuensi panjang tongkol abu-abu di Laut Jawa	20
3.3	Frekuensi panjang tongkol abu-abu hasil tangkapan jaring insang hanyut	20
3.4	Frekuensi panjang tongkol abu-abu hasil tangkapan pukot cincin mini (mini purse seine)	20
3.5	Hubungan panjang berat tongkol abu-abu	21
3.6	Panjang pertama kali tertangkap (Lc) tongkol abu-abu yang tertangkap jaring insang hanyut (A) dan pukot cincin mini (B)	22
3.7	Tingkat Kematangan gonad bulanan tongkol abu-abu (A) jantan dan (B) betina di Laut Jawa	23
3.8	Indeks Kematangan gonad bulanan tongkol abu-abu betina (A) dan jantan (B) di Laut Jawa	23
3.9	Distribusi frekuensi diameter telur tongkol abu-abu di Laut Jawa	24
3.10	Hubungan (A) fekunditas-panjang,(B) fekunditas-berat tongkol abu-abu	24
3.11	Hasil Histologi telur tongkol abu-abu di Laut Jawa	25
3.12	Jenis makanan tongkol abu-abu di Laut Jawa	26
4.1	Lokasi Penelitian di Laut Jawa	30
4.2	Kurva pertumbuhan Von Bertalanfy dari FiSAT II tongkol abu-abu di Laut Jawa	33
4.3	Kurva pertumbuhan terhadap umur tongkol abu-abu di Laut Jawa	33
4.4	Kurva hasil tangkapan menurut ukuran panjang tongkol abu-abu	34
4.5	Pola rekrutmen tongkol abu-abu di Laut Jawa	34
4.6	Kurva hasil per penambahan baru dan biomassa per penambahan baru tongkol abu-abu yang tertangkap di Laut Jawa	35
4.7	Hubungan SPR dengan Y/R tongkol abu-abu	36
5.1	Daerah penangkapan neritik tuna dari beberapa alat tangkap di Laut Jawa	44
5.2	Produksi tongkol (tuna neritic) di Laut Jawa yang didaratkan di Pekalongan	45
5.3	Produksi tahunan neritik tuna per alat tangkap di Laut Jawa yang didaratkan di PPN Pekalongan	46
5.4	Komposisi hasil tangkap pukot cincin mini (mini purse seine) di Laut Jawa	47
5.5	Komposisi hasil tangkap jaring insang hanyut di Laut	47
5.6	Komposisi hasil tangkap jaring insang lingkar di Laut Jawa	48
5.7	Musim penangkapan neritik tuna di Laut Jawa	48
5.8	CPUE tahunan neritik tuna di Laut Jawa yang didaratkan di PPN Pekalongan	49
5.9	Hubungan antara CPUE dengan Effort	49
5.10	Hubungan produksi (<i>catch</i>) dengan upaya (<i>effort</i>) ikan tongkol di Laut Jawa	50
5.11	Keseimbangan bioekonomi perikanan tongkol di Laut Jawa	51

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

5.12 Perkembangan F/F_{MSY} dan B/B_{MSY} Ikan tongkol di Laut Jawa	52
5.13 Perkembangan F/F_{MSY} dan B/B_{MSY} Ikan tongkol di Laut Jawa dengan <i>confidence surface</i> .	53
5.14 Lintasan proyeksi biomassa dan mortalitas penangkapan dengan beberapa scenario	54

DAFTAR LAMPIRAN

1	Lampiran 1 Perhitungan Ukuran Pertama Kali Matang Gonad (L_m) Tongkol Abu-abu Metode logistik	76
2	Lampiran 2 Ukuran Pertama Kali Tertangkap (L_c) tongkol abu-abu dengan jaring insang hanyut	77
3	Lampiran 3 Ukuran Pertama Kali Tertangkap (L_c) tongkol abu-abu dengan pukat cincin mini	78
4	Lampiran 4 Uji Chi-kuadrat (X^2) dari Nisbah Kelamin Ikan Tongkol Abu-abu	79
5	Lampiran 5 Uji Chi-kuadrat(X^2) dari Nisbah Kelamin Ikan Tongkol Abu-abu muda (immature)	80
6	Lampiran 6 Uji Chi-kuadrat(X^2) dari Nisbah Kelamin Ikan Tongkol Abu-abu muda (mature)	81
7	Lampiran 7. Produksi, Upaya dan CPUE	82

DAFTAR ISTILAH

ASPIC	:	<i>A Stock-Production Model Incorporating Covariates</i> (program utama ASPIC ada tiga macam, ASPICP yang membuat proyeksi; AGRAPH, untuk membuat grafik sederhana dari file output ASPIC dan ASPICP; dari ASPIC5 dan 7 untuk mengkonversi file input dari ASPIC 5 ke format ASPIC 7)
Ekonomi	:	pendekatan yang memadukan kekuatan ekonomi yang mempengaruhi kegiatan penangkapan dan faktor biologi yang menentukan produksi suplai ikan pada perikanan
Biomassa	:	berat total individu/ makhluk hidup dalam satuan tertentu atau berat total individu di dalam stok
<i>Bootstrap</i>	:	metodologi statistik yang digunakan untuk menghitung ketidakpastian terkait dengan estimasi yang diperoleh dari sebuah model. Bootstrap sering didasarkan pada Monte Carlo resampling residu dari fit model awal

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



B_{MSY}	:	biomassa yang akan menghasilkan MSY ketika ditangkap pada tingkat mortalitas penangkapan sama dengan F _{MSY} atau biomassa saat MSY
Carrying capacity	:	daya dukung
Catchability (q)	:	bagian dari stok yang bisa ditangkap oleh unit penangkap dengan upaya standar. Daya tangkap dipengaruhi oleh ketersediaan ikan
CE	:	tingkat upaya penangkapan dan tingkat produksi (<i>yield</i>)
CC	:	CPUE dan <i>catch</i>
Catch	:	hasil tangkapan
CPUE	:	<i>catch per unit effort</i> (hasil tangkapan per unit upaya penangkapan)
Dinamika populasi	:	merupakan konsep batasan identifikasi populasi dan stok serta parameter peubahnya yaitu pendugaan parameter pertumbuhan, rekrutmen, mortalitas alami dan penangkapan mengapa itu berubah dari waktu ke waktu
Effort	:	upaya penangkapan ikan dengan satuan hari tangkapan atau unit alat tangkap
Equilibrium	:	suatu situasi yang muncul ketika kematian penangkapan, pola eksploitasi dan karakteristik perikanan atau stok lainnya (pertumbuhan, kematian alami, perekrutan) tidak berubah dari tahun ke tahun dan perekrutan diasumsikan seimbang/konstan
Exploitation rate (E)	:	fraksi ikan dalam populasi yang dapat dieksploitasi dan mati selama setahun karena penangkapan
F_{0.1}	:	tingkat kematian penangkapan ikan yang konservatif dihitung sebagai F yang terkait dengan 10 persen dari hasil per perekrutan sebagai titik acuan bilogis
Fishing mortality (F)	:	suatu pengukuran tingkat penangkapan ikan pada suatu populasi yang disebabkan oleh penangkapan ikan. Ini biasanya dinyatakan sebagai tingkat sesaat (F) dan merupakan tingkat di mana ikan dipanen dalam satu tahun
F_{MSY}	:	angka kematian ikan yang akan menghasilkan MSY ketika stok biomassa cukup pada MSY secara berkelanjutan atau angka kematian saat MSY
Fekunditas	:	jumlah telur yang diproduksi rata-rata oleh betina pada ukuran / umur tertentu. Informasi fekunditas sering digunakan untuk menghitung potensi pemijahan.
Fork length	:	pengukuran yang sering digunakan untuk tuna: diproyeksikan jarak lurus antara ujung mulut ikan dan titik tengah cagak ekor

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

- Fishing ground* : lokasi dimana alat tangkap dapat dioperasikan sehingga mendapatkan hasil tangkapan yang baik, kuantitas, kualitas, dan menguntungkan secara ekonomi
- FIT* : model pada ASPIC yang untuk menghitung parameter dalam pengelolaan, termasuk lintasan waktu intensitas penangkapan dan biomassa
- FOX* : *fitting* dengan model Fox pada ASPIC
- Growth overfishing* : penangkapan ikan yang berlebihan terjadi ketika tingkat kematian ikan di atas F_{max} atau ikan ditangkap sebelum mereka memiliki kesempatan untuk mencapai potensi pertumbuhan maksimumnya
- Growth rate* : tingkat pertumbuhan intrinsik: nilai yang dikuantifikasi berapa banyak populasi dapat tumbuh berturut-turut pada periode waktu. Tingkat pertumbuhan intrinsik sering diperkirakan dengan model produksi dan memainkan peran penting dalam mengevaluasi keberlanjutan berbagai tingkat penangkapan
- IKG* : Indek Kematangan Gonad (ukuran tingkat kondisi reproduksi ikan)
- Least squares* : kriteria statistik untuk estimasi parameter dalam regresi. Kuadrat terkecil yang bertujuan untuk meminimalkan jumlah perbedaan kuadrat antara pengamatan dan prediksi dari model
- Limit reference points* : patokan atau titik acuan bilogi yang tidak boleh dilampaui
- Life history* : ringkasan seluruh siklus hidup spesies yang menggambarkan bagaimana individu dilahirkan, tumbuh, bereproduksi dan mati
- LOG (logistik)* : sesuai dengan model logistik (Schaefer)
- Management strategy* : didefinisikan sebagai kombinasi dari sistem pengumpulan data tertentu, teknik penilaian stok tertentu dan aturan pengendalian penangkapan tertentu dan implementasinya. Sedemikian rupa, strategi manajemen alternatif bisa dibandingkan satu sama lain melalui simulasi
- Maturity* : mengacu pada kemampuan rata-rata, ikan pada umur/ukuran untuk bereproduksi. Informasi matang gonad, dalam bentuk persen matang menurut umur/ukuran, sering digunakan untuk menghitung potensi pemijahan
- Maximum Sustainable Yield (MSY)* : hasil tangkapan terbesar yang dapat dihasilkan dari tahun ke tahun oleh suatu perikanan. Konsep MSY didasarkan pada atas suatu model yang sangat sederhana dari suatu populasi ikan yang dianggap sebagai unit



tunggal. Konsep ini dikembangkan dari kurva biologi yang menggambarkan yield sebagai fungsi dari effort dengan suatu nilai maksimum yang jelas, terutama bentuk parabola dari model Schaefer yang paling sederhana.

- Maximum Economic Yield (MEY)** : tingkat hasil atau panen dari sumberdaya perikanan dimana keuntungan maksimum. Keuntungan penggunaan model MEY, selain model ini sangat fleksibel dan dapat diadaptasikan untuk analisis *costs and benefits* bagi nelayan komersial, rekreasional, para pengelolah (*processors*).
- Mortalitas** : kematian individu ikan karena mati alami, penangkapan dan total keduanya.
- Mutualisme** : interaksi simbiosis antara dua spesies di mana keduanya saling memberi manfaat
- Natural mortality** : pengukuran tingkat kematian dari semua penyebab selain dari penangkapan ikan seperti pemangsaan, penyakit, kelaparan, dan polusi. Biasa dinyatakan sebagai tingkat sesaat (M)
- Observer** : setiap orang yang diharuskan atau diizinkan untuk dibawa di atas kapal untuk tujuan konservasi dan pengelolaan oleh peraturan atau izin berdasarkan aturan yang berlaku
- Overfished** : kondisi ketika biomassa di bawah ambang batas minimum biomassa dan kematian krena penangkapan telah > 1 .
- Overfishing** : tingkat kematian akibat penangkapan ikan dimana telah melebihi batas biomassa dan upaya yang juga berlebih (> 1)
- Proyeksi** : perhitungan bagaimana stok dan perikanan akan berubah di masa depan, proyeksi jangka pendek biasanya digunakan untuk mendukung pengambilan keputusan tentang kuota., sedangkan proyeksi jangka panjang lebih berguna untuk mengevaluasi strategi manajemen keseluruhan.
- Recruitmen** : jumlah ikan yang ditambahkan ke perairan setiap tahun karena pertumbuhan dan / atau migrasi ke area penangkapan atau penambahan kelompok umur baru ke perairan samapai pada ukuran yang bisa ditangkap
- Recruitmen overfishing** : penangkapan pada tingkat eksploitasi yang mengurangi penambahan biomassa populasi ikan ke suatu titik di mana rekrutmen berkurang secara drastic
- Risk** : istilah ini digunakan secara longgar untuk mengartikan probabilitas dari beberapa peristiwa yang tidak

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

- diinginkan (misal risiko penurunan stok). Lebih teliti, dalam analisis keputusan, itu berarti probabilitas suatu peristiwa yang tidak diinginkan dikali ukuran kuantitatif dari konsekuensi dari peristiwa yang terjadi
- Spawning Potential Ratio (SPR)** : merupakan ratio pemijahan dari kondisi perikanan yang terjadi penangkapan dengan ratio pemijahan pada kondisi perikanan yang belum terjadi perikanan atau suatu indeks laju relative reproduksi pada stok sumberdaya yang telah tereksploitasi
- Spawning stock biomass (SSB)** : total berat ikan dalam stok yang matang secara seksual, atau telah cukup umur untuk mereproduksi
- Species composition** : suatu istilah yang menghubungkan kelimpahan relatif satu spesies dengan spesies lainnya
- Stock** : pengelompokan ikan yang biasanya didasarkan pada hubungan genetik, distribusi geografis dan pola migrasi. Suatu wilayah mungkin memiliki lebih dari satu stok spesies atau unit biologis dari satu spesies yang membentuk suatu kelompok dengan karakteristik ekologis yang serupa dan sebagai satu kesatuan, adalah subjek penilaian dan manajemen
- Sustainability (keberlanjutan)** : berkenaan dengan kemampuan untuk bertahan dalam jangka panjang. Perikanan berkelanjutan adalah cara penangkapan ikan yang memastikan bahwa generasi mendatang juga akan dapat menangkap ikan.
- Stock assesment** : menentukan jumlah (kelimpahan / biomassa) dan status (karakteristik sejarah kehidupan, termasuk distribusi ukuran, angka kematian alami, umur, fekunditas sebagai fungsi dari umur) individu dalam suatu persediaan stok
- Surplus production model** : model analisis yang digunakan untuk menggambarkan dinamika stok berdasarkan biomassa menggunakan time series data hasil tangkapan (catch) dan upaya (effort). Model ini tidak memerlukan informasi umur ikan, pada model ini stok diasumsikan dalam kesetimbangan. Output model ini adalah MSY dan fMSY,
- Target reference points** : patokan atau titik acuan yang harus dicapai
- Total mortality** : ketidakpastian terjadi karena kurangnya pengetahuan yang sempurna tentang banyak faktor yang memengaruhi penilaian stok, estimasi titik rujukan biologis, dan manajemen. Sumber ketidakpastian termasuk kesalahan pengukuran (dalam jumlah yang diamati), kesalahan proses (atau variabilitas populasi alami, mis. dalam perekrutan), kesalahan model (kesalahan spesifikasi nilai yang diasumsikan atau

model populasi struktur), kesalahan estimasi (dalam parameter populasi atau titik referensi, karena salah satu dari jenis sebelumnya salah), dan kesalahan implementasi (atau ketidakmampuan untuk menerapkan kontrol manajemen untuk alasan apa pun)

- : kondisi yang mengevaluasi potensi dampak buruk dari penangkapan ikan, kerentanannya, akibat dari penangkapan ikan dengan berbagai jenis peralatan
- : *yield-per-recruit* (hasil per penambahan baru) merupakan banyaknya individu-individu baru yang masuk dalam unit stok (Unit populasi)

Uncertainty

YPR

@Hak cipta milik IPB University

IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Ikan tongkol abu-abu (*Thunnus tonggol*) merupakan ikan pelagis yang termasuk family Scombridae. Spesies ini tergolong unik dibandingkan spesies *Thunnus* lainnya yang umumnya ditemukan di laut dalam. Spesies ini hampir secara eksklusif terbatas pada daerah neritic yang dekat daratan di perairan kurang dari 200 m, namun umumnya di perairan kurang dari 50 m, dan jarang ditemukan di lepas pantai (Yesaki 1993). Menurut Cheunpan (1985) ikan tongkol abu-abu ini tertangkap di perairan sekitar 15-30 mil laut dari darat dengan kedalaman 20-45m. Ikan ini ditemukan pada perairan yang memiliki suhu antara 16-31°C, menghindari air dengan salinitas rendah dan kekeruhan tinggi. Tidak seperti spesies lain tuna lain yang dapat bermigrasi ribuan kilometer melintasi samudera, tongkol abu-abu ini tidak termasuk ikan bermigrasi jauh. Spesies ini terdapat di perairan tropis dan subtropis di wilayah Indo Pasifik antara 47° LU sampai 33° LS (Froese & Pauly 2009). Ikan ini terdapat di perairan Indo Pasifik mulai selatan Jepang, Filipina, Papua Nugini, Kepulauan Nusantara sampai Australia, sedangkan kebarat dari Selat Malaka, perairan India, Semenanjung Arab, Laut Merah sampai Pantai Somalia (Collette & Nauen 1983). Di perairan Indonesia, ikan tongkol abu-abu banyak terdapat sepanjang Laut Jawa, Laut Natuna/Laut Cina Selatan sampai Selat Malaka.

Tongkol abu-abu (*T. tonggol*), merupakan spesies terkecil dari spesies *Thunnus* dan dapat tumbuh sampai ukuran maksimum panjang total 142 cm (TL) dan 35,9 kg (Froese & Pauly 2009). Ciri-ciri yang menonjol mempunyai sirip punggung pertama sama atau sedikit lebih kecil dari sirip punggung kedua. Sirip dada pendek sampai sedang, 22 sampai 31% dari panjang ikan, memiliki 19 sampai 27 *gillrakers*, dan tidak memiliki gelembung renang (*swimbladder*). Bagian atas berwarna hitam gelap, sisi bawah perut putih keperakan dengan bintik-bintik putih memanjang dengan pola horizontal, finlet berwarna kuning dengan ujung hitam atau abu-abu, sirip ekor berwarna kuning kehitaman (Collette & Nauen 1983) (Gambar 1.1.). Spesies ini tergolong mempunyai kerentanan yang cukup tinggi (Froese & Pauly 2009), hal ini karena ikan ini mempunyai umur yang panjang sementara laju pertumbuhannya rendah ((Griffiths *et al.* 2010; & Dudley 1989; Kaymaram 2013; Abdussamad *et al.* 2012; Yasemi *et al.* 2017, Kumar *et al.* 2017).



Gambar 1.1. Ikan tongkol abu-abu (*Thunnus tonggol*)

Adapun klasifikasi ikan tongkol abu-abu menurut Yesaki (1987) adalah sebagai berikut:

Kingdom : Animalia
Filum : Chordata
Subfilum : Vertebrata
Superkelas : Gnathostomata
Kelas : Osteichthyes
Divisi : Teleostei
Ordo : Perciformes
Subordo : Scomberoidei
Famili : Scombridae
Genus : *Thunnus*
Species : *tonggol*

Ikan tongkol abu-abu (*T. tonggol*) merupakan ikan pelagis yang mempunyai nilai ekonomis dalam perikanan Indonesia. Ikan ini banyak dikonsumsi dalam bentuk segar, beku atau dijadikan bahan ikan kaleng. Penangkapan ikan-ikan pelagis di Laut Jawa dilakukan sejak tahun 1970-an dengan alat tangkap utama pukat cincin (*purse seine*). Hasil tangkapan pukat cincin sekitar 94% terdiri dari pelagis kecil seperti, layang (*Decapterus spp.*), kembung (*Rastrelliger spp.*), tembang (*Sardinella spp.*), selar (*Selar spp.*) sedangkan sisanya terdiri dari ikan tongkol (*Euthynnus affinis*), japuh (*Dussumeieria acuta*) dan bawal hitam (*Formio niger*) (Potier & Sadhotomo 1994).

Produksi ikan tongkol di Laut Jawa tahun 2014 sebesar 10.637 ton (DJPT 2015). Tongkol abu-abu tertangkap dengan pukat cincin mini (*mini purse seine*) 3,5%, jaring insang hanyut (*drift gill net*) 10,2% dan jaring insang lingkar (*encircling gill net*) 86%. Terdapat 4 jenis ikan tongkol di Laut Jawa yaitu: tongkol abu-abu (*Thunnus tonggol*), tongkol komo (*Euthynnus affinis*), tongkol krei (*Auxis thazard*) dan tongkol lisong (*Auxis rochei*). Tongkol abu-abu mempunyai proporsi terbesar yaitu 48 % diantara keempat jenis tongkol ini (PPN Pekalongan 2016). Produksi ikan tongkol abu-abu yang didaratkan di Pekalongan sekitar 19,68 % dari hasil tangkapan Laut Jawa (PPN Pekalongan 2016), atau setara dengan 1,80 % dari produksi tongkol abu-abu nasional (DJPT 2016).

Penelitian tentang tongkol abu-abu belum banyak dilakukan terutama di Laut Jawa, beberapa penelitian yang pernah dilakukan antara lain dapat dilihat pada Tabel 1.1. Penelitian tentang parameter populasi (pertumbuhan dan mortalitas) ikan tongkol abu-abu telah dilakukan sebelumnya seperti di Teluk Persia (Kaymaram 2013; Yasemi *et al.* 2017), di India (Abdussamad *et al.* 2012; Kumar *et al.* 2017), di Australia (Griffith *et al.* 2010), di Selat Malaka (Wagiyo & Febrianti 2013). Penelitian tersebut menggunakan metode ELEFAN yang berbasis data ukuran panjang, sebagian besar hasil penelitian menunjukkan nilai laju pertumbuhan (*K*) yang lebih kecil sampai 0,5 artinya ikan ini mempunyai pertumbuhan yang lambat. Selanjutnya penelitian Wagiyo & Febrianti (2015) di Selat Malaka menghasilkan nilai *K* sebesar 1,5 (pertumbuhan cepat) dan hal ini diduga karena sebagian besar sampel yang diukur kecil yaitu ukuran maksimum 53 cmFL, oleh karena itu perlu dilakukan penelitian parameter populasi di

Laut Jawa untuk memverifikasi tentang parameter populasi ini dengan sampel yang lebih baik. Penelitian tentang morfologi larva di Laut China Selatan (Chen & Wei 1981), di Thailand (Boonragsa 1987; Chayakul & Chamchang 1988), sementara penelitian tentang larva masih jarang dilakukan di perairan Indonesia.

Tabel 1.1. Penelitian tentang tongkol abu-abu di berbagai area

Wilayah	Topik	Peneliti
Oseania	Biologi, ekologi dan eksploitasi	Wilson 1981
Thailand	Biologi	Yesaki 1982
Samudera Hindia	Morfometrik, neristik	Abdulhaleem SZ 1989
Teluk Thailand	Morfologi larva	Chayakul & Chamchang 1988

Wilayah	Topik	Peneliti
LCS	Larva	Chen & Wei 1981
India	Biologi	Muthiah 1987
India	Biologi, stock assessment	Silas <i>et al.</i> 1986
Australia	Kebiasaan makanan	Griffiths <i>et al.</i> 2007
Australia	Umur dan pertumbuhan dengan otolith	Griffiths <i>et al.</i> 2007
Australia	Stock assessment	Griffiths 2010
Australia	Perikanan & biologi	Griffiths <i>et al.</i> 2010
Jepang	Ekologi tongkol abu-abu	Mohri <i>et al.</i> 2014
Taiwan	Biologi reproduksi	Wei <i>et al.</i> 2011
India	Perikanan, biologi & dinamika populasi	Abdussamad <i>et al.</i> 2012
Teluk Persia	Dinamika populasi	Kaymaram 2013
Perairan Langsa	Biologi dan parameter populasi	Wagiyo & Febirianti 2015
Teluk Persia	Dinamika populasi	Yasemi <i>et al.</i> 2017
LCS	Biologi reproduksi	Hidayat & Noegroho 2018
India	Biologi, dan kebiasaan makanan	Koya <i>et al.</i> 2018

Studi tentang biologi tongkol abu-abu di Thailand (Klinmuang 1978; Yesaki 1982; Cheunpan 1984;) di India (Muthiah 1986; Silas *et al.* 1986; Abdussamad *et al.* 2012), di Taiwan (Wei *et al.* 2011), di Oceania (Wilson 1981), di Laut China Selatan (Hidayat & Noegroho 2018). Penelitian biologi tongkol abu-abu umumnya mempelajari masalah hubungan panjang berat, sex ratio, musim pemijahan, belum banyak menyentuh penelitian tahap penentuan gonad/telur secara makroskopis. Wei *et al.* 2011 melakukan studi tentang penentuan kematangan gonad berdasarkan mikroskopis (hasil histologi) dimana dia menduga ada 4 tahapan perkembangan telur. Musim pemijahan ikan tentu berbeda sesuai habitat hidup ikan tersebut, oleh karena itu masih diperlukan studi biologi seperti musim pemijahan di Laut Jawa. Sehubungan dengan hal itu penelitian histologi diperlukan untuk melihat tahap perkembangan telur apakah sama dengan hasil Wei *et al.* 2011. Penelitian tentang fekunditas telah dilakukan seperti di Teluk Persia (Darvishi *et al.* 2003), di perairan Thailand

(Klinmuang 1978), di Papua Nugini (Wilson 1981). Terlihat bahwa penelitian tentang fekunditas masih sedikit, dan belum ada yang penelitian fekunditas ikan ini di Laut Jawa.

Penelitian tentang kebiasaan makanan (*food habits*) seperti dilakukan di Australia (Griffiths *et al.* 2007), di perairan Jepang (Kobayashi 2005). Sementara itu di perairan India dilakukan oleh Koya *et al.* (2018). Penelitian kebiasaan makan ini lebih banyak disajikan dengan frekuensi kejadian, belum banyak yang melakukan tentang kebiasaan makanan dan strategi makan (*feeding strategy*). Penelitian tentang Genetik ikan ini di lakukan Wilette *et al.* (2011), menggunakan metode mitochondrial DNA displacement loop (D-loop) dari sampel di Pekalongan, Pemangkat (Kalbar), Vung tau (Vietnam) dan Palawan (Philipina), yang mana hasil penelitian ini menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan signifikan antara populasi/ikan tongkol abu-abu yang berasal dari Laut Jawa dengan Laut natuna dan Laut China Selatan.

Aktivitas penangkapan yang terus meningkat akan mendorong semakin berkurangnya stok ikan tongkol abu-abu, oleh karena itu diperlukan kajian tentang status pemanfaatannya terkait aspek biologi, dinamika populasi, serta perikanan dan tingkat pemanfaatannya. Hal ini menjadi alasan pentingnya penelitian ini sebagai informasi ilmiah untuk rekomendasi pengelolaan perikanan tongkol abu-abu berkelanjutan di Laut Jawa.

1.2 Perumusan Masalah

Secara umum tampak kecenderungan eksploitasi semakin intensif di Laut Jawa sebagai respon terhadap permintaan pasar yang tinggi. Pemanfaatan sumberdaya ikan tongkol abu-abu yang tidak terkendali dapat menyebabkan terjadinya penurunan populasinya. Pentingnya mengetahui status perikanan tongkol abu-abu akibat tekanan penangkapan di Laut Jawa merupakan hal penting sebagai dasar pengelolaannya. Untuk itu diperlukan beberapa informasi ilmiah yang dapat dijadikan masukan untuk pengelolaan sumber daya perikanan. Melihat pada latar belakang, maka pertanyaan-pertanyaan terkait penelitian ini dirumuskan sebagai berikut :

1. Apakah ikan tongkol abu-abu di laut Jawa dan Laut Natuna merupakan satu unit stok yang sama atau tidak?
2. Bagaimana biologi reproduksi dan kebiasaan makanannya?
3. Bagaimana dinamika populasi tongkol abu-abu di Laut Jawa?
4. Bagaimana karakteristik perikanan dan status pemanfaatan tongkol abu-abu di Laut Jawa?
5. Bagaimana opsi pengelolaan perikanan tongkol abu-abu di Laut Jawa?

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk menjawab beberapa permasalahan:

1. Menganalisis struktur populasi/stok ikan tongkol abu-abu di Laut Jawa dan Laut Natuna melalui identifikasi karakter morfometrik ikan tongkol abu-abu.
2. Menganalisis biologi reproduksi: nisbah kelamin (*sex ratio*), tingkat kematangan gonad, musim pemijahan, fekunditas dan kebiasaan makanan

3. Menganalisis dinamika populasi: laju pertumbuhan, mortalitas, pola rekrutmen, *yield per recruit* dan rasio potensi pemijahan
4. Menganalisis perikanan tongkol abu-abu di Laut Jawa: armada penangkapan, komposisi hasil tangkapan, daerah penangkapan, CPUE, MSY, MEY, serta status pemanfaatan
5. Merumuskan pola pengelolaan bagi perikanan tongkol abu-abu yang berkelanjutan di Laut Jawa

1.4 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat dijadikan sebagai masukan dalam pembuatan kebijakan pengelolaan perikanan tongkol abu-abu secara berkelanjutan di Laut Jawa. Beberapa hasil penelitian berupa *reference point* dan beberapa parameter biologi seperti ukuran ikan pertama kali matang gonad (Lm) dan ukuran pertama kali tertangkap bisa dijadikan acuan untuk pengaturan alat tangkap yang selektif, informasi mengenai musim pemijahan bisa dijadikan opsi pengelolaan misalnya untuk penutupan musim penangkapan (*close season*).

1.5 Kebaruan

Kebaruan dari disertasi ini adalah rumusan strategi pengelolaan perikanan tongkol abu-abu mengacu pada *reference point* aspek biologi, dinamika populasi dan status pemanfaatan aktual untuk pengelolaan perikanan berkelanjutan di Laut Jawa, didukung identifikasi unit stok menggunakan analisis morfometrik.

1.6 Ruang Lingkup Penelitian

Pengetahuan tentang karakteristik perikanan diperlakukan sebagai dasar dari kajian tentang stok, biologi dan dinamika populasi. Melalui karakteristik perikanan didapat informasi mengenai struktur armada dan alat tangkap, komposisi hasil tangkap, daerah penangkapan dan musim penangkapan. Berdasarkan informasi daerah penangkapan di padukan dengan musim pemijahan bisa diketahui daerah penangkapan, informasi tentang komposisi hasil tangkapan dapat memperlihatkan alat tangkap utama yang menangkap ikan tongkol abu-abu ini.

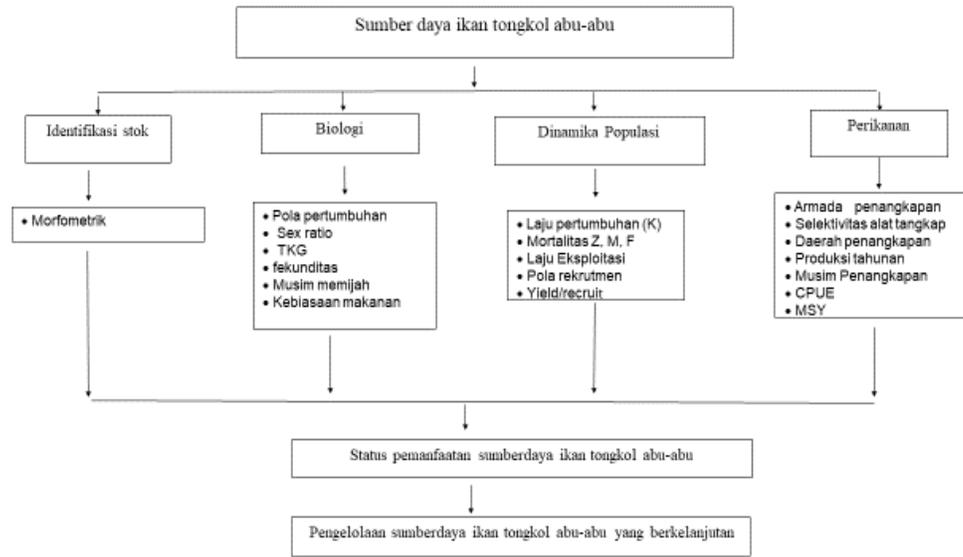
Kajian biologi dan reproduksi ikan tongkol abu-abu dengan berdasarkan perkembangan dan kondisi gonad dapat menentukan ukuran pertama kali matang gonad, hubungan panjang berat, *sex ratio*, musim pemijahan, fekunditas dan pola pemijahan. Beberapa hal di atas setidaknya dapat memberikan gambaran tentang daur hidup dan potensi reproduksinya. Dari hasil analisis dalam biologi reproduksi dapat dijadikan sebagai dasar dalam menentukan penutupan musim penangkapan. Selain itu berdasarkan ukuran pertama kali matang gonad dapat dijadikan rujukan untuk penetapan ukuran ikan yang boleh ditangkap (*minimum legal size*) dan juga penentuan besarnya ukuran mata jaring (*mesh size*).

Data ukuran panjang ikan dapat dijadikan sebagai alternatif dalam penelitian perikanan terutama dengan metode analitik. Sebaran frekuensi panjang ikan secara bulanan selanjutnya digunakan dalam analisis parameter dinamika populasi, yang

antara lain digunakan untuk estimasi panjang infinity, laju pertumbuhan, umur ikan, laju kematian, laju eksploitasi, pola rekrutmen dan analisis Y/R.

Data perikanan tangkap seperti data produksi (catch), upaya (effort) dalam runtun waktu *times series* merupakan data dasar untuk analisis potensi lestari yang boleh ditangkap (MSY), dengan analisis MSY ini kita bisa mengetahui tingkat pemanfaatan suatu perikanan. Status pemanfaatan sumberdaya ikan tongkol abu-abu dari berbagai aspek baik itu biologi, dinamika populasi maupun perikanan selanjutnya sebagai dasar untuk melakukan pengelolaan perikanan yang berkelanjutan.

Dari uraian diatas maka dapat dibuat kerangka pikir penelitian seperti yang tersaji pada Gambar 1.2.



Gambar 1.2. Kerangka pemikiran penelitian

II KARAKTER MORFOMETRIK IKAN TONGKOL ABU-ABU

2.1 Abstrak

Ikan tongkol abu-abu merupakan ikan pelagis yang memiliki penyebaran sangat luas mulai dari Laut Jawa sampai Laut Natuna atau Laut Cina Selatan. Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi karakter populasi dan menentukan perbedaan populasi/stok ikan tongkol abu-abu di Laut Jawa dan Laut Natuna. Pengambilan sampel dilakukan pada bulan Mei 2018 hingga April 2019, di Pekalongan yang mewakili Laut Jawa, Pemangkat mewakili Laut Natuna Utara dan Tanjung Pinang mewakili Laut Natuna. Pengukuran morfometrik terdiri atas 20 karakter, data morfometrik dibakukan dengan membagi semua karakter morfometrik dengan panjang standar (SL). Analisis Komponen Utama atau *Principal component analysis* (PCA) digunakan untuk membandingkan karakter morfometrik inter populasi pada beberapa habitat dengan menggunakan perangkat lunak Minitab ver.16. Analisis diskriminan (*Discriminant Analysis*) untuk melihat *sharing component* intra dan inter populasi dilakukan menggunakan perangkat lunak SPSS ver.16. Hasil analisis PCA dan Kanonikal diskriminan kesamaan biometrik mendapatkan dua kelompok subpopulasi ikan tongkol abu-abu di Laut Jawa dan Laut Natuna, dengan dua dua karakter morfometrik pembeda yaitu: karakter panjang sirip perut (PeL) dan karakter panjang sirip perut anal (PAF).

2.2 Pendahuluan

Ikan tongkol abu-abu (*Thunnus tonggol*) hidup di perairan tropis dan subtropis di wilayah Indo Pasifik antara 47° LU sampai 33° LS (Froese & Pauly 2009). Ikan ini terdapat di perairan Indo Pasifik mulai selatan Jepang, Filipina, Papua Nugini, Kepulauan Nusantara sampai Australia, sedangkan kebarat dari Selat Malaka, perairan India, Semenanjung Arab, Laut Merah sampai Pantai Somalia (Collette & Nauen 1983). Tongkol abu-abu di perairan Indonesia banyak terdapat sepanjang Laut Jawa, Laut Natuna/Laut Cina Selatan sampai Selat Malaka.

Aktivitas penangkapan tongkol abu-abu yang terus meningkat memerlukan upaya pengelolaan, mengingat luasnya penyebaran tongkol abu-abu, perlu dilakukan kajian untuk melihat batas-batas unit stok untuk upaya pengelolaan. Identifikasi populasi atau unit stok merupakan bagian penting dalam upaya pengelolaan sumber daya perikanan (Beacham *et al.* 1985). Salah satu cara untuk mengidentifikasi struktur stok/populasi yaitu melihat karakteristik populasi ikan, karakterisasi populasi bisa dilakukan dengan berbagai metode, salah satunya menggunakan analisis morfometrik. Morfometrik merupakan perbandingan ukuran bagian-bagian tubuh ikan yang mencerminkan perbedaan morfologi antar individu (Sprenst 1972). Morfometrik telah banyak digunakan pada berbagai spesies ikan, karena mempunyai banyak manfaat di antaranya mengidentifikasi spesies ikan (Muchlisin 2013; Ukenye *et al.* 2019), membedakan struktur populasi ikan (Palma & Andrade 2002; Ahammad *et al.* 2018; Turan *et al.* 2004; Mojekwu & Anumudu 2015; Siddik *et al.* 2016; Dwivedi & Dubey 2013). Morfometrik saat ini menjadi salah satu informasi yang banyak digunakan



dalam pengelolaan perikanan dan konservasi (Turan *et al.* 2006). Penelitian struktur populasi dengan metode mitochondrial DNA menunjukkan hasil bahwa tidak ada perbedaan signifikan antara populasi/stok ikan tongkol abu-abu yang berasal dari Laut Jawa dengan Laut Natuna/ Laut Cina Selatan (Wilette *et al.* 2011). Untuk memverifikasi hasil ini dilakukan studi identifikasi stok/populasi dengan mengidentifikasi karakteristik morfometrik ikan tongkol abu-abu, studi morfometrik ini mempunyai kelebihan karena biayanya lebih terjangkau. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi struktur populasi/stok ikan tongkol abu-abu pada di Laut Jawa dan Laut Natuna melalui identifikasi karakter morfometrik ikan tongkol abu-abu. Informasi yang dihasilkan penelitian ini diharapkan dapat menjadi rujukan bagi pengelolaan ikan tongkol abu-abu.

2.3 Metode

2.3.1 Lokasi dan waktu penelitian

Penelitian dilakukan dari April 2018-Maret 2019. Pengambilan ikan contoh untuk identifikasi morfometrik dilakukan ditiga lokasi, yaitu di Pekalongan yang mewakili Laut Jawa, Pemangkat dan Tanjung Pinang mewakili Laut Natuna (Gambar 2.1).

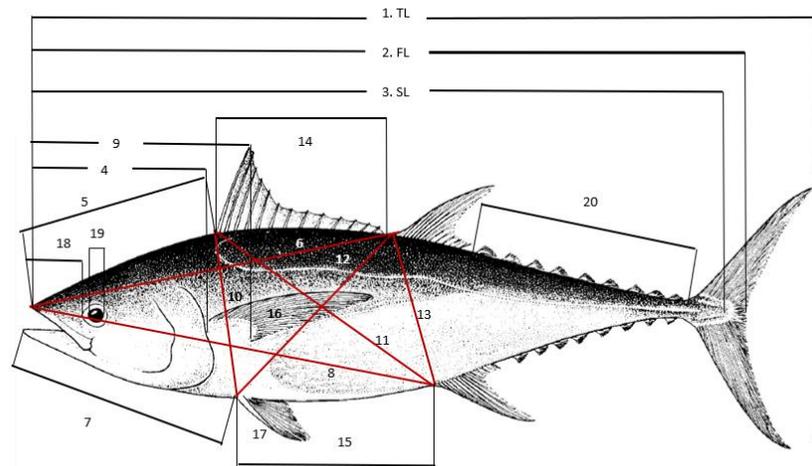


Gambar 2.1. Lokasi pengambilan sampel ikan tongkol abu-abu

2.3.2 Pengukuran morfometrik

Ikan tongkol abu-abu yang diukur berjumlah 138 spesimen yang berasal dari 3 lokasi, masing-masing 49 spesimen dari Pekalongan yang berasal dari Laut Jawa, 40 spesimen dari Tanjung Pinang yang berasal dari perairan sekitar Tanjung Pinang dan 49 spesimen berasal dari Pemangkat yang berasal dari Laut Natuna. Pengukuran morfometrik dilakukan dengan menggunakan kaliper digital dengan ketelitian 0,1 mm. Pengukuran karakter morfometrik ikan tongkol abu-abu mengacu kepada Strauss & Bookstein (1982) dan Corti *et al.* (1988). Untuk lebih memudahkan dalam melakukan perbandingan maka digunakan singkatan yang menggambarkan karakter pengukuran.

Pengukuran morfometrik terdiri atas 20 karakter yang diduga menggambarkan perbedaan antar individu (Gambar 2.2 & Tabel 2.1). Jumlah karakter yang harus diukur tidak ada batasan patokan mutlak, yang penting cukup banyak untuk memenuhi syarat dalam perhitungan statistik (Sprent 1972).



Gambar 2.2. Karakter morfometrik tongkol abu-abu yang diukur.

Selanjutnya untuk keterangan singkatan dapat dilihat pada Tabel 2.1

Tabel 2.1. Deskripsi karakter morfometrik yang diukur

No.	Kode	Karakter	Deskripsi
1	TL	Panjang total (<i>Total length</i>)	Jarak antara ujung kepala yang terdepan dengan ujung sirip ekor yang paling belakang
2	FL	Panjang cagak (<i>Fork length</i>)	Jarak antara ujung kepala yang terdepan dengan ujung cagak sirip ekor
3	SL	Panjang baku (<i>Standard length</i>)	Jarak antara ujung kepala yang terdepan sampai pelipatan pangkal sirip ekor
4	HL	Panjang kepala (<i>Head length</i>)	Jarak antara ujung kepala terdepan sampai ujung terbelakang operculum
5	SFDF	Panjang sebelum sirip punggung pertama (<i>Snout to insertion of first dorsal fin</i>)	Jarak dari ujung moncong ke pangkal sirip punggung pertama
6	SSDF	Panjang sebelum sirip punggung kedua (<i>Snout to insertion of second dorsal fin</i>)	Jarak dari ujung moncong ke pangkal sirip punggung kedua
7	SPeF	Panjang sebelum sirip perut Tinggi badan dari sirip punggung (<i>Snout to insertion of pelvic fin</i>)	Jarak dari ujung moncong ke pangkal sirip perut

No.	Kode	Karakter	Deskripsi
8	SAF	Panjang sebelum sirip anal punggung (<i>Snout to insertion of anal fin</i>)	Jarak dari ujung moncong ke pangkal sirip anal
9	SPF	Panjang sebelum sirip dada (<i>Snout to insertion of pectoral fin</i>)	Jarak dari ujung moncong ke pangkal sirip dada
10	FDPeF	Lebar dari sirip punggung pertama ke sirip perut (<i>Insertion of first dorsal fin to insertion of pelvic fin</i>)	Jarak dari pangkal sirip punggung pertama ke pangkal sirip perut
11	FDAF	Tinggi badan dari sirip punggung pertama ke sirip anal (<i>Insertion of first dorsal fin to insertion of anal fin</i>)	Jarak vertikal dari pangkal sirip punggung ke ujung sisi ventral
12	SDPeF	Tinggi badan dari sirip punggung kedua ke sirip perut (<i>Insertion of second dorsal fin to insertion of pelvic fin</i>)	Jarak dari pangkal sirip punggung kedua ke pangkal sirip perut
13	SDAF	Tinggi badan dari sirip punggung ke sirip anal (<i>Insertion of second dorsal fin to insertion of anal fin</i>)	Jarak dari pangkal sirip punggung kedua ke pangkal sirip perut
14	FDSF	Panjang sirip punggung pertama (<i>Insertion of first dorsal fin to insertion of second dorsal fin</i>)	Jarak dari pangkal ke ujung sirip punggung pertama
15	PAF	Panjang dari sirip perut ke sirip anal (<i>Insertion of pelvic fin to insertion of anal fin</i>)	Jarak dari pangkal sirip perut ke pangkal sirip anal
16	PL	Panjang sirip dada (<i>Pectoral fin length</i>)	Jarak dari pangkal sirip punggung pertama ke batas posterior sirip punggung
17	PeL	Panjang sirip perut (<i>Pelvic fin length</i>)	Panjang sirip perut terpanjang, dari pangkal sampai ujungnya
18	SE	Panjang moncong ke mata (<i>Tip of snout to eye</i>)	Jarak dari tepi mata ke ujung moncong
19	ED	Labar mata (<i>Eye diameter</i>)	Panjang garis tengah sampai rongga mata
20	CL	Panjang batang ekor (<i>Caudal peduncle</i>)	Jarak antara ujung posterior sirip punggung kedua sampai ke pangkal sirip ekor

2.3.3. Analisis Data

Keseluruhan data karakter morfometrik yang diperoleh dari hasil penelitian ini ditabulasikan selanjutnya data distandarisasi dengan panjang standar. Data morfometrik yang diperoleh dianalisis dengan pendekatan analisis multivariabel yang didasarkan pada Analisis Komponen Utama (*Principal Component Analysis, PCA*) sesuai dengan Legendre & Legendre (1998) dan Analisis diskriminan (*Discriminant*

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Analysis, DA) berdasarkan Fisher (1936), data dianalisis dengan menggunakan program SPSS versi 13.0. Analisis komponen utama PCA digunakan untuk mengetahui faktor pembeda utama dari karakter morfologi yang ada. Untuk pengelompokan populasi ikan digunakan *Discriminant Analysis*.

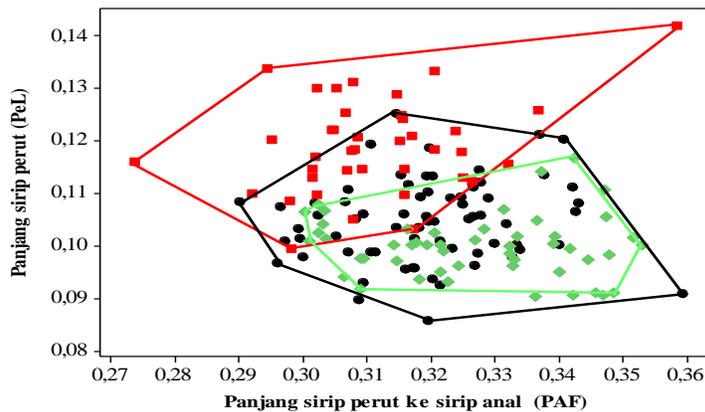
2.4 Hasil

Hasil analisis PCA perbandingan karaktersitik morfometrik inter populasi ikan tongkol abu-abu, menunjukkan bahwa nilai PC1 sebesar 26,5%, PC2 13,9% dan PC3 8,2%, ketiga faktor utama tersebut digunakan dalam analisis karena nilainya paling besar diantara faktor utama yang lain. Kombinasi PC2 dan PC3 adalah kombinasi terbaik yang dapat menunjukkan dua karakter pembeda yaitu: karakter panjang sirip perut (PEL) dan panjang dari sirip perut ke sirip anal (PAF) merupakan karakter yang memisahkan populasi tongkol abu-abu, dimana karakter PEL dan PAF yang berasal dari stok barat Laut Natuna dan Laut Jawa lebih kecil daripada yang berasal dari timur Laut Natuna (Tabel 2.2.).

Tabel 2.2. Nilai Koefisien faktor PC2 dan PC3 dari interpopulasi tongkol abu-abu

No	Karakter	PC2	PC3
1	TL	0,180	0,142
2	FL	0,172	0,083
3	HL	0,137	0,356
4	SFDF	0,019	0,203
5	SSDF	0,254	0,126
6	SPeF	0,166	0,184
7	SAF	0,190	0,183
8	SPF	0,017	0,218
9	FDPeF	0,233	0,516
10	FDAF	0,343	0,025
11	SDPeF	0,283	0,123
12	SDAF	0,024	0,066
13	FSDS	0,293	0,277
14	PAF	0,410	0,258
15	PL	0,033	0,470
16	PeL	0,401	0,005
17	SE	0,210	0,109
18	ED	0,269	0,074
19	CL	0,071	0,075

Hasil analisis PCA maupun *scatter plot* kombinasi karakter Panjang sirip perut (PeL) dan karakter panjang sirip perut ke sirip anal (PAF) menunjukkan masih adanya *overlapping* pada bidang morfometrik interpopulasi tongkol abu-abu, hal ini diduga karena populasi tersebut masih dalam proses perubahan untuk berbeda (Gambar 2.3.).

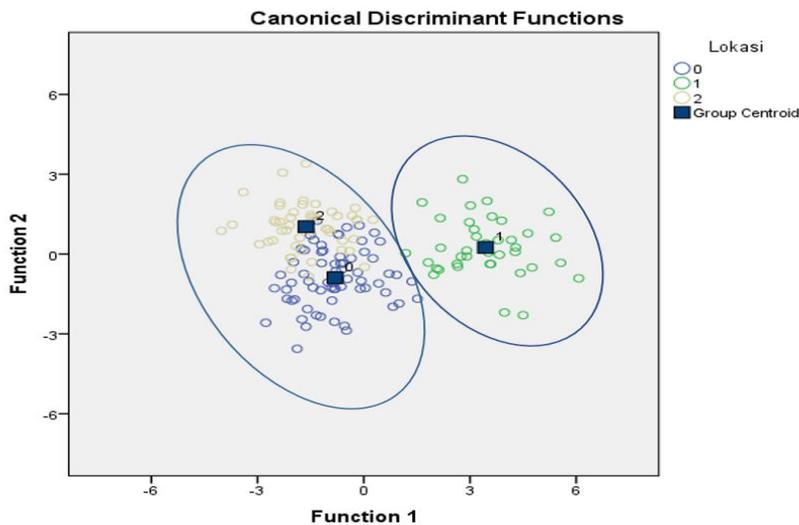


Keterangan: ■ = Pemangkat, ● = Pekalongan, ◆ = Tanjung pinang

Gambar 2.3. Kombinasi karakter Panjang sirip perut (PeL) dan panjang dari sirip perut ke anal (PAF) pada morfometrik interpopulasi tongkol abu-abu

Analisis diskriminan populasi tongkol abu-abu memisahkan menjadi dua kelompok subpopulasi yang berbeda (Gambar 2.4). Ikan tongkol abu-abu yang berada pada kelompok pertama berada pada sektor positif yaitu populasi ikan yang berasal dari Pekalongan dan Tanjung Pinang. Kelompok kedua dikelompokkan pada sektor negatif yaitu ikan-ikan yang berasal dari Pemangkat.

Dari hasil penelitian ini dapat dikatakan bahwa ikan tongkol abu-abu yang berasal dari perairan Laut Jawa (Pekalongan) dengan ikan yang berasal dari perairan Natuna bagian barat (Tanjung Pinang) mempunyai kekerabatan yang lebih dekat atau merupakan sub populasi atau unit stok yang sama, sementara ikan tongkol abu-abu yang berasal dari Perairan Natuna Utara-Timur merupakan sub populasi /satu unit stok tersendiri.



Gambar 2.4. Diagram Scatter plot analisis diskriminan tongkol abu-abu (Keterangan: Lokasi 0=Pekalongan; 1=Pemangkat; 2=Tanjung Pinang)

Nilai *sharing component* intra populasi yang paling tinggi adalah 97,5% untuk stasiun Pemangkat, hal ini menunjukkan tidak adanya percampuran populasi yang diukur. Sementara nilai *sharing component* antar stasiun yang rendah sebesar 0% antara Pemangkat dan Tanjung Pinang yang menunjukkan tidak adanya percampuran populasi tersebut kedua daerah tersebut (Tabel 2.3).

Tabel 2.3. Nilai presentase *sharing component* antar lokasi berdasarkan kanonikal diskriminan.

Lokasi sampling	Pekalongan (%)	Pemangkat (%)	Tanjung Pinang (%)	Total (%)
Pekalongan	72.5*	5.8	21.7	100
Pemangkat	2.5	97.5*	0	100
Tanjung Pinang	20.0	0	80.0*	100

*persentase *sharing component* intrapopulasi ikan tongkol abu-abu

2.5 Pembahasan

Analisis PCA mengkombinasikan dua karakter biometric yaitu Panjang sirip perut (PeL) dan karakter panjang sirip perut ke anal (PAF) yang menjadi karakter biometrik pembeda di mana sub populasi ikan dari stasiun Pekalongan dan Tanjung Pinang menyatu menjadi satu kelompok karena memiliki kesamaan biometrik yang tertinggi, sedangkan ikan tongkol abu-abu dari stasiun Pemangkat merupakan sub populasi tersendiri. Adanya variasi karakter morfologi dapat dipengaruhi oleh adaptasi dan seleksi suatu populasi terhadap perubahan lingkungannya (Soewardi 2007). Sebagaimana menurut Li *et al.* (1993) dan Tave (1993), bahwa perbedaan fenotip dapat dipengaruhi oleh faktor genetik, lingkungan dan interaksi factor genetik dengan lingkungan.

Hasil analisis *sharing component* intra dan antar populasi tongkol abu-abu menunjukkan ada dan tidak adanya percampuran populasi yang terukur. Menurut Irmawati (2016) *sharing component* atau indeks kesamaan intra dan antar populasi berguna untuk memperoleh gambaran nilai percampuran berdasarkan karakter fenotip. Nilai *sharing component* intra populasi yang tinggi adalah untuk stasiun Pemangkat, hal ini menunjukkan tidak adanya percampuran dengan populasi dari stasiun lain dalam penelitian ini. Nilai *sharing component* antar stasiun yang rendah antara Pemangkat dan Tanjung Pinang yang menunjukkan tidak adanya percampuran populasi tersebut kedua daerah tersebut, Sementara nilai *sharing component* antar stasiun Pekalongan dengan Tanjung Pinang yang tinggi menunjukkan adanya percampuran dengan populasi dari kedua stasiun. Populasi yang tidak ada percampuran mengindikasikan bahwa populasi tersebut memiliki hubungan kekerabatan yang relatif jauh (Abinawanto *et al.* 2018)

Hasil analisis diskriminan yang mengelompokkan ikan tongkol abu-abu dalam 2 kelompok, yaitu populasi tongkol abu-abu dari Pekalongan yang daerah penangkapannya berasal dari Laut Jawa mempunyai kekerabatan yang lebih dekat atau satu unit stok dengan ikan dari Tanjung Pinang yang daerah penangkapannya yang

berasal Laut Natuna bagian barat, sementara ikan tongkol abu-abu dari Pemangkat yang daerah penangkapannya berasal dari Perairan Natuna Utara-Timur merupakan sub populasi/unit stok tersendiri tersendiri. Adanya kesamaan unit stok ikan tongkol dari Laut Jawa dengan Laut Natuna Barat diduga dikarenakan pola arus permukaan laut keduanya yang berhubungan. Pada musim Timur arus permukaan laut bergerak dari Laut Jawa ke Laut Natuna bagian barat, dan sebaliknya pada musim Barat arus bergerak dari Laut Natuna Barat ke Laut Jawa (Daruwedho *et al.* 2016; Hendiarti *et al.* 2005; Wyrcki 1961), dimana diduga ruaya tongkol abu-abu mengikuti arus ini, atau juwana ikan-ikan ini terbawa arus permukaan dari barat ini. Sedangkan stok ikan dari stasiun pemangkat yang daerah penangkapan sekitar Natuna Barat, daerah ini pola arusnya lebih banyak dipengaruhi arus dari Laut Cina selatan. Hasil penelitian ini agak berseberangan dengan Willette *et al.* (2011), dimana berdasarkan analisis genetic dengan mitochondrial DNA displacement loop (D-loop) populasi/ikan tongkol abu-abu yang berasal dari Laut Jawa dengan Laut Natuna dan Laut China Selatan merupakan stok yang sama. Menurut penulis populasi tongkol abu-abu Laut Jawa tidak sepenuhnya berasal dari Laut Natuna dan Laut China Selatan dan sebaliknya, namun terjadi percampuran antara stok yang dipijahkan di Laut Jawa, dan stok dari Laut Natuna yang kemudian beruaya ke Laut Jawa, hal ini mengingat ruaya ikan tongkol abu-abu yang cukup jauh dan sifat pemijahannya yang dapat memijah beberapa kali dalam setahun. Untuk melengkapi informasi tentang struktur stok/populasi ikan tongkol abu-abu ini dapat mengadakan penelitian lebih lanjut seperti penelitian tentang daerah pemijahan (*spawning ground*), dan penelitian ruaya ikan dengan tagging (penandaan)

2.6 Simpulan

Karakter biometrik bervariasi antar habitat Laut Jawa dan Laut Natuna dengan dua karakter morfometrik pembeda yaitu: karakter panjang sirip perut (PeL) dan karakter panjang sirip perut anal (PAF). Berdasarkan analisis karakter morfometrik populasi tongkol abu-abu terdiri dari 2 kelompok subpopulasi atau unit stok, tongkol abu-abu dari Laut Jawa dan Laut Natuna bagian barat satu unit stok sementara ikan dari Laut Natuna di Utara-Timur merupakan unit stok tersendiri. Hal ini dapat digunakan sebagai acuan dalam pengelolaan perikanan tongkol abu-abu. Untuk melengkapi informasi tentang struktur stok/populasi ikan tongkol abu-abu ini kita bisa mengadakan penelitian lebih lanjut seperti penelitian tentang daerah pemijahan (*spawning ground*), dan penelitian ruaya ikan dengan tagging (penandaan)

III BIOLOGI REPRODUKSI DAN KEBIASAAN MAKANAN IKAN TONGKOL ABU-ABU (*Thunnus tonggol*) DI LAUT JAWA

3.1 Abstrak

Ikan tongkol abu-abu (*Thunnus tonggol*) merupakan salah satu spesies ikan pelagis penting secara ekonomi di Indonesia. Tujuan dari penelitian ini adalah mengkaji biologi reproduksi yang terdiri dari hubungan panjang bobot, nisbah kelamin, tingkat kematangan gonad, indeks kematangan gonad (GSI), panjang pertama kali tertangkap (Lc), dan panjang pertama kali matang gonad (Lm). Sebanyak 633 ekor tongkol abu-abu, berukuran berkisar 29-58 cm yang terdiri dari 293 jantan dan 340 betina, dikumpulkan dari Laut Jawa antara April 2018 sampai Maret 2019. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pola pertumbuhan tongkol abu-abu bersifat isometrik. Nisbah kelamin tidak berbeda nyata antara jantan dan betina. Panjang pertama kali tertangkap (Lc) dengan jaring insang hanyut 43,2 cm lebih besar dari panjang pertama kali matang gonad (Lm) 42,3 cm. Hal ini menunjukkan bahwa sebagian besar tongkol abu-abu yang ditangkap oleh jaring insang hanyut merupakan ikan dewasa telah melakukan pemijahan. Puncak musim pemijahan terjadi pada bulan Mei dan November, dengan fekunditas berkisar antara 783.597 - 1.579.160 telur. Tongkol abu-abu memiliki pola pemijahan beberapa kali memijah (*multiple spawner*). Tongkol abu-abu tergolong ikan karnivora yang preferensi makanan utamanya tidak sama setiap bulan yaitu teri, udang, cumi-cumi, tembang dan hancuran ikan, sedangkan sebagai pelengkap yaitu ikan kembung dan layang.

3.2 Pendahuluan

Ikan tongkol abu-abu (*Thunnus tonggol*) merupakan spesies epipelagis yang hidup di perairan tropis dan subtropis di wilayah Indo Pasifik antara 47 ° LU sampai 33 ° LS, spesies ini dapat tumbuh dengan ukuran maksimum panjang total 142 cm (TL) dan berat 35,9 kg (Froese & Pauly 2009). Tongkol abu-abu cukup unik dibandingkan spesies *Thunnus* lainnya yang banyak ditemukan di laut dalam. Spesies ini hampir secara eksklusif terbatas pada daerah neritik dekat daratan, di perairan dengan kedalaman kurang dari 200 m, tetapi umumnya kurang dari 50 m, dan jarang ditemukan di lepas pantai (Yesaki 1994). Menurut Cheunpan (1984) tongkol abu-abu ditangkap di perairan sekitar 15-30 mil laut dari daratan pantai dengan kedalaman 20-45m. Ikan ini umumnya hidup di perairan dengan suhu antara 16-31 °C, menghindari salinitas rendah dan kekeruhan tinggi. Tongkol abu-abu ditemukan di perairan Indo Pasifik mulai dari selatan Jepang, Filipina, Papua Nugini hingga Australia dan ke arah barat dari perairan India, Jazirah Arab, Laut Merah hingga pantai Somalia (Collete & Nauen 1983). Di perairan Indonesia tongkol abu-abu banyak ditemukan di sepanjang Laut Jawa, Laut Natuna/ Laut Cina Selatan bagian selatan sampai Selat Malaka.

Tongkol abu-abu (*Thunnus tonggol*) di Laut Jawa biasa ditemukan bergerombol dengan tuna neritik lainnya seperti tongkol komo (*Euthynnus affinis*) dan tongkol krai



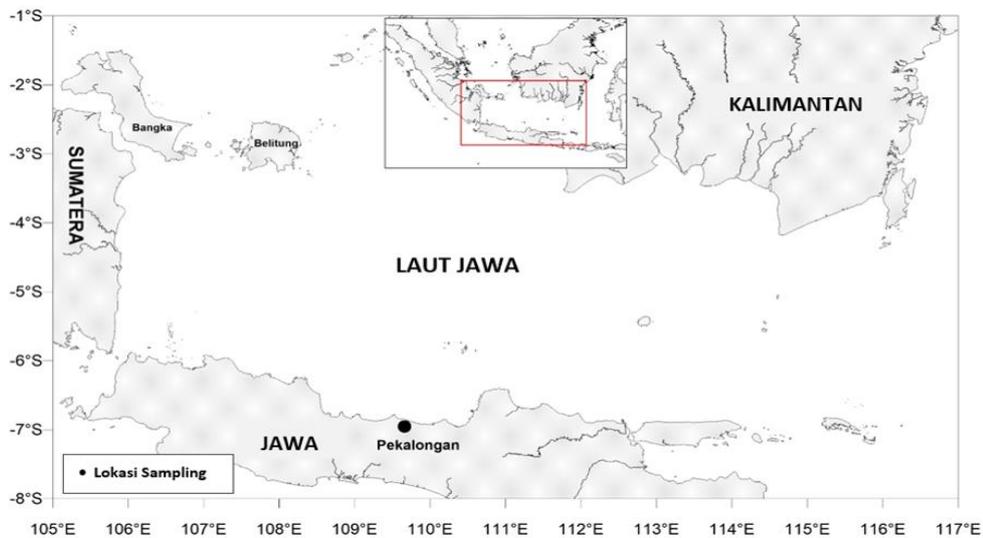
(*Auxis thazard*). Berdasarkan data PPN Pekalongan, salah satu pelabuhan perikanan terbesar di pantai utara Jawa menunjukkan bahwa tongkol abu-abu memiliki proporsi terbesar di antara tuna neritik lainnya yaitu sekitar 48% (PPN Pekalongan 2016). Laporan tahunan ini menunjukkan bahwa ikan ini didaratkan terutama oleh dua jenis alat tangkap dimana 33% tangkapan dari jaring insang dan 67% dari pukat cincin (Wujdi & Suwarso 2014). Statistik perikanan tangkap nasional tahunan ikan ini memperlihatkan peningkatan produksi dari 95.325 ton pada tahun 2006 dan mencapai puncak produksi dengan 117.783 ton pada tahun 2011 kemudian turun menjadi 84.022 ton pada tahun 2012 ke level terendah 65.651 ton pada tahun 2016 (DJPT 2017). Produksi tongkol abu-abu di Laut Jawa mencapai 12.553 ton atau 19,2% dari tangkapan nasional, tongkol abu-abu yang ditangkap di Pekalongan merupakan 19,68% dari tangkapan Laut Jawa, atau setara dengan 2,80% dari tangkapan nasional (DJPT 2017).

Studi parameter biologi spesies ini diberbagai lokasi di dunia telah dipublikasikan oleh beberapa penulis, seperti di Pacific Oceania (Wilson 1981), perairan barat Thailand (Yesaki 1982); Teluk Thailand (Cheunpan 1984), perairan Manglore India Timur (Muthiah 1985), Australia Utara dan Timur (Griffiths *et al.* 2010), Taiwan (Wei *et al.* 2011), Teluk Persia (Hedayatifard 2007; Kaymaran *et al.* 2013), Sepanjang perairan pesisir Hindia (Abdussamad *et al.* 2012; Koya *et al.* 2018); Laut Cina Selatan (Hidayat & Noegroho 2018). Namun, studi pada spesies ini Laut Jawa masih terbatas dan perlu diperbarui studi. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai biologi reproduksi dan kebiasaan makanan tongkol abu-abu yang dapat menjadi acuan penting untuk mendeskripsikan status stok sebagai dasar untuk membangun pedoman pengelolaan di Laut Jawa dan perairan sekitarnya.

3.3 Metode

3.3.1 Pengumpulan Data

Ikan contoh tongkol abu-abu dikumpulkan dari jaring insang hanyut dan pukat cincin mini yang beroperasi di Laut Jawa (Gambar 3.1.). Pengukuran ikan contoh dilakukan secara acak sederhana, dikumpulkan setiap bulan dari April 2018 hingga Maret 2019 di Pelabuhan Perikanan Nasional (PPN) Pekalongan, Jawa Tengah, Indonesia, dengan posisi geografis 6°50'42" - 6°55'44" S dan 109°37'55" - 109°42'19" E. Ikan contoh diukur panjang cagakanya (FL) dalam cm dan penimbangan bobot tubuh ikan menggunakan timbangan digital berketelitian 0,1 gram dan dikumpulkan sebagai dasar penelitian ini. Gonad diangkat dan ditimbang dengan ketelitian 0,1 g, kemudian diawetkan dalam cairan Gilson untuk pemeriksaan lebih lanjut tentang fekunditas dan diameter telur. Selanjutnya untuk analisis histologi pengawetan ikan contoh gonad dalam formalin 4%. Analisis sampel dilakukan di Laboratorium Balai Penelitian Perikanan Laut, Cibinong Bogor. Pengukuran aspek biologis (panjang, berat dan kematangan gonad) dilakukan di Laboratorium Perikanan Pelabuhan Perikanan Pekalongan, Jawa Tengah. Analisis fekunditas dan pemeriksaan histologis ovarium dilakukan di laboratorium Balai Penelitian Perikanan Laut Cibinong Bogor. Penentuan tahap kematangan gonad mengikuti kriteria I sampai V (Holden & Raitt 1974).



Gambar 3.1. Lokasi penelitian tongkol abu-abu di Laut Jawa

3.3.2 Analisis data

Analisis hubungan panjang dan bobot ikan tongkol digunakan rumus Hile (1936) dalam Effendie (2002) sebagai berikut :

$$W = a L^b$$

Dimana:

W = berat ikan (gram)

L = panjang ikan (cm)

a dan b konstanta

Untuk mengetahui nilai $b=3$ atau $b \neq 3$ dilakukan uji t (*t test*), yaitu:

$$t_{hitung} = \left| \frac{3 - b}{S_b} \right|$$

Nilai b adalah nilai eksponen yang dihasilkan dari hubungan anjang berat; dan S_b adalah simpangan baku (standar deviasi) dari nilai b . Untuk memperoleh nilai S_b (simpangan baku) dipergunakan persamaan berikut:

$$\sum d^2yx = \sum y^2 - \frac{(\sum xy)^2}{\sum x^2}$$

$$S^2yx = \frac{\sum d^2yx}{N - 2}$$

$$Sb^2 = \frac{S^2yx}{\sum x^2}$$

$$Sb = \sqrt{Sb^2}$$

Adapun uji t dengan taraf nyata 5 % ($n - 2$) mempunyai hipotesis:

H_0 : $b=3$, hubungan panjang bobot bersifat isometrik

H_1 : $b \neq 3$, hubungan panjang bobot bersifat allometrik dimana, bila $b > 3$ pola hubungan panjang bobot bersifat allometrik positif (pertambahan berat lebih cepat

daripada pertambahan panjang) dan bila $b < 3$ allometrik negatif (pertambahan panjang lebih cepat daripada pertambahan berat).

Penentuan nisbah kelamin dinyatakan sebagai:

$$X = M: F$$

dimana X adalah nisbah kelamin (*sex ratio*), M adalah jumlah ikan jantan yang diamati, F adalah jumlah ikan betina yang diamati. Uji Chi-square (X^2) digunakan untuk menguji homogenitas rasio jenis kelamin. *Sex ratio* diuji dengan chi-square menurut Sugiyono (2004) sebagai berikut:

$$X^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(f_o - f_n)^2}{f_n}$$

Dimana:

$X^2 = Chi - Square$, f_o = frekuensi observasi, f_n = frekuensi harapan. Hipotesis nol (H_0): tidak ada perbedaan nyata antara jumlah ikan jantan dengan betina.

Ukuran ikan pertama kali tertangkap atau *Length at first capture* (L_c) merupakan 50% fraksi tertahan (ikan yang tertangkap) dari alat tangkap. Nilai L_c diperoleh dari data sebaran panjang yang dihitung dengan rumus (Sparre & Venema 1999):

$$SL_{est} = 1/(1 + \exp(S_1 - S_2 * L))$$

$$L_c = S_1 / S_2$$

dimana:

SL_{est} = kurva logistik
 S_1 dan S_2 = konstanta

Ukuran pertama kali matang gonad (*length at first maturity*), dilakukan dengan pendekatan fungsi logistik (King, 1995) menggunakan persamaan:

$$P_{L_m} = \frac{1}{1 + \exp(aL + b)}$$

dimana P_{L_m} adalah proporsi ikan dengan ukuran panjang sudah matang gonad dibagi jumlah ikan dengan panjang yang belum matang gonad; a dan b adalah parameter kurva ($a < 0$ dan $b > 0$), sehingga panjang 50% ikan yang matang gonad (L_m) adalah sama dengan $-a / b$.

Indeks Kematangan Gonad (IKG) atau *Gonado Somatic Index (GSI)* adalah nilai persentase perbandingan berat gonad dan berat ikan, nilai indeks ini semakin lama semakin besar sampai batas kisaran maksimum, kemudian akan terjadi penurunan. Dengan mengetahui IKG ini kita bisa memperkirakan musim memijah ikan. Indeks IKG atau GSI dianalisis dengan rumus Effendie (2002):

$$IKG = (B_g / B_t) \times 100\%$$

- IKG = indeks Kematangan Gonad
- B_g = berat gonad (gram)
- B_t = berat tubuh ikan – berat gonad (gram)

Fekunditas diambil dari ikan betina dewasa dengan tingkat kematangan gonad III dan IV. Pengukuran diameter dan jumlah telur dilakukan dengan menggunakan mikroskop 4 x 10. Pengamatan jumlah dan distribusi ukuran telur dengan menggunakan sampel telur sebanyak 0,5 gram. Fekunditas dihitung secara gravimetri dengan rumus Holden & Raitt (1974):

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

$$F = n \times G / g$$

dimana F adalah fekunditas, n = jumlah telur pada sub sampel, G = berat gonad, g = berat sub sample gonad (0,5 gram).

Hubungan antara fekunditas (F) dan panjang atau berat (L) diungkapkan dengan persamaan berikut (Sujatha *et al.* 2014):

$$F = a L^b$$

dimana F adalah fekunditas (telur), L adalah panjang cagak (cm) atau berat ikan (g), a dan b = konstanta.

Untuk mengetahui preferensi jenis makanan dilakukan analisis menggunakan metode indeks relatif penting (IRP)/*Indeks Relative Importance (IRI)* mengacu pada Amundsen *et al.* (1996) dan Pinkas *et al.* (1971), dengan persamaan:

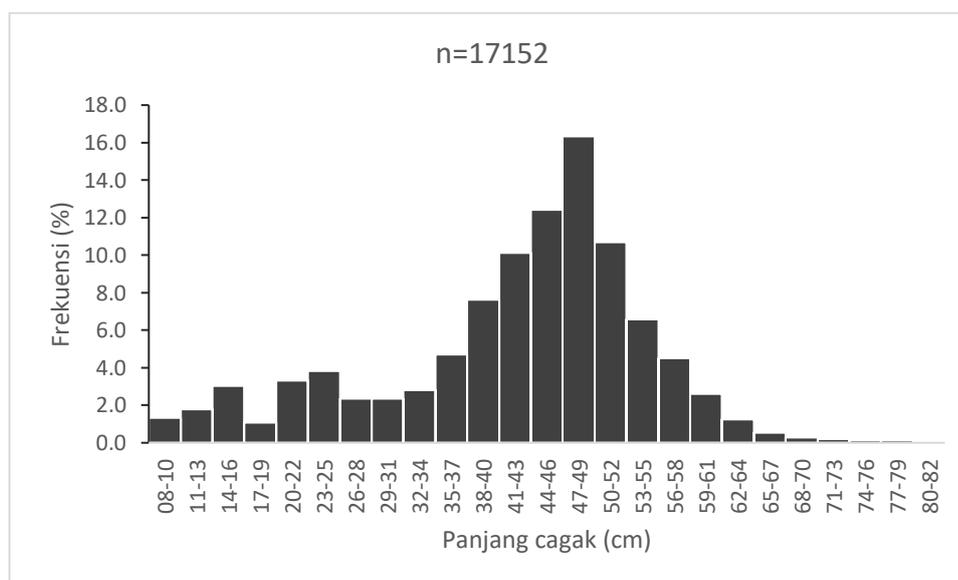
$$IRP = (N + V) \times F$$

Keterangan: IRP = indeks penting relatif, N = persentase jumlah satu macam makanan, V = persentase volume/berat satu macam makanan, F = persentase frekuensi kejadian satu macam makanan.

3.4 Hasil

3.4.1 Frekuensi Panjang Ikan Tongkol Abu abu

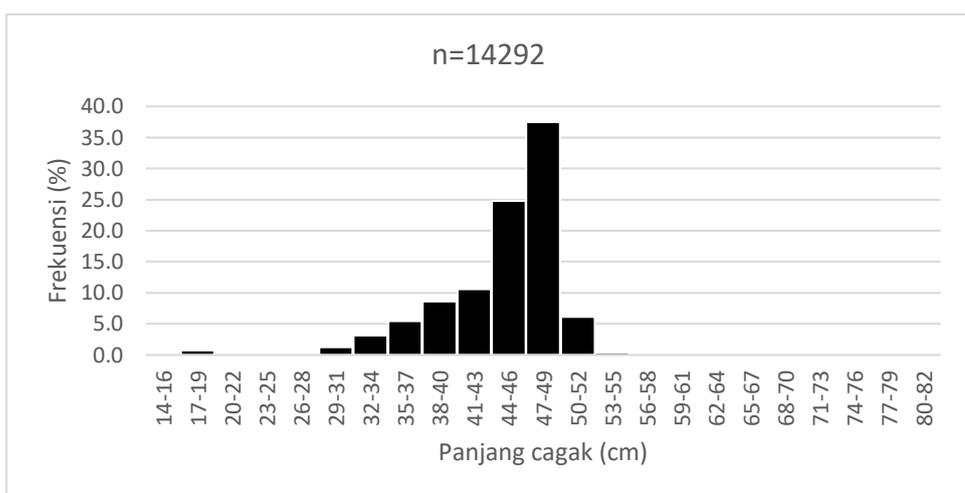
Dari total 17152 sampel, ukuran panjang ikan tongkol abu-abu di Laut Jawa berkisar 9-81cm dengan modus 47-49 cm dan rata-rata 42 cm (Gambar 3.2)



Gambar 3.2. Frekuensi panjang tongkol abu-abu di Laut Jawa

3.4.1.1 Frekuensi panjang Hasil tangkapan jaring insang hanyut (*gill net*)

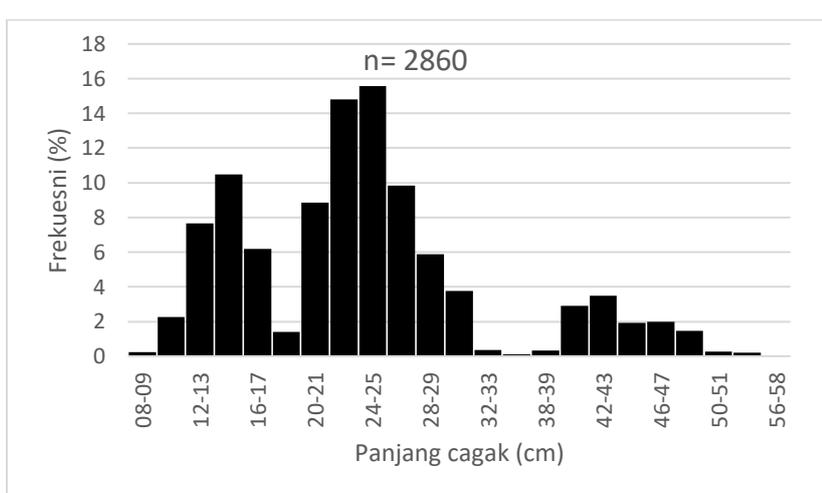
Ikan tongkol abu-abu yang tertangkap dengan jaring insang hanyut (*gill net*) berada pada ukuran 14-80 cm dengan modus 48 cm (Gambar 3.3.).



Gambar 3.3. Frekuensi panjang tongkol abu-abu hasil tangkapan jaring insang hanyut

3.4.1.2 Frekuensi panjang hasil tangkapan pukat cincin mini (*mini purse seine*)

Ukuran ikan tongkol abu-abu di Laut Jawa ini sama dengan hasil tangkapan pukat cincin (*mini purse seine*) berkisar antara 9-58 cm dengan modus 25cm (Gambar 3.4.).

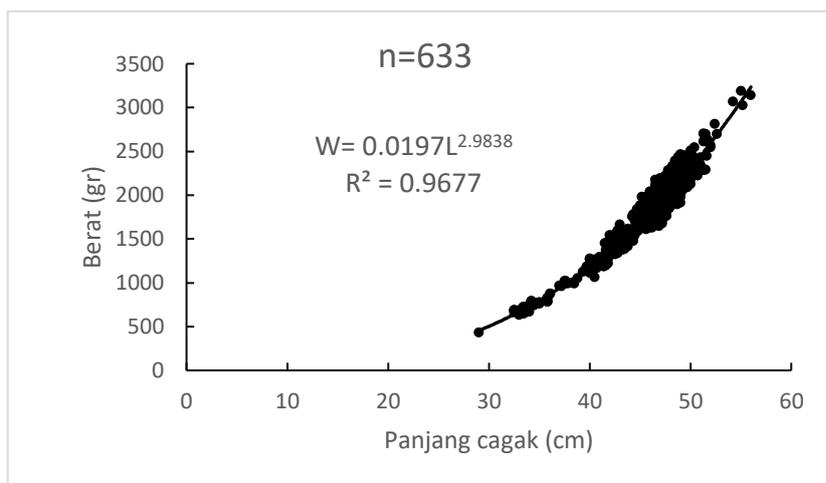


Gambar 3.4. Frekuensi panjang tongkol abu-abu hasil tangkapan pukat cincin mini

3.4.2. Hubungan Panjang Berat

Analisis hubungan panjang berat tongkol abu-abu (*T. tonggol*) menghasilkan persamaan $W=0,019L^{2,9838}$ ($R^2=0,9677$), nilai $b = 2,9838$ (Gambar 3.5.). Hasil uji-t pada nilai b dari seluruh sampel tongkol abu-abu jantan dan betina, dengan tingkat kepercayaan 95% ($p = 0,05$). Nilai t hitung = 0,0000170738 lebih kecil dari t tabel = 1,984, hasil ini menunjukkan bahwa nilai b tidak berbeda secara signifikan dari 3, hal ini menunjukkan pola pertumbuhan isometrik. Hubungan panjang berat isometrik berarti berat badan sebanding dengan panjangnya (Effendi, 2002).

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



Gambar 3.5. Hubungan panjang berat tongkol abu-abu

Pengamatan hubungan panjang berat bulanan tongkol abu-abu diperlihatkan seperti pada Tabel 3.1. Hal Ini menunjukkan bahwa hubungan berat panjang panjang bulanan tongkol abu-abu pada studi ini adalah isometrik (setelah dilakukan uji-t).

Tabel 3.1. Parameter hubungan panjang berat bulanan tongkol abu-abu di Laut Jawa

Bulan	n	a	b	R ²	t-test		pertumbuhan
					t hitung	t tabel	
Apr	47	0,0563	2,7310	0,820	0,000245	2,021	isometric
Mei	48	0,0454	2,7702	0,894	0,000218	2,021	isometric
Jun	36	0,0212	2,9682	0,969	0,000045	2,042	isometric
Jul	58	0,0134	3,0819	0,822	0,000082	2,021	isometric
Agu	37	0,0717	2,6571	0,826	0,000360	2,042	isometric
Sep	54	0,0279	2,8945	0,923	0,000100	2,021	isometric
Okt	51	0,0989	2,5684	0,680	0,000410	2,021	isometric
Nov	52	0,1335	2,4848	0,709	0,000520	2,021	isometric
Des	54	0,0371	2,8047	0,990	0,000235	2,021	isometric
Jan	50	0,0189	2,9938	0,980	0,000008	2,021	isometric
Feb	97	0,0220	2,9486	0,978	0,000065	1,984	isometric
Mar	49	0,0208	2,9626	0,975	0,000043	2,021	isometric

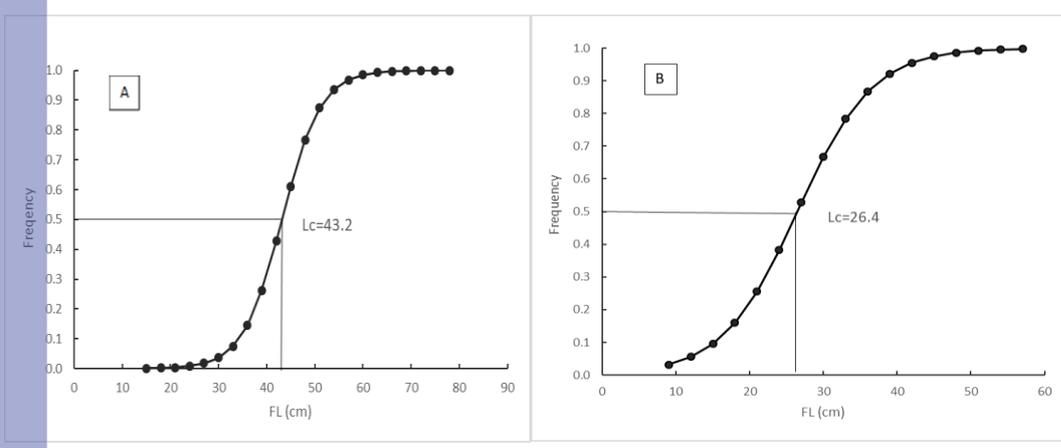
3.4.3 Nisbah Kelamin

Nisbah kelamin (*sex ratio*) tongkol abu-abu dari Laut Jawa secara umum ikan jantan berbanding betina adalah 293 dengan 340 atau 0,9:1. Hasil uji X^2 (*Chi-square*) nisbah kelamin ikan tongkol abu-abu pada selang kepercayaan 95%, menunjukkan tidak terdapat perbedaan nyata antara jumlah ikan jantan dan betina atau dalam keadaan seimbang. Nisbah kelamin ikan ini yang belum dewasa adalah 68 dan 62 atau 1,1:1, hasil uji X^2 (*chi-square*) pada selang kepercayaan 95%,

menunjukkan tidak terdapat perbedaan nyata antara jumlah ikan belum dewasa jantan dan betina. Nisbah kelamin ikan tongkol abu-abu dewasa jantan banding betina adalah 225 dan 278 atau 0,8:1, hasil uji X^2 (*chi-square*) pada selang kepercayaan 95%, menunjukkan tidak terdapat perbedaan nyata antara jumlah ikan belum dewasa jantan dan betina.

3.4.4 Ukuran Pertama kali tertangkap (*Length at First Capture = Lc*) Ukuran Pertama kali matang gonad (*Length at First maturity*)

Hasil analisis menunjukkan ukuran pertama kali tertangkap (L_c) ikan tongkol abu-abu yang tertangkap jaring insang hanyut di Laut Jawa dengan mata jaring sebesar 4 inch adalah 43,2 cm, sedangkan dengan L_c untuk pukat cincin dengan mata jaring 1 inchi sebesar 26,4 cm (Gambar 3.6.). Ukuran pertama kali matang gonad (L_m) dengan kurva logistic ikan tongkol abu-abu adalah 42,3 cm. Sedangkan nilai L_c untuk jaring insang lingkaran sama dengan jaring insang hanyut karena alat tangkap ini mempunyai besar mata jaring yang sama yaitu 4 inch.

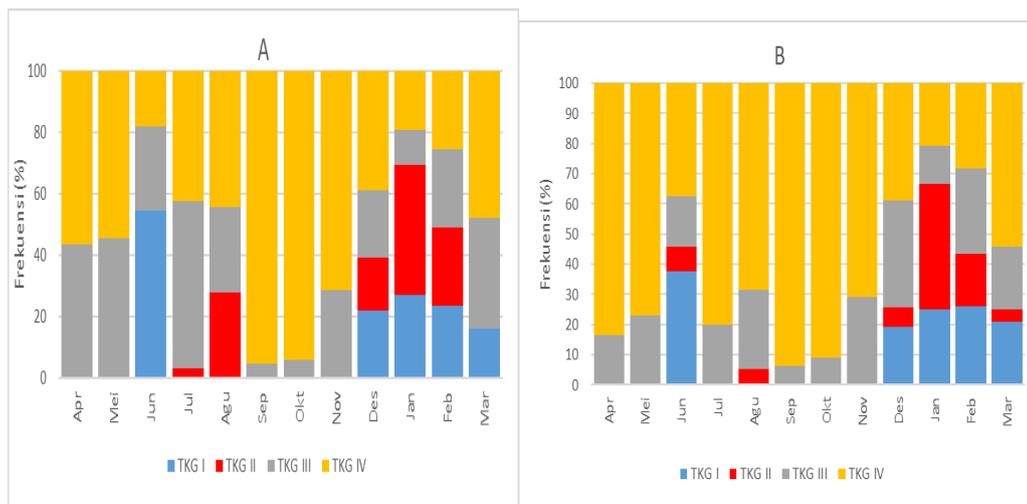


Gambar 3.6. Panjang pertama kali tertangkap (L_c) tongkol abu-abu yang tertangkap jaring insang hanyut (A) dan pukat cincin mini (B)

3.4.5 Tingkat Kematangan Gonad

Perkembangan tingkat kematangan gonad (TKG) dari bulanan dari masing-masing tingkatan berfluktuatif. TKG I sampai IV tersebar hampir setiap bulan. Perkembangan TKG ikan tongkol abu-abu betina memperlihatkan bahwa TKG IV paling tinggi pada bulan September dan April dan mengalami penurunan bulan selanjutnya, pada ikan jantan memperlihatkan tren yang sama (Gambar 3.7.). Berdasarkan kondisi tersebut, musim pemijahan ikan tongkol abu-abu di Laut Jawa diduga terjadi pada bulan Oktober dan Mei.

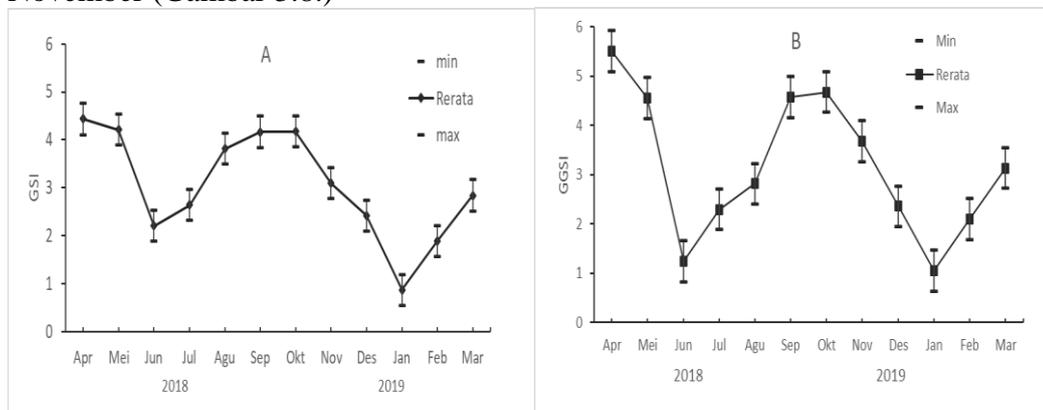
Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



Gambar 3.7. Tingkat kematangan gonad bulanan tongkol abu-abu (A) jantan dan (B) betina di Laut Jawa

3.4.6 Indeks Kematangan gonad (*Gonado Somatic Index*)

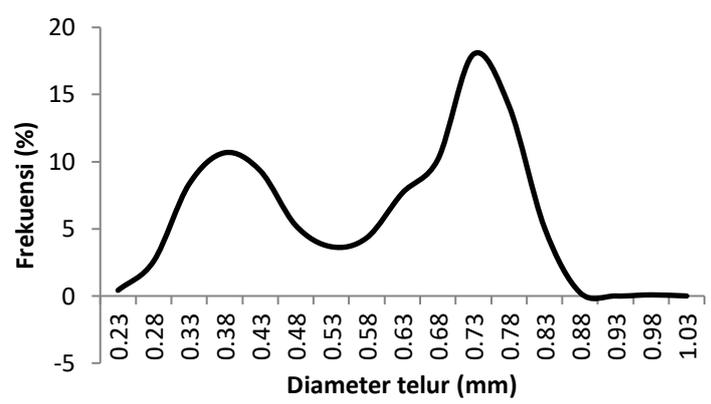
Rata-rata Indeks Kematangan Gonad (IKG) bulanan ikan betina berkisar dari 0,08-4,4 dan jantan dari 1,0-5,5. IKG untuk jantan dan betina memiliki dua puncak dengan indeks tertinggi pada bulan April dan Oktober kemudian menurun pada bulan berikutnya, sehingga diduga pemijahan terjadi pada bulan Mei dan November (Gambar 3.8.)



Gambar 3.8. Indeks kematangan gonad bulanan tongkol abu-abu betina (A) dan jantan (B) di Laut Jawa.

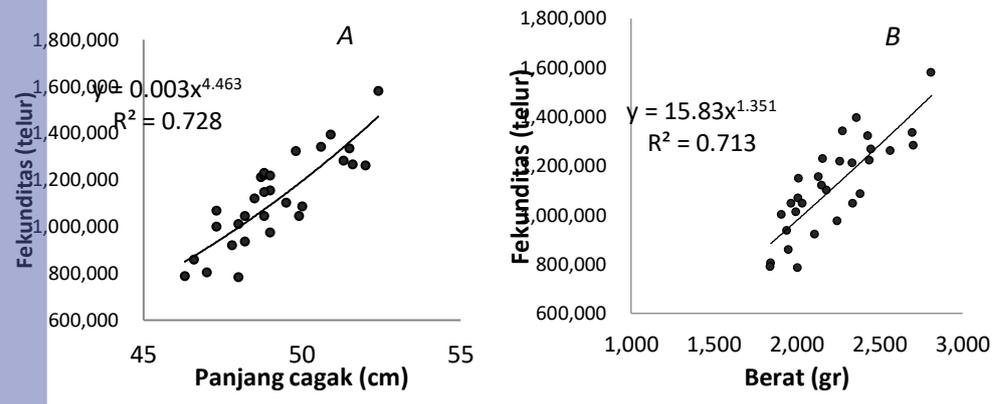
3.4.7 Fekunditas dan Ukuran Telur

Fekunditas tongkol abu-abu (*Thunnus tonggol*) di Laut Jawa antara 783.597 - 1.579.160 telur, diidentifikasi dari ikan betina dewasa berukuran antara 38-52 cm. Diameter telur antara 0,23-1,03 mm, dengan rata-rata 0,56 mm. Distribusi frekuensi telur memiliki dua modus yang menunjukkan bahwa ukuran telur ikan ini heterogen (Gambar 3.9).



Gambar 3.9. Distribusi frekuensi diameter telur tongkol abu-abu di Laut Jawa

Hubungan antara fekunditas dengan panjang dan berat ikan memperlihatkan bahwa ada hubungan yang signifikan antara peningkatan panjang atau berat ikandengan fekunditas artinya semakin besar tongkol abu-abu semakin banyak telurnya (Gambar 3.10).

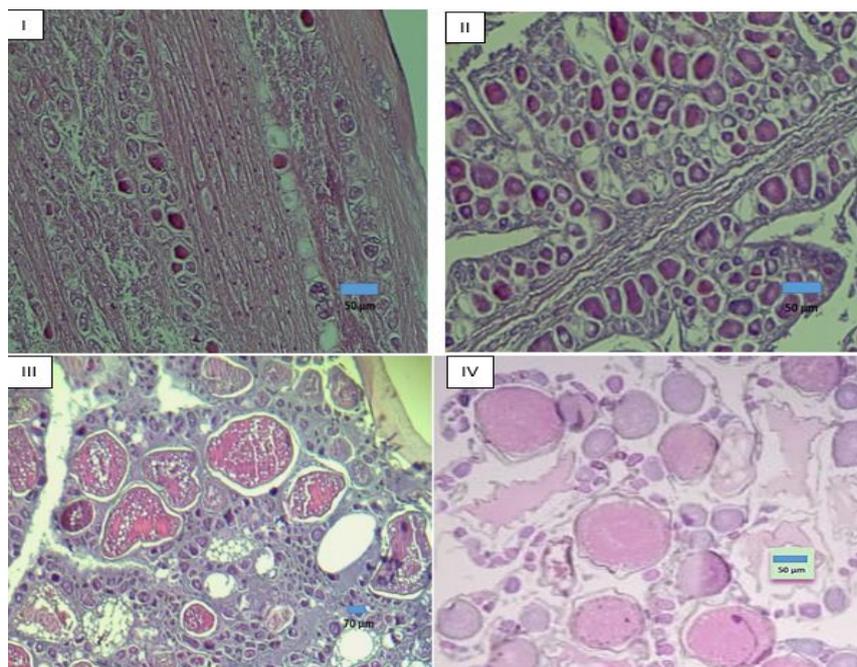


Gambar 3.10. Hubungan (A) fekunditas-panjang, (B) fekunditas-berat tongkol abu-abu

3.4.8 Perkembangan Telur

Perkembangan telur tongkol abu-abu yang dianalisis melalui uji histologi. Berdasarkan perkembangannya dapat diestimasi setidaknya ada empat tingkat kematangan gonad seperti yang terlihat pada Gambar 3.11., sedangkan tingkat V tidak didapat selama penelitian.

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

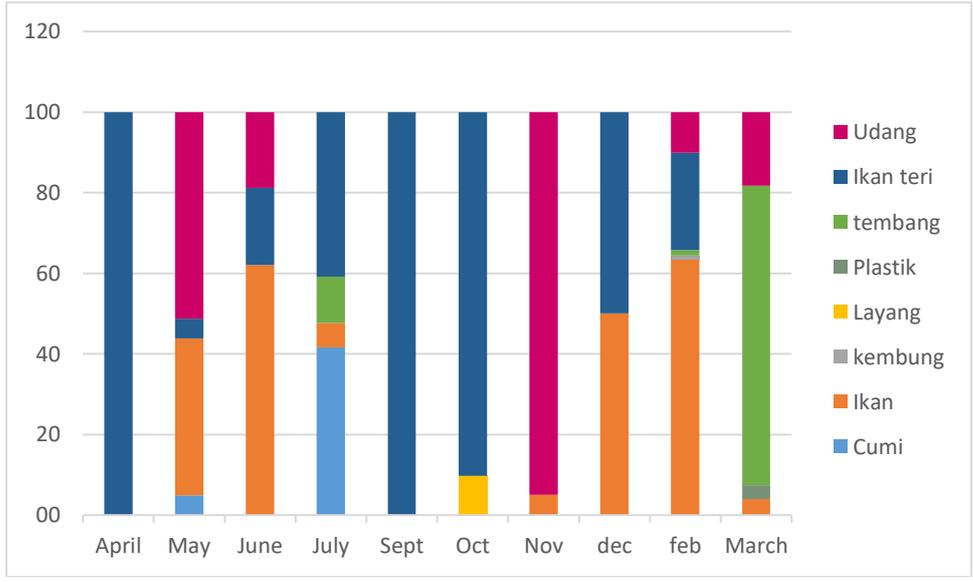


Gambar 3.11. Hasil histologi telur tongkol abu-abu di Laut Jawa

Tingkat I, masih dalam tahap oogenesis, proses perkembangan gonad dalam pembentukan oosit. Oosit masih kecil dan nukleusnya bulat atau oval dengan sitoplasma yang lebih tebal. Tingkat II, oosit mulai tumbuh, ukuran oosit dan nukleus sel tampak bertambah besar dan terjadi penyebaran kuning telur (*yolk*). Tingkat (III) adalah awal pematangan atau vitellogenesis. Jumlah dan ukuran kuning telur meningkat dan terlihat jelas di semua area oosit. Oil droplets muncul di sitoplasma, inti sel terkonsentrasi di oosit pusat. Tingkat IV, adalah pematangan. Banyak yolk telah mencapai oosit yang dipenuhi kuning telur, oil droplets semakin banyak yang menyebar dari sekitar inti sel ke tepi oosit. Sel-sel inti bermigrasi di sekitar oosit dan biasanya digantikan oleh oil droplets yang lebih besar.

3.4.9 Kebiasaan Makanan (*Food habits*)

Hasil analisis isi lambung terhadap 633 ikan sampel, 400 ekor ikan dalam kondisi lambung kosong, analisis makanan tongkol abu-abu dilakukan menggunakan indeks relatif penting (IRP) dapat dilihat pada Gambar 3.12. Pengamatan pada bulan April makanan ikan tongkol abu-abu 100% teri, pada bulan Mei makanan utamanya udang 51,3%, ikan 39%, ikan hancur 4,9%, cumi 4,9%. Bulan Juni makanan utamanya hancuran ikan 62%, teri 19,1%, udang 18,7%; bulan Juli makanannya cumi 41,6%, ikan 6,2%, tembang 11,4%, teri 40,9%. Pada bulan September 99% teri, ikan 1%; bulan Oktober makanan utamanya teri 90,2%, layang 9,7%; bulan November makanan utamanya udang 94,9%, ikan 5,1%. Pada bulan Desember makanannya ikan 50,1%, teri 49,9%, bulan Pebruari makanan utamanya ikan 63%, teri 24%, udang 10%, tembang 1,3%, kembung 0,8%; sedangkan bulan maret makanan utamanya tembang 74,3%, udang 18,3%, ikan 4%, plastik 3,4%. (Gambar 3.12)



Gambar 3.12. Jenis makanan tongkol abu-abu di Laut Jawa

3.5 Pembahasan

Hasil uji t terhadap nilai b pada hubungan panjang berat, menunjukkan pola pertumbuhan ikan tongkol abu-abu bersifat isometrik artinya pertambahan berat sebanding dengan pertumbuhan panjangnya. Hasil penelitian di beberapa area memperlihatkan nilai b yang berbeda. Abdussamad *et al.* (2012) di perairan India, Kaymaram *et al.* (2013) dan Yasemi *et al.* (2017) di Teluk Persian, Hidayat & Noegroho (2017) di Laut Cina Selatan menunjukkan nilai b isometrik. Studi oleh Ahmad *et al.* (2016) di perairan Pakistan, Griffiths *et al.* (2011) di Australia, Darvishi *et al.* (2003) dan Khorshidian & Carrara (1993) di Teluk Persia memperlihatkan pola pertumbuhan allometrik negatif.

Perbedaan nilai b dalam hubungan panjang berat terkait dengan variasi ekosistem dan kondisi biologis seperti periode pemijahan, kematangan seksual, perilaku makan dan kompetisi makanan (Ghosh *et al.* 2010). Selanjutnya Froese (2006) menyatakan variasi dalam nilai b dapat dipengaruhi oleh lokasi geografis, area pengambilan sampel, musim, rentang ukuran dan faktor ekologi seperti suhu. Pertumbuhan alometrik negatif dari ikan yang dapat disebabkan oleh kondisi lingkungan dan ketersediaan makanan yang tidak mencukupi (Arslan *et al.* 2004; Jisr *et al.* 2018).

Informasi tentang nisbah kelamin diperlukan untuk memahami hubungan antara individu, lingkungan dan kondisi populasi (Vicentini & Araújo 2003). Nisbah kelamin tongkol abu-abu dalam penelitian ini menunjukkan tidak berbeda nyata antara jantan dan betina, ini menunjukkan jumlah ikan jantan sama banyak dengan betina dalam populasi. Hasil penelitian tongkol abu-abu di beberapa wilayah perairan lain menunjukkan hasil yang sama yaitu tidak ada perbedaan yang signifikan antara jumlah ikan jantan dan betina atau dalam kondisi seimbang. (Wilson 1981; Yesaki, 1982; Griffiths *et al.* 2010; Hassadee *et al.* 2014). Perbedaan yang tidak signifikan antara jenis kelamin menyiratkan tidak adanya musiman dalam distribusi jenis kelamin dalam populasi (Jega *et al.* 2017). Namun, nisbah kelamin dapat bervariasi dari yang diharapkan 1: 1, hal ini dipengaruhi oleh

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

beberapa faktor seperti adaptasi populasi, perilaku reproduksi, ketersediaan makanan dan kondisi lingkungan (Vandeputte *et al.* 2012).

Ukuran pertama kali matang gonad (Lm) tongkol abu-abu yang ditangkap di Laut Jawa pada penelitian ini adalah 42,3 cm FL. Ukuran matang gonad (Lm) ikan ini di perairan Thailand adalah 39,6 cm (Chuenpan 1985) *T. tonggol* dilaporkan mencapai kematangan seksual pada 39,6 cm di Teluk Persia dan Laut Oman (Hedayatifard 2007) dan pada 37 cm di perairan Taiwan (Chiang *et al.* 2011). Yesaki (1982) dan Cheunpan (1984) dari Thailand masing-masing mencatat panjang 43 dan 40 cm. Pillai dan Ganga (1985) dan Abdussamad *et al.* (2012) di India dilaporkan ukuran pertama kali matang gonad (Lm) masing-masing sebesar 51,1 dan 50 cm. Hidayat & Tegoeh (2017) menyatakan bahwa nilai Lm ikan ini di Laut Cina Selatan adalah 41,1 cm FL. Ukuran pertama kali matang gonad spesies ini terlihat bervariasi di beberapa lokasi. Hal ini disebabkan oleh variasi geografis dan tekanan penangkapan ikan. (Morgan & Colbourne 1999; Claereboudt *et al.* 2005; Moresco & de Bemvenuti 2006; Haig *et al.* 2015). Selain itu variasi nilai Lm ini dapat diakibatkan perbedaan pada variabel lingkungan daripada oleh perbedaan genetik (Duponchelle & Panfilli 1998). Tormosova (1983) mengemukakan bahwa kepadatan stok, makanan, dan suhu air dapat mempengaruhi pertumbuhan ikan dan mempengaruhi umur dan ukuran pertama kali matang gonad. Yoneda & Wright (2004) menyatakan bahwa variasi dalam ukuran kematangan gonad dapat mencerminkan perbedaan populasi.

Ukuran pertama kali tertangkap (Lc) tongkol abu-abu dari jaring insang hanyut dan pukat cincin mini masing-masing adalah 43,1 cm dan 25,9 cm. Ukuran pertama kali matang gonad (Lm) menggunakan model logistik 42,3 cm. Nilai Lc jaring insang hanyut lebih besar dari nilai Lm, hal ini menunjukkan bahwa sebagian besar tongkol abu-abu ditangkap oleh jaring insang hanyut merupakan ikan dewasa yang telah memijah setidaknya satu kali sebelum ditangkap. Sementara nilai Lc dari pukat cincin mini sebagian besar di bawah nilai Lm, berarti sebagian besar tongkol abu-abu ditangkap oleh pukat cincin adalah ikan yang belum memijah. Hal ini menunjukkan jaring insang merupakan alat tangkap yang direkomendasikan untuk menangkap ikan-ikan tongkol.

Perkembangan (indeks kematangan gonad) IKG bulanan bersamaan dengan tahap kematangan gonad secara makroskopis, baik jantan maupun betina dimana mencapai nilai tertinggi pada bulan April dan Oktober kemudian mengalami penurunan di bulan berikutnya. Menurut Widodo (1986); King (1995); Claereboudt *et al.* (2005) bahwa musim pemijahan terjadi sekitar satu bulan setelah persentase tertinggi kematangan gonad ikan dewasa. Sehingga diperkirakan musim pemijahan tongkol abu-abu di Laut Jawa sekitar bulan Mei dan November. Musim pemijahan ikan ini di perairan Thailand terjadi pada Mei dan Agustus (Hassadee *et al.* 2014). Musim pemijahan ikan di perairan India ini terjadi pada bulan Oktober-November (Abdussamasd *et al.* 2012). Padahal musim pemijahan ikan ini di perairan Taiwan sekitar Desember (Wei *et al.* 2011). Perbedaan dalam musim pemijahan terjadi karena lingkungan ekologis yang bervariasi (Agarwal 2008; Jega *et al.* 2018; Papoulias *et al.* 2006). Selain itu suhu air, intensitas penyinaran, dan jenis mangsa dapat mempengaruhi musim pemijahan ikan (Tormosova 1983; Papoulias *et al.* 2006; Ma *et al.* 2012).

Fekunditas tongkol abu-abu dalam penelitian ini berkisar antara antara 783.597 - 1.579.160 butir telur. Informasi tentang fekunditas tongkol abu-abu

terbatas. Studi fekunditas ikan ini sebelumnya bervariasi antara 0,2 sampai 2,0 juta telur (Klinmuang, 1978; Wilson, 1981; Hedayatifard, 2007; Abdussamad *et al.* 2012). Lambert (2008) mengatakan bahwa fekunditas bervariasi dipengaruhi oleh kualitas induk (ukuran, kondisi), ketersediaan makanan, faktor lingkungan dan evolusi (stok biomassa, tekanan penangkapan). Jega *et al.* (2018) menyatakan perbedaan dalam fekunditas dan potensi reproduksi dipengaruhi oleh ukuran ikan, ketersediaan makanan, suhu, salinitas dan genetik.

Distribusi diameter telur memiliki lebih dari satu modus pada telur ikan dewasa ini menunjukkan bahwa pola pemijahan spesies ini dikategorikan sebagai melakukan pemijahan beberapa kali/ multiple spawner (Murua & Saborido-Rey 2003; Lowerre-Barbieri *et al.* 2011b; Schaefer 2001). Dari perkembangan telur secara histologis pada ikan dewasa (TKG III dan IV) tampak bahwa ukuran telur heterogen. Hal ini menunjukkan bahwa perkembangan telur tongkol abu-abu termasuk dalam kategori asinkronus (Murua & Saborido-Rey 2003).

Kebiasaan makanan ikan tongkol abu-abu menunjukkan makanan utamanya ikan teri (*Stolephorus sp*), udang (*Krustacea*), cumi-cumi (*Cephalopoda*), tembang (*Sardinella sp*), dan hancuran ikan. Makanan pelengkap berupa ikan kembung (*Rastreliger sp*) dan layang (*Decapterus sp*). Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa ikan tongkol abu-abu tergolong ikan karnivora yang preferensi makanannya tidak sama setiap bulan artinya bersifat opportunistik, memakan mangsa yang banyak tersedia pada saat itu di alam. Hal ini hampir sama dengan Collete & Nauen (1983) yang menyatakan bahwa ikan ini tergolong karnivora yang makanannya terdiri dari berbagai jenis krustacea, chephalopoda dan ikan. Griffiths *et al.* (2007) menyatakan ikan ini merupakan predator opportunistik yang memangsa ikan pelagis kecil, chephalopoda dan krustacea dan juga terindikasi ada perbedaan komposisi makanan sesuai dengan waktu, tempat dan ukuran ikan.

3.6 Simpulan

Tongkol abu-abu (*Thunnus tonggol*) di Laut Jawa memiliki pola pertumbuhan isometrik. Nisbah kelamin tongkol abu-abu tidak berbeda nyata antara jantan dan betina. tongkol abu-abu yang ditangkap dengan jaring insang hanyut merupakan ikan dewasa sedangkan dari pukot cincin masih belum dewasa. Musim pemijahan terjadi pada bulan Mei dan November dengan tingkat fekunditas antara 783.597 - 1.579.160 telur. Tongkol abu-abu memiliki pola pemijahan yaitu memijah beberapa kali setahun. Tongkol abu-abu tergolong ikan karnivora yang preferensi makanan utamanya tidak sama setiap bulan yaitu teri, udang, cumi-cumi, tembang dan hancuran ikan, sedangkan sebagai pelengkap yaitu ikan kembung dan layang.

IV BEBERPA PARAMETER DINAMIKA POPULASI DAN RASIO POTENSIAL PEMIJAHAN IKAN TONGKOL ABU-ABU DI LAUT JAWA

4.1 Abstrak

Sebanyak 17152 spesimen ikan tongkol abu-abu (*Thunnus tonggol*) telah dikumpulkan dari kapal jaring insang hanyut dan pukat cincin mini, yang berbasis Pekalongan, Jawa Tengah dari April 2018 hingga Maret 2019, untuk mengidentifikasi dinamika populasi spesies ini di Laut Jawa, seperti pertumbuhan, kematian, pola rekrutmen, laju eksploitasi, hasil per penambahan baru (*yield per recruit*) serta rasio potensi pemijahan (*spawning potensial ratio=SPR*). Data panjang cagak dianalisis dengan menggunakan FiSAT II untuk menganalisis parameter populasi. Panjang cagak berkisar antara 9-81 cm, dengan modus antara 47 dan 49 cm. Berdasarkan fungsi pertumbuhan von Bertalanffy diperkirakan laju pertumbuhan (K) 0,41 pertahun, panjang asimtotik (L_{∞}) 78,8 cm, panjang umur nol (t_0) -0,0483, dan pertumbuhan indeks kinerja (ϕ) adalah 3,406. Kematian alami (M), kematian akibat penangkapan ikan (F), dan tingkat kematian total (Z) masing-masing adalah 0,77 per tahun, 0,92 per tahun, dan 1,69 per tahun. Pola rekrutmen terjadi dua kali setahun pada bulan Maret-April (mayor) dan Agustus-September (minor), dan tingkat eksploitasi (E) 0,54 per tahun, yang menunjukkan bahwa tongkol abu-abu di Laut Jawa dieksploitasi sepenuhnya. Hasil per penambahan baru (Y/R) sebesar 547,4 g/r dan mortalitas penangkapan maksimum (F_{max}) 2,2 per tahun, $F_{0,1}$ sebesar 1,38 pertahun. Mortalitas penangkapan tongkol abu-abu (F_{cur}) saat ini sebesar 0,92 per tahun lebih kecil dari titik acuan $F_{0,1}$ sebesar 1,38. Mortalitas penangkapan atau setara dengan upaya penangkapan secara teoritis dapat ditingkatkan sampai 0,46 atau 46%. Rasio potensi pemijahan (SPR) 27% masih lebih kecil dari nilai SPR optimum berada pada 36%. Ikan tongkol abu-abu memiliki fekunditas tinggi sehingga nilai SPR saat ini masih bisa diterima.

4.2 Pendahuluan

Ikan tongkol abu-abu (*Thunnus tonggol*) adalah ikan pelagis yang mempunyai nilai ekonomi penting. Ikan ini mendiami hampir secara eksklusif perairan neritik dekat pantai, menghindari muara, perairan keruh, dan laut terbuka. Distribusi geografisnya meliputi perairan tropis dan subtropis di wilayah Indo-Pasifik antara 47° LU dan 33° LS (Froese & Pauly 2019), dari selatan Jepang, Filipina, Papua Nugini hingga Australia, sedangkan di barat dari Laut Jawa hingga Selat Malaka, Perairan Hindia, Semenanjung Arab, Teluk Persia, Laut Merah hingga Pantai Somalia (Collette & Nauen (1983).

Dalam perikanan Indonesia, spesies ini sering tertangkap bersama ikan tuna neritik lainnya seperti tongkol komo (*Euthynnus affinis*) dan tongkol krai (*Auxis thazard*), dieksploitasi oleh perikanan semi industri dan perikanan skala kecil. Produksi tahunan nasional tongkol abu-abu telah meningkat dari 95.325 ton pada tahun 2006 dan mencapai puncaknya dengan 117.783 ton pada tahun 2011 kemudian turun menjadi 84.022 ton pada tahun 2012 ke level terendah 65.651 ton pada tahun 2016 (DJPT 2017). Kontribusi tongkol abu-abu dari Laut Jawa sebesar 37% dari hasil tangkapan nasional. Di Laut Jawa, tongkol abu-abu ditangkap

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

dengan jaring insang hanyut dan pukat cincin mini. Sebagai spesies target yang penting, penurunan jumlah produksi tahunan merupakan tanda penurunan kondisi stok di mana tindakan pengelolaan yang lebih baik harus dilakukan. Penangkapan yang terus menerus dapat mengakibatkan penurunan hasil penangkapan ikan karena stok berkurang, dalam perikanan hal ini memasuki tahap eksploitasi berlebihan (*over fishing*) yang dapat diikuti oleh kolapsnya perikanan (Hilborn & Walters 1992).

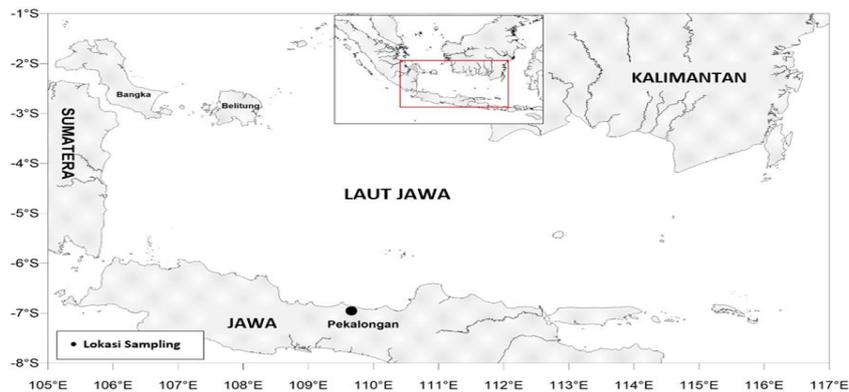
Laju pertumbuhan dan eksploitasi merupakan salah satu informasi kunci dalam pengelolaan perikanan. Data panjang digunakan untuk menganalisis parameter dinamika populasi termasuk distribusi frekuensi panjang, pertumbuhan, mortalitas, dan tingkat eksploitasi sebagai informasi yang dapat digunakan dalam pengkajian stok (Chen & Paloheimo 1994). Studi terkait parameter populasi tongkol abu-abu, telah dilaporkan dari beberapa wilayah seperti India (Abdussamad *et al.* 2012; Kumar *et al.* 2017), Oman dan Teluk Persia (Prabhakar & Dudley 1989; Kaymaram *et al.* 2013; Yasemi *et al.* 2017; Darvishi *et al.* 2018), dan Australia (Griffiths *et al.* 2010). Penelitian tersebut terbatas pada wilayah tertentu.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pertumbuhan, mortalitas dan tingkat eksploitasi ikan tongkol abu-abu di Laut Jawa. Pengetahuan parameter-parameter dinamika populasi tersebut akan menjadi dasar penting bagi pengelolaan keberlanjutan perikanan ini, dalam artian langkah-langkah pengelolaan berbasis hasil penelitian yang *up to date*.

4.3 Metode

4.3.1 Pengumpulan Data

Penelitian ini dilakukan dari April 2018 sampai Maret 2019. Contoh ikan tongkol abu-abu diperoleh dari hasil tangkapan jaring insang hanyut dan pukat cincin mini dengan mata jaring rata-rata berukuran 4 dan 1 inci. Hasil tangkapan didaratkan di lokasi PPN Pekalongan, Jawa Tengah (Gambar 4.1). Pengukuran ikan contoh tongkol abu-abu dipilih secara acak dan panjang cagak diukur dengan ketelitian 0,1 cm.



Gambar 4.1. Lokasi Penelitian di Laut Jawa.
(titik hitam merupakan lokasi pendaratan di Pekalongan yang sekaligus lokasi pengambilan sampel).

4.3.2 Analisis Data.

Data panjang dikelompokkan dengan kelas interval 3 cm. Berdasarkan data panjang cagak yang dikumpulkan kemudian disusun dalam bentuk distribusi frekuensi panjang bulanan. Data ini selanjutnya digunakan untuk mengestimasi parameter populasi. Pendugaan nilai koefisien koefisien pertumbuhan (K) dan panjang asimtotik (L_{∞}) dianalisis menggunakan ELEFAN (Electronic Length Frequency ANalysis) model I dari FiSAT (FAO-ICLARM Stock Assessment Tools) II (Gayanilo *et al.* 2005). Umur secara teoritis pada panjang nol (t_0) dihitung menggunakan persamaan dari Pauly (1983):

$$\text{Log}(-t_0) = -0,3922 - 0,2752 \text{ Log } L_{\infty} - 1,038 \text{ Log } K$$

Model pertumbuhan yang digunakan adalah persamaan Von Bertalanffy (Sparre & Venema 1999):

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

dimana:

L_t = Panjang(cm) pada umur t (tahun)

L_{∞} = Panjang asimptotik (cm)

K = Koefisien pertumbuhan (per tahun)

t_0 = Umur teoritis ikan pada saat panjangnya sama dengan nol (tahun)

t = Umur ikan (tahun)

Growth performance index (ϕ) dihitung menggunakan persamaan (Pauly & Munro 1984):

$$\phi = \text{Log } K + 2 * \text{Log } L_{\infty}$$

Mortalitas alami (M) diduga dengan menggunakan persamaan empiris Pauly (1980) dengan rumus:

$$\ln M = -0,0152 - 0,279 * \ln(L_{\infty}) + 0,6543 * \ln(K) + 0,4634 * \ln(T)$$

T adalah rata-rata suhu permukaan air laut ($^{\circ}\text{C}$), (pada studi kali ini, $T = 30^{\circ}\text{C}$, menurut Ma'mun *et al.* 2019).

Pendugaan mortalitas total (Z), menggunakan metode Beverton dan Holt dalam (Sparre & Venema, 1999) yaitu:

$$Z = K \frac{L_{\infty} - \bar{L}}{\bar{L} - L'}$$

Dimana:

K = Koefisien laju pertumbuhan (per tahun)

L_{∞} = Panjang asimptotik (cm)

\bar{L} = Panjang rata-rata ikan yang tertangkap (cm)

L' = Batas terkecil ukuran kelas panjang ikan yang telah tertangkap (cm)

Dari hasil pendugaan nilai Z dan M, maka mortalitas penangkapan (F) diperoleh dari persamaan Pauly (1983):

$$F = Z - M$$

Laju eksploitasi (E) diperoleh dari persamaan Gulland (1983):

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

Hasil per penambahan baru atau *Yield per recruit* (Y/R)' merupakan model prediksi yang dapat memberikan informasi pengaruh dari penangkapan terhadap kondisi suatu stok yang diperlukan untuk pengelolaan. *Yield per recruit* (Y/R) dianalisis dengan metode Beverton dan Holt dalam (Sparre & Venema, 1999) yaitu:

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

(Y/R)' adalah hasil per penambahan baru relatif; K adalah laju pertumbuhan; M adalah mortalitas alami; Z adalah mortalitas total; E adalah laju eksploitasi; dimana U diperoleh dari:

$$U = 1 - \left(\frac{L_c}{L_\infty} \right)$$

dan m dibatasi sebagai:

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

Titik acuan (F_{0,1}) merupakan laju kematian karena penangkapan (F) saat hasil per penambahan baru sama dengan 10% dari biomasa awal atau dengan persamaan $V = Y - 0,1 * B_0 * F$ di mana nilai Y merupakan hasil per penambahan baru maksimum (Y/R_{max}), F sebagai variabel independen dan V sebagai variabel dependen (Cadima, 2003). Titik acuan (F_{0,1}) diperoleh dari hasil analisis persamaan regresi yaitu $-b/2a$ berdasarkan hubungan upaya penangkapan (F) sebagai variabel independen dan nilai V sebagai variabel dependen.

Estimasi rasio potensial pemijahan atau *Spawning Potential Ratio* (SPR) diperoleh dengan metode berbasis data panjang (*Length based SPR*). Secara umum prinsip SPR adalah sumberdaya ikan yang belum dieksploitasi memiliki potensi memijah 100% dengan adanya penangkapan menyebabkan penurunan SPR 100% menjadi SPR X % (Prince *et al.* 2014). Nilai SPR ikan akan tinggi jika ikan berukuran besar, tertangkap dalam jumlah yang banyak dan sebaliknya SPR rendah jika ikan berukuran besar atau lebih besar dari ukuran matang gonad, tertangkap dalam jumlah yang sedikit (Hordyk *et al.* 2015; Prince *et al.* 2015). Data input yang digunakan dalam analisis SPR adalah rasio M/K, panjang asimptotik (L_∞), proporsi 50% matang gonad (L_m), proporsi 95% matang gonad (L_{m95}) dan data panjang ikan. Adapun analisis SPR mengikuti metode yang dikembangkan Prince *et al.* (2014) yaitu:

$$SPR = \frac{\sum_{t=0}^t EP_t}{\sum_{t=0}^{tmax} EP_t}$$

$$EP_t = (N_{t-1}e - M)f_t$$

Dimana:

- EP_t = reproduksi output pada umur t
- N_t = jumlah individu pada waktu t dengan N₀ adalah 1000
- M = mortalitas alami
- f_t = rata-rata fekunditas

Namun karena nilai f_t tidak ada maka EP_t dihitung dengan persamaan:

$$EP_t = N_t * W_t * m_t$$

Dimana:

- W_t = berat ikan pada umur t
- m_t = ukuran ikan rata-rata matang gonad

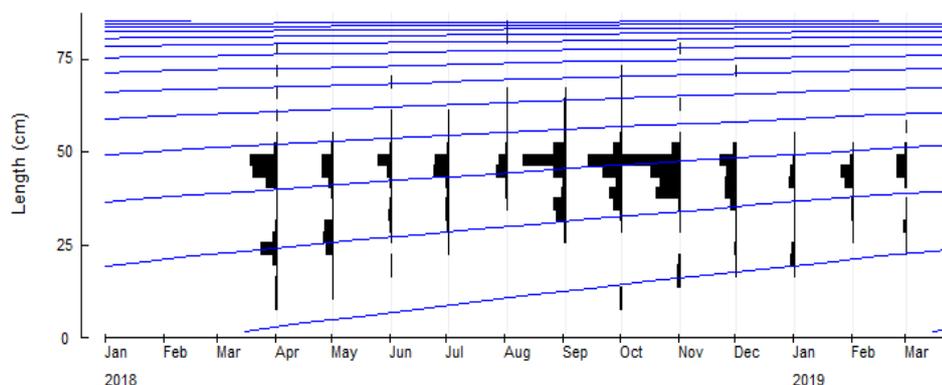
Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

4.4 Hasil

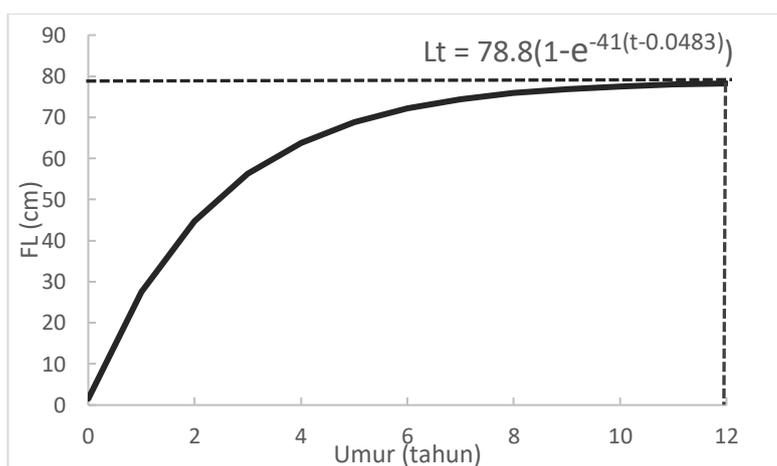
4.4.1 Pertumbuhan

Analisis dengan *Electronic Length Frequency Analysis* (ELEFANI) dalam program FiSAT-II menunjukkan garis pertumbuhan dari bulan ke bulan dan diperoleh parameter pertumbuhan, panjang infinity (L_{∞}) adalah 78,8 cm dan laju pertumbuhan (K) sebesar 0,41 per tahun, $(t_0)=-0,0483$, $R_n = 0,252$, dan *growth performance index* (ϕ) 3,41, (Gambar 4.2.).

Berdasarkan nilai L_{∞} , K , dan t_0 diperoleh persamaan pertumbuhan dari Von Bertalanffy $L_t=78,8 (1-e^{-0,42(t-0,0483)})$. Dari kurva pertumbuhan dapat diketahui tongkol abu-abu pada umur 1, 2, 3, 4, 5 dan 6 tahun masing-masing mencapai panjang 27,53, 44,77, 56,22, 63,81, dan 68,85 cm. nilai K tertinggi ditemukan pada umur 0 sd 1 tahun rata-rata 2,16 cm per bulan. Panjang infinity ikan tongkol abu-abu yaitu 78,8 cm diperkirakan tercapai pada umur ikan sekitar 12 tahun (Gambar 4.3.).



Gambar 4.2. kurva pertumbuhan Von Bertalanffy dari FiSAT II tongkol abu-abu di Laut Jawa

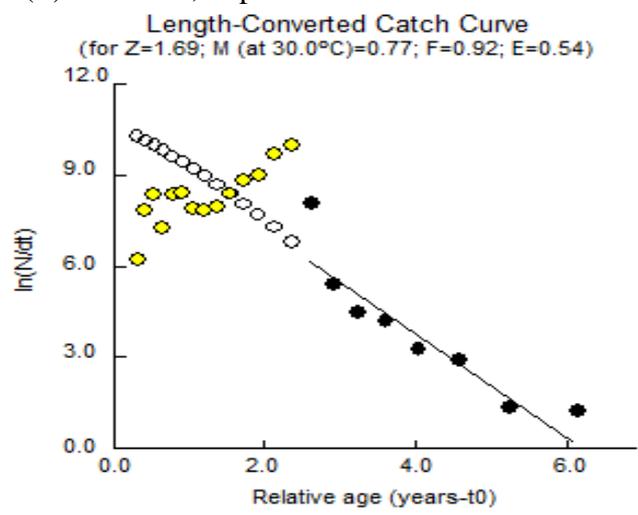


Gambar 4.3. kurva pertumbuhan terhadap umur tongkol abu-abu di Laut Jawa

4.4.2 Mortalitas dan Laju Eksploitasi

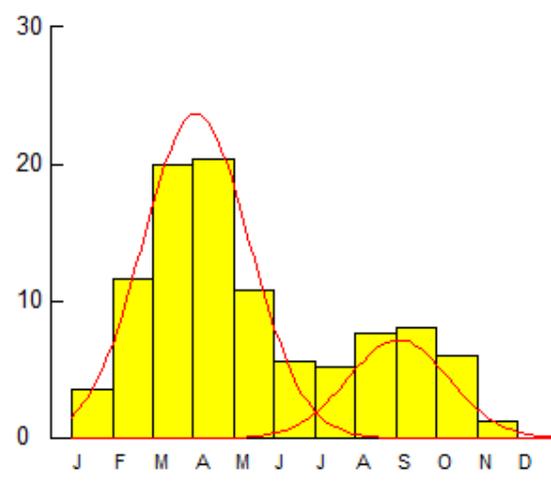
Laju mortalitas total (Z) ditentukan oleh laju mortalitas alami (M) dan mortalitas karena penangkapan (F). Dengan paket program FiSAT-II menggunakan

kurva konversi hasil tangkapan pada suhu rata-rata 30°C, maka diperoleh nilai $M=0,77$ pertahun, $F=0,92$ pertahun sehingga diperoleh nilai $Z=1,69$ pertahun (Gambar 4.4.). Berdasarkan parameter mortalitas tersebut maka diperoleh nilai laju eksploitasi (E) sebesar 0,54 pertahun.



Gambar 4.4. Kurva hasil tangkapan menurut ukuran panjang tongkol abu-abu.

Pola rekrutmen dari tongkol abu-abu di Laut Jawa terjadi dua kali dalam setahun, yaitu pada Maret-April (puncak rekrutmen) dan Agustus-September (Gambar 4.5.).



Gambar 4.5. Pola rekrutmen tongkol abu-abu di Laut Jawa

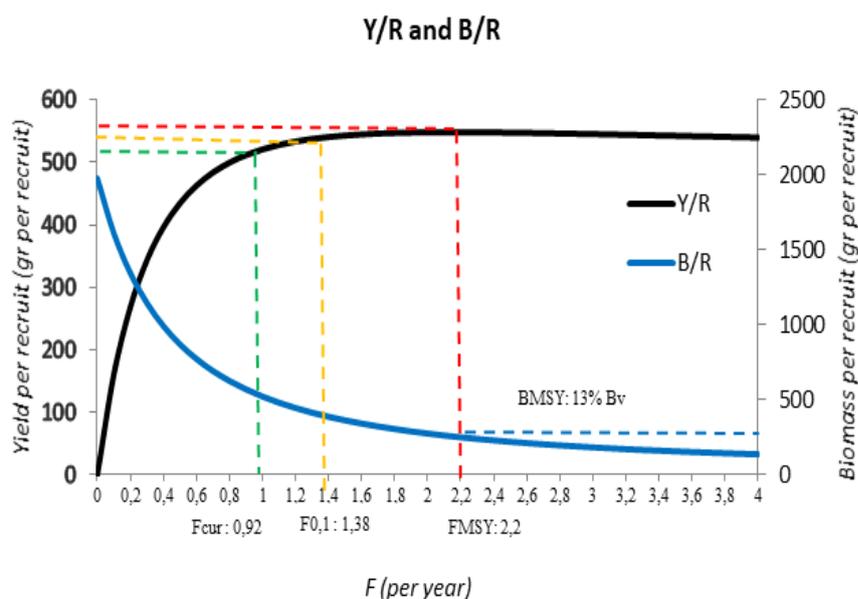
4.4.2. Hasil per Penambahan Baru (Yield Per Recruit)

Hasil per penambahan baru (*yield per recruit*) ikan tongkol abu-abu menunjukkan peningkatan hingga mencapai maksimum pada saat kematian karena penangkapan (F_{max}) 2,2 pertahun dan hasil per penambahan baru (Y/R_{max}) sebesar 547,46 gr/rekrut dan biomass per recruit (B/R_{max}) sebesar 248,85 gr/rekrut, atau biomasa per rekrut sebesar 13% dari biomas awal (B_v), setelah

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

mencapai puncaknya hasil per penambahan mulai mengalami penurunan (Gambar 4.6.)

Koefisien kematian $F_{0,1}$ sebesar 1,38 per tahun. Koefisien kematian karena penangkapan saat ini (F_{cur}) ikan tongkol abu-au di Laut Jawa sebesar 0,92 dengan hasil per penambahan baru saat ini (Y/R_{cur}) sebesar pertahun gr/rekrut. Koefisien kematian karena penangkapan saat ini (F_{cur}) lebih kecil dibandingkan titik acuan $F_{0,1}$ hal ini menunjukkan tingkat pemanfaatannya masih belum mencapai kondisi lebih tangkap.



Gambar 4.6. Kurva hasil per penambahan baru dan biomassa per penambahan baru tongkol abu-abu yang tertangkap di Laut Jawa.

4.4.3. Rasio Potensi Pemijahan (*Spawning Potential Ratio=SPR*)

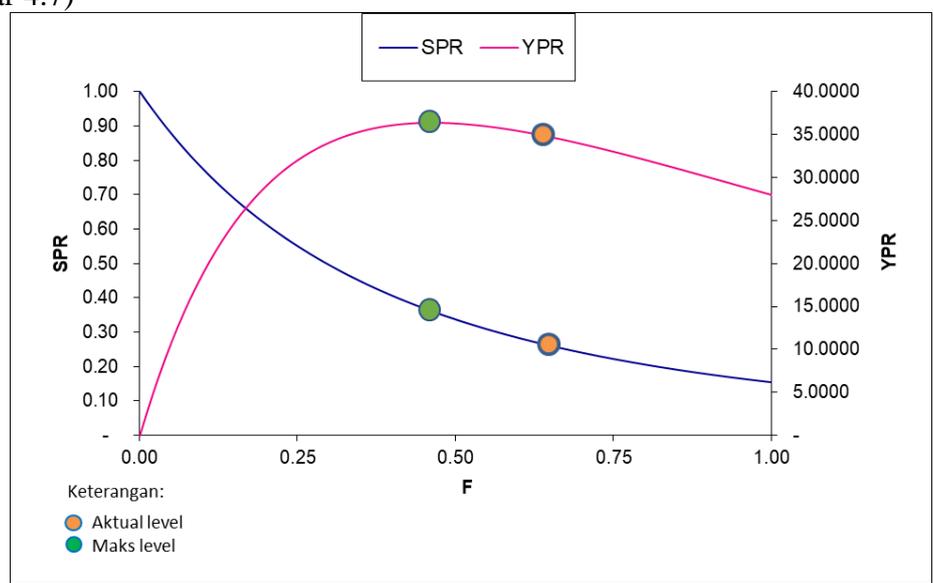
Analisis rasio potensi pemijahan (*Spawning Potential Ratio=SPR*) ditentukan berdasarkan data rasio M/K , panjang asimtotik (L_{∞}), panjang pertama kali matang gonad (L_m) 50% dan L_m 95%. Estimasi rasio potensi pemijahan ikan tongkol abu-abu di Laut Jawa adalah 27% (Tabel 4.1).

Tabel 4.1. Estimasi rasio potensi pemijahan ikan tongkol abu-abu di Laut Jawa

Parameter	Estimasi
M/K	1,9
L_{∞}	78,8 cm
L_{m50}	42,3 cm
L_{m95}	49,5 cm
SPR	27%

Untuk melanjutkan pada tingkat berapa SPR yang optimum dilakukan analisis hubungan SPR dengan Y/R . Hasil analisis menunjukkan SPR yang

optimum adalah 0,36 (36%) untuk menghasilkan Y/R maksimum 36,42, kondisi aktual saat ini bahwa SPR berada pada 0,27 (27%) sementara Y/R adalah 34,76 (Gambar 4.7)



Gambar 4.7. Hubungan SPR dengan Y/R tongkol abu-abu

4.5. Pembahasan

Sampel yang dianalisis tidak dipisahkan jantan dan betina karena tongkol abu-abu bukanlah spesies dimorfisme, artinya tidak ada perbedaan karakteristik morfologi yang signifikan antara jantan dan betina (Schaefer 2001). Selanjutnya, Griffiths *et al.* (2017) menyatakan bahwa secara statistik tidak ada perbedaan yang ditemukan pada karakteristik morfometrik antar jenis kelamin pada tongkol abu-abu.

Parameter pertumbuhan ikan tongkol abu-abu pada penelitian ini dibandingkan hasil penelitian sebelumnya di beberapa perairan menunjukkan hasil berbeda-beda (Tabel 4.2.).

Tabel 4.2. Parameter pertumbuhan tongkol abu-abu dari berbagai area

Area	L_{∞} (cm)	k(/th)	t_0 (/th)	Metode	Penulis
Papua Nugini	122,9	0,41	0,032	Lengthfrekuensi	Wilson 1981a
Papua Nugini	131,8	0,395	0,035	Otolith	Wilson 1981b
India	93	0,49	-0,24	Lengthfrekuensi	Silas <i>et al.</i> 1985
Thailand	58,2	1,44	0,027	Lengthfrekuensi	Supongpan & Saikliang 1987
Oman	133,6	0,228	-	Lengthfrekuensi	Prabhakar & Dudley 1989
Thailand	108	0,55	-	Lengthfrekuensi	Yesaki 1989
Jepang	55	1,7	0,089	Otolith	Itoh <i>et al.</i> 1999
Australia	135,4	0,233	-0,02	Otolith	Griffiths <i>et al.</i> 2010
India	123,5	0,51	0,032	Lengthfrekuensi	Abdussamad <i>et al.</i> 2012
Iran	133,8	0,35	-	Lengthfrekuensi	Kaymaram <i>et al.</i> 2013
Pakistan	55,7	1,049	-	Lengthfrekuensi	Ahmed <i>et al.</i> 2016
Iran	129,6	0,39	-0,28	Lengthfrekuensi	Darvishi <i>et al.</i> 2016
Iran	111,23	0,3	-0,38	Lengthfrekuensi	Yasemi <i>et al.</i> 2017
Laut Jawa	78,8	0,41	0,048	Lengthfrekuensi	Penelitian ini

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Tabel 4.2 menunjukkan nilai parameter pertumbuhan pada tongkol abu-abu dari berbagai area. Perbedaan geografis dan metode analisis yang digunakan mengakibatkan variabilitas dalam parameter pertumbuhan. Selain itu perbedaan dapat diakibatkan dari berbagai alat tangkap yang digunakan termasuk jaring insang, pancing tonda, pancing dan pukat (Pillai *et al.* 2002; Mehanna *et al.* 2013). Dalam hal parameter nilai L_{∞} dan K, Taghavi Motlagh *et al.* (2010) menyatakan perbedaan pada kedua parameter tersebut mungkin terkait dengan bias pada saat pengambilan sampel, intensitas penangkapan atau kondisi lingkungan.

Dari berbagai metode yang digunakan untuk memperkirakan pertumbuhan, yaitu tagging, analisis bagian keras ikan (otoliths, vertebrae), dan distribusi frekuensi panjang metode frekuensi panjang dianggap lebih dapat diterapkan untuk daerah tropis. Hal ini dikarenakan di perairan tropis, perubahan bagian keras (seperti otolith) kurang terlihat, oleh karena itu sulit menggunakan cincin musiman untuk memperkirakan pertumbuhan dan usia (Sparre & Venema 1998). Selain itu karakteristik faktor ekologi di berbagai daerah seperti kepadatan populasi, suhu dan kelimpahan mangsa dapat menyebabkan bervariasinya nilai parameter pertumbuhan (Ju *et al.* 2016; Wootton 1998; Magnussen 2007).

Mortalitas total (Z) pada penelitian ini sedikit lebih tinggi dibandingkan dengan hasil penelitian Yasemi *et al.* (2017) di Teluk Persia sebesar 1,15 pertahun. Nilai yang lebih tinggi dicatat oleh Abdussamad *et al.* (2012) dengan 3,85 pertahun di perairan India. Angka kematian alami (M) pada penelitian ini adalah 0,77 pertahun. Nilai M ini lebih tinggi daripada di Teluk Persia, perairan Oman, dan Pesisir Iran dengan masing-masing 0,43, 0,429, dan 0,44 per tahun (Yasemi *et al.* 2017; Prabhakar & Dudley 1989; Kaymaram *et al.* 2013). Nilai M pada penelitian ini sama dengan nilai M di perairan India dengan 0,77 pertahun (Abdussamad *et al.* 2012). Kematian alami tergantung pada tekanan penangkapan, suhu rata-rata air laut selama periode pengambilan sampel, penyakit, keberadaan predator, stres, dan usia tua (Sparre & Venema 1998; Darvisi *et al.* 2018). Kesulitan dalam memperkirakan nilai M juga terkait dengan pemilihan metode estimasi dan perbedaan wilayah studi (Sun *et al.* 2003). Nilai mortalitas penangkapan dan laju eksploitasi ikan tongkol abu-abu di Laut Jawa masing-masing adalah 0,92 pertahun dan 0,54 pertahun. Menurut Gulland (1983), stok yang tereksploitasi secara optimal ketika nilai mortalitas karena penangkapan (F) sama dengan mortalitas alami (M), atau nilai laju eksploitasi tertinggi adalah 0,5. Kumar *et al.* (2017) menyatakan bahwa laju eksploitasi spesies ini di perairan India adalah 0,42. Adanya perbedaan tingkat eksploitasi di beberapa daerah dengan daerah lain disebabkan oleh perbedaan tekanan penangkapan. Tingkat eksploitasi tongkol abu-abu pada penelitian ini adalah 0,54, hal ini menunjukkan bahwa tongkol abu-abu di Laut Jawa telah dieksploitasi secara optimal. Penggunaan tingkat eksploitasi (E) sebesar 0,5 sebagai reference point tidak bisa dipercaya sepenuhnya karena bisa menimbulkan bias, hal ini disebabkan perikanan yang selektif bisa menargetkan hanya beberapa kelas tahun tertebtu dalam stok dalam analisisnya (Horczyk *et al.* 2015).

Ukuran tongkol abu-abu pada saat rekrutmen sebesar 9-10 cmFL. Melihat tingkat pertumbuhan spesies ini menunjukkan bahwa rekrutanmen pada Maret-April berasal dari musim pemijahan pada musim timur dan rekrutmen Agustus-



September berasal dari pemijahan pada musim barat. Hal ini serupa dengan yang dilaporkan di Indian Water (Abdussamad *et al.* 2012), Bahwa rekrutmen yang terjadi dua kali diduga terkait dengan adanya dua musim muson di area ini (Pauly & Navaluna 1983; Ingles & Pauly 1984).

Hasil per penambahan baru (Y/R) tongkol abu-abu meningkat seiring meningkatnya upaya (F) sampai mencapai titik maksimum yaitu sebesar 547,4 g/r dan upaya penangkapan maksimum (F_{max}) 2,2 per tahun. kemudian Y/R akan mengalami penurunan setelah mencapai upaya maksimum. Titik acuan yang dihasilkan dari model hasil per penambahan baru adalah upaya maksimum (F_{max}) dan upaya saat hasil sama dengan 10% dari biomasa awal ($F_{0,1}$). Upaya penangkapan tongkol abu-abu (F_{cur}) saat ini sebesar 0,92 per tahun lebih kecil dari titik acuan F_{max} sebesar 2,2 pertahun dan $F_{0,1}$ sebesar 1,38 pertahun. Hal ini menunjukkan upaya penangkapan tongkol abu-abu secara teoritis masih dapat ditingkatkan sampai 0,46 atau 46% dari upaya sekarang sampai titik $F_{0,1}$. Sementara bila dilihat dari biomas per rekrut (B/R_{max}) sebesar 248,85 gr/rekrut sedangkan B/R $_{0,1}$ sebesar 390.872 gr/rekrut, sedangkan B/R saat ini adalah 567.88 gr/rekrut artinya B/R actual baru sebesar 69% dari B/R $_{0,1}$ atau bisa ditingkatkan 31%. Namun diperlukan monitoring ketat dan penuh kehati-hatian. Pengelolaan perikanan yang mengacu pada $F_{0,1}$ sebagai titik acuan ini sudah banyak dilakukan terhadap berbagai jenis komoditas perikanan (Clark 1991; Hilborn & Walters 1992; Punt 1993; Mace 1994; Chang *et al.* 2009; Mehanna *et al.* 2012). Hal ini karena $F_{0,1}$ ini dinilai sebagai titik acuan yang paling stabil dan dapat diterima karena resiko terjadinya penurunan stok sangat rendah (Punt 1993; Clark 1991; Mace 1994).

Rasio potensi pemijahan merupakan proporsi ikan tidak tertangkap yang berpotensi melakukan pemijahan setelah adanya tekanan penangkapan (Walters & Martell 2004; Prince *et al.* 2015). Estimasi rasio potensi pemijahan ikan tongkol di Laut Jawa diperoleh sebesar 27%, menunjukkan terdapat sekitar 27% populasi ikan tidak tertangkap yang berpotensi melakukan pemijahan. Menurut Prince *et al.* (2015) titik referensi SPR adalah 20% sebagai ambang batas minimum (*limit reference point*) dan batas atas (*target reference point*) sebesar 40%. Rasio potensi pemijahan (SPR) tongkol abu-abu di Laut Jawa berada mendekati titik referensi minimum hal ini menunjukkan pengusahaannya sudah optimum sehingga pemanfaatan perlu memperhatikan selektivitas alat tangkap. Hasil analisis hubungan SPR dengan Y/R menunjukkan SPR yang optimum yaitu 0,36 (36%) untuk mendapatkan hasil Y/R maksimum. Rasio potensi pemijahan (SPR) tongkol abu-abu di Laut Jawa lebih kecil dari nilai ideal hal ini, sehingga berdasarkan konsep ini untuk meningkatkan nilai SPR secara teori perlu dilakukan langkah-langkah antara lain dengan mengurangi F (*fishing mortality*) yang identik dengan pengurangan effort sebesar 9%, selain itu dapat pula dengan memperbesar ukuran mata jaring alat tangkap. Model SPR adalah metode yang relatif baru yang dikembangkan untuk perikanan dengan data terbatas, model ini merupakan pengembangan dari model Beverton-Holt dengan menggunakan data *life history* suatu spesies yang diteliti (Prince *et al.* 2015). Pendekatan SPR tidak dimaksudkan untuk menggantikan metode pengkajian stok yang lebih komprehensif, namun sebagai alternatif pengkajian yang lebih praktis dan biaya rendah. Prince *et al.* (2015) telah menggunakan model SPR ini untuk mengkaji 12 spesies ikan terumbu karang Indo-Pasifik di Palau, yang menunjukkan bahwa model tersebut mudah diterapkan perikanan yang memiliki data yang terbatas. Ikan-ikan terumbu karang

memiliki fekunditas yang relative rendah seperti ekor kuning (*Caesio cuning*) 13.355-151.632 butir telur (Prihatiningsih *et al.* 2018) dan ikan swanggi (*Priacantus macracantus*) fekunditasnya rata-rata 230.000 butir telur (Jabbar *et al.* 2018), sementara fekunditas ikan tongkol abu-abu pada penelitian ini sebesar 783.597 - 1.579.160 telur. Model SPR secara umum nilai acuan reference pointnya 20-40% karena awalnya digunakan untuk ikan-ikan karang yang fekunditasnya rendah sehingga diperlukan indukan atau ikan dewasa yang cukup banyak agar populasinya bisa bertahan, sedangkan untuk ikan tongkol abu-abu yang memiliki fekunditas tinggi nilai SPR sebesar 27% dalam kondisi masih bisa diterima.

4.6. Simpulan.

Tongkol abu-abu di laut Jawa memiliki laju pertumbuhan K sebesar 0,41 pertahun, dan dapat tumbuh pada panjang asimtotik 78,8 cm. Mortalitas alami, mortalitas akibat penangkapan ikan, dan mortalitas total masing-masing adalah 0,77 pertahun, 0,92 pertahun, dan 1,69 pertahun. Rekrutmen terjadi dua kali setahun yaitu pada bulan Maret-April (mayor) dan Agustus-September (minor). Tingkat eksploitasi 0,54 pertahun. Tingkat eksploitasi *T. tonggol* di Laut Jawa sudah *full eksploitasi*. Berdasarkan model hasil per penambahan baru (*Yield per Recruit*) upaya penangkapan tongkol abu-abu secara teoritis masih dapat ditingkatkan sampai 0,46 atau 46% dari upaya titik acuan $F_{0.1}$. Sedangkan rasio potensi pemijahan (SPR) sebesar 27%, SPR yang optimum yaitu 0,36 (36%) untuk mendapatkan hasil Y/R maksimum, sehingga secara teori *fishing mortality* atau *effort* perlu diturunkan 9%. Rasio potensi pemijahan (SPR) tongkol abu-abu di Laut Jawa lebih kecil dari nilai ideal, namun mengingat ikan tongkol abu-abu mempunyai fekunditas yang tinggi maka nilai SPR pada penelitian ini bisa diterima.



V PERIKANAN TONGKOL (TUNA NERITIK) DAN STATUS PEMANFAATANNYA DI LAUT JAWA

5.1 Abstrak

Tuna neritik merupakan komoditas perikanan penting di Laut Jawa, ketersediaan data dan informasi mengenai karakteristik perikanan tuna neritik masih terbatas. Penelitian dilakukan pada tahun 2018. Pengumpulan data dilakukan oleh peneliti dengan bantuan enumerator yang memantau dan mengumpulkan data dari para nelayan. Metode yang digunakan adalah observasi langsung di lokasi penelitian dan wawancara dengan nelayan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis informasi karakteristik perikanan tuna neritik tentang fluktuasi hasil tangkapan, CPUE, komposisi hasil tangkapan, daerah penangkapan, musim penangkapan di Laut Jawa. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tuna neritik di Laut Jawa ditangkap dengan pukat cincin mini, jaring insang hanyut dan jaring insang lingkaran. Hasil tangkapan tahunan tuna neritik masih fluktuatif. CPUE beberapa alat tangkap berfluktuasi, trend CPUE pukat cincin mini dan jaring insang hanyut cenderung menurun sedangkan CPUE jaring insang lingkaran cenderung naik. Komposisi tangkapan pukat cincin mini didominasi oleh ikan pelagis kecil sedangkan komposisi tangkapan jaring insang hanyut dan jaring insang lingkaran didominasi oleh tuna neritik. Daerah penangkapan pukat cincin mini dan jaring insang hanyut dan jaring insang lingkaran di sekitar barat pulau Karimun, sedangkan pukat cincin dari barat Masalembu dan sekitar Matasiri. Musim penangkapan terjadi pada bulan April hingga Mei dan Oktober hingga Desember. Kondisi aktual tingkat pemanfaatan sumberdaya ikan tongkol sudah mencapai 65-67% dari *MSY* dan 35-42% dari *fMSY*. Analisis dinamika biomassa (non equilibrium) kondisi tingkat eksploitasi dan kondisi sumber daya ikan tongkol di Laut Jawa pada level aman, hasil proyeksi scenario pertama kenaikan 0,1 dari *MSY* selama 5 tahun kedepan

5.2 Pendahuluan

Laut Jawa merupakan perairan dangkal yang merupakan bagian dari Paparan Sunda dengan kedalaman kurang dari 130m dan rata-rata 50 m, serta memiliki banyak gugusan pulau kecil. Perairan ini memiliki potensi sumberdaya ikan, terutama ikan pelagis kecil dan ikan pelagis besar. Hasil tangkapan dari Laut Jawa didaratkan di beberapa lokasi pendaratan seperti Tegal, Pekalongan, Juwana-Pati, Rembang dan Brondong. Pekalongan merupakan salah satu tempat pendaratan utama kapal penangkap ikan yang beroperasi di Laut Jawa. Di Pekalongan ikan tuna neritik seperti tongkol komo (*Euthynnus affinis*), tongkol abu-abu (*Thunnus tonggol*) dan tongkol krai (*Auxis thazard*) dan tongkol lisong (*Auxis rochei*) ditangkap dengan pukat cincin (purse seine), pukat cincin mini (*mini purse seine*), jaring insang hanyut (*drift gill net*) dan jaring insang lingkaran (*Encircling gill net*).

Komoditas tangkapan utama di Laut Jawa adalah ikan pelagis kecil seperti ikan layang (*Decapterus spp*), kembung (*Rastrelliger spp*), selar (*Selar spp*) dan tembang (*Sardinella spp*) (Merta *et al.* 2004). Eksploitasi ikan pelagis dilakukan sejak tahun 1980-an (Sadhotomo *et al.* 1986). Penangkapannya terutama menggunakan pukat cincin, 90% tangkapan pukat cincin terdiri dari ikan pelagis

kecil seperti layang benggol (*Decapterus russelli*), layang deles (*Decapterus macrosoma*), layang biru (*Decapterus macarellus*), selar bentong (*Selar crumenophthalmus*), kembung lelaki (*Rastrelliger kanagurta*) dan selar kuning (*Sardinella gibosa*), sedangkan neritic tuna tertangkap dalam persentase kecil (Potier & sadhotomo 1994). Ikan pelagis besar seperti tuna neritik mulai dieksploitasi secara intensif sejak tahun 2000-an.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perkembangan hasil tangkapan per upaya atau *catch per unit effort* (CPUE), komposisi hasil tangkapan, musim penangkapan status pemanfaatan perikanan tongkol di Laut Jawa dengan metode Surplus Produksi dan Dinamika Biomassa. Diharapkan data dan informasi yang dihasilkan dapat menjadi masukan bagi pengelolaan perikanan tuna neritik di Laut Jawa.

5.3 Metode

Penelitian dilakukan di tempat pendaratan ikan di Pekalongan, Jawa Tengah, selama periode 2018-2019. Pengumpulan data dilakukan oleh peneliti dan dibantu oleh enumerator. Data produksi tangkapan ikan-ikan tongkol (tuna neritik) merupakan data dari gabungan jenis-jenis tongkol dalam beberapa tahun terakhir, yang diperoleh dari catatan pendaratan harian yang kapal beroperasi di Laut Jawa. Data pencatatan hasil tangkapan harian diantaranya meliputi nama kapal, jenis alat tangkap, komposisi jenis ikan yang ditangkap, jumlah tangkapan, jumlah hari operasi (trip).

5.3.1 Analisis data

Catch per unit effort (CPUE) memberikan informasi untuk mengetahui tren kelimpahan dan status tingkat pemanfaatan sumberdaya perikanan yang dieksploitasi di suatu perairan. CPUE dihitung dari total tangkapan dibagi dengan total upaya penangkapan (Sparre & Venema 1999):

$$CPUE = \frac{\sum Ci}{\sum fi}$$

dimana: CPUE = tangkapan per unit usaha (kg / trip); Ci = total tangkapan dari tahun i (kg / ton); Fi = total usaha penangkapan ikan dari tahun i (trip).

Indeks musim penangkapan, dihitung dari persentase rata-rata sebagai berikut (Spiegel 1961):

$$\bar{U} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m U_i$$

dimana, \bar{U} : Rata-rata CPUE bulanan dalam satu tahun (kg / trip) U_i : CPUE bulanan (kg / trip) m: Jumlah bulan dalam satu tahun (12)

Perhitungan Up yang merupakan rasio U_i terhadap U (dalam persen):

$$Up = \frac{U_i}{U} \times 100\%$$

Perhitungan indeks musim penangkapan (FS):

$$FS_i = \frac{1}{y} \sum_{i=1}^y Up$$

dimana FS_i : Indeks pada musim tertentu (i) y: Jumlah tahun yang dihitung

Musim penangkapan terjadi bila indeks lebih tinggi dari 1 (di atas 100% atau di atas rata-rata), dan musim penangkapan rendah bila indeks di bawah 1 (di bawah 100%).

Selanjutnya analisis potensi lestari (*MSY*) dan upaya optimum (f_{opt}) menggunakan metode surplus produksi. Nilai *MSY* dan upaya optimum ditentukan dengan menggunakan model Schaefer (Sparre & Venema, 1999), yaitu sebagai berikut:

$$MSY = -0,25(a^2)/b$$

$$F_{MSY} = -0,5 a/b$$

Penentuan *MSY* dan effort optimum dengan menggunakan model Fox adalah sebagai berikut:

$$MSY = -(1/d) * \exp(c - 1)$$

$$F_{MSY} = -\left(\frac{1}{d}\right)$$

Dimana nilai a dan b diperoleh dari persamaan berikut:

$$a \text{ atau } c = \frac{\sum Y_i - b \sum x_i}{n}$$

$$b \text{ atau } d = \frac{n \sum x_i Y_i - (\sum x_i)(\sum Y_i)}{n \sum x_i^2 - \sum x_i^2}$$

- dimana:
- a: intercept model Schaefer
 - b: slope model Schaefer
 - c: intercept model Fox
 - d: slope model Fox

Penentuan *MEY* dan f_{MEY} mengacu pada model Gordon Schaefer yang digunakan untuk menganalisis model bioekonomi dari perikanan tongkol abu-abu. Model bioekonomi yang digunakan adalah model bioekonomi statik dengan harga tetap (Purwanto 1988; Fauzi 2006; Widodo dan Suadi 2006; Anderson dan Seijo 2010; Anna 2016). Model ini disusun dari model parameter biologi, biaya operasi penangkapan dan harga ikan. Asumsi yang dipergunakan dalam model statik Gordon Schaefer ini adalah harga ikan per kg (*p*) dan biaya penangkapan per unit upaya tangkap adalah konstan.

$$f_{MEY} = \frac{ap-c}{2pb}$$

$$MEY = a f_{MEY} - b f_{MEY}^2$$

f_{MEY} adalah upaya untuk mencapai nilai *MEY*; *MEY* adalah *Maximum economic yield*; *p* adalah harga rata-rata ikan hasil survei per kg (Rp); dan *c* adalah total pengeluaran rata-rata unit penangkapan ikan (Rp).

Model dinamika biomasa yang digunakan sesuai dengan formula yang disampaikan oleh Graham-Schaefer, yaitu:

$$\frac{dB}{dt} = rB \left(1 - \frac{B}{K}\right) - C$$

- dimana:
- B: biomassa stok

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

C: laju tangkap
 r: laju pertumbuhan intrinsik
 K: daya dukung dari stok

Dari Graham-Shcafer Model diperoleh beberapa parameter dalam pengelolaan, yaitu:

$$F_{MSY} = r/2$$

$$f_{MSY} = F_{MSY}/q = r/2q$$

$$MSY = \frac{rK}{4}$$

$$B_{MSY} = \frac{K}{2}$$

dimana:

F_{MSY} = laju penangkapan saat MSY

f_{MSY} = upaya saat MSY

MSY = maximum Sustainable yield

B_{MSY} = biomassa saat MSY

Aplikasi dari model ini antara lain:

- Dapat menggambarkan data historikal catch dan indeks kelimpahan serta memperkirakan historikal biomassa, dan parameter dalam manajemen pengelolaan perikanan seperti MSY, F_{MSY} dan B_{MSY} .
- Menggunakan perkiraan awal nilai K, r dan B_0 , untuk menghitung secara time series biomassa dan indeks kelimpahan relatif serta memperkirakan koefisien catchability (q).
- Menggunakan SOLVER, menyesuaikan K, r, dan B_0 untuk mencocokkan indeks kelimpahan aktual dan perkiraan, menggunakan Maximum Likelihood atau Least squarest methods.
- Menggunakan nilai K dan r untuk estimasi akhir dalam mengestimasi nilai MSY, F_{MSY} dan B_{MSY} .

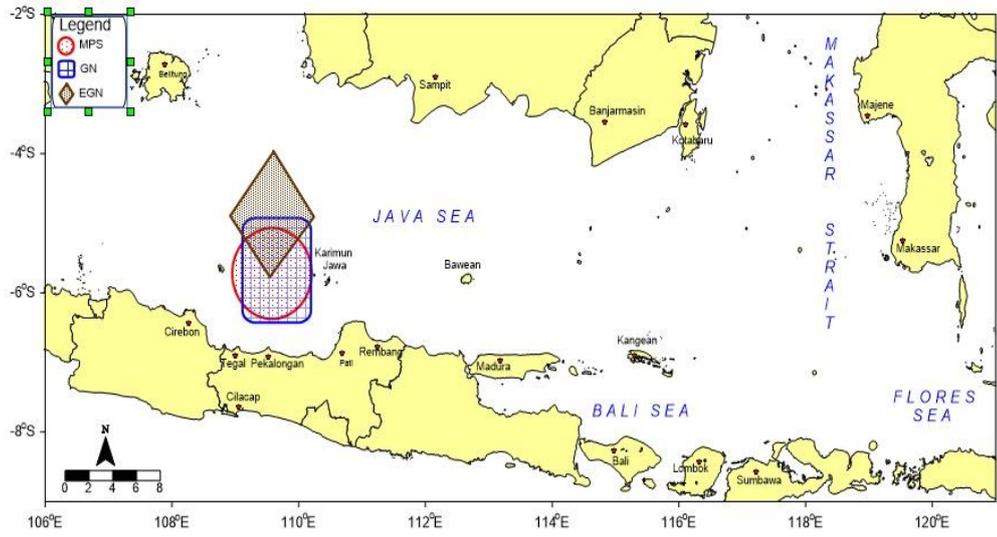
5.4 Hasil

Penangkapan ikan tuna neritik di Laut Jawa dilakukan dengan menggunakan, pukat cincin mini, jaring insang hanyut dan jaring insang hanyut lingkaran. Kapal yang digunakan terbuat dari kayu, memiliki tonase yang bervariasi. Jumlah armada pukat cincin di Pekalongan sebanyak 119 unit, sedangkan mini pukat cincin mini sebanyak 33 unit. Perbedaan antara pukat cincin dan pukat cincin mini pada umumnya terletak pada ukuran kapalnya. Pukat cincin mini berukuran 12-30 GT, memiliki 15-20 ABK (anak buah kapal). jumlah hari laut 5-6 hari.

Jumlah armada jaring insang hanyut yang ada di Pekalongan ada 82 unit. Kapal jaring insang ini berukuran 2-10 GT, jumlah hari laut rata-rata 7 hari. Selain itu, dalam beberapa tahun terakhir dikembangkan jaring insang lingkaran menggunakan kapal berukuran 15-29 GT. Alat tangkapnya menggunakan jaring berbentuk segi empat seperti dinding yang berbentuk seperti jaring insang dengan ukuran mata jaring di kantong 4 inci, tetapi jaring ini dioperasikan melingkari kawanan ikan, kemudian ditutup bagian bawah jaring dengan cara penarikan tali kolor (*purse line*). Melihat teknik penangkapannya, seperti pukat cincin.

5.4.1 Daerah Penangkapan

Daerah penangkapan ikan pukat cincin mini, jaring insang hanyut, dan jaring insang lingkaran yang berbasis di Pekalongan berada di perairan utara Pekalongan hingga barat Kepulauan Karimun, sedangkan kawasan pukat cincin mini tersebar dari timur Bawean, Masalembu hingga timur dari Pulau Matasiri. Daerah penangkapan ikan ini dapat dilihat pada Gambar 5.1.

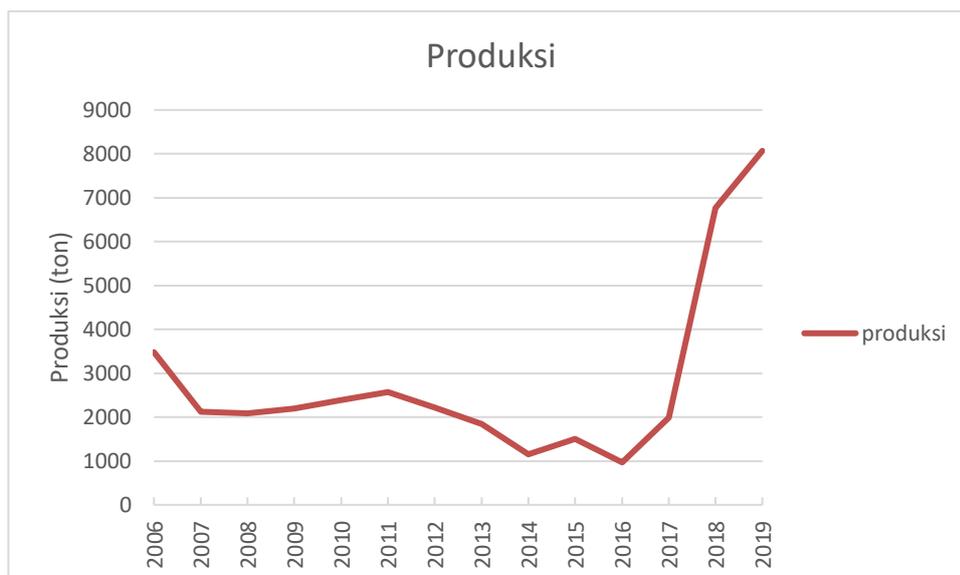


Gambar 5.1. Daerah penangkapan tongkol (neritik tuna) dari beberapa alat tangkap di Laut Jawa (keterangan: MPS: *mini purse seine*/pukat cincin mini; GN: *gill net*/jaring insang hanyut; EGN; *encircling gill net*/ jaring insang lingkaran)

5.4.2 Produksi Tahunan

Data produksi yang digunakan merupakan data agregat dari jenis-jenis tongkol. Beberapa spesies tongkol (tuna neritic) yang tertangkap di Laut Jawa dan didaratkan di Pekalongan adalah tongkol abu-abu (*Thunnus tonggol*), tongkol komo (*Euthynnus affinis*), tongkol krai (*Auxis thazard*), dan tongkol lisong (*Auxis rochei*). Penggunaan data agregat karena ketersediaan data statistic perikanan tangkap di pelabuhan Perikanan Pekalongan secara time series data tongkol masih digabung untuk semua spesies. Pemisahan data per jenis tongkol baru dilakukan pada dua tahun terakhir. Selain itu keempat jenis tongkol sering tertangkap bersamaan oleh satu alat tangkap, yang mengindikasikan mereka hidup dalam habitat yang sama. Tahun 2006 produksi tongkol mencapai 3473 ton, kemudian tahun 2007 mencapai 2122 ton kemudian produksi mengalami fluktuasi sampai 2012 mencapai 2216 ton, produksi mengalami penurunan di tahun 2016 mencapai 968 ton selanjutnya produksi kembali meningkat pada tahun 2018 dan 2019 sampai mencapai 8067 ton. Peningkatan produksi tahun 2018-2019 terjadi karena adanya penambahan armada jaring insang hanyut yang menangkap ikan-ikan tongkol. Dari data tahun 2019 terlihat bahwa tangkapan tuna neritik tongkol abu-abu terbesar yaitu sekitar 69% diikuti oleh tongkol komo 30%, tongkol krai, dan tongkol lisong memiliki proporsi yang sangat kecil yaitu kurang dari 1% (Gambar 5.2.),

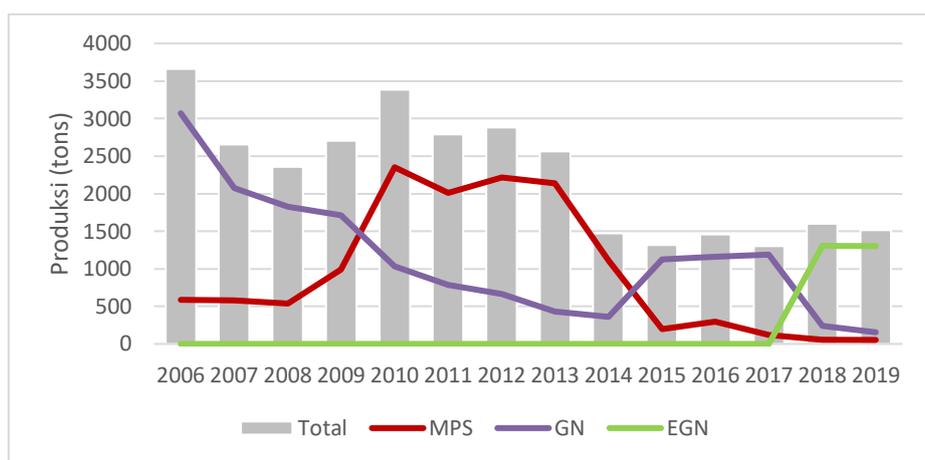
Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



Gambar 5.2. Produksi tongkol (tuna neritic) di Laut Jawa yang didaratkan di Pekalongan

Perikanan tuna neritik didaratkan di Pekalongan, yang penangkapannya di Laut Jawa dan perairan sekitarnya dilakukan dengan pukat cincin mini, jaring insang hanyut hanyut dan jaring insang lingkaran. Dari data tahun 2019, produksi tongkol di Laut Jawa dihasilkan 4% pukat cincin mini, 10% oleh jarring insang hanyut dan jaring insang lingkaran 86%. (Gambar 5.3.).

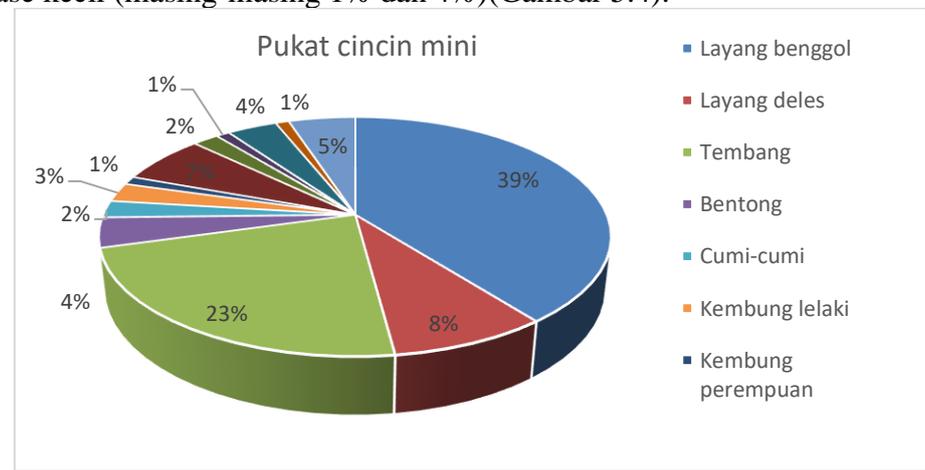
Produksi tuna neritik tahun 2006 sebesar 3660 ton produksi berfluktuatif hingga tahun 2013 mencapai 2565 ton, kemudian mengalami penurunan menjadi 1472 ton pada tahun 2014, produksi kemudian fluktuatif sehingga tahun 2019 mencapai 1512 ton. Produksi pukat cincin mini dari tahun 2006 mengalami peningkatan hingga mencapai 2352 ton pada tahun 2010, kemudian berfluktuatif hingga mencapai 2136 ton pada 2013, selanjutnya mengalami penurunan tahun 2015 hingga tahun 2019 sebesar 53 ton. Tren produksi mini purse seine pada tahun 2006 sebesar 3070 ton hingga sebesar 360 pada tahun 2014, produksi mengalami peningkatan pada 2015 menjadi 1122 ton produksi relative stabil hingga tahun 2017 di 1185 ton kemudian mengalami penurunanan hingga 155 ton pada tahun 2018 penurunan signifikan produksi jaring insang hanyut ini diakibatkan banyak pemilik kapal yang beralih ke alat tangkap jarring insang lingkaran. Produksi jaring insang lingkaran dalam tahun 2018 sebesar 1306 ton dan pada tahun 2019 produksi sebesar 1304 ton. (Gambar 5.3.).



Gambar 5.3. Produksi tahunan tongkol (tuna neritic) per alat tangkap di Laut Jawa yang didaratkan di PPN Pekalongan (keterangan: MPS: *mini purse seine*/pukat cincin mini; GN: *gill net*/jaring insang hanyut; EGN: *encircling gill net*/jaring insang lingkaran)

5.4.4 Komposisi Hasil Tangkapan

Komposisi hasil tangkapan pukat cincin mini didominasi oleh spesies pelagis kecil seperti layang benggol (*Decapterus russelli*), layang deles (*Decapterus macrosoma*), layang biru (*Decapterus macarellus*), bentong (*Selar crumenophthalmus*), kembung lelaki (*Rastrelliger kanagurta*) dan selar kuning (*Sardinella gibosa*) dengan persentase yang bervariasi, sedangkan tongkol abu-abu (*Thunnus tonggol*) dan tongkol komo (*Euthynnus affinis*) hanya ditemukan dalam persentase kecil (masing-masing 1% dan 4%)(Gambar 5.4).

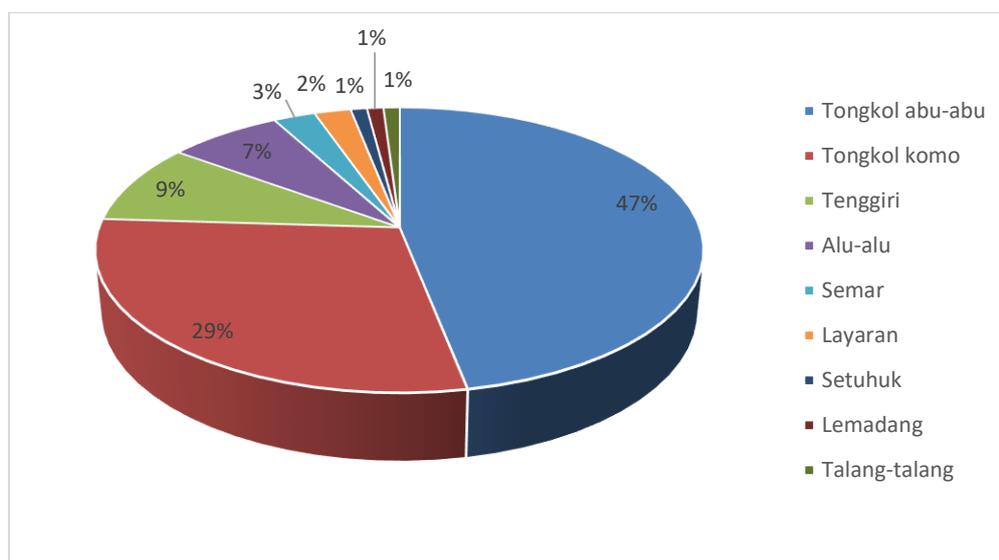


Gambar 5.4. Komposisi Hasil tangkap pukat cincin mini (*mini purse seine*) di Laut Jawa

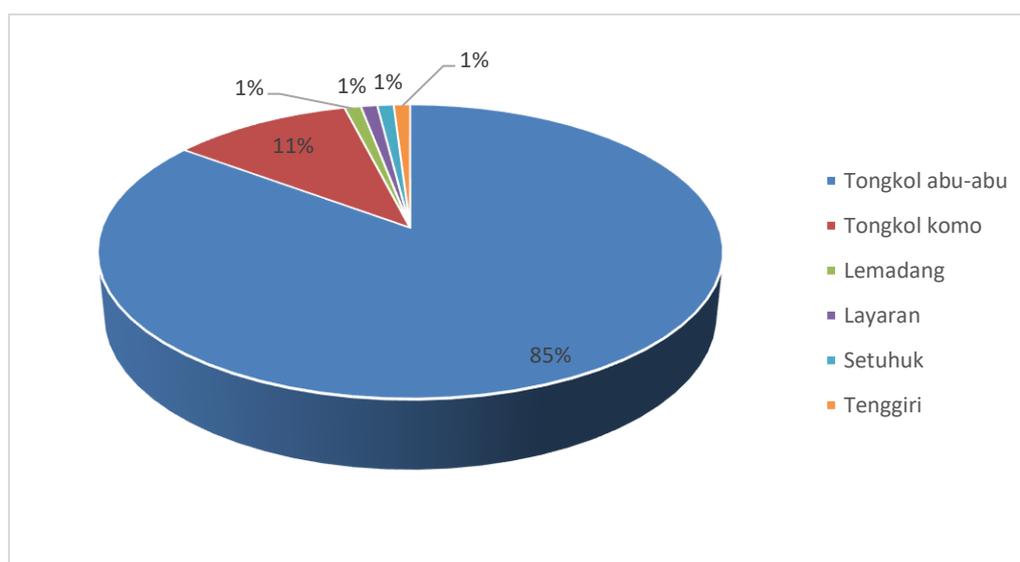
Komposisi tangkapan jaring insang hanyut didominasi oleh spesies pelagis besar yaitu tongkol abu-abu (*Thunnus tonggol*) 47%, tongkol komo (*Euthynnus affinis*) 29%, tenggiri (*Scomberomorus commerson*) 9%, alu-alu (*Sphyraena putnamae*), semar (*Mene maculate*), ikan layaran (*Istioporus platypterus*), lemadang (*Coryphaena hippurus*) (Gambar 4). Komposisi tangkapan jaring insang lingkaran didominasi oleh tongkol abu-abu (*Thunnus tonggol*) 85%, tongkol komo (*Euthynnus affinis*) 11%, lemadang (*Coryphaena hippurus*) 1%, tenggiri

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

(*Scomberomorus gutatus*) 1%, Ikan layaran (*Isthioporus platypterus*) 1%, Marlin (*Makaira mazara*) 1% (Gambar 5.5 & 5.6).



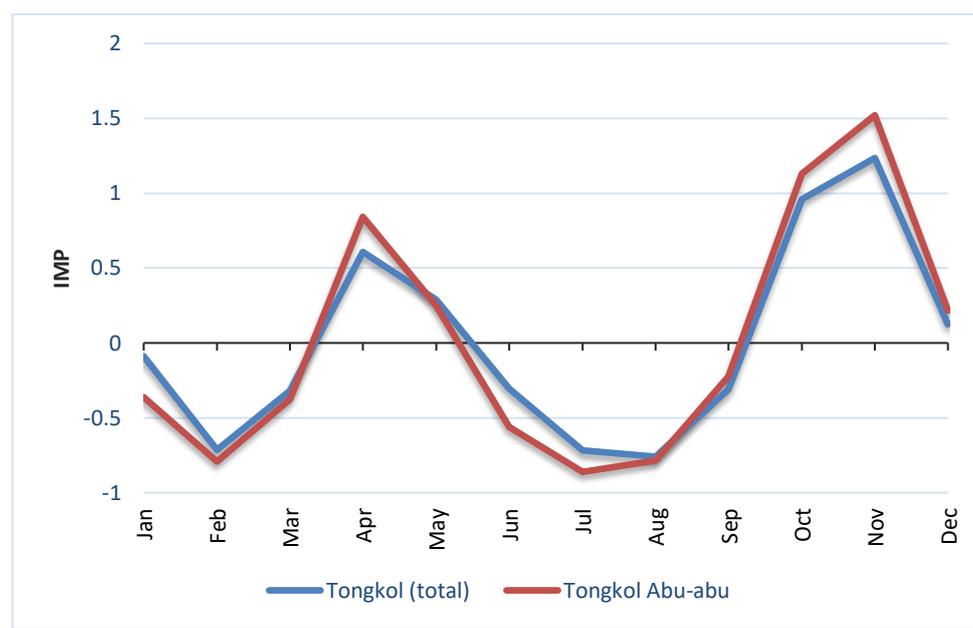
Gambar 5.5. Komposisi hasil tangkap jaring insang hanyut di Laut Jawa



Gambar 5.6. Komposisi hasil tangkap jaring insang lingkaran di Laut Jawa

5.4.5 Musim penangkapan

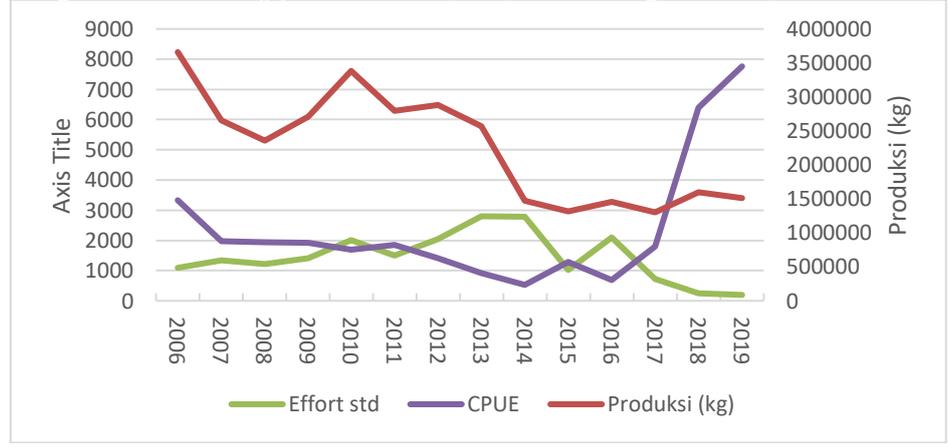
Musim penangkapan tongkol (tuna neritik) sebanyak dua kali dimulai pada bulan Maret-Mei, kemudian menurun secara bertahap setelahnya dan mulai muncul pada bulan September lalu mencapai musim puncaknya pada bulan November (Gambar 5.7.)



Gambar 5.7. Musim penangkapan neritik tuna di Laut Jawa

5.4.6 CPUE

Penentuan CPUE yaitu dengan membagi produksi (catch) dengan upaya penangkapan (effort). Karena berdasarkan data produksi penangkapan tuna neritik di Laut Jawa ditangkap dengan menggunakan lebih dari satu jenis alat tangkap, yaitu pukat cincin mini, jaring insang hanyut dan jaring insang lingkar, dimana masing masing alat tangkap memiliki kemampuan tangkap yang berbeda-beda maka perlu dilakukan standarisasi upaya. Standarisasi alat tangkap perlu dilakukan untuk mengetahui jumlah upaya (trip) standar sehingga dapat mengetahui nilai CPUE dari seluruh alat tangkap. Nilai rata-rata CPUE jaring insang hanyut lebih besar dari pukat cincin mini sehingga jaring insang hanyut dijadikan alat tangkap standar dengan nilai *Fishing power index* (FPI) sama dengan satu (Gambar 5.8.).



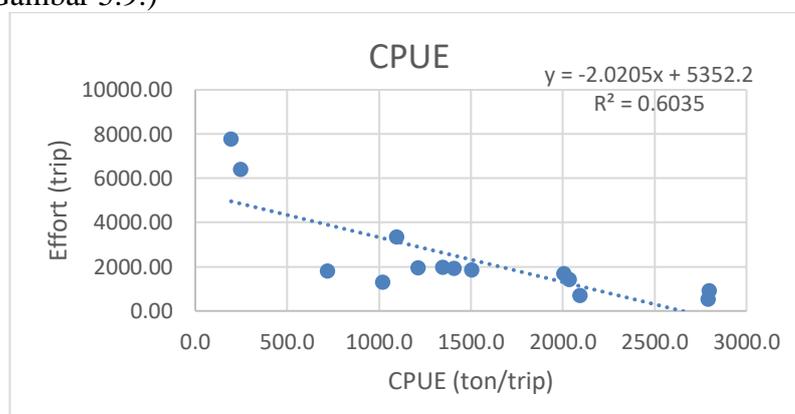
Gambar 5.8. CPUE tahunan neritik tuna di Laut Jawa yang didaratkan di PPN Pekalongan.

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Produksi neritic tuna terlihat berfluktuatif terutama dalam 5 tahun terakhir. Hasil standarisasi menunjukkan nilai CPUE berfluktuatif namun dalam 2 tahun terlihat peningkatan CPUE, hal ini dikarenakan jumlah effort yang mengalami penurunan.

Hubungan antara CPUE dan Effort

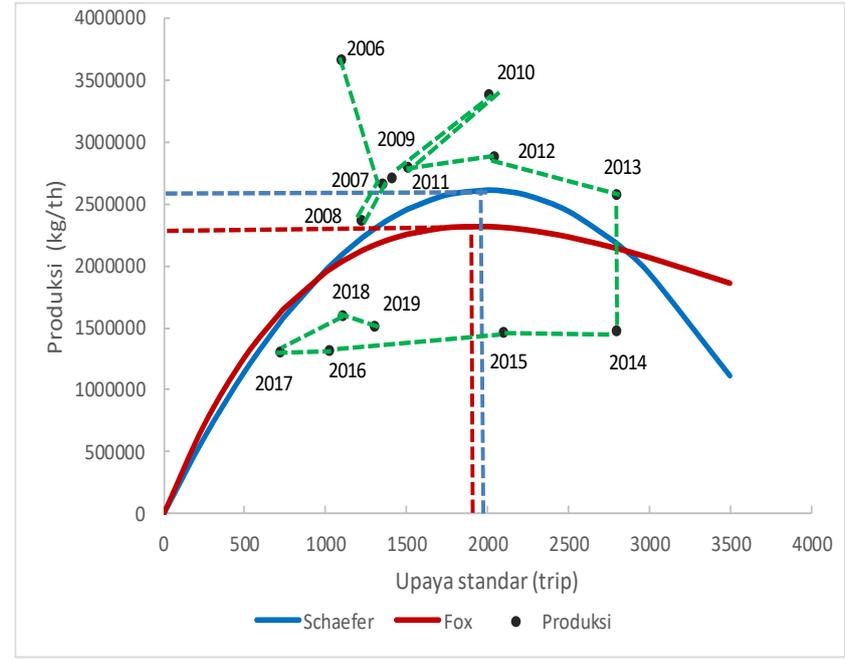
Hubungan antara effort dan CPUE didapatkan persamaan linier $y = -2,0205x + 5352,2$ dengan $R^2 = 0,6035$. Koefisien regresi (b) sebesar 2,0205 menyatakan hubungan negatif antara CPUE dan effort artinya bahwa setiap pengurangan 1 trip effort akan menyebabkan CPUE naik sebesar 2,0205 ton/trip. Namun jika effort naik sebanyak 1 trip maka CPUE juga di prediksi mengalami penurunan produksi sebesar 2,0205 ton/trip. Koefisien determinasinya (R^2) sebesar 0,6035 atau 60,35%. Hal tersebut berarti besarnya CPUE dipengaruhi 60,35% oleh nilai effort, sedangkan sisanya 39,65% disebabkan oleh variabel lain yang tidak diketahui. (Gambar 5.9.)



Gambar 5.9. Hubungan antara CPUE dengan Effort

5.4.7. Analisis MSY

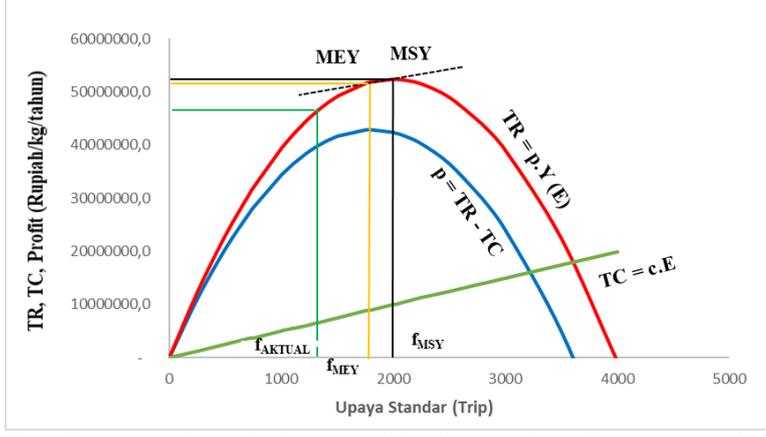
Perkembangan upaya penangkapan terhadap sumberdaya perikanan tongkol yaitu peningkatan upaya akan diikuti dengan peningkatan hasil tangkapan sehingga mencapai titik *Maximum Sustainable Yield* (MSY). Setelah upaya telah mencapai MSY, maka hasil tangkapan akan mengalami penurunan meskipun upaya terus ditingkatkan. Analisis terhadap potensi sumberdaya ikan tongkol dengan metode Surplus Produksi dilakukan melalui model Schaefer atau model Fox untuk memperoleh potensi tangkapan lestari atau *Maximum Sustainable Yield* (MSY). Analisis dengan model Schaefer nilai *Maximum Sustainable Yield* (MSY) dan upaya optimum (fMSY) masing-masing sebesar 261.5674,78 kg dan 1991,85 trip. Sementara dengan model Fox nilai MSY sebesar 232.1877,60 kg dan fMSY 1925,36 trip. (Gambar 5.10.)



Gambar 5.10. Hubungan produksi (*catch*) dengan upaya (*effort*) ikan tongkol di Laut Jawa

5.4.8. Analisis Maximum Economic Yield (MEY)

Parameter input dalam bagian ini yaitu p (harga rata-rata ikan per kg) adalah Rp. 20.000,- dan c (total pengeluaran rata-rata per 1 trip penangkapan) yaitu sebesar Rp. 5000.000,-. Hasil analisis pemanfaatan sumberdaya ikan tongkol di Laut Jawa, diperoleh bahwa tingkat upaya dan produksi mencapai keuntungan maksimum pada saat f_{MEY} sebesar 1802 trip dan MEY sebesar 2592 ton/trip/tahun (Gambar 5.11).



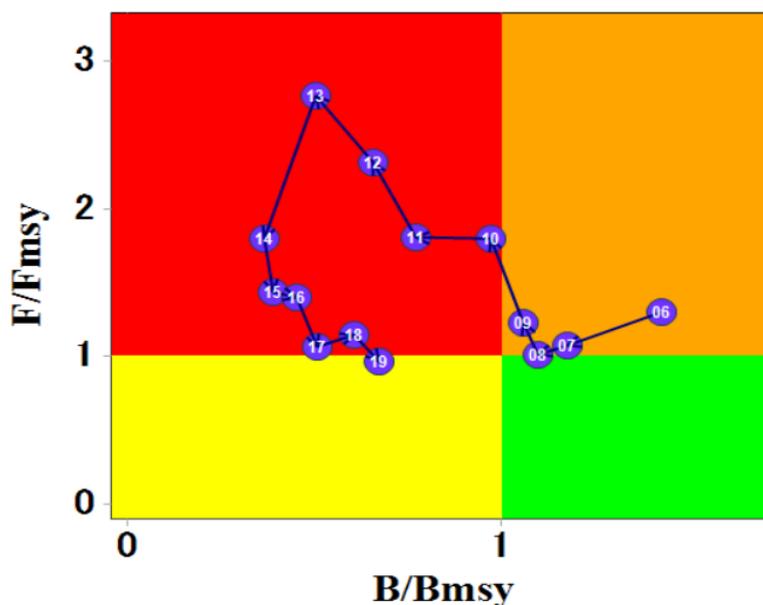
Gambar 5.11 Keseimbangan bioekonomi perikanan tongkol di Laut Jawa

5.4.9 Analisis Dinamika Biomassa

Analisis dilakukan berdasarkan data statistik perikanan tangkap PPN Pekalongan tahun 2006 – 2019, produksi dan hasil tangkapan per satuan upaya penangkapan (*catch per unit fishing effort* - CPUE) ikan tongkol di Laut Jawa. Gambar 5.11 memperlihatkan hubungan antara F/F_{MSY} dan B/B_{MSY} dan

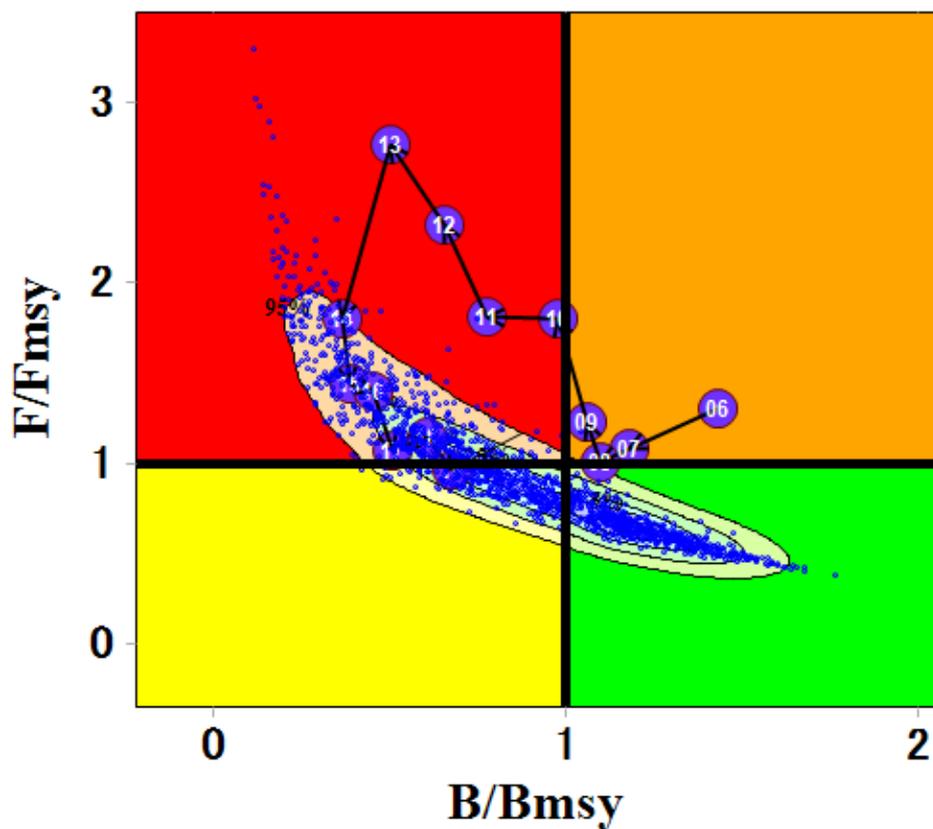
Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

menunjukkan tingkat eksploitasi dan kondisi kesehatan sumber daya ikan tongkol di Laut Jawa. Hingga tahun 2019 intensitas penangkapan berada pada tingkat antara *overfished* dan *under-fishing*. *Overfished* yaitu lebih rendah dibandingkan tingkat optimumnya (*under-fishing*), yaitu $F_t < F_{MSY}$ atau $F/F_{MSY} < 1$, dan sumber daya ikannya masih pada kondisi belum dimanfaatkan penuh (*under-exploited*), yaitu $B > B_{MSY}$ atau $B/B_{MSY} < 1$.



Gambar 5.12. Perkembangan F/F_{MSY} dan B/B_{MSY} Ikan tongkol di Laut Jawa.

Gambar 5.12. menyajikan hubungan antara mortalitas penangkapan F/F_{MSY} dan biomass B/B_{MSY} yang menunjukkan tingkat eksploitasi dan kondisi sumber daya ikan tongkol di Laut Jawa. Pada tahun 2006-2009 kondisi penangkapan berada pada tingkat *overfishing*, dimana kematian karena penangkapan melebihi tingkat optimumnya $F_t/F_{MSY} > 1$, sementara biomass masih cukup tinggi $B_t/B_{MSY} > 1$. Tahun 2010 hingga 2019 intensitas penangkapan terus meningkat sehingga sumber daya ikan tongkol dalam kondisi pemanfaatan berlebih (*over-exploited*), yaitu $B_t/B_{MSY} < 1$ dan $F_t/F_{MSY} > 1$, namun mulai tahun 2014-2019 terjadi penurunan kematian karena penangkapan sehingga cenderung bergerak ke kondisi *underfish* (zona kuning). Pada tahun 2019 kondisi pemanfaatan antara zona merah dan kuning selanjutnya untuk memperjelas kita lanjutkan dengan plotting *bootstraps* dengan menambahkan *uncertainty* seperti Gambar 5.13.



Gambar 5.13. Perkembangan F/F_{MSY} dan B/B_{MSY} Ikan tongkol di Laut Jawa dengan *confidence surface*.

Gambar 5.13. memperlihatkan kondisi perikanan tongkol Laut Jawa dengan menyajikan hubungan antara mortalitas penangkapan F/F_{MSY} dan biomass B/B_{MSY} dengan *confidence surface*, sebaran titik pada 6 tahun terakhir dari tahun 2014 sampai 2019 membentuk pola “banana” dimana cenderung bergerak ke arah kuning bahkan hijau, kecenderungan kondisi tingkat eksploitasi dan kondisi sumber daya ikan tongkol di Laut Jawa pada level aman.

5.4.10 Kajian resiko dan angka acuan dalam pengelolaan perikanan tongkol di Laut Jawa

Hasil analisis kajian risiko menunjukkan bahwa hasil tangkapan aktual lebih sebesar 45% dari MSY, sehingga terdapat peluang untuk meningkatkan jumlah tangkapan. Hal ini berarti bahwa apabila target perikanan ditetapkan pada level MSY, maka risiko penyimpangan dari angka acuan BMSY dan FMSY masing-masing sebesar 33% dan 32% dalam tiga tahun pertama, dan masing-masing 39% dan 39% dalam 10 tahun mendatang. Kondisi ini berada dalam tingkat risiko rendah-menengah. Tingkat risiko yang diperoleh akan lebih rendah apabila target perikanan diturunkan sampai tingkat yang tidak melebihi kondisi MSY (Tabel 5.1.).

Tabel 5.1. Peluang (%) penyimpangan dari TBmsy dan Fmsy dalam 3 tahun (2022) dan 10 tahun (2029)

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Tangkapan sasaran relatif terhadap tangkapan aktual (%)	60%	70%	80%	90%	100% Tangkapan aktual (*)	110%	120%	130%	140%	145% MSY level
10 skenario penangkapan (tons)	882,647	1,029,755	1,176,862	1,323,970	1,471,078	1,618,186	1,765,294	1,912,401	2,059,509	2,128,000
B2022 < TBmsy	8	10	12	14	16	19	23	26	30	33
F2022 > F MSY	0	0	1	1	2	4	9	16	27	32
B2029 < TBmsy	3	3	4	5	7	11	16	23	34	39
F2029 > F MSY	0	0	1	1	2	3	8	19	32	39

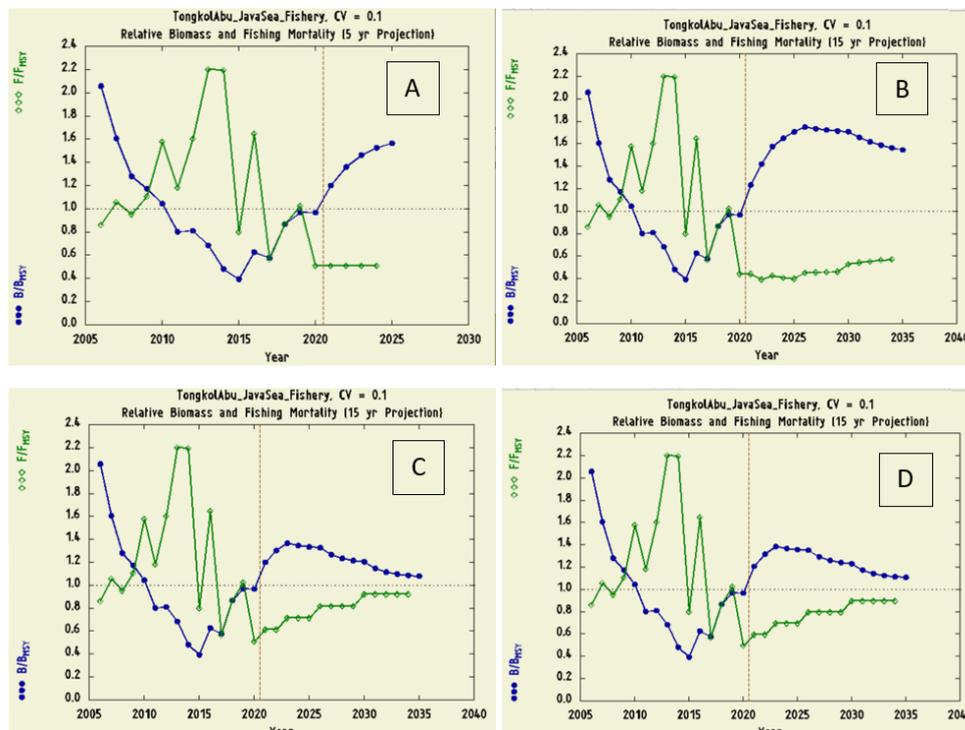
(*)Tangkapan aktual adalah rata-rata tangkapan dalam 3 tahun terakhir (2019-2022).

Warna legenda				
Tingkat Resiko	Rendah	Rendah-Menengah	Menengah - Tinggi	Tinggi
Probabilitas	0 - 20%	20 - 50%	50 - 80%	80 - 100

5.4.11 Proyeksi Biomassa dan Mortalitas Tangkapan

Proyeksi dilakukan pada empat kondisi skenario yaitu: kenaikan 0,1 dari MSY pertahun selama 5 th, kenaikan 0,1 MSY dari pertahun selama 15 th; kenaikan 0.1 dari Frel pertahun selama 15 th, kenaikan 0,1 dari Fmsy pertahun selama 15 th (Gambar 5.14).

Berdasarkan hasil proyeksi, scenario pertama kenaikan 0,1 dari MSY selama 5 th memrediksi baik biomas maupun mortalitas penangkapan berada pada kondisi aman yaitu biomas < 1 dan F penangkapan >1. scenario kedua kenaikan 0,1 dari MSY selama 15 th memrediksi baik biomas maupun mortalitas penangkapan berada pada berada pada kondisi aman yaitu biomas > 1 dan F penangkapan <1. scenario ketiga dan keempat kenaikan 0,1 dari FRel dan FMSY selama 10 th memrediksi baik biomas maupun mortalitas penangkapan berada kondisi aman, biomas < 1 dan F penangkapan >1, namun setelah sepuluh tahun kondisi biomas maupun F penangkapan mendekati garis (indeks 1 sebagai batas aman) sehingga harus dihindari.



Gambar 5.14. Lintasan proyeksi biomassa dan mortalitas penangkapan dengan beberapa skenario

(skenario ditetapkan yaitu A: kenaikan 0,1 dari MSY pertahun selama 5 th, B: kenaikan 0,1 MSY dari pertahun selama 15 th; C: kenaikan 0,1 dari Frel pertahun selama 15 th; D: kenaikan 0,1 dari Fmsy pertahun selama 15 th)

5.5. Pembahasan

Komposisi hasil tangkapan pukat cincin mini didominasi oleh spesies pelagis kecil, komposisi hasil tangkapan jaring insang didominasi oleh spesies pelagis besar seperti tongkol atau tuna neritik. Pukat cincin mini memiliki komposisi tangkapan yang didominasi oleh ikan pelagis kecil, hal ini dikarenakan alat tangkap tersebut menggunakan alat pengumpul ikan (rumpon) dalam operasi penangkapannya. Rumpon merupakan alat tangkap yang efektif untuk mengumpulkan ikan sehingga memudahkan penangkapan ikan (Samples & Sproul 1985; Menard *et al.* 2000; Dagorn *et al.* 2000). Kemudahan tersebut menyebabkan operasi penangkapan ikan menjadi lebih efisien, dapat mengurangi waktu operasi dan bahan bakar serta meningkatkan produktivitas hasil tangkapan (Subani 1986; Monintja 1990; Baskoro *et al.* 2011).

Penggunaan rumpon dimulai ketika nelayan melihat perilaku kelompok tuna dan ikan pelagis lainnya berkumpul secara alami di sekitar benda-benda terapung di permukaan laut untuk digunakan sebagai tempat berlindung mereka (Gooding & Magnisson 1967). Freon dan Dagorn (2000) meyakini bahwa ikan menggunakan rumpon sebagai tempat berkumpul dan bersosialisasi dengan ikan lain. Yusfiandayani (2004) menyimpulkan bahwa mekanisme berkumpulnya ikan pelagis kecil di sekitar rumpon cenderung disebabkan oleh proses rantai makanan, dimana kolonisasi mikroorganisme yang menempel pada daun/bahan atraktor rumpon, sehingga predator mikroorganisme berkumpul disekitar rumpon,

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

kemudian berkumpul pula ikan predator yaitu ikan pelagis kecil. Selain itu, pukat cincin dan pukat cincin mini di Laut Jawa menggunakan lampu bersama dengan rumpon, hal ini dikarenakan ikan pelagis merupakan fototaksis atau tertarik pada cahaya sehingga berkumpul disekitar cahaya (Natsir & Mahiswara 2010; Nurdin *et al.* 2007).

Komposisi hasil tangkapan jaring insang hanyut dan jaring insang lingkaran didominasi oleh spesies pelagis besar yaitu tongkol abu-abu (*Thunnus tonggol*), kawakawa (*Euthynnus affinis*), tenggiri (*Scomberomorus commerson*), dengan persentase yang bervariasi. Hal ini serupa dengan penelitian sebelumnya tentang komposisi tangkapan jaring insang hanyut di Laut Cina Selatan dan Laut Jawa (Hidayat *et al.* 2015; Hidayat & Noegroho 2013). Hal ini dikarenakan tongkol abu-abu, tongkol komo dan tenggiri sering hidup berkelompok membentuk suatu gerombolan (*schooling*) (Collete & Nauen 1983). Dari komposisi hasil tangkapan jaring insang hanyut dan jaring insang lingkaran merupakan alat tangkap utama yang digunakan menangkap tuna neritik.

Musim penangkapan ikan merupakan periode dimana hasil tangkapan tinggi yang menunjukkan banyaknya kelimpahan ikan di laut. Terdapat dua musim penangkapan tuna neritik di Laut Jawa, yaitu pada bulan Maret-Juni yang merupakan musim peralihan pertama ke musim timur, dan pada bulan September-Desember yang merupakan musim peralihan kedua ke musim barat. Musim penangkapan ikan di Laut Jawa terjadi dua kali dalam setahun yaitu pada bulan Maret-Juni yang merupakan musim peralihan pertama ke musim timur (minor), dan pada bulan September-Desember yang merupakan musim peralihan kedua ke musim barat (mayor). Musim penangkapan ikan dipengaruhi oleh siklus muson (Surinati 2009; Wiyono *et al.* 2006). Pada musim peralihan I (Maret-Mei) dan musim peralihan II (September-November) kecepatan angin dan gelombang sedang tinggi, kondisi laut lebih disukai daripada kegiatan penangkapan ikan.

Sebaliknya, pada musim barat dan musim timur, kecepatan angin dan gelombang tinggi menyebabkan rendahnya musim penangkapan ikan. Angin muson menghasilkan arus dan gelombang, di Laut Jawa ketika muson timur (Juni-Agustus) arus permukaan bergerak dari Laut Banda melalui Laut Flores dan dari Selat Makassar dimana banyak terjadi upwelling di perairan tersebut menuju Laut Jawa, menjadikan Laut Jawa memiliki kadar klorofil-a yang tinggi dan suhu permukaan laut (SST) yang rendah (Hendiarti *et al.* 2005).

Peningkatan konsentrasi klorofil-a mengindikasikan tingginya konsentrasi plankton, hal ini menyebabkan melimpahnya ikan pelagis kecil yang merupakan pemakan plankton, sedangkan ikan pelagis kecil merupakan mangsa tuna neritik. Hal tersebut diduga menyebabkan peningkatan tangkapan tuna neritik di musim peralihan 2. Menurut Adnan (2010), Hendiarti *et al.* (2004); Kunarso (2014) menyatakan peningkatan konsentrasi klorofil-a yang menyebabkan peningkatan hasil tangkapan. Gaol & Sadhotomo (2007) menyatakan bahwa terdapat sebaran spasial klorofil-a di Laut Jawa bagian timur, terjadi pergerakan konsentrasi klorofil-a yang terjadi antara bulan Oktober sampai Desember, dan sinkron dengan kelimpahan ikan pelagis yang merupakan mangsa tuna neritik.

Informasi tentang perkembangan CPUE dapat menjelaskan kondisi stok. Pada penelitian ini CPUE beberapa gabungan semua alat tangkap berfluktuasi, CPUE mengalami peningkatan dua tahun terakhir. Penyebab utama peningkatan



CPUE jumlah upaya (trip) yang semakin berkurang, sedangkan produksi cenderung meningkat.

Pemanfaatan sumberdaya ikan tongkol secara optimum dengan model Schaefer menghasilkan nilai tangkapan produksi lestari atau *Maximum Sustainable Yield (MSY)* dan upaya optimum (*fMSY*) masing-masing sebesar 261.5674,78 kg dan 1991,85 trip. Sementara dengan model Fox nilai *MSY* sebesar 232.1877,60 kg dan *fMSY* 1925,36 trip. Tingkat pemanfaatan sumberdaya ikan tongkol bila dibandingkan kondisi aktual dengan data produksi dan upaya terakhir pada tahun 2019. Pada Model Fox maka produksi actual sudah mencapai 67% dari *MSY* dan effort sudah mencapai 65% dari *fMSY*. Sementara dengan model Schaefer produksi sudah mencapai 65% dari *MSY* dan effort mencapai 58% dari *fMSY*. Kondisi ini menunjukkan bahwa perikanan tongkol dalam kondisi berkembang dan masih bisa ditingkatkan hingga 35-42%.

Analisis *Maximum economic yield (MEY)* tingkat pemanfaatan sumberdaya ikan tongkol dibandingkan kondisi aktual dengan data produksi dan upaya terakhir pada tahun 2019. Produksi aktual sudah mencapai 73% dari *MEY* dan effort sudah mencapai 58% dari *fMEY*. Kondisi ini menunjukkan bahwa perikanan tongkol dalam kondisi berkembang dan masih bisa ditingkatkan hingga 27-42%. Sementara perbedaan antara *MSY* dengan *MEY* terdapat selisih sebesar 1% dan *fMSY* dengan *fMEY* sebesar 0,1%.

Dengan menggunakan *time series data* produksi hasil tangkapan dan upaya dianalisis dengan metode dinamika biomassa (*non equilibrium*) dilakukan dengan bantuan software ASPIC 7, untuk melihat kondisi stok ikan saat ini dan selanjutnya untuk memetakan kondisi stok hasil dari ASPIC 7 dilanjutkan dengan Kobe plot. Dengan kobe plot kondisi stok ikan dalam beberapa tahun terakhir disajikan dalam bentuk lintasan/trajektori, dimana terdapat empat kuadran matrik yang dibedakan berdasarkan warna kuning, hijau, oranye dan merah. Kematian karena penangkapan (*fishing mortality*) pada periode tahun 2007 – 2016 (Gambar) lebih tinggi daripada angka kematian karena penangkapan saat dicapai *MSY (F_{MSY})*. Hal ini menunjukkan bahwa armada penangkapan telah menangkap ikan tongkol di Laut Jawa melebihi tingkat penangkapan optimal (*overfishing*) pada tahun-tahun tersebut. Namun demikian terdapat kecenderungan penurunan tekanan penangkapan terhadap sumberdaya ikan ini, sebagaimana ditunjukkan oleh kecenderungan penurunan angka kematian ikan karena penangkapan. Pada tahun 2017-2019, saat *fishing mortality* cenderung menurun. Pada tahun 2017, $B/B_{MSY} > 1$, yang menunjukkan biomass berada pada tingkat aman. Kondisi aktual perikanan tongkol hingga tahun 2019 tingkat antara *overfished* dan *under-fishing* (antara warna merah dan kuning). Untuk memperjelas kita lanjutkan dengan plotting *bootstraps* dengan menambahkan uncertainty. Hasil dari *bootstrapping* membentuk pola “banana” dimana cenderung bergerak kearah kuning bahkan hijau, kecenderungan kondisi tingkat eksploitasi dan kondisi sumber daya ikan tongkol di Laut Jawa pada level aman. Analisis resiko mencoba melihat seberapa besar resiko yang diterima bila skenario penambahan upaya dilakukan dilihat dari kondisi actual saat ini. Hasil analisis kajian risiko menunjukkan bahwa hasil tangkapan actual sebesar 45% dari *MSY*, sehingga terdapat peluang untuk meningkatkan jumlah tangkapan. Hal ini berarti bahwa apabila target perikanan ditetapkan pada level *MSY*, maka risiko penyimpangan dari angka acuan *BMSY* dan *FMSY* masing-masing sebesar 33% dan 32%. Proyeksi akan memperlihatkan adanya perubahan

biomassa dan mortalitas penangkapan bila ditambah atau dikurangi upaya setiap tahunnya. Berdasarkan hasil proyeksi, scenario pertama kenaikan 0,1 dari MSY selama 5 th memrediksi baik biomas maupun mortalitas penangkapan berada pada kondisi aman yaitu biomas < 1 dan F penangkapan > 1 .

5.6 Simpulan

Hasil tangkapan tahunan dan CPUE tuna neritik masih berfluktuasi. Dari kondisi tersebut perikanan tuna neritik dalam kondisi full exploited dan belum overfishing. Hasil tangkapan tuna neritik di Laut Jawa dihasilkan pukat cincin mini 4 %, jaring insang hanyut 10 % dan jaring insang lingkaran 86%. Dari komposisi hasil tangkapan jaring insang hanyut dan jaring insang lingkaran merupakan alat tangkap utama penangkapan tuna neritik. Musim penangkapan ikan di Laut Jawa terjadi dua kali dalam setahun yaitu pertama musim peralihan I (Maret-Mei) (minor), dan musim peralihan II (September-November) (mayor). Kondisi aktual tingkat pemanfaatan sumberdaya ikan tongkol sudah mencapai 65-67% dari MSY dan 35-42% dari *fMSY*. Sementara berdasarkan konsep MEY kondisi saat ini sudah mencapai 73% dari MEY dan effort sudah mencapai 58% dari *fMEY*. Kondisi ini menunjukkan bahwa perikanan tongkol masih bisa ditingkatkan hingga 27-42%. Analisis dinamika biomassa (non equilibrium) kondisi tingkat eksploitasi dan kondisi sumber daya ikan tongkol di Laut Jawa pada level aman, hasil proyeksi scenario pertama kenaikan 0,1 dari MSY selama 5 tahun memrediksi baik biomas maupun mortalitas penangkapan berada pada kondisi aman yaitu biomas < 1 dan F penangkapan > 1 .



VI PEMBAHASAN UMUM

6.1. Karakter Morfometrik Ikan Tongkol Abu-Abu

Distribusi ikan tongkol abu-abu dari laut Jawa hingga Laut Natuna dan Laut Cina Selatan belum diikuti oleh informasi tentang bata-batas stok ikan ini yang akan berimplikasi pada pengelolaan. Berdasarkan analisis karakter morfometrik populasi tongkol abu-abu terdiri dari 2 kelompok subpopulasi atau unit stok, tongkol abu-abu dari Laut Jawa dan Laut Natuna bagian barat satu unit stok sementara ikan dari Laut Natuna di Utara-Timur merupakan unit stok tersendiri. Karakter biometrik bervariasi antar habitat Laut Jawa dan Laut Natuna dengan dua karakter morfometrik pembeda yaitu: karakter panjang sirip perut (PeL) dan karakter panjang sirip perut anal (PAF).

Adanya kesamaan unit stok ikan tongkol dari Laut Jawa dengan Laut Natuna Barat diduga dikarenakan pola arus permukaan laut keduanya yang berhubungan. Pada musim Timur arus permukaan laut bergerak dari Laut Jawa ke Laut Natuna bagian barat, dan sebaliknya pada musim Barat arus bergerak dari Laut Natuna Barat ke Laut Jawa (Daruwedho *et al.* 2016; Hendiarti *et al.* 2005; Wyrcki 1961), dimana diduga ruaya tongkol abu-abu mengikuti arus ini, atau juwana ikan-ikan ini terbawa arus permukaan dari barat ini

Informasi adanya 2 kelompok subpopulasi atau unit stok, tongkol abu-abu dari Laut Jawa dan Laut Natuna bagian barat satu unit stok sementara ikan dari Laut Natuna di Utara-Timur merupakan unit stok tersendiri dapat digunakan sebagai acuan dalam pengelolaan perikanan tongkol abu-abu.

6.2. Biologi Populasi Ikan Tongkol Abu-abu (*Thunnus tonggol*)

Pengelolaan perikanan tongkol abu-abu terkait aspek biologi dan reproduksi meliputi penutupan musim penangkapan (*closed season*) di Laut Jawa selama puncak musim pemijahan (*closed season*), sekitar bulan Mei dan November. Hal ini untuk mencegah penangkapan ikan dewasa yang sedang bertelur, tetapi juga untuk melindungi juwana/*juvenile* ikan tongkol abu-abu tertangkap. Nilai L_c jaring insang hanyut lebih besar daripada nilai L_m berarti umumnya ikan yang tertangkap alat ini dalam kondisi pernah memijah setidaknya satu kali sebelum tertangkap. Hal ini juga mengandung arti bahwa pentingnya pemantauan yang terus menerus terhadap ukuran mata jaring insang hanyut, selain itu perlunya pembatasan ukuran ikan tangkapan di atas nilai L_m .

Ikan tongkol abu-abu di Laut Jawa termasuk kategori ikan yang berumur relatif panjang ditandai pertumbuhan yang lambat ($K=0,41$ /tahun), untuk mencapai panjang asimptotiknya ($L_\infty=78,8$ cm) dibutuhkan waktu 12 tahun. Rekrutmen terjadi dua kali setahun, sekitar September-Oktober dan April-Mei, Laju mortalitas alami tinggi ($M=0,77$ /tahun) dengan mortalitas penangkapan (F) sebesar $0,92$ /tahun dan laju mortalitas total (Z) $1,69$ /tahun. Laju eksploitasi tongkol abu-abu di Laut Jawa sudah mendekati pemanfaatan penuh ($E=0,54$). Hasil per penambahan baru (Y/R) senilai $547,46$ gr/rekrut, titik acuan yang dihasilkan dari model hasil per penambahan baru (Y/R) adalah upaya maksimum (F_{max}) dan upaya saat hasil sama dengan 10% dari iomasa awal ($F_{0,1}$), kematian karena penangkapan (F_{max}) $2,2$ pertahun dan $F_{0,1}$ sebesar $1,38$ per tahun, sehingga pemanfaatannya masih

@QuynhAnk IPB University

IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

dimungkinkan dilakukan penambahan upaya sebesar 46%. Analisis SPR tongkol abu-abu di Laut Jawa sebesar menunjukkan nilai 27%, lebih kecil dari nilai SPR optimum 36% sehingga perlu menurunkan effort sampai 9%, namun mengingat fekunditasnya yang tinggi nilai SPR saat ini masih katagori aman sebagai *Biological Limit Reference Point*.

6.3. Perikanan Tongkol Abu-abu dan Status Pemanfaatannya

Komposisi hasil tangkapan menunjukkan jaring insang hanyut dan jaring insang lingkaran merupakan alat tangkap utama yang digunakan menangkap ikan tongkol abu-abu. Musim penangkapan tongkol sebanyak dua kali yaitu pada bulan Maret-Mei dan pada September-November. Analisis pemanfaatan sumberdaya ikan tongkol secara optimum dengan model Schaefer menghasilkan nilai tangkapan produksi lestari atau *Maximum Sustainable Yield (MSY)* dan upaya optimum (*fMSY*) masing-masing sebesar 261.5674,78 kg dan 1991,85 trip. Sementara dengan model Fox nilai MSY sebesar 232.1877,60 kg dan *fMSY* 1925,36 trip. Tingkat pemanfaatan sumberdaya ikan tongkol bila dibandingkan kondisi aktual dengan data produksi dan upaya terakhir pada tahun 2019. Pada Model Fox maka produksi actual sudah mencapai 67% dari MSY dan effort sudah mencapai 65% dari *fMSY*. Sementara dengan model Schaefer produksi sudah mencapai 65% dari MSY dan effort mencapai 58% dari *fMSY*. Kondisi ini menunjukkan bahwa perikanan tongkol dalam kondisi berkembang dan masih bisa ditingkatkan hingga 35-42%. Berdasarkan konsep MEY kondisi saat ini sudah mencapai 73% dari MEY dan effort sudah mencapai 58% dari *fMEY*. Kondisi ini menunjukkan bahwa perikanan tongkol masih bisa ditingkatkan hingga 27-42%.

Analisis dinamika biomassa dengan ASPIC 7 ini dapat memetakan kondisi stok ikan saat ini dan diplotkan pada kobe plot hubungan antara mortalitas penangkapan F/F_{MSY} dan biomassa B/B_{MSY} yang menunjukkan kondisi aktual sumber daya ikan tongkol di Laut Jawa bahwa dalam kondisi pemanfaatan berlebih (*over-exploited*), yaitu $B_t/B_{MSY} < 1$ dan $F_t/F_{MSY} > 1$, namun cenderung terjadi penurunan kematian karena penangkapan sehingga cenderung bergerak ke kondisi *underfish* (zona kuning). Hasil proyeksi dengan beberapa scenario menghasilkan bahwa kondisi actual masih bisa ditingkatkan 5% setiap tahun sampai 5 tahun kedepan dimana mortalitas penangkapan < 1 dan biomassa > 1 atau dalam kondisi aman.

6.4. Strategi pengelolaan perikanan Tongkol Abu-abu

Berdasarkan informasi biologi reproduksi, dinamika populasi, aspek perikanan dan pemanfaatannya dan dinamika biomassa maka alternatif pengelolaan yang implementatif sebagai berikut:

1. Pengelolaan pada *input control*

Pengelolaan pada *input control* yaitu pengelolaan kegiatan penangkapan ikan dengan pengendalian pada masukan (input), yaitu pengendalian upaya penangkapan baik itu jumlah alat tangkap maupun jumlah trip.

Berdasarkan analisis dinamika populasi model yield per recruit (Y^*/R) Beverton & Holt maka perikanan tongkol abu-abu di Laut Jawa masih berkembang (*under*

fishing) sehingga pemanfaatannya masih dimungkinkan dilakukan penambahan upaya sebesar 46% terhadap titik acuan $F_{0,1}$.

Berdasarkan konsep MSY pada metode Surplus Produksi Tingkat pemanfaatan sumberdaya ikan tongkol bila dibandingkan kondisi aktual dengan data produksi dan upaya terakhir pada tahun 2019. Pada Model Fox maka effort sudah mencapai 65% dari f_{MSY} , sedangkan produksi mencapai 58% dari f_{MSY} . Kondisi ini menunjukkan bahwa perikanan tongkol dalam kondisi berkembang dan effort yaitu jumlah trip penangkapan masih bisa ditingkatkan hingga 35-42%.

Berdasarkan dinamika biomassa (*non equilibrium*) maka kondisi perikanan saat ini sudah berada dalam kondisi *recovery* dari *overfished* ke zona underfishing. Hasil proyeksi dengan beberapa scenario menghasilkan bahwa kondisi actual masih bisa ditingkatkan 5% setiap tahun sampai 5 tahun kedepan

2. Pengelolaan pada *output control*

Pengelolaan pada *output control* merupakan pengendalian pada keluaran dari kegiatan perikanan, dalam hal ini adalah jumlah tangkapan atau kita menetapkan kuota jumlah tangkapan ikan tongkol yang diperbolehkan.

Berdasarkan konsep MSY pada metode Surplus Produksi, maka produksi aktual perikanan tongkol saat ini sudah sebesar 65-67% dari MSY, hal ini menunjukkan masih memungkinkan penambahan produksi sampai 33-35%

Berdasarkan konsep dinamika biomassa, kondisi aktual sumber daya ikan tongkol di Laut Jawa bahwa dalam kondisi pemanfaatan berlebih (*over-exploited*), yaitu $B_t/B_{MSY} < 1$ dan $F_t/F_{MSY} > 1$, namun cenderung terjadi penurunan kematian karena penangkapan sehingga cenderung bergerak ke kondisi *underfish* (zona kuning). Hasil proyeksi dengan beberapa scenario menghasilkan bahwa kondisi actual masih bisa ditingkatkan 5% setiap tahun sampai 5 tahun kedepan dimana mortalitas penangkapan < 1 dan biomas > 1 atau dalam kondisi aman.

3. *Management measures*

Management measures merupakan opsi-opsi pengelolaan yang bisa diadopsi berdasarkan hasil penelitian agar penangkapan ikan tongkol abu-abu tetap berkelanjutan, adapun opsi-opsi pengelolaan yang bisa diberikan adalah:

- Penutupan musim penangkapan yang dilakukan pada saat musim pemijahan yaitu Mei dan November. Namun demikian musim pemijahan ini beririsan dengan musim penangkapan yaitu Maret-Mei dan pada September-November. Mengingat musim penangkapan paling tinggi pada September-November, saran penutupan musim penangkapan pada bulan Mei-Juni. Penghentian penangkapan pada bulan Mei-Juni dapat mengurangi penangkapan 7,2 %, hal ini juga dapat memperbesar nilai rasio potensi pemijahan (SPR) agar mencapai nilai optimal.
- mempertahankan ukuran alat tangkap yaitu: *mesh size* 4 inchi untuk jaring insang hanyut dan jaring insang lingkaran karena nilai L_c lebih besar dari L_m agar dapat memberikan kesempatan ikan memijah sebelum tertangkap.
- ukuran tangkapan yang diperbolehkan (UTB): di atas nilai L_m 42,3 cm

VII SIMPULAN UMUM DAN SARAN

7.1. Simpulan

Karakter biometrik bervariasi antar habitat Laut Jawa dan Laut Natuna dengan dua karakter morfometrik pembeda yaitu: karakter panjang sirip perut (PeL) dan karakter panjang sirip perut anal (PAF). Berdasarkan analisis karakter morfometrik populasi tongkol abu-abu terdiri dari 2 kelompok subpopulasi atau unit stok, tongkol abu-abu dari Laut Jawa dan Laut Natuna bagian barat satu unit stok sementara ikan dari Laut Natuna di Utara-Timur merupakan unit stok tersendiri. Hal ini dapat digunakan sebagai acuan dalam pengelolaan perikanan tongkol abu-abu.

Ukuran ikan tongkol abu-abu di Laut Jawa 9-81cm dengan modus 47-49, ukuran ikan ini hasil tangkapan pukat cincin mini antara antara 9-58 cm dengan modus 25cm. sedangkan hasil tangkapan jaring insang hanyut berada pada kisaran 14-80 cm dengan modus 48 cm.

Tongkol abu-abu (*Thunnus tonggol*) di Laut Jawa memiliki pola pertumbuhan isometrik. Nisbah kelamin tongkol abu-abu tidak berbeda nyata antara jantan dan betina. tongkol abu-abu yang ditangkap dengan jaring insang hanyut merupakan ikan dewasa sedangkan dari pukat cincin masih belum dewasa. Musim pemijahan terjadi pada bulan Mei dan November dan ikan tongkol abu-abu mempunyai fekunditas tinggi. Tongkol abu-abu memiliki pola pemijahan yaitu memijah beberapa kali setahun (*multiple spawner*). Tongkol abu-abu tergolong ikan karnivora yang preferensi makanan utamanya tidak sama setiap bulan yaitu teri, udang, cumi-cumi, tembang dan hancuran ikan, sedangkan sebagai pelengkap yaitu ikan kembung dan layang.

Tongkol abu-abu di laut Jawa memiliki laju pertumbuhan lambat dengan nilai. Rekrutmen terjadi dua kali setahun yaitu pada bulan Maret-April (mayor) dan Agustus-September (minor). Tingkat eksploitasi 0,54 pertahun. Tingkat eksploitasi *T. tonggol* ini sudah full eksploitasi, namun berdasarkan analisis hasil per penambahan baru (Y/R) upaya penangkapan tongkol abu-abu secara teoritis masih dapat ditingkatkan sampai 0,46 atau 46% dari upaya sekarang. Rasio potensi pemijahan (SPR) sebesar 27% yang sudah optimum sehingga pengembangan upaya perlu dipertahankan pada tingkat saat ini.

Hasil tangkapan tuna neritik di Laut Jawa dihasilkan pukat cincin mini 3,5%, jaring insang hanyut 10,2% dan jarring insang lingkaran 86%. Jaring insang hanyut dan jaring insang lingkaran merupakan alat tangkap utama penangkapan tuna neritik. Musim penangkapan ikan tongkol di Laut Jawa terjadi dua kali dalam setahun yaitu pertama musim peralihan I (Maret-Mei) (minor), dan musim peralihan II (September-November) (mayor). Produksi tahunan dan CPUE tuna neritik masih menunjukkan tren yang berfluktuasi. Kondisi aktual tingkat pemanfaatan sumberdaya ikan tongkol sudah mencapai 65-67% dari *MSY* dan 35-42% dari *fMSY*. Sementara itu berdasarkan konsep MEY kondisi saat ini sudah mencapai 58-73% dari MEY dan *fMEY* dan masih bisa ditingkatkan hingga 27-42%.

Analisis dinamika biomassa hubungan antara mortalitas penangkapan F/F_{MSY} dan biomassa B/B_{MSY} yang menunjukkan kondisi aktual sumber daya ikan tongkol di Laut Jawa bahwa dalam kondisi pemanfaatan berlebih (*over-exploited*) zona merah, cenderung bergerak ke kondisi *underfish* (zona kuning). Berdasarkan



hasil proyeksi dengan beberapa scenario menghasilkan bahwa kondisi actual masih bisa peningkatan upaya 5% setiap tahun, sampai 5 tahun kedepan dan kondisi biomas dalam keadan masih aman. Dari hasil analisis *MSY*, *Yield per recruit* dan dinamika biomassa bahwa secara teoritis upaya penangkapan masih bisa ditingkatkan sampai 35-45%.

Informasi tentang stok ikan tongkol abu-abu di Laut Jawa sama dengan stok tongkol abu-abu di Laut Natuna Barat sementara Stok Natuna Timur merupakan stok tersendiri membawa konsekuensi pada pengelolaan, sehingga perlu revitalisasi pengelolaan saat ini. Pengelolaan ikan tongkol abu-abu Laut Jawa dimasa yang akan datang sudah seharusnya mencakup Laut Natuna barat.

4.2. Saran

Strategi pengelolaan yang bisa direkomendasikan dalam rangka mendukung pengelolaan perikanan onkol abu-abu yang berkelanjutan di Laut Jawa, yaitu pembatasan selektifitas alat tangkap melalui penetapan besarnya mata jaring pada alat tangkap utama yaitu jaring insang hanyut dan jaring insang lingkak sebesar 4 inchi. Penutupan musim penangkapan musim penangkapan yang berdasarkan pada waktu pemijahan ikan tongkol abu-abu di Laut Jawa yaitu bulan Apil-Mei, namun karena waktunya bersamaan dengan musim penangkapan sehingga penerapannya dilapangan memerlukan sosialasi dengan *stakeholder*. Berdasarkan hasil proyeksi dengan beberapa scenario menghasilkan bahwa kondisi actual masih bisa peningkatan upaya 5% setiap tahun, sampai 5 tahun kedepan dan kondisi biomas dalam keadan masih aman. Penambahan armada baru direkomendasikan yaitu alat tangkap jaring insang hanyut dan jaring insang lingkak.

Perlunya penelitian lebih lanjut seperti tentang tempat pemijahan (*spawning ground*) ikan tongkol abu-abu dan studi untuk menentukan batas batas unit stok seperti studi tentang genetik dan tagging. Selain itu sebagai ikan karnivora ikan ini punya potensi untuk dibudidayakan.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdussamad EM, Said Koya KP, Ghosh S, Rohit P, Joshi KK, Manojkumar B, Prakasan D, Kemparaju S, Elayath MNK, Dhokia HK, Sebastine M & Bineesh KK. 2012. Fishery, biology and population characteristics of longtail tuna, *Thunnus tonggol* (Bleeker, 1851) caught along the Indian coast. *Indian J. Fish.* 59 (2): 7-16.
- Abinawanto, Hamidah H, Bowolaksono A, Eprilurahman R. 2018. Short communication: Biometric of freshwater crayfish (*Cherax* spp.) from Papua and West Papua, Indonesia. *Biodiversitas.* 19 (2): 489-495.
- Adnan. 2010. Analisis suhu permukaan laut dan klorofil-a data inderaja hubungannya dengan hasil tangkapan ikan tongkol (*Euthynnus affinis*) di perairan Kalimantan Timur. *Jurnal Amanisal PSP FPIK Unpatti – Ambon:* 1 – 12.
- Agarwal NK. 2008. Fish Reproduction, New Delhi APH Pub, Corp. 157 p.
- Ago ND, Binyotubo TE, Kwen K. 2014. Mesh-size selectivity of multifilament gill net at Fakun village, North of Lake Jebba. *Journal of Fisheries and Aquatic Science* 9:272-276. DOI: [10.3923/jfas.2014.272.276](https://doi.org/10.3923/jfas.2014.272.276)
- Ahammad AKS, Ahmed MBU, Akhter S, Hossain MDK. 2018. Landmark-based morphometric and meristic analysis in response to characterize the wild Bhagna, *Labeo ariza* populations for its conservation. *Journal of the Bangladesh Agricultural University,* 16(1):164–170. doi: [10.3329/jbau.v16i1.36498](https://doi.org/10.3329/jbau.v16i1.36498).
- Ahmed Q, Bilgin S, Bat L. 2016. Length based growth estimation of most commercially important Scombridae from offshore water of Pakistan Coast in the Arabian Sea. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 16: 155-167. DOI: [10.4194/1303-2712-v16_1_16](https://doi.org/10.4194/1303-2712-v16_1_16).
- Amundsen PA, Gabler HM, Staldvik FJ. 1996. A new approach to graphical analysis of feeding strategy from stomach contents data modification of the Costello (1990) method. *Journal of Fish Biology* (1996) 48, 607–614. DOI: [10.1111/j.1095-8649.1996.tb01455.x](https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.1996.tb01455.x)
- Anna Z. 2016. Pengelolaan Berkelanjutan Perikanan Tangkap Waduk Cirata : Model Bio-Ekonomi. *Jurnal Sosial Ekonomi Kelautan dan Perikanan* 11(2):161.
- Anderson LG, Seijo JC. 2010. *Bioeconomics of fisheries management.* 1. USA: John Wiley & Sons.
- Arslan M, Yildirim A, Bektas S. 2004. Length weight relationship of Brown Trout, *Salmo trutta*, inhabiting Kan Stream, Coruh Basin, North-Eastern Turkey. *Turk. J. Fish. Aqua. Sci.* 4, 45–48.
- Azis KA. 1991. *Dinamika Populasi Ikan.* Pusat Antar Universitas Ilmu Hayati. Insitut Pertanian Bogor, Bogor. 115 hal.
- Azpeitia RM, López-Martínez J, Rábago-Quiroz CH, Nevárez-Martínez MO, Herrera-Valdivia E. 2013. Growth and mortality rates of *Pseudupeneus grandisquamis* and *Urobatis halleri* bycatch species in the shrimp fishery. *Hidrobiológica* 23(3):386-393.

- Baskoro MS, Taurusman AA, & Sudirman. 2011. *Tingkah Laku Ikan dan Hubungannya dengan Ilmu dan Teknologi Perikanan Tangkap*. 258p. CV. Lubuk Agung. Bandung.
- Beacham TD, Withler RE & Gould AP. 1985. Biochemical genetic stock identification of Chum Salmon (*Oncorhynchus gorbuscha*) in southern British Columbia. *Can J Fish Aqua Sci* 42(1): 474–483. DOI: [10.13140/RG.2.1.1297.3285](https://doi.org/10.13140/RG.2.1.1297.3285)
- Boonragsa V. 1987. Tuna resources in the Thai waters, Andaman Sea. *Indo-Pac.Tuna Dev. (IPTP) Mgt. Programme*, Vol. 2:267–80.
- Chayakul R & Chamchang C. 1988. Description and identification of longtail tuna larvae, *Thunnus tonggol* (Bleeker) in the Gulf of Thailand. *Indo-Pac.Tuna Dev.Mgt. Programme*, IPTP/87/GEN/13:71–9.
- Chen Z & Wei S. 1981. An investigation on the distribution of tuna fish larvae in the central region of Nan. Hai. *J.Fish.China*, 5(1):41–7.
- Cadima EL. 2003. Fish Stock Assessment Manual. FAO Fisheries Technical Paper No.393. p. 161.
- Chen Y, Paloheimo JE. 1994. Estimating fish length and age at 50% maturity using a logistic type model. *Aquatic Science* 56:206-219. DOI: [10.1007/BF00879965](https://doi.org/10.1007/BF00879965)
- Collete BB, Nauen CE. 1983. *FAO Special Catalogue*. Vol. 2 Scombrids of the world an annotated and illustrated catalogue of tunas, mackerels, bonitos, and related species known to date. FAO Fisheries Synopsis.125 (2): 92-93.
- Claereboudt MR, McIlwain JL, Al-Oufi HS, Ambu-Ali AA. 2005. Patterns of reproduction and spawning of the kingfish (*Scomberomorus commerson*, Lacépède) in the coastal waters of the Sultanate of Oman. *Fish. Res.* 73 (3): 273–282. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2005.02.009>.
- Corti M, Thorpe RS, Sola L, Sbordoni V, Cataudella S. 1988. Multivariate morphometrics in aquaculture: a case study of six stocks of the common carp (*Cyprinus carpio*) from Italy. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 45, 1548-1554.
- Dagorn L, Josse E, Bach P, & Bertrand A. 2000. Modeling tuna behaviour near floating objects. *Aquat Living Resour.* 13. 203–211
- Darvishi M, Salarpur A. 2003. Spawning, fecundity and feeding of longtail tuna (*Thunnus tonggol*) in the Persian Gulf and Oman Sea (Hormuzgan province). *Animal and Fisheries Sciences* 16 (2): 70-75.
- Darvishi M, Paighambari SY, Ghorbani AR, Kaymaram F. 2018. Population assessment and yield per recruit of longtail tuna (*Thunnus tonggol*) in Northern of the Persian Gulf and Oman Sea (Iran, Hormozgan Province). *Iranian Journal of Fisheries Sciences* 17(4):776-789. DOI: 10.22092/ijfs.2018.116992.
- Daruwedho H, Sasmito B, Janu F.A. 2016. Analisis pola arus laut permukaan perairan Indonesia dengan menggunakan satelit altimetri Jason-2 Tahun 2010-2014. *Jurnal Geodesi Undip*; 5 (2), 145-158.
- DeVries DR, Stein RA. 1990. Manipulating shad to enhance sport fisheries in North America: an assessment. *North American Journal of Fisheries Management* 10: 209–223.
- DGCF. 2017. Directorate General of Capture Fisheries. *Statistics of marine capture fisheries production 2005-2016*. Jakarta (ID): Ministry of Marine Affairs and Fisheries Republic of Indonesia.

- Duponchelle F, Panfilli J. 1998. Variation in age and size of maturity of female Nile tilapia *Oreochromis niloticus*, population from man-made lakes of Cote d'Ivoire. *Environmental Biology of Fishes*. 52: 453-465.
- Dwivedi AK, Dubey VK. 2013. Advancements in morphometric differentiation: a review on stock identification among fish populations. *Rev Fish Bio Fisher* 23:23-39. <http://dx.doi.org/10.1007/s11160-012-9279-1>.
- Effendie MI. 2002. *Biologi Perikanan*. Yayasan Pustaka Nusantara. Bogor. p.163
- Ukenyea EA, Taiwob IA, Anyanwuc PE. 2019. Morphological and genetic variation in Tilapia guineensis in West African coastal waters: A mini review. *Biotechnology Reports* 24. <https://doi.org/10.1016/j.btre.2019.e00362>.
- Fauzi A. 2006. *Ekonomi sumber daya alam dan lingkungan*. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama. 260 h.
- Fisher RA. 1936. The use of multiple measurements in taxonomic problems. *The Annals of Eugenics*. 7: p 179-188.
- Freon P, Dagorn L. 2000. Review of Fish Associative Behavior: Toward a generalization of the meeting point hypothesis. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*. 10:183–207
- Froese R, Pauly DE. 2020. FishBase, version 02/2020. www.fishbase.org. Accessed at 26-08-2020.
- Froese R. 2006. Cube law, condition factor and weight-length relationships: history, meta-analysis and recommendations. *Journal of Applied Ichthyology*, 22: 241–253. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1439-0426.2006.00805x/>
- Gaertner D, Hallier JP, Maunder MN. 2004. A tag-attribution model as a means to estimate the efficiency of two types of tags used in tropical tuna fisheries. *Fisheries Resources* 69:171-180.
- Gaol JL & Sadhotomo B. 2007. Karakteristik dan variabilitas parameter oseanografi laut Jawa hubungannya dengan distribusi hasil tangkapan ikan. *Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia*. Vol. 13. No.3: 1-12. DOI: [10.15578/jppi.13.3.2007.201-211](https://doi.org/10.15578/jppi.13.3.2007.201-211)
- Gooding RM & Magnuson JJ. 1967. Ecological significance of a drifting object to pelagic fishes. *Pacific Science*, 21. 486-497.
- Garvey JE, Dingledine NA, Donovan NS, Stein RA. 1998a. Exploring spatial and temporal variation within reservoir food webs: predictions for fish assemblages. *Ecological Applications* 8: 104–120
- Gayanilo FC Jr., Sparre P, Pauly D. 2005 FAO ICLARM Stock Assessment Tools (FiSAT). User's guide. FAO Computerised Information Series (Fisheries) No. 8 FAO, Rome, 126 p.
- Ghosh S, Pillai NGK, Dhokia HK. 2010. Fishery, population characteristics and yield estimates of coastal tunas at Veraval. *Indian Journal of Fisheries*, 57 (2): 7-13.
- Girardin R, Vermard Y, Thebaud O, Tidd A, Marchal P. 2015. Predicting fisher response to competition for space and resources in a mixed demersal fishery. *Ocean & Coastal Management*. 106:124-135. doi:10.1016/j.ocecoaman.2015.01.017.

- Griffiths SP, Fry GC, Manson FJ, Pillans RD. 2017. Morphometric relationships for four Scombridae fish species in Australian waters. *J. Appl. Ichthyol.* 33 (3); 583-585. DOI: 10.1111/jai.13136.
- Griffiths SP, Pepperell JG, Tonks ML, Sawynok W, Olyott L, Tickell S, Zischke MT, Burgess J, Jones E, Joyner D, Lynne J, Makepeace C & Moyle K. 2010. Biology, fisheries and status of longtail tuna (*Thunnus tonggol*), with special reference to recreational fisheries in Australian waters. *FRDC Final Report 2008/058*. p. 101.
- Griffiths SP. 2010. Stock assessment and efficacy of size limits on longtail tuna (*Thunnus tonggol*) caught in Australian waters. *Fish. Res.* 102: 248–257.
- Griffiths SP, Gary CF, Fiona JM & Richard DP. 2007. Feeding dynamics, consumption rates and daily ration of longtail tuna (*Thunnus tonggol*) in Australian waters, with emphasis on the consumption of commercially important prawns. *Mar. Freshwat. Res.*, 58: 376–397.
- Gulland JA. 1983. *Fish Stock Assessment: A Manual of Basic Methods*. Wiley & Sons, New York, 223 p.
- Haig JA, Pantin JR, Salomonsen H. 2015. Temporal and spatial variation in size at maturity of the common whelk (*Buccinum undatum*). *ICES Journal of Marine Science*, 72 (9): 1-13. doi: 10.1093/icesjms/fsv128.
- Hart Paul JB, John Reynolds D. (eds). 2004. *Handbook of Fish Biology and Fisheries; Volume 1: Fish Biology*. Blackwell Publishing company. Australia.
- Hassadee P, Yakoh A, Nootmorn P, Puntuleng P, Songkaew N & Kruanium U. 2014. Reproductive biology of longtail tuna in Thai Waters. *IOTC–2014–WPNT 04–27*. P: 1-9.
- Hedayatifard M. 2007. The surveying of biological characteristics of long tail tuna (*Thunnus tonggol*) in the southern coasts of Iran. *Proceedings of the International Conference on Science and Technology of Aquaculture, Fisheries and Oceanography in the Arabian Seas*. Kuwait. p. 1-11.
- Hendiarti N, Siegel H, dan Ohde T. 2004. *Investigation of Different Coastal Processes in Indonesia Waters Using SeaWIFS Data*, In Deep-Sea Research Part II. in Editors by Siegel DA, Thomas AC, Marra J. Elsevier, USA, 86-97.
- Hendiarti N, Suwarso, Aldrin E, Amri K, Sachoemar SI & IWahyono IB. 2005. Seasonal variation of pelagic fish catch around Java. *Oceanography* 18 (4). 112-123.
- Hidayat T & Noegroho T. 2018. Biologi reproduksi ikan tongkol Abu-abu (*Thunnus tonggol*) di perairan Laut Cina Selatan. *BAWAL*. 10 (1): 17-28.
- Hidayat T, Noegroho T, & Chodrijah U. 2015. Musim penangkapan, laju tangkap dan komposisi hasil tangkapan jaring insang hanyut di Laut Cina Selatan. In: Suman, A., J. Haluan, Yunaspi, D. Efizon, G. Bintoro & K. Amri (Eds): Status pemanfaatan sumber daya ikan di perairan Laut Cina Selatan (WPP-NRI 711), hal: 219-229. Penerbit Ref Grafika, Jakarta.
- Hidayat T & Noegroho T. 2013. Perikanan jaring insang hanyut di laut Jawa. In: Suman, A., Wudianto, Bintoro, G., & Haluan, J. (Eds): Status pemanfaatan sumber daya ikan di perairan laut Jawa, hal: 235-243. PT. IPB Press. Bogor.
- Hilborn R, Walter CJ. 1992. *Quantitative Fisheries Stock Assessment - Choice, Dynamics and Uncertainty*. Chapman and Hall, New York, 570 p.

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

- Holden MJ, & Raitt DFS. 1974. *Manual of Fisheries Science*. FAO Fish. Tech. Pap. 115.1-214. Rome, Italy.
<http://www.fao.org/3/F0752E/F0752E05.htm#ch5.2.2>
- Hordyk A, Ono K, Valencia S, Loneragan N, & Prince J. 2015. A novel length-based empirical estimation method of spawning potential ratio (SPR), and tests of its performance, for small-scale, data-poor fisheries. *ICES Journal of Mahorrine Science*, 72(1), 217-231. doi:10.1093/icesjms/fsu004
- Hunter A, Speirs DC, Heath MR. 2015. Fishery-induced changes to age and length dependent maturation schedules of three demersal fish species in the Firth of Clyde. *Fisheries Research*. 170 :14–23. doi: 10.1016/j.fishres.2015.05.004.
- Hunter A, Speirs DC, Heath MR. 2016. Investigating trends in the growth of five demersal fish species from the Firth of Clyde and the wider western shelf of Scotland. *Fisheries Research* 177:71–81. doi:10.1016/j.fishres.2016.01.005.
- Hutubessy BG, Mosse JW. 2015. Ecosystem approach to fisheries management in Indonesia: Review on indicators and reference values. *Procedia Environmental Sciences*. 23:148 – 156. doi:10.1016/j.proenv.2015.01.023.
- Ihsen PE, Booke HE, Casselman JM, McGlade JM, Payne NR, Utter FM. 1981. Stock identification: materials and methods. *Can. J. Fish. Aq. Sci.*, 38: 1838-1855. https://doi.org/10.1139/f81-230_V
- Ingles J, Pauly D. 1984. An atlas of the growth, mortality and recruitment of Philippine fishes. ICLARM Technical Report 13, 130 p.
- Irmawati. 2016. *Genetika Populasi Ikan*. Yogyakarta (ID). Andi Offset. 244 p.
- Itoh T, Yuki Y, Tsuji S. 1999. Spawning possibility and growth of longtail tuna, *Thunnus tonggol*, in the water around Japan. *Bulletin of the National Research Institute of Far Seas Fisheries* 36:47-53.
- Jabbar MA, Kamal MM, Boer M, Suman A, Suyasa IN. 2018. Reproductive biology of the red bigeye (*Priacanthus macracanthus* Cuvier, 1829) in Palabuhanratu Bay, Indonesia. *Indonesian Fisheries Research Journal*. 24 (1): 11-2.
- Jega IS, Miah M I, Haque MM, Shahjahan M, Ahmed ZF & Fatema MK. 2017. Sex ratio, length-weight relationships and seasonal variations in condition factor of menoda catfish *Hemibagrus menoda* (Hamilton, 1822) of the Kangsha River in Bangladesh. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*. 5(5): 49-54.
- Jega IS, Miah MI, Huda NA, Rahman MA, Fatema MK, Haque MM. & Shahjahan M. 2018. Reproductive Biology of the Threatened Menoda Catfish, *Hemibagrus menoda* (Hamilton, 1822) in the Kangsha River, Bangladesh. *Journal of Fisheries and Aquatic Science*. 13 (1): 39-48. DOI: 10.3923/jfas.2018.39.48.
- Jisr N, Younes G, Sukhn C, El-Dakdouki MH. 2018. Length-weight relationships and relative condition factor of fish inhabiting the marine area of the Eastern Mediterranean city, Tripoli-Lebanon. *Egyptian Journal of Aquatic Research* 44: 299-305. <https://doi.org/10.1016/j.ejar.2018.11.004>.
- Ju PL, Yang L, Lu ZB, Yang SY, Du JG, Zhong HQ, Chen J, Xiao JM, Chen MR, Zhang CY. 2016. Age, growth, mortality and population structure of silver

croaker *Pennahia argentata* (Houttuyn, 1782) and red bigeye *Priacanthus macracanthus*

- Kaymaram F, Darvishi M, Behzadi S, Ghasemi S. 2013. Population dynamic parameters of *Thunnus tonggol* in the north of the Persian Gulf and Oman Sea. *Iranian Jour. of Fish. Sci.* 12(4): 855–863.
- Klinmuang H. 1978. Preliminary studies on the biology of tunas in the west of the Gulf of Thailand and off the east coast of Peninsular Malaysia. *Fisheries Report of the Marine Fisheries Division of the Department of Fisheries*, Bangkok 5, 27 p.
- Khorshidian K & Carrara G. 1993. An analysis of length frequency of *Thunnus tonggol* in Hormozgan water. In: Ardill J.D. (ed). *Proceeding of the expert consultation on Indian Ocean Tunas, 5th Session*. Mahe, Scycheles. 275 p
- Koya KM, Rohit P, Abdussamad EM, Azeez PA, Vase VK, Bharadiya S. 2018. Reproductive biology, diet and feeding pattern of longtail tuna *Thunnus tonggol* (Bleeker, 1851) in the north-eastern Arabian Sea off Gujarat, India. *Indian J. Fish.*, 65 (2): 16-25. DOI: 10.21077/ijf.2018.65.2.78457-02.
- King M. 1995. *Fisheries Biology, Assessment, and Management*. Blackwell Science Ltd. 341p.
- Knútsson Ö, Kristófersson DM, Gestsson H. 2016. The effects of fisheries management on the Icelandic demersal fish value chain. *Marine Policy* 63:172–179. doi: 10.1016/j.marpol.2015.03.015.
- Kumar MV, Mali KS, Farejiya MK, Rao RK. 2017. Growth, age and mortality of *Thunnus tonggol* (Bleeker, 1851) exploited along the North West Coast of India. *European Journal of Biotechnology and Bioscience* 5(3):1-5.
- Kunarso. 2014. Pengaruh Monsun, *El Niño-Southern Oscillation* dan *Indian Ocean Dipole* Terhadap Waktu dan Daerah Penangkapan Ikan Tuna di Samudra India Bagian Timur. *Disertasi*, PS. Sains Kebumian, Fakultas Ilmu dan Teknologi Kebumian, ITB, Bandung
- Kunarso SH, Ningsih NS & Baskoro M. 2011. Variabilitas suhu dan klorofil-a di daerah upwelling pada variasi kejadian ENSO dan IOD di Perairan Selatan Jawa sampai Timor. *Jurnal Ilmu Kelautan*. September 2011. Vol. 16 (3): 171-180. ISSN 0853-7291. <https://doi.org/10.14710/ik.ijms.16.3.171-180>
- Kuparinen A, Mäntyniemi S, Hutchings JA, Kuikka S. 2012. Increasing biological realism of fisheries stock assessment: towards hierarchical Bayesian methods. *Environ. Rev.* 20: 135–151. doi:10.1139/A2012-006.
- Lambert Y. 2008. Why should we closely monitor fecundity in marine fish populations? *Journal of Northwest Atlantic Fisheries Science*, 41, 93-106. <https://doi.org/10.2960/J.v41.m628>.
- Legendre P & Legendre L. 1998. *Numerical Ecology*. Second edition. Fishing News Book. Ltd. England, 201 pp.
- Lindsey CC. 1988. Factors controlling meristic variation. In: Hoar WS., Randall DJ. (Eds.). *Fish Physiology* Vol. 11-B. Academic Press, San Diego, CA, pp. 197–274.
- Li S, Cai W, Zhou B. 1993. Variation in morphology and biochemical genetic markers among populations of blunt snout bream (*Megalobrama amblycephala*). *Aquaculture*, 111(1-4): 117-127. [https://doi.org/10.1016/0044-8486\(93\)90030-3](https://doi.org/10.1016/0044-8486(93)90030-3).

- Lowerre-Barbieri SK, Ganas K, Saborido-Rey F, Murua H, & Hunter JR. 2011. Reproductive timing in marine fishes: Variability, temporal scales, and methods. *Marine and Coastal Fisheries, Dynamic and Management EcosystemScience* 3(1), 71-91. doi:10.1080/19425120.2011.556932
- Mace PM. 1994. Relationships between common biological reference points used as thresholds and targets of fisheries management strategies. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 51:110-122.
- Ma B, Xie C, Huo B, Yang X, Chen S. 2012. Reproductive Biology of *Schizothorax o'connori* (Cyprinidae: Schizothoracinae) in the Yarlung Zangbo River, Tibet. *Zoological Studies*. 51(7): 1066-1076.
- Ma'mun A, Priatna A, Amri K, Nurdin E. 2019. Hubungan antara kondisi oseanografi dan distribusi spasial ikan pelagis di Wilayah Pengelolaan Perikanan Negara Republik Indonesia (WPP NRI) 712 Laut Jawa. *Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia* 25(1):1-14.
- Magnussen E. 2007. Interpopulation comparison of growth patterns of 14 fish species on Faroe Bank: are all fishes on the bank fast-growing? *Journal of Fish Biology* 71:453-475.
- Mahmoud HH, El Haweet AAK, Dimech M. 2014. Stock assessment of the alien species Brushtooth lizard fish, *Saurida undosquamis* (Richardson, 1848) in the Egyptian Mediterranean coast. *Egyptian Journal of Aquatic Research*. 40:443-450. doi:10.1016/j.ejar.2014.12.003.
- Mehanna S, Al-Shijibi S, Al-Jafary J, Al-Senaidi R. 2012. Population dynamics and management of scalloped spiny lobster *Panulirus homarus* in Oman Coastal waters. *Journal of Biology, Agriculture and Healthcare* 2(10):184-194.
- Meirinawati H & Iskandar MR. 2019. Karakteristik fisika dan kimia perairan di Laut Jawa – Ambang Dewakang. *Oseanologi dan Limnologi di Indonesia*. 4(1): 41-52. DOI: 10.14203/oldi.2019.v4i1.140.
- Menard F, Stequert B, Rubin A, Herrera M, & Marchal E. 2000. Food consumption of tuna in the equatorial Atlantic Ocean: FAD-associated versus unassociated schools. *J Aquat Living Resour*. 13, 233-240.
- Merta IGS, Iskandar B, & Bahar S. 2004. Musim Penangkapan Ikan Pelagis Besar di Indonesia 116p. Balai Riset Perikanan Laut. Pusat Riset Perikanan Tangkap. Badan Riset Kelautan dan Perikanan. Departemen Kelautan dan Perikanan. Jakarta.
- Mohri M., Kajikawa Y. 2014. Ecology of bluefin tuna and longtail tuna in the Sea of Japan based on mathematical and physical fisheries science consideration using chi-square test, cluster analysis, and linear discriminant analysis. *Mathematical and Physical Fisheries Science*. 11:22-43.
- Mojekwu TO and Anumudu CI. 2015. Advanced techniques for morphometric analysis. *Fish. J Aquac Res Development* 6 (8). 1-6. DOI: 10.4172/2155-9546.1000354.
- Monintja DR. 1990. Study on the development of rumpon as fish aggregating devices (FADs). *Bul FPIK IPB*. 3(2), 137.
- Muchlisin ZA. 2013. Morfometric variations of Rasbora Group (Pisces: Cyprinidae) in Lake Laut Tawar, Aceh Province, Indonesia, Based on Truss Character Analysis. *Hayati Journal of Biosciences*. 20 (3), 138-148. DOI: 10.4308/hjb.20.3.138

- Natsir M & Mahiswara. 2010. Pola agregasi ikan pelagis terhadap pengaruh cahaya pada alat tangkap mini purse seine. *J. Lit. Perikan. Ind.* 16 (1): 63-73.
- Morgan MJ & Colbourne EB. 1999. Variation in maturity-at-age and size in three populations of American plaice. *ICES Journal of Marine Science.* 56: 673 – 688. <https://doi.org/10.1006/jmsc.1999.0487>.
- Moresco A & de Bemvenuti A. 2006. Reproductive biology of silverside *Odontesthes argentinensis* (Valenciennes) (Atherinopsidae) of coastal sea region of the South of Brazil. *Revista Brasileira de Zoology*, 23 (4): 1168-1174.
- Moyle PB, Cech JJ. 1988. *Fishes. An Introduction to Ichthyology*. Second edition. Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey
- Murua H., & Saborido-Rey, F. 2003. Female reproductive strategies of marine fish species of the North Atlantic. *Journal of Northwest Atlantic Fishery Science*, 33, 23-31.
- Muthiah C. 1985. Fishery and bionomics of tunas at Mangalore. In: Silas, E. G. (Ed.), *Tuna fisheries of the exclusive economic zone of India: biology and stock assessment. Bull. Cent. Mar. Fish. Res. Inst., Cochin.* 36:51-70.
- Nurdin E, Natsir M, Hufiadi. 2007. Pengaruh intensitas cahaya terhadap ketertarikan gerombolan ikan pelagis kecil pada mini purse seine di perairan Pemalang Jawa Tengah. *J. Lit. Perikan. Ind.* 13(2): 125-132.
- Noble RL. 1981. Management of forage fishes in impoundments of the southern United States. *Transactions of the American Fisheries Society* 110: 738–750.
- Palma J & Andrade JP. 2002. Morphological study of *Diplodus sargus*, *Diplodus puntazo*, and *Lithognathus mornurus* (Sparidae) in the Eastern Atlantic and Mediterranean Sea. *Fisher. Research.* 57: 1-8. [https://doi.org/10.1016/S0165-7836\(01\)00335-6](https://doi.org/10.1016/S0165-7836(01)00335-6)
- Papoulias DM, Chapman D, Tillitt DE. 2006. Reproductive condition and occurrence of intersex in bighead carp and silver carp in the Missouri River. *Hydrobiologia* (2006) 571:355–360. DOI: 10.1007/s10750-006-0260-7.
- Pauly D. 1983. Some simple methods for the assessment of tropical fish stocks. *FAO Fisheries Technical Paper*, 52 p.
- Pauly D, Munro JL. 1984. Once more on the comparison of growth in fish and invertebrates. *Fishbyte*, The World Fish Center 2(1):1-21.
- Pauly D, Navaluna NA. 1983. Monsoon-induced seasonality in the recruitment of Philippine fishes. *FAO Fisheries Report No. 291*, 11 p.
- Pelabuhan Perikanan Nusantara Pekalongan. 2016. *Statistik Perikanan Tangkap 2016*.
- Pillai NGK, Menon NG, Pillai PP, Ganga U. 2002. Management of Scombrid fisheries. *Central Marine Fisheries Research Institute, Kochi, India*, 8 p.
- Pinkas L, Ollipahnt MS and Iverson ILK. 1971. Food habits of albacore, bluefin tuna and bonito in Californian waters. *Calif. Dep. Fish. Game. Fish. Bull.*, 4: 185-200.
- Prabhakar A, Dudley RG. 1989. Age, growth and mortality rates of longtail tuna *Thunnus tonggol* (Bleeker) in Omani waters based on length data. *Indo-Pacific Tuna Development and Management Program IPTP/89/GEN* 16:90-96.

- Prihatiningsih, Edrus IN & Sumiono B. 2018. Biologi reproduksi, pertumbuhan dan mortalitas ikan ekor kuning (*Caesio cuning* Bloch, 1791) di perairan Natuna. *BAWAL*. 10 (1): 1-15.
- Prince J, Victor S, Kloulchad V, Hordyk A. 2015. Length based SPR assessment of eleven Indo-Pacific coral reef fish populations in Palau. *Fisheries Research*. 171, 42-58. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2015.06.008>
- Prince J, Hordyk A, Valencia SR, Loneragan N, Sainsbury K. 2014. Revisiting the concept of Beverton – Holt life-history invariants with the aim of informing data-poor fisheries assessment. *ICES J.Mar.Scie*. doi:10.1093 / icesjms/fsu011.
- Purwanto. 1988. Bio-ekonomi penangkapan ikan: Model statik. *Oseana* XIII(2): 63 - 72.
- Rahardjo MF, Sjafei DS, Affandi R, Sulistiono J, Hutabarat. 2011. *Iktiologi*. Penerbit Lubuk Agung. Bandung (ID).
- Ravard D, Brind'Amour A, Trenkel VM. 2014. Evaluating the potential impact of fishing on demersal species in the Bay of Biscay using simulations and survey data. *Fisheries Research*. 157:86–95. doi:10.1016/j.fishres.2014.03.007.
- Reddin DR. 1986. Effects of different mesh sizes on gill-net catches of Atlantic Salmon in Newfoundland. *North American Journal of Fisheries Management* 6:209-215.
- Ricker WE. 1975. Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. *Bull. Fish. Res. Bd Canada*, 191.382 pp.
- Rolaa AC, Teresita A, Narvaezb, Naguitc MRA, Elazeguia DD, Brilloa BBC, Paunlaguia MP, Jalotjota HC, Cervantesa CC. 2018. Impact of the closed fishing season policy for sardines in Zamboanga Peninsula, Philippines. *Marine Policy* 87: 40-50. Doi:10.1016/j.marpol.2017.09.029.
- Rossetto M, Bitetto I, Spedicato MT, Lembo G, Gambino M, Accadia P, Melià P. 2015. Multi-criteria decision-making for fisheries management: A case study of Mediterranean demersal fisheries. *Marine Policy*. 53: 83–93. doi:10.1016/j.marpol.2014.11.006.
- Russo T, Parisi A, Garofalo G, Gristina M, Cataudella S, Fiorentino F. 2014. SMART: A Spatially Explicit Bio-Economic Model for Assessing and Managing Demersal Fisheries, with an Application to Italian Trawlers in the Strait of Sicily. *PLoS ONE* 9(1): 1-18. doi:10.1371/journal.pone.0086222.
- Sadhotomo B, Nurhakim S & Atmaja SB. 1986. Perkembangan komposisi hasil tangkapan dan laju tangkap pukat cincin di Laut Jawa. *Jurnal Penelitian Perikanan Laut*, 36: 101 109.
- Samples KC & Sproul JR. 1985. Fish aggregating devices (FADs) and open access commercial fisheries: a theoretical inquiry. *Bul Mar Sci*. 37(1), 997-1003.
- Sbrana M, Belcari P, Ranieri SD, Sartor P, Viva C. 2007. Comparison of the catches of European hake (*Merluccius merluccius*, L. 1758) taken with experimental gillnets of different mesh sizes in the northern Tyrrhenian Sea (western Mediterranean). *Scientia Marina* 71(1): 47-56.
- Schaefer KM. 2001. Reproductive Biology of Tunas. *In*: Block, B.A. & Steven, E.S (eds). Tuna: Physiology, Ecology and Evolution. Academic Press. London. 468 p.



- Shoup DE, Carlson RE, Heath RT, Kershner MW. 2003. Comparison of the species composition, catch rate, and length distribution of the catch from trap nets with three different mesh and throat size combinations. *North American Journal of Fisheries Management* 23: 462-469.
- Siddik MAB, Chaklader MR, Hanif MA, Islam MA, Sharker MR, Rahman M. 2016. Stock identification of critically endangered olive barb, *Puntius sarana* (Hamilton, 1822) with emphasis on management implications. *Journal of Aquaculture Research & Development*, 7(411):1-6.
- Silas EG, Pillai PP, Srinath M, Jayaprakash AA, Muthiah C, Balan V, Yohannan TM, Siraimetan P, Mohan M, Livingston P, Kunhikoya KK, Pillai MA, Sadasiva Sharma PS. 1985. Population dynamics of tunas: Stock assessment. In: Silas, EG. (Ed.), Tuna fisheries of the exclusive economic zone of India: biology and stock assessment. *Bull. Cent. Mar. Fish. Res. Inst., Cochin*. 36: 20-27.
- Soewardi K. 2007. Pengelolaan Keragaman Genetik Sumberdaya Perikanan dan Kelautan. Departemen MSP IPB. Bogor. 153 p.
- Sokal RR, & Rohlf FJ. 1987. Introduction to biostatistics, 2nd edn. Freeman Publication, New York. 363 p.
- Sparre P & Venema SC. 1998. Introduction to Tropical Fish Stock Assessment. FAO Fisheries Technical Paper, Rome. 407p.
- Sprent P. 1972. The Mathematics of size and shape. *Biometrics*, 28. p. 23-37.
- Strauss RE & Bookstein FL. 1982. The truss: Body form reconstruction in morphometrics. *Syst Zool* 31: 113–135.
- Subani W. 1986. Telaah penggunaan rumpon dan payaos dalam perikanan Indonesia. *Jurnal Penelitian Perikanan Laut*. Balai Penelitian Perikanan Laut. Departemen Pertanian, 35, 35-45.
- Sugiyono. 2004. Nonparametric statistic for Research. Penerbit CV. Alfabeta, Bandung: vi+306.
- Sujatha K, Shrikanya KVL, & Iswarya Deepti VA. 2014. Species diversity and some aspects of reproductive biology and life history of groupers (Pisces: Serranidae: Epinephelinae) off the central eastern coast of India. *Marine Biology Research*, 11(1), 18-33. doi:10.1080/17451000.2014.949271
- Sun NJ, Sun CL, Ye SR. 2003. Estimation of growth parameters and age composition for yellowfin tuna, *Thunnus albacares*, in the Western Pacific using the length-based MULTIFAN method. *The 16th Meeting of the Standing Committee on Tuna and Billfish 2003. The Secretariat of the Pacific Community (SPC). Mooloolaba, Australia*. 1-15.
- Supongpan S, Saikliang P. 1987. Fisheries status of tuna purse seiners (using sonar) in the Gulf of Thailand. Department of Fisheries, Bangkok, 78 p.
- Suman A. 2004. Pola Pemanfaatan Sumber Daya Udang Dogol (*Metapenaeus de Haan*) Secara Berkelanjutan di Perairan Cilacap dan Sekitarnya. Disertasi. Insitut Pertanian Bogor (IPB).
- Surinati D. 2009. Upwelling dan efeknya terhadap perairan laut. *Oseana*, Vol. XXXIV, No. 4, 35–42.
- Taghavi Motlagh SA, Hashemi SA, Kochanian P. 2010. Population biology and assessment of Kawakawa (*Euthynnus affinis*) in coastal waters of the Persian Gulf and Sea of Oman (Hormozgan Province). *Iranian Journal of Fisheries Sciences* 9:315-326.

- Tave D. 1993. *Genetics for Fish Hatchery Managers*. 2nd ed. The AVI Publ. Comp. Inc. NY, USA.
- Tormosova ID. 1983. Variation in the age at maturity of the North Sea haddock, *Melanogrammus aeglefinus* (Gadidae). *J. Ichthyol.* 23: 68-74.
- Turan C, Oral M, Öztürk, Düzgünes E. 2006. Morphometric and meristic variation between stocks of Bluefish (*Pomatomus saltatrix*) in the Black, Marmara, Aegean and northeastern Mediterranean Seas. *Fish. Res.* 79: 139–147.
- Turan C, Denis E, Turan F & Erguden M. 2004. Genetic and morfometric structure of Liza abu (Heckel 1843). Population from the rivers Orontes. Eupharates and Tigris. *Turk. J Vet Anim Sci* (28): 729–734.
- Turan C. 2000. Otolith shape and meristic analysis of herring (*Clupea harengus*) in the northeast Atlantic. *Arch. Fish. Mar. Res.* 48 (3), 283–295
- Vandeputte M, Quillet E, Chatain B. 2012. Are sex ratios in wild European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) populations biased? *Aquat Living Resour* 25: 77-81. DOI: 10.1051/alr/2012002.
- Vander Zanden MJ, Shuter BJ, Lester NP, Rasmussen JB. 2000. Within- and among-population variation in the trophic position of a pelagic predator, lake trout (*Salvelinus namaycush*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 57:725–731.
- Vicentini RN & Araújo FG. 2003. Sex ratio and size structure of *Micropogonias furnieri* (Desmarest, 1823) (Perciformes, Sciaenidae) in Sepetiba Bay, Rio de Janeiro, Brazil. *Braz. J. Biol.* 63: 559-566. DOI: [10.1590/s1519-69842003000400003](https://doi.org/10.1590/s1519-69842003000400003).
- Wagiyo K, Febrianti E. 2015. Aspek biologi dan parameter populasi ikan tongkol Abu-abu (*Thunnus Tonggol*) di perairan Langsa dan sekitarnya. *BAWAL Vol.* 7 (2) 2015: 59-66.
- Wells JV, Richmond ME. 1995. Populations, metapopulations, and species populations: what are they and who should care? *Wildlife Society Bulletin* 23:458-462.
- Wei CC, Hong HH, Shin CF, Shin CC, Chi LS, Wen YC, Don CL & Wei CS. 2011. Reproductive biology of longtail tuna (*Thunnus tonggol*) from coastal waters off Taiwan. IOTC–2011–WPNT01–30. 1-15 p.
- Widodo J, Suadi. 2006. *Pengelolaan Sumberdaya Perikanan Laut*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta. 252 h.
- Willette DA, Santos MD and Leadbitter D. 2016. Longtail Tuna *Thunnus tonggol* (Bleeker, 1851) Shows Genetic Partitioning Across, but not Within, Basins of the Indo-Pacific Based on Mitochondrial DNA. *J. Appl. Ichthyol.* 32 (2016), 318–323. doi: 10.1111/jai.12991
- Wilson MA. 1981. The Biology, Ecology And Exploitation of Longtail Tuna, *Thunnus tonggol* (Bleeker) in Oceania. *M.Sc. Thesis*. School of Biological Sciences, Macquarie University, Sydney, 195 p.
- Wiyono ES, Yamada S, Tanaka E, Arimoto T, & Kitakado T. 2006. Dynamics of fishing gear allocation by fishers in small-scale coastal fisheries of Pelabuhanratu Bay, Indonesia. *Fisheries Management and Ecology.* 13, 185–195.
- Wujdi A & Suwarso. 2014. Fluktuasi dan komposisi hasil tangkapan tuna neritik tertangkap jarring insang di perairan Laut Cina selatan. *J. Lit Perik. Ind.* 20 (4): 207-214.

- Wootton RJ. 1999. Ecology of Teleost Fishes. Springer Netherlands, 386 p.
- Wyrski 1961. Physical Oceanography of the South-East Asian Waters. Naga Report. *Scripps Inst. Oceanogr. Univ, Calif.* 195 p.
- Yasemi M, Bajgan AN & Parsa M. 2017. Determining the growth and mortality parameters of longtail tuna (*Thunnus tonggol* Bleeker, 1851) using length frequency data in coastal water of northern Persian Gulf and Oman Sea, Iran. *Int. Aquat. Res.* DOI: 10.1007/s40071-017-0170-5.
- Yesaki M. 1982. Biological and environmental observations. A report prepared for the Pole-and-Line Tuna Fishing in Southern Thailand Project. FAO FI: DP/THA/77/008: Field Doc. 3, 46.
- Yesaki M. 1994. A review of the biology and fisheries for longtail tuna (*Thunnus tonggol*) in the Indo-Pacific Region. *FAO Fisheries Technical Paper.* 336-370.
- Yoneda M & Wright PJ. 2004. Temporal and spatial variation in reproductive investment of Atlantic cod *Gadus morhua* in the northern North Sea and Scottish west coast. *Mar Ecol Prog Ser.* 276: 237–248.
- Yusfiandayani R. 2004. Studi Tentang Mekanisme Berkumpulnya Ikan Pelagis Kecil di Sekitar Rumpon dan Pengembangan Perikanan di Perairan Pasauran Propinsi Banten. *Disertasi.* Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan. IPB. Bogor.

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

RIWAYAT HIDUP



@Hak cipta milik IPB University

Thomas Hidayat dilahirkan di Tegal, Provinsi Jawa Tengah, pada tanggal 1 Juni 1976. Anak ke-2 dari orang tua Ayah bernama Sudjana Hidayat dan Ibu Hetty Roseni. Menikah dengan Meuthia Aula Jabbar, hingga saat ini dikaruniai tiga orang anak: Salsabila Telaga Hidayat, Thariq Nabil Hidayat dan Muhammad Archenhaud Hidayat.

Penulis lulus dari SMA Negeri 1 Tegal pada tahun 1994 kemudian melanjutkan studi di Sekolah Tinggi Perikanan (STP) program studi Teknologi Penangkapan Ikan (TPI) dan lulus tahun 1998. Tahun 2014 penulis lulus pendidikan strata dua (S2) pada program studi Ilmu Kelautan, FMIPA, Universitas Indonesia. Tahun 2017 sampai saat ini, penulis mendapatkan kesempatan melanjutkan pendidikan strata tiga (S3) melalui Beasiswa Pusat Pendidikan Kementerian Kelautan dan Perikanan pada program studi Pengelolaan Sumberdaya Perairan (SDP) Sekolah Pascasarjana-Institut Pertanian Bogor.

Penulis sejak 1999 sampai 2006 bekerja di swasta, kemudian diangkat menjadi PNS Kementerian Kelautan dan Perikanan sejak tahun 2006 dan ditempatkan di Balai Riset Perikanan Laut hingga sekarang. Pada penelitian ini penulis meneliti dengan judul Disertasi “Biologi, Dinamika Populasi dan Strategi Pengelolaan Tongkol Abu-abu (*Thunnus tonggol*) di Laut Jawa”. Beberapa bagian dari penelitian tersebut telah dilakukan publikasi bersama komisi pembimbing pada jurnal ilmiah internasional bereputasi dan jurnal ilmiah nasional terakreditasi yaitu: 1) *Aquaculture, Aquarium, Conservation & Legislation-International Journal of the Bioflux Society (AACL Bioflux)*, Volume 13 Issue (2020) dengan judul: Population dynamics of longtail tuna (*Thunnus tonggol*) in the Java Sea and adjacent waters (2020), dan 2) *Indonesian Fisheries Research Journal (IFRJ)*, Volume 26 No. 2 (2020) dengan judul: Reproductive biology of longtail tuna (*Thunnus tonggol*) in the Java Sea.

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.