

Klasterisasi Spasial Keragaman Spesies Tuna di Perairan Selatan Jawa

Spatial Clusterization of Tuna Diversity in The Southern Java

Ledhyane Ika Harlyan^{*1}, Abu Bakar Sambah¹, Feni Iranawati¹ & Rani Ekawaty^{2,3}

¹Departemen Pemanfaatan Sumberdaya Perikanan dan Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Brawijaya, Malang, Jawa Timur, Indonesia

²Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan, Universitas Udayana, Badung, Bali, Indonesia

³Institute for Marine and Antarctic Studies (IMAS), University of Tasmania, Tasmania, Australia

*Penulis korespondensi, email: ledhyane@ub.ac.id

Tanggal Submisi: 20 Agustus 2020; **Tanggal Revisi:** 15 Januari 2021; **Tanggal Penerimaan:** 06 Maret 2021

ABSTRAK Terjadinya penurunan produktivitas perikanan tuna di Perairan Selatan Jawa salah satunya disebabkan oleh adanya kondisi tangkap lebih yang terjadi akibat ketidakterseediaannya informasi geografis akurat terkait jumlah dan jenis spesies. Pendekatan spasial keragaman habitat spesies mampu memberikan prediksi akurat tentang jenis dan jumlah spesies pada suatu daerah penangkapan. Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan peta klasterisasi spasial keragaman spesies tuna berdasarkan data hasil tangkapan tuna dan data lokasi penangkapan di Perairan Selatan Jawa yang diperoleh dari kapal rawai tuna yang menangkap ikan di Samudera Hindia dan mendaratkan tangkapannya di Pelabuhan Perikanan Samudera (PPS) Benoa pada bulan September-November 2019 dengan menggunakan beberapa analisis yaitu: (1) analisis keragaman spesies (*Shannon-wiener index* dan *Menhinick index*) dan analisis klasterisasi spasial (*ward-hierarchical clustering* dengan *bootstrapped p-value*). Berdasarkan kedua hasil analisis tersebut diperoleh tiga klaster pola sebaran daerah penangkapan tuna di Perairan Selatan Jawa yaitu: (1) klaster yang didominasi oleh spesies *Thunnus albacares*, (2) klaster yang didominasi oleh *Thunnus obesus*, dan (3) klaster dengan jumlah spesies tuna yang berimbang. Informasi mengenai ketiga klaster daerah penangkapan ini selanjutnya dapat digunakan sebagai rujukan penentuan pengelolaan perikanan tuna dan upaya pembatasan kapasitas penangkapan khususnya pada spesies tuna yang mengalami penurunan stok.

Kata kunci: Analisis keragaman; analisis klaster; daerah penangkapan ikan; distribusi spasial; keanekaragaman spesies; komposisi spesies

ABSTRACT Over-exploitation might lead to the decrease of tuna fisheries productivity in the Southern Java Island due to limited geographic information on species. Spatial diversity analyses can provide an accurate prediction on species information in the certain fishing ground. This study was aimed to reveal clusterization on spatial diversity based on the catch data and fishing ground coordinates collected from tuna longline which operated in the Southern Java Island and landed their catches in the Benoa Fishing Port during September-November 2019. Some analyses were applied: (1) Diversity analyses (*Shannon-wiener index* and *Menhinick index*) and (2) Spatial diversity analysis (*ward-hierarchical clustering* with *bootstrapped p-value*). Based on those two analyses resulted in three tuna clusters, as follows: (1) Cluster which dominated by *Thunnus albacares*, (2) Cluster which dominated by *Thunnus obesus*, and (3) Cluster with equal tuna proportion. The results of this work may be used as a reference to determine tuna fisheries management including reduce fishing capacity, especially on over-quota tuna species.

Keywords: Diversity analysis; cluster analysis; fishing ground; spatial distribution; species diversity; species composition

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan satu dari beberapa negara yang berkontribusi pada perikanan tuna dunia dengan pasokan produksi lebih dari 16% (Kementerian Kelautan dan Perikanan, 2015; Firdaus, 2018). Hal ini didukung oleh lokasi geografis perairan Indonesia yang merupakan daerah penting pada distribusi tuna dunia, khususnya pada wilayah perairan Samudera Hindia bagian selatan Pulau Jawa (Kementerian Kelautan dan Perikanan, 2015; Nurhayati et al., 2018). Kawasan tersebut melingkupi kawasan WPP-RI 573 merupakan kawasan pengelolaan perikanan Indonesia yang dibentuk berdasarkan Peraturan Menteri No. 18 Tahun 2014 tentang WPP-RI untuk pengelolaan sumberdaya ikan dan lingkungan. WPP 573 mencakup Samudera

Hindia Selatan Jawa dan beberapa perairan lain yaitu sebelah selatan Nusa Tenggara, Laut Sawu dan Laut Timor bagian barat dimana terdapat beberapa pusat pendaratan ikan (Kementerian Kelautan dan Perikanan, 2014). Wilayah perairan Selatan Pulau Jawa tercatat merupakan wilayah perairan yang merupakan daerah migrasi ikan pelagis besar, seperti tuna dan habitat ikan demersal yang umumnya berada di wilayah perairan pantai (Sartimbul et al., 2016; Suman et al., 2014). Kondisi terkini status perikanan salah satu spesies tuna, misalnya tuna madidihang mencapai kondisi lebih tangkap (*over-exploitation*). Menurunnya jumlah stok spesies tuna ini hingga berada di bawah kondisi perikanan lestari (*maximum sustainable yield/MSY*) dapat diatasi dengan memastikan pengurangan upaya

penangkapan sehingga biomassa stok induk (*spawning stock biomass/SSB*) dapat kembali pada kondisi lestari ([Indian Ocean Tuna Commission, 2018](#)). Jika kondisi ini terus berlangsung maka sumberdaya tuna tidak mampu lagi memulihkan stok yang akan berdampak pada biodiversitas sumberdaya ikan dan kelestarian ekosistem laut pada umumnya ([Sartimbul *et al.*, 2016](#)).

Secara umum, salah satu penyebab terjadinya penurunan produktivitas perikanan adalah tidak adanya pemetaan area potensial penangkapan (*fishing ground*) yang diasumsikan sebagai habitat spesies ikan target dan non-target ([Garces *et al.*, 2006](#)). Kondisi ini akan mengakibatkan nelayan tidak dapat mengetahui distribusi spesies di area penangkapan, sehingga mereka tidak akan mampu menghindari habitat spesies ikan tertentu yang diduga memiliki status tingkat pemanfaatan melebihi potensi lestari pada saat operasi penangkapan ikan dilakukan ([Harlyan *et al.*, 2021](#); [Sambah *et al.*, 2020](#)). Terbatasnya informasi geografis mengenai jumlah dan jenis spesies dikhawatirkan akan mengancam produktivitas perikanan tuna.

Di Indonesia, pemetaan daerah penangkapan ikan telah dilakukan oleh Badan Penelitian dan Observasi Laut (BPOL) dengan memproduksi Peta Prakiraan Daerah Penangkapan Ikan (PPDPI). Dasar pembuatan PPDPI merupakan hasil analisis pendekatan faktor lingkungan, teknologi inderaja dan prediksi daerah penangkapan ikan ([Sumadhiharga, 2009](#)). Hingga saat ini, perkembangan teknologi sistem informasi geografis (SIG) belum mampu memprediksi daerah penangkapan ikan dengan hasil tangkapan optimal yang tepat dalam jumlah dan jenis spesies target ([Sambah *et al.*, 2016](#)). PPDPI belum mampu memprediksi daerah penangkapan ikan untuk tiap-tiap spesies hasil tangkapan sehingga menyebabkan pengelolaan perikanan per spesies hasil tangkapan kerap menghadapi kendala teknis yang disebabkan oleh ketidaktersedianya prediksi hasil tangkapan ikan target dan non-target.

Kendala akurasi prediksi ini dapat dipahami karena perikanan Indonesia merupakan perikanan multi-spesies yang dieksploitasi dengan beragam alat tangkap baik aktif maupun pasif sehingga menghasilkan sistem perikanan yang heterogen ([Najmudeen & Sathiadhas, 2008](#)) yang tentunya relatif lebih kompleks dalam pengelolaannya ([Pascoe & Greboval, 2003](#); [Kato, 2008](#); [Harlyan *et al.*, 2019](#)). Oleh karena itu, diperlukan analisis spasial untuk memetakan habitat spesies ikan target dan non-target yang diasumsikan sebagai daerah penangkapan ikan.

Analisis klusterisasi spasial keragaman spesies target dan non-target merupakan analisis spasial yang mampu memetakan spesies hasil tangkapan berdasarkan data spasial keragaman spesies. Klusterisasi atas data spasial tersebut dilakukan berdasarkan pendekatan beberapa indeks ekologi yang dikombinasikan dengan analisis analisis *similarity distance* untuk setiap spesies pada seluruh daerah penangkapan ikan ([Harlyan, 2019](#); [Sambah *et al.*, 2020](#); [Harlyan *et al.*, 2021](#)).

Data klusterisasi spasial keragaman spesies hasil tangkapan ini diharapkan mampu menjadi dasar referensi pengelola perikanan daerah pada lingkup perairan Selatan

Jawa dalam pengambilan keputusan terkait peningkatan pengelolaan perikanan yang lebih optimal dan akurat berdasarkan area (*area-based fisheries management*). Selain itu, pengelolaan perikanan berdasarkan area diyakini mampu membatasi tekanan penangkapan terhadap beberapa jenis spesies tuna yang mengalami penangkapan berlebih ([Cochrane, 2002](#); [Harlyan, 2019](#)). Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis tingkat keragaman daerah penangkapan ikan baik untuk spesies tuna dan spesies non-target di wilayah perairan Selatan Pulau Jawa dan memetakan klusterisasi spasial keragaman spesies tuna di perairan tersebut. Pelabuhan Perikanan Samudera (PPS) Benoa-Bali dipilih karena merupakan satu dari tiga PPS di Indonesia disamping PPS Nizam Zachman (Jakarta) dan Cilacap (Jawa Tengah) dalam wilayah pengelolaan perikanan (WPP-RI) 573.

BAHAN DAN METODE

Sumber data

Data hasil tangkapan dan koordinat daerah penangkapan ikan dikumpulkan dari kegiatan pemetaan partisipatif dan kompilasi data hasil observasi peneliti lapang Direktorat Jenderal Perikanan Tangkap Kementerian Kelautan Perikanan. Observasi dan pengambilan data dilakukan pada kapal rawai tuna yang menangkap ikan di Samudera Hindia dan mendaratkan hasil tangkapannya di PPS Benoa-Bali pada bulan September-November 2019.

Pengambilan data hasil tangkapan didasarkan pada kapal rawai tuna yang mendaratkan hasil tangkapannya pada hari sampling. Jumlah trip yang terdokumentasikan selama periode pengambilan data adalah masing-masing 21 trip pada bulan September dan Oktober 2019, serta 12 trip pada bulan November 2019.

Metode

Analisis klusterisasi data keragaman spesies hasil tangkapan dilakukan untuk memperoleh pola distribusi spesies tuna pada area penangkapan yang dijangkau kapal rawai. Dua indeks keragaman yang mampu mendeskripsikan kondisi keragaman jenis di suatu area ([Zhu *et al.*, 2011](#); [Boyle *et al.*, 2016](#)) yang digunakan dalam penelitian ini yaitu:

Indeks Keanekaragaman Shannon-Wiener (S-W index, H')

$$H' = -\sum_{i=1}^s p_i \ln p_i \dots\dots\dots(1)$$

Indeks Kekayaan Jenis Menhinick's (Menhinick's index, S)

$$S = \frac{s-1}{\ln n} \dots\dots\dots(2)$$

Dimana p_i adalah fraksi spesies yang tertangkap, i merupakan spesies 1, 2, 3,..s dan n menunjukkan berat seluruh individu yang tertangkap. Nilai H' menunjukkan jumlah spesies yang mampu menunjukkan kesamaan tingkat keragaman, sementara nilai S menunjukkan kekayaan jenis relatif spesies dalam suatu komunitas komunitas ([Lipps *et al.*, 2014](#)).

Selanjutnya pola distribusi spesies tuna dilakukan dengan cara melakukan digitasi hasil perhitungan kedua indeks keragaman pada peta perairan Jawa bagian

Selatan dengan menggunakan software QGIS versi 3.10.

Analisis klusterisasi spasial keragaman spesies

Daerah penangkapan ikan dikelompokkan dengan menggunakan perhitungan kluster hirarki ward/ward-hierarchical clustering dengan bootstrapped p-value (Maechler et al., 2018; R Core Team, 2018). Analisis kluster digunakan untuk mengelompokkan hasil pengamatan ke dalam kluster-kluster berdasarkan beberapa nilai dan variabel. Dalam penelitian ini, 45 daerah penangkapan ikan diasumsikan sebagai hasil pengamatan sedangkan 11 spesies hasil tangkapan yang didaratkan di PPS Benoa, termasuk di dalamnya spesies tuna, beserta berat hasil tangkapan (kg) merefleksikan variabel dan nilainya.

Analisis ini mampu memaksimalkan similaritas di antara individu dalam kluster yang sama dan memaksimalkan disimilaritas di antara kluster. Analisis kluster hirarki yang digunakan dalam penelitian ini didasarkan pada disimilaritas (jarak Euclidean) di antara variabel dengan formula (Roy et al., 2015):

$$d_{x,y} = \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - y_i)^2} \dots\dots\dots (3)$$

Dimana i merupakan jumlah variabel sementara x dan y merupakan dimensi vektor dari variabel tersebut.

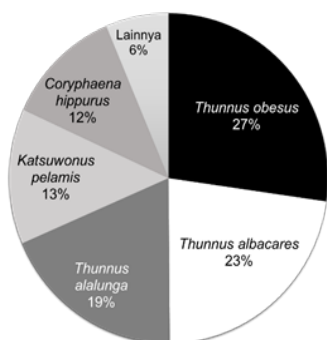
Sebuah dendrogram dihasilkan dari perhitungan ini untuk menunjukkan hubungan hirarki antar kluster (Himmelstein et al., 2010). Dalam dendrogram ini 45 daerah penangkapan ikan akan dikelompokkan berdasarkan komposisi spesies dengan total 11 spesies dengan menggunakan jarak Euclidean. Dendrogram memperlihatkan approximated unbiased p-value (AU value). Jika sebuah kluster memiliki nilai AU sebesar p>0,95 maka hipotesis yang menyebutkan kluster tersebut tidak ada akan tertolak secara signifikan, sehingga kluster yang muncul dengan signifikansi tinggi diasumsikan terjadi bukan hanya karena unsur galat percobaan, namun juga karena jumlah observasi yang relatif tinggi (Suzuki & Shimodaira, 2017), dalam penelitian ini adalah 45 daerah penangkapan.

Selanjutnya, hasil klusterisasi daerah penangkapan didigitasi ke dalam peta beserta seluruh spesies penyusun berdasarkan titik koordinat lintang dan bujurnya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Komposisi spesies hasil tangkapan

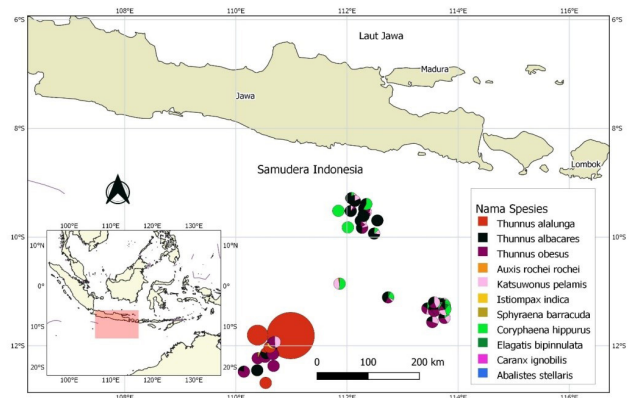


Gambar 1. Komposisi spesies hasil tangkapan dalam periode survei September November 2019.

Pada periode survei ditemukan 11 spesies yang ditabulasi (Gambar 1). Empat spesies tuna mendominasi spesies penyusun di WPP 573 yaitu Tuna mata besar (Thunnus obesus) memiliki proporsi terbesar sebesar 27% dari total hasil tangkapan yang didaratkan, diikuti oleh Tuna sirip kuning (Thunnus albacares) sebesar 23%, Albakor (Thunnus alalunga) sebesar 19% dan Cakalang (Katsuwonus pelamis) sebesar 13%. Sebesar 18% komposisi spesies hasil tangkapan terdiri dari enam spesies yaitu Coryphaena hippurus (12%), Istiompax indica (5%), Elagatis bipinnulata (1%), Sphyræna barracuda (0,4%), Auxis rochei (0,06%) dan Caranx ignobilis (0,04%).

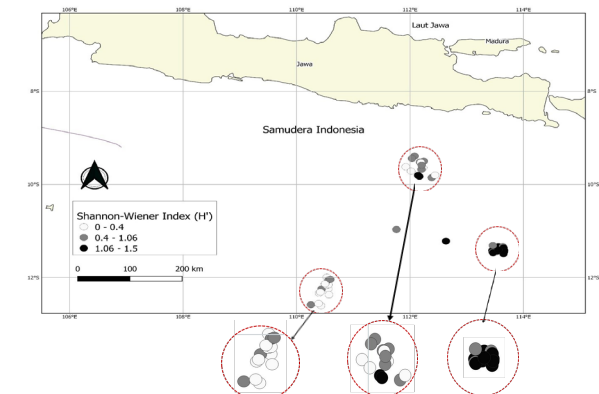
Keragaman spesies

Berdasarkan survei yang dilakukan, diperoleh 45 plot daerah penangkapan ikan dan 11 spesies penyusunnya yang telah dikompilasi dalam peta distribusi komposisi hasil tangkapan di perairan selatan Pulau Jawa (Gambar 2). Beberapa spesies tertangkap pada setiap titik koordinat daerah penangkapan dan tampak secara luas tersebar di perairan selatan Pulau Jawa.



Gambar 2. Distribusi komposisi hasil tangkapan di Perairan Selatan Jawa.

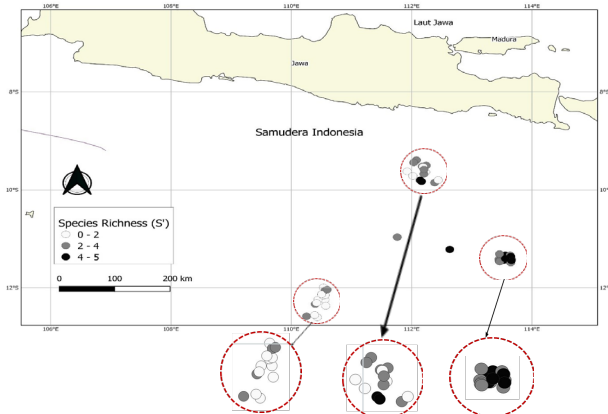
Pengelompokkan daerah penangkapan dapat terlihat pada distribusi indeks keragaman (Gambar 3) dan kekayaan jenis spesies (Gambar 4).



Gambar 3. Distribusi keragaman hasil tangkapan di Perairan Selatan Jawa.

Titik-titik menggambarkan indeks keragaman hasil tangkapan dimana titik dengan warna semakin gelap menunjukkan daerah dengan tingkat keragaman spesies yang lebih tinggi. Lingkaran merah terputus-putus menunjukkan kelompok daerah penangkapan yang

terbentuk berdasarkan indeks keragaman (H'). Sebaran keragaman spesies menunjukkan adanya pengelompokan tiap plot daerah penangkapan ikan yang ditunjukkan pada tiga rentang hasil antara 0-1,5 Berdasarkan hasil digitasi keragaman spesies maka terdapat tiga kelompok daerah penangkapan dimana pengelompokan dengan nilai keragaman tertinggi berada pada perairan dengan koordinat 10° - 12° LS dan 112° - 114° BT. Ketiga kelompok ini nampak pula pada hasil digitasi berdasarkan kekayaan jenis spesies (Gambar 4).



Gambar 4. Distribusi kekayaan jenis hasil tangkapan di Perairan Selatan Jawa.

Keterangan:

Titik-titik menggambarkan indeks kekayaan jenis hasil tangkapan dimana titik dengan warna semakin gelap menunjukkan daerah dengan tingkat kekayaan jenis spesies yang lebih tinggi. Lingkaran merah terputus-putus menunjukkan kelompok daerah penangkapan yang terbentuk berdasarkan indeks kekayaan jenis (S').

Secara umum, terdapat tiga kelompok daerah penangkapan, meski dalam satu kelompok masih terdapat tumpang tindih plot-plot penyusun indeks kekayaan jenis spesies dengan tingkat kekayaan jenis yang berbeda. Berdasarkan kategori indeks kekayaan jenis, daerah dengan posisi lebih dekat dengan garis pantai Pulau Jawa bagian selatan memiliki kekayaan jenis yang lebih tinggi dibanding dua kelompok daerah penangkapan yang lain.

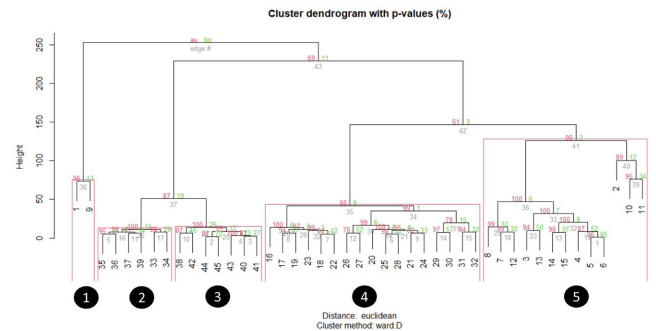
Klasterisasi spasial

Analisis klasterisasi spasial digunakan untuk memastikan keberadaan tiga kelompok besar yang sebelumnya ditemukan pada analisis spasial berdasarkan keragaman dan kekayaan spesies. Klaster yang terbentuk terdiri dari jumlah plot daerah penangkapan yang berbeda-beda yang bergantung pada jarak kemiripan (jarak *Euclidean*) untuk setiap spesies.

Setelah proses digitasi koordinat lintang dan bujur masing-masing daerah penangkapan, maka peta klasterisasi daerah penangkapan Tuna di perairan selatan Pulau Jawa (Gambar 5) dan proporsi kumulatif berat spesies yang didaratkan untuk setiap klaster (Gambar 6) diperoleh. Hasil yang ditunjukkan pada Gambar 5 dan 6 mampu mengidentifikasi pola struktur distribusi spesies dan berat kumulatif hasil tangkapan pada perairan selatan Pulau Jawa.

Empat dominan klaster (2, 3, 4 dan 5) menyebar di perairan selatan Pulau Jawa. Klaster 4 merupakan

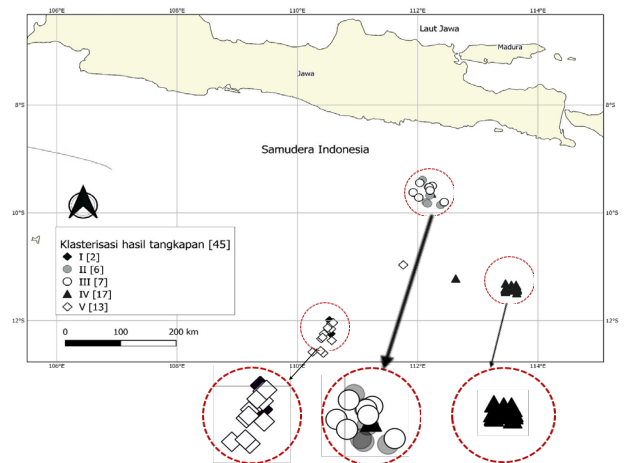
klaster dengan jumlah daerah penangkapan terbanyak (17 plot) dengan berat kumulatif sebesar 27% dari total tangkapan, diikuti oleh klaster 5 (13 plot), klaster 3 (7 plot) dan klaster 2 (6 plot). Pada peta distribusi daerah penangkapan (Gambar 6), lokasi klaster 2 dan 3 saling tumpang tindih sehingga Nampak seperti satu klaster. Di lokasi yang lain, klaster 4 dan 5 berada pada lokasi yang terpisah, sehingga pada peta distribusi tersebut tampak tiga kelompok daerah penangkapan seperti pada hasil analisis keragaman spesies.



Gambar 5. Dendrogram klasterisasi spasial daerah hasil tangkapan Tuna di Perairan Selatan Jawa dengan metode jarak *Euclidean*.

Keterangan:

Nilai berwarna merah menunjukkan kelompok yang terbentuk dengan p -value tertentu, sedangkan nilai berwarna hijau menunjukkan nilai berdasarkan probabilitas *bootstrap*. Garis merah mengindikasikan klaster dengan p -value $> 0,95$.



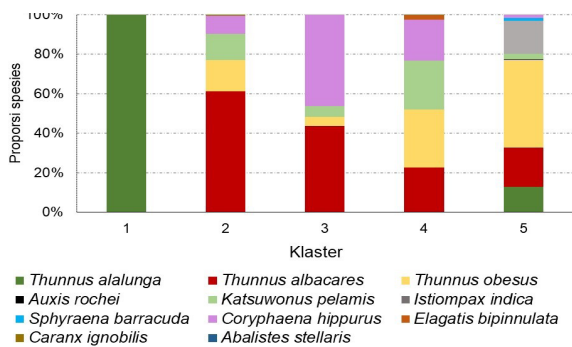
Gambar 6. Klasterisasi daerah penangkapan tuna di Perairan Selatan Jawa.

Keterangan:

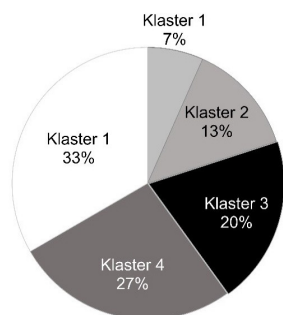
Pada Gambar 6 lingkaran merah terputus-putus menunjukkan kelompok daerah penangkapan yang terbentuk berdasarkan analisis klasterisasi menggunakan *bootstrap p-value* $> 0,95$.

Klaster 1 merupakan klaster yang terdiri dari satu spesies, *Thunnus alalunga*, dengan prosentase berat kumulatif sebesar 7% dari total keseluruhan hasil tangkapan. Lokasi klaster tersebut tumpang tindih dengan dengan lokasi klaster 5. Klaster 5 dengan prosentase berat kumulatif sebesar 33% dari keseluruhan hasil tangkapan merupakan klaster dengan jumlah spesies terbesar. Keseluruhan spesies tuna berada pada lokasi klaster 5 dan

didominasi oleh *Thunnus obesus*, diikuti berturut-turut oleh *Thunnus albacares* dan *Thunnus alalunga*.



Gambar 7. Proporsi spesies dalam setiap kluster.



Gambar 8. Prosentase komposisi berat kumulatif hasil tangkapan setiap kluster yang terbentuk di Perairan Selatan Jawa.

Seperti yang disebutkan sebelumnya, lokasi kluster 2 dan 3 tumpang tindih (Gambar 6) sehingga perhitungan prosentase komposisi berat kedua kluster tersebut dapat dikombinasikan (Gambar 8), yaitu sebesar 33%. Selain itu pada Gambar 7, tampak bahwa spesies penyusun kluster 2 dan 3 sama, meski berbeda proporsi tiap spesiesnya. Kluster 2 didominasi oleh *Thunnus albacares* (60% dari total tangkapan di kluster 2), diikuti oleh *Thunnus obesus*, *Katsuwonus pelamis*, dan *Coryphaena hippurus* dengan proporsi yang relatif sama (15-20%). Berbeda dengan kluster 2, kluster 3 didominasi oleh *Coryphaena hippurus* dan *Thunnus obesus*, masing-masing dengan proporsi mencapai 22-25%.

Berdasarkan analisis keragaman dan klusterisasi spasial spesies hasil tangkapan di WPP – RI573, daerah penangkapan yang potensial berada pada 110° 15' – 113° 39' BT, 9° 23' – 12° 36' LS (Gambar 6). Pada area ini spesies hasil tangkapan tersebar dan terklusterisasi dalam tiga kluster besar daerah penangkapan, yaitu: (1) kombinasi kluster 5 dan 1 dengan berat kumulatif sebesar 41% yang didominasi oleh spesies tuna *Thunnus albacares*; (2) kombinasi kluster 2 dan 3 dengan berat kumulatif sebesar 33% dengan didominasi oleh *Thunnus obesus*; dan (3) kluster 4 dengan berat kumulatif sebesar 27% dengan komposisi berimbang untuk keseluruhan spesies tuna.

Pembahasan

Perikanan di Indonesia merupakan perikanan multispesies (Sartimbul et al., 2016; Fuad et al., 2020). Sudah seharusnya perikanan multispesies dikelola dengan menyesuaikan dengan karakteristik spesifik tiap spesies (Welcomme, 1999; Harlyan, 2019; Harlyan et al., 2019). Salah satu karakteristik spesies yang mampu dimanfaatkan dalam

pengelolaan perikanan adalah habitat spesies sebagai area potensial penangkapan (Garces et al., 2006). Informasi distribusi spesies di area penangkapan akan dapat digunakan sebagai rujukan bagi pelaku usaha perikanan tangkap (pemangku kepentingan) dan penentu kebijakan perikanan untuk menentukan daerah penangkapan yang disarankan dan atau tidak disarankan untuk dimanfaatkan.

Komposisi hasil tangkapan pada periode survei menunjukkan bahwa perairan selatan Pulau Jawa didominasi oleh beberapa spesies tuna. Hal ini mengindikasikan bahwa jika penangkapan yang tidak terkontrol pada grup spesies tuna ini akan menyebabkan kondisi tangkap lebih pada ikan-ikan berukuran besar dengan laju pertumbuhan yang lambat (Sibagariang et al., 2011; Sambah et al., 2016; Harlyan et al., 2019). Laju penangkapan tinggi pada ikan-ikan dengan laju pertumbuhan lambat, seperti tuna, secara umum akan beresiko pada keseimbangan struktur komunitas ekosistem laut (Welcomme, 1999). Selain itu, kelompok spesies tuna merupakan kelompok spesies yang memiliki laju pertumbuhan yang rendah dibandingkan dengan spesies pelagis yang lain. Kelompok spesies ini memiliki kecenderungan untuk tumbuh lebih lambat, hidup lebih lama dan lebih rentan akan resiko lebih tangkap (Griffiths et al., 2009; Collette et al., 2011). Oleh karena itu pengelolaan perikanan tuna dilakukan secara regional Asia Tenggara (*Regional Plan of Action on Sustainable Utilization of Neritic Tuna in ASEAN region*) dengan mempertimbangkan tuna yang merupakan spesies yang bermigrasi jauh melintasi batas wilayah negara (SEAFDEC, 2015; Chumchuen et al., 2016).

Dominansi *Thunnus obesus* dan *Thunnus albacares* sebagai spesies penyusun hasil tangkapan pada wilayah tersebut memberikan informasi umum bahwa perairan Samudera Hindia selatan Pulau Jawa merupakan jalur migrasi utama bagi dua spesies tersebut (Iranawati et al., 2016; Sambah et al., 2016). Meski demikian, untuk kebutuhan pengelolaan perikanan tuna, ketepatan keberadaan tuna pada perairan Samudera Hindia selatan Pulau Jawa tetap dibutuhkan untuk memastikan pola distribusi spesies Tuna secara spesifik. Secara umum, peta distribusi spesies tuna menunjukkan bahwa beberapa spesies tertangkap pada tiap plot daerah penangkapan dan tersebar luas pada perairan tersebut. Hal semacam ini merupakan ciri umum yang dapat ditunjukkan oleh perikanan multispesies.

Pada penelitian ini, berdasarkan dua analisis spasial, analisis distribusi keragaman dan klusterisasi spasial diperoleh informasi spesifik mengenai pola distribusi spesies Tuna. Secara spesifik analisis distribusi keragaman dan analisis klusterisasi spasial membentuk tiga kluster lokasi daerah penangkapan spesies tuna, yaitu (1) kluster yang didominasi oleh *Thunnus albacares* dengan lokasi paling jauh dengan garis pantai Selatan Jawa; (2) kluster yang didominasi oleh *Thunnus obesus* dengan lokasi paling dekat dengan garis pantai Selatan Jawa; dan (3) kluster berimbang untuk semua spesies tuna dengan lokasi diantara kluster 1 dan 2 secara vertikal pada koordinat bujur. Hot spot *Thunnus albacares* terdeteksi berada area Selatan Jawa khususnya pada musim peralihan II (September-November) dimana periode pengambilan data dilakukan. Kondisi tersebut terjadi karena adanya dinamika perubahan suhu permukaan laut (berkisar 24-25°C), konsentrasi klorofil-a (1-1,5 mg/

m³) dan anomali tinggi muka air laut/ATML (berkisar 0-50 cm) (Harahap *et al.*, 2015). Munculnya *Thunnus obesus* pada perairan Selatan Jawa merupakan pengaruh pola migrasi *Thunnus obesus* yang menjadikan perairan Selatan Jawa dan Nusa Tenggara sebagai daerah pemijahan (Suman *et al.*, 2015).

Berdasarkan informasi tersebut dapat dinyatakan bahwa periode September-November merupakan periode migrasi beberapa spesies tuna pada perairan Samudera Hindia bagian selatan Pulau Jawa. Secara umum, migrasi mampu merefleksikan preferensi spasial (Humston *et al.*, 2000); dengan ditemukannya pola distribusi spesies tuna pada perairan ini maka dapat dinyatakan bahwa tuna bermigrasi sepanjang tahun (Nikolic *et al.*, 2020). Oleh karena itu perlu dilakukan analisis klusterisasi kembali pada perairan tersebut di musim penangkapan yang berbeda (temporal). Analisis klusterisasi temporal akan mampu menambah informasi dinamika pola distribusi tuna pada periode penangkapan yang berbeda (Harlyan *et al.*, 2021) sehingga dapat diketahui informasi biologi dan ekologi tiap spesies tuna yang tertangkap.

Informasi spesifik mengenai pola distribusi spesies selanjutnya dapat digunakan untuk meningkatkan pengelolaan kapasitas penangkapan Tuna dengan secara penuh ataupun sebagian melarang penggunaan alat tangkap tertentu pada daerah penangkapan tertentu yang telah terdefinisi (SEAFDEC, 2017). Penutupan area dan musim penangkapan (*area and seasonal closures*) merupakan salah satu pilihan pengelolaan perikanan yang mampu membatasi penangkapan ikan pada tahapan siklus hidup tertentu, melindungi stok yang rentan, mengontrol kelebihan kapasitas penangkapan dan pengoptimalisasi nilai dari hasil tangkapan (Cochrane, 2002). Meski demikian beberapa kajian mengungkapkan bahwa stok dari spesies pelagis lintas benua seperti tuna tidak dapat dikontrol secara spasial tanpa adanya informasi mengenai pola migrasi musiman untuk tiap kelompok umur (*age-structured*) (Grüss *et al.*, 2011; Santana-Garcon *et al.*, 2014). Oleh karena itu pada kajian selanjutnya diperlukan analisis klusterisasi daerah penangkapan spasial dan temporal dengan mengobservasi data hasil tangkapan yang dilengkapi dengan distribusi kelompok umur pada periode pengambilan data yang lebih panjang.

KESIMPULAN

Berdasarkan distribusi keragaman spesies daerah penangkapan dan analisis klusterisasi ditemukan tiga klaster pola sebaran daerah penangkapan spesies tuna pada perairan selatan Pulau Jawa yaitu klaster didominasi oleh spesies *Thunnus albacares*, *Thunnus obesus* dan satu klaster dengan jumlah spesies berimbang. Ketiga klaster tersebut dapat dijadikan referensi penentuan pengelolaan perikanan beberapa spesies tuna termasuk diantaranya pembatasan kapasitas penangkapan pada spesies tuna yang rentan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Brawijaya atas pemberian Dana Program Penelitian Hibah Guru Besar dan Doktor di lingkungan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Brawijaya Tahun 2020.

DAFTAR PUSTAKA

- Boyle, K., M.J. Kaiser, S. Thompson, L.G. Murray & P.F. Duncan. 2016. Spatial variation in fish and invertebrate bycatches in a scallop trawl fishery. *Journal of Shellfish Research*. 35 (1): 7-15. <https://doi.org/10.2983/035.035.0102>.
- Chumchuen, W., T. Matsuoka, K. Anraku & S. Arnupapboon, S. 2016. Size-selective catch in tropical tuna purse seine fishery in the Eastern Indian Ocean: Assessment on new selectivity model for purse seine net. *Fisheries Science*. 82 (3): 391-404. <https://doi.org/10.1007/s12562-016-0977-9>.
- Cochrane, K.L. 2002. A fishery manager's guidebook. Management measures and their application. In FAO. Fisheries Technical Paper. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>.
- Collette, B., A. Di Natale, W. Fox, M.J. Juan-Jordá, M. Miyabe, R. Nelson, C. Sun & Y. Uozumi. 2011. *Thunnus tonggol*. The IUCN Red List of Threatened Species 2011: e.T170351A6763691.IUCNUK.<https://doi.org/10.2305/IUCN.UK.2011-2.RLTS.T170351A6763691.en>.
- Firdaus, M. 2018. Profil perikanan tuna dan cakalang di Indonesia. *Buletin Ilmiah MARINA Sosial Ekonomi Kelautan dan Perikanan*. 4 (1): 23-32.
- Fuad, M.A.Z., D. Yona, A. Sartimbul, A.B. Sambah, F. Iranawati, N. Hidayati, L.I. Harlyan, S.H.J. Sari & M.A. Rahman. 2020. *Metode Penelitian Kelautan dan Perikanan*. UB Press.
- Garces, L.R., I. Stobutzki, M. Alias, W. Campos, N. Koongchai, L. Lachica-Alino, G. Mustafa, S. Nurhakim, M. Srinath & G. Silvestre. 2006. Spatial structure of demersal fish assemblages in South and Southeast Asia and implications for fisheries management. *Fisheries Research*. 78 (2): 143-157. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2006.02.005>.
- Griffiths, S.P., G.C. Fry, F.J. Manson & D.C. Lou. 2009. Age and growth of longtail tuna (*Thunnus tonggol*) in tropical and temperate waters of the central Indo-Pacific. *ICES Journal of Marine Science*. 67 (1): 125-134. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsp223>.
- Grüss, A., D.M. Kaplan & D.R. Hart. 2011. Relative Impacts of Adult Movement, Larval Dispersal and Harvester Movement on the Effectiveness of Reserve Networks. *PLOS ONE*, 6 (5), e19960. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0019960>.
- Harahap, S., M. Syamsuddin & N.P. Purba. 2015. Pendugaan hotspot tuna sirip kuning (*Thunnus albacares*) di Perairan Selatan Jawa Barat. *Omnia Akuatika*. 11 (2): 50-60. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.25745.22883>.
- Harlyan, L.I. 2019. Purse seine fishery management in Malaysia : an output control for sustainable fisheries. Hokkaido University collection of Scholarly and Academic Paper. 13736. <http://hdl.handle.net/2115/75831%0A>.
- Harlyan, L.I., T.F. Matsuishi & M.F. Md.Saleh. 2021. Feasibility of a single-species quota system for management of the Malaysian multispecies purse-seine fishery. *Fisheries Management and Ecology*. n/a(n/a). <https://doi.org/10.1111/fme.12470>.
- Harlyan, L.I., D. Wu, R. Kinashi, M. Kaewner & T. Matsuishi. 2019. Validation of a feedback harvest control rule in data-limited conditions for managing multispecies fisheries.

- Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences.
- Himmelstein, D.S., C. Bi, B.S. Clark, B. Bai & J.D. Kohtz. 2010. Chapter 4 Measures of distance between samples : Euclidean. *BMC Developmental Biology*. 10: 1-11.
- Humston, R., J.S. Ault, M. Lutcavage & D.B. Olson. 2000. Schooling and migration of large pelagic fishes relative to environmental cues. *Fisheries Oceanography*. 9 (2): 136-146. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2419.2000.00132.x>.
- Indian Ocean Tuna Commision. 2018. Status summary for species of tuna and tuna-like species under the IOTC mandate.
- Iranawati, F., L. Nazifah, L.I. Harlyan, S.H.J. Sari & D. Arfiati. 2016. Determination on Yellow fin tuna stock (*Thunnus albacares*) in South Java Sea based on genetic variation by restriction fragment length polymorphism (RFLP) method. *Research Journal of Life Science*. 3 (1). <https://doi.org/10.21776/ub.rjls.2016.003.01.2>.
- Kato, Y. 2008. Steering the small-scale fisheries of Southeast Asia towards responsible development. *Fish for the People*. 6 (1): 3-9.
- Kementerian Kelautan dan Perikanan. 2014. Peraturan Menteri Kelautan dan Perikanan Republik Indonesia No 18 Tahun 2014 tentang Wilayah Pengelolaan Perikanan.
- Kementerian Kelautan dan Perikanan. 2015. Rencana Pengelolaan Perikanan Tuna, Cakalang dan Tongkol. Direktorat Sumberdaya Ikan. Direktorat Jenderal Perikanan Tangkap.
- Lipps, J.H., W.H. Berger, M.A. Buzas, R.G. Dauglas, C.A. Ross & M.A. Buzas. 2014. The measurement of species diversity. *Foraminiferal Ecology and Paleocology*. 3-10. <https://doi.org/10.2110/scn.79.06.0003>.
- Maechler, M., P. Rousseeuw, A. Struyf, M. Hubert & K. Hornik. 2018. Cluster: Cluster Analysis Basic and Extensions. R Package version 2.0.7-1 (R package version 2.0.7-1).
- Najmudeen, T.M & R. Sathiadhas. 2008. Economic impact of juvenile fishing in a tropical multi-gear multi-species fishery. *Fisheries Research*. 92 (2): 322-332. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2008.02.001>.
- Nikolic, N., I. Montes, M. Lalire, A. Puech, N. Bodin, S. Amaud-Haond, S. Kerwath, E. Corse, P. Gaspar, S. Hollanda, J. Bourjea, W. West & S. Bonhommeau, S. 2020. Connectivity and population structure of albacore tuna across southeast Atlantic and southwest Indian Oceans inferred from multidisciplinary methodology. *Scientific Reports*. 10 (1), 15657. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-72369-w>.
- Nurhayati, M., S.H. Wisudo & F. Purwangka. 2018. Produktivitas dan pola musim penangkapan tuna madidihang (*Thunnus albacares*) di Wilayah Pengelolaan Perikanan 573. *Jurnal Akuatika Indonesia*. 3 (2): 127-135.
- Pascoe, S & D. Greboval. 2003. Measuring capacity in fisheries. In *FAO. Fisheries Technical Paper*. <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2015.02.024>.
- R Core Team. 2018. R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing. <https://www.r-project.org/>.
- Roy, K., S. Kar & R.N. Das. 2015. Chapter 6 - Selected Statistical Methods in QSAR. *Understanding the Basics of QSAR for Applications in Pharmaceutical Sciences and Risk Assessment* (pp. 191–229). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-801505-6.00006-5>.
- Sambah, A.B., F. Iranawati, S.H. Julindasari, D. Pranoto, L.I. Harlyan & A.F. Ghafiky. 2016. The Spatial Analysis in Tuna Habitat Related to The Ocean Variability in The Indian Ocean BT - 1st International Conference on Geography and Education (ICGE 2016). <https://doi.org/10.2991/icge-16.2017.51>.
- Sambah, A.B., A. Sartimbul, F. Iranawati, L.I. Harlyan, D. Yona, M.A.Z. Fuad, N. Hidayati, S.H.J. Sari & M.A. Rahman. 2020. Aplikasi Sistem Informasi Geografis dalam Bidang Perikanan dan Kelautan (I). UB Press.
- Santana-Garcon, J., S.J. Newman, T.J. Langlois & E.S. Harvey. 2014. Effects of a spatial closure on highly mobile fish species: an assessment using pelagic stereo-BRUVs. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 460: 153–161. <https://doi.org/10.1016/j.jembe.2014.07.003>.
- Sartimbul, A., F. Iranawati, A.B. Sambah, D. Yona, N. Hidayati, L.I. Harlyan, L. I., M.A.Z. Fuad & S.H.J. Sari. 2016. Pengelolaan Sumberdaya Perikanan Pelagis di Indonesia (D. A. Batamia (ed.); I). UB Press.
- SEAFDEC. 2015. Regional Plan of Action on Sustainable Utilization of Neritic Tunas in the ASEAN Region. Southeast Asian Fisheries Development Center.
- SEAFDEC. 2017. ASEAN Regional Plan of Action for the Management of Fishing Capacity (RPOA-Capacity). Southeast Asian Fisheries Development Center.
- Sibagariang, O.P., F. Fauziah & F. Agustriani. 2011. Analisis potensi lestari sumberdaya perikanan tuna longline di Kabupaten Cilacap, Jawa Tengah. *Maspari Journal*. 3: 24-29. <https://ejournal.unsri.ac.id/index.php/maspari/article/viewFile/1314/462>.
- Sumadhiharga, O. K. 2009. Ikan tuna. Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia.
- Suman, A., H.E. Irianto, K. Amri & G. Bintoro. 2015. Population structure and bioreproduction of bigeye tuna (*Thunnus obesus*) in Western Part of Sumatera and Southern Part of Java and Nusa Tenggara, Indian Ocean. *Indonesian Fisheries Research Journal*. 21 (2). <https://doi.org/10.15578/irfj.21.2.2015.109-116>.
- Suman, A., W. Wudianto, B. Sumiono, B. Badrudin, D. Nugroho, G.S. Merta, S. Suwarso, M. Taufik, K. Amri, D. Kembaren, A. Priyatna, E. Setiaji, S. Prihantara, P. Prihatiningsih, U. Chodrijah, M. Fauzi, T. Ernawati & E. Rahmat. 2014. Potensi dan tingkat pemanfaatan sumberdaya ikan di Wilayah Pengelolaan Perikanan Republik Indonesia (WPP RI) (A. Suman, Wudianto, B. Sumiono, H. E. Irianto, Badrudin, & K. Amri (eds.)). *Ref Grafika*.
- Suzuki, R & H. Shimodaira. 2017. Pvcust: An R package for hierarchical clustering with p-values. *Shimodaira Laboratory Statistics and Machine Learning*. <http://stat.sys.i.kyoto-u.ac.jp/prog/pvcust/#download>.
- Welcomme, R.L. 1999. A review of a model for qualitative evaluation of exploitation levels in multi-species fisheries. *Fisheries Management and Ecology*. 6 (1): 1-19. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2400.1999.00137.x>.
- Zhu, J., X. Dai & Y. Chen. 2011. Species composition and

diversity of pelagic fishes based on a longline fishery catch in the North Pacific Ocean. *Chinese Journal of Oceanology and Limnology*. 29: 261-269. <https://doi.org/10.1007/s00343-011-0122-7>.