

**PEMETAAN DAERAH POTENSIAL PENANGKAPAN IKAN MENGGUNAKAN
PENDEKATAN MODEL *GIS HOTSPOT* DAN ANALISIS *TIME SERIES*: STUDI
KASUS PADA PERIKANAN BAGAN PERAHU DI KEPULAUAN SERIBU**

***POTENTIAL FISHING GROUND MAPPING BASED ON GIS HOTSPOT MODEL AND
TIME SERIES ANALYSIS: A CASE STUDY ON LIFT NET FISHERIES
IN SERIBU ISLAND***

Andi Alamsyah Rivai^{1*}, Vincentius P. Siregar², Syamsul B. Agus², dan Hiroki Yasuma³

¹Departemen Teknologi Kelautan, Sekolah Pascasarjana, IPB, Bogor

*E-mail: andi.alamsyah.03@gmail.com

²Departemen Ilmu dan Teknologi Kelautan, FPIK-IPB, Bogor

³Faculty of Fisheries Sciences, Hokkaido University, Hokkaido, Japan

ABSTRACT

Information on the spatial and temporal of fishing activity can optimize a fisheries management and increase their economical and biological benefit. For effective management and good understanding of fishing activities, information about fishing ground is crucial. In this study, we aimed to analyze the spatio-temporal of lift net fisheries in Kepulauan Seribu by analyzing their fishing season, investigating their hotspot of fishing ground using GIS-based hotspot model, and mapping the potential fishing ground of each target species. We found that anchovy and scad could be caught throughout the year, while sardine and squid had high fishing season in west monsoon. Hotspot of fishing ground of lift net fisheries in Kepulauan Seribu waters generally was concentrated around Lancang Island and in southern part of Kotok Island. Potential fishing ground for sardines was located in around Lancang Island on west monsoon. Squids were highly distributed around Lancang Island in December to January and around Lancang and Rambut Islands in November. Anchovy and scad had more potential fishing ground in around Kepulauan Seribu waters.

Keywords: *fishing ground, lift net, hotspot, fishing season*

ABSTRAK

Informasi spasial dan temporal kegiatan penangkapan ikan dapat mengoptimalkan suatu manajemen perikanan serta meningkatkan keuntungan ekonomis dan biologisnya. Untuk pengelolaan yang efektif dan pemahaman yang baik tentang kegiatan penangkapan ikan, informasi tentang daerah penangkapan ikan sangat diperlukan. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan analisis spasial dan temporal pada perikanan bagan perahu di Kepulauan Seribu dengan cara menganalisis indeks musim penangkapan pada spesies ikan yang diteliti, mengidentifikasi perubahan pola *hotspot* daerah penangkapan ikan menggunakan *GIS-based statistical analysis*, dan memetakan daerah potensial penangkapan spesies ikan yang diteliti. Hasil analisis menemukan bahwa teri dan selar dapat ditangkap di sepanjang tahun, sedangkan untuk tembang dan cumi-cumi dapat ditangkap dengan hasil yang tinggi pada musim barat. Pada umumnya, *hotspot* daerah penangkapan ikan dengan bagan perahu di perairan Kepulauan Seribu terkonsentrasi di sekitar Pulau Lancang dan di bagian selatan Pulau Kotok. Daerah potensial penangkapan tembang berada di perairan sekitar Pulau Lancang pada musim barat. Cumi-cumi berdistribusi tinggi di sekitar Pulau Lancang pada bulan Desember hingga Januari dan di sekitar Pulau Lancang dan Pulau Rambut pada bulan November. Teri dan selar memiliki daerah potensial penangkapan yang tersebar pada wilayah dan waktu yang lebih banyak di sekitar perairan Kepulauan Seribu.

Kata kunci: daerah penangkapan ikan, bagan perahu, *hotspot*, musim penangkapan

I. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara kepulauan dengan memiliki lautan yang sangat luas. Berdasarkan *United Nation Convention on the Law of the Sea* (UNCLOS) tahun 1982 yang kemudian diratifikasi oleh Indonesia dengan Undang-Undang No.17 Tahun 1985 menyebutkan bahwa total luas wilayah laut Indonesia menjadi 5,9 juta km², terdiri atas 3,2 juta km² perairan teritorial dan 2,7 juta km² perairan Zona Ekonomi Eksklusif, luas perairan ini belum termasuk landas kontinen. Hal ini menjadikan Indonesia sebagai negara kepulauan terbesar di dunia (Lasabuda, 2013). Selain memiliki lautan yang luas, Indonesia memiliki potensi sumber daya alam yang indah yang ada di dalam laut. Sumber daya alam yang ada di dalam laut Indonesia salah satu diantaranya yaitu ikan. Sumberdaya alam ikan ini merupakan salah satu sumber makanan dan sumber mata pencaharian di Indonesia, sebagaimana oleh FAO (2009) dijelaskan bahwa sumberdaya perikanan merupakan salah satu sumber makanan dan mata pencaharian yang penting di berbagai negara, khususnya pada negara berkembang. Namun, seiring dengan perkembangan ekonomi dan pertumbuhan populasi manusia di Indonesia, tekanan dan kebutuhan terhadap sumberdaya perikanan juga meningkat. Hal ini membutuhkan perhatian dari pemerintah agar dapat melakukan berbagai kebijakan untuk meminimalkan dampak negatif yang mungkin timbul (Barnes and Metcalf, 2010). Hal senada juga dikemukakan oleh beberapa penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa diperlukan manajemen yang baik demi menjaga keberlanjutan sumberdaya perikanan (Merino *et al.*, 2012; Worm and Branch, 2012; Link, 2010; Link and Browman, 2014).

Kepulauan Seribu merupakan sebuah kepulauan yang berada di bagian utara Jakarta, ibu kota Indonesia. Wilayah ini memiliki geomorfologi yang kompleks, terdiri dari berbagai ekosistem, seperti terumbu

karang, mangrove, rumput laut, serta merupakan penyuplai berbagai produk perikanan untuk daerah Jakarta dan sekitarnya. Daerah ini memiliki sumberdaya perikanan yang tinggi, dengan total hasil tangkapan ikan yang didaratkan sebesar 1555 ton pada tahun 2013 (BPS Kepulauan Seribu, 2014). Terdapat beberapa kegiatan perikanan di daerah ini, dan salah satunya adalah perikanan bagan perahu. Pulau Lancang yang terletak di bagian selatan Kepulauan Seribu merupakan *fishing base* dari perikanan bagan perahu. Masyarakat lokal menyebutnya dengan “Bagan Congkel”. Perikanan ini merupakan perikanan artisanal dan salah satu penghasil ikan pelagis kecil terbesar, khususnya teri, namun penelitian tentang perikanan ini belum pernah dilakukan. Hasil tangkapan ikan pelagis kecil menurut masyarakat setempat telah mengalami penurunan, yang mungkin diakibatkan oleh pencemaran, penurunan kualitas perairan, *overfishing*, dan manajemen perikanan yang kurang baik.

Perbaikan manajemen perikanan yang ada, dibutuhkan banyak informasi, dan salah satu informasinya adalah mengenai spasial dan temporal kegiatan penangkapan ikan, seperti intensitas dan variabilitasnya. Namun, informasi tersebut masih sangat kurang, khususnya pada perikanan artisanal (Marrs *et al.*, 2002; Eastwood *et al.*, 2007; Harrington *et al.*, 2007, Jalali *et al.*, 2015). Berbagai kebijakan telah dilakukan oleh pemerintah di Kepulauan Seribu untuk mengatasi masalah ini, salah satunya adalah membekali nelayan dengan teknologi GPS. Penggunaan teknologi GPS memungkinkan nelayan untuk merekam lokasi penangkapan mereka dan mendapatkan informasi mengenai data spasial dan temporalnya. Data rekaman tersebut dapat dimanfaatkan untuk mengevaluasi pola penangkapan dan memberikan informasi mengenai tren spasialnya. Selain itu juga dapat memberikan informasi mengenai perilaku menangkap nelayan dan distribusi ikan secara spasial yang dapat memberikan informasi untuk perbaikan manajemen perikanan (Mundy, 2012).

Beberapa hasil penelitian terdahulu melaporkan bahwa akses terhadap informasi spasial dan temporal suatu kegiatan perikanan akan memberikan keuntungan yang lebih banyak jika dibandingkan dengan biaya yang dibutuhkan untuk mendapatkan informasi tersebut (Gerritsen and Lordan, 2011). Salah satu informasi tentang spasial dan temporal perikanan adalah tentang *hotspot*. Dalam bidang perikanan, konsep *hotspot* mengacu pada daerah dengan kegiatan perikanan atau konsentrasi biomassa yang tinggi karena kebiasaan menangkap ikan, dinamika populasi, kondisi cuaca, atau kondisi lingkungan tertentu yang membentuk produktivitas ekosistem yang tinggi pada suatu daerah. Studi tentang *hotspot* telah dilakukan di beberapa penelitian, yaitu mengenai *fishing effort* (Jalali *et al.*, 2015), daerah potensial penangkapan ikan (Maina *et al.*, 2016, Yasuda *et al.*, 2014), *hotspot* keanekaragaman hayati (Myers *et al.*, 2000; Stuart-Smith *et al.*, 2013), dan daerah dengan interaksi trofik yang tinggi (Santora *et al.*, 2012). Informasi mengenai *hotspot* merupakan informasi dasar untuk manajemen konservasi yang lebih baik dan untuk menghasilkan strategis manajemen tata ruang yang lebih optimal di wilayah. Dalam studi ini, *hotspot* didefinisikan sebagai daerah dengan kegiatan penangkapan dan tekanan penangkapan ikan yang signifikan tinggi secara statistik. *Hotspot* dihasilkan dari analisis spasial dan analisis *hotspot* berdasarkan lokasi daerah penangkapan ikan.

Informasi spasial dan temporal perikanan lainnya adalah mengenai distribusi biomassa dan kegiatan perikanan. Distribusi sumberdaya perikanan dan kegiatan perikanan memiliki pola tertentu, seperti pada ikan pelagis kecil yang umumnya berkumpul pada konsentrasi klorofil dan suhu tertentu (Yardin, 1997; Marrs *et al.*, 2002; Valavanis *et al.*, 2004; McGarvey, 2006). Selain itu, distribusi kegiatan perikanan ini juga dipengaruhi oleh faktor lainnya, seperti kebiasaan dan strategi nelayan dalam menangkap ikan, tingkah laku ikan, serta

dinamika populasinya (Maynou, 1998; Jennings, 2005; Fulton *et al.*, 2005). Beberapa penelitian terdahulu telah menggunakan pendekatan *geostatistical*, seperti *spatial autocorrelation* dan analisis kluster, serta *spatial pattern* pada beberapa spesies ekonomis penting untuk mendapatkan informasi distribusinya (Beseres and Feller, 2007; Nelson and Boots, 2008; Lewison *et al.*, 2009). Beberapa contoh studi lain juga menggunakan pendekatan statistik untuk melakukan *predictive modelling* kelimpahan spesies tertentu (Valavanis *et al.*, 2004; Gillenwater *et al.*, 2006; Hattab *et al.*, 2013), memonitor aktifitas kegiatan penangkapan untuk mengetahui pola tekanan sumberdaya perikanan ikan (Riolo, 2006; Nilsson and Ziegler, 2007; Batista *et al.*, 2015; Maina *et al.*, 2016), dan memetakan *hotspot* distribusi spesies ikan tertentu (Reese and Brodeur, 2006; Zainuddin *et al.*, 2006; Bartolino *et al.*, 2011; Li *et al.*, 2014; Jalali *et al.*, 2015).

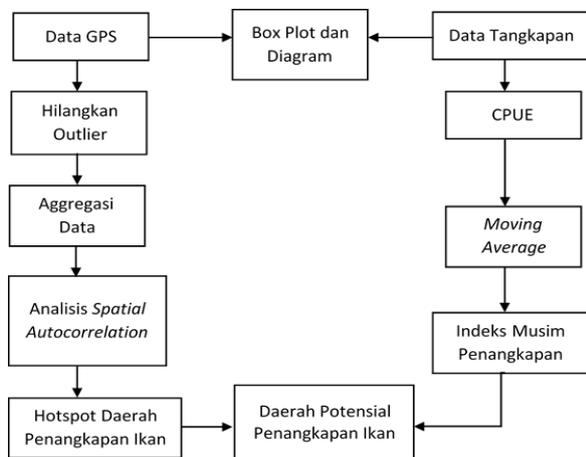
Tersedianya informasi perikanan seperti data hasil tangkapan ikan dan lokasi penangkapan ikan dari data GPS yang dipadukan dengan pendekatan statistik, dapat dihasilkan metode pendekatan yang lebih baik untuk meneliti pola penangkapan suatu kegiatan perikanan dan distribusi sumberdaya perikanan di suatu perairan. Pendekatan ini dapat memberikan informasi *hotspot* daerah penangkapan ikan dan daerah potensial penangkapan ikan dengan skala yang lebih baik sehingga dapat dimanfaatkan untuk mendukung manajemen perikanan yang berkelanjutan.

Tujuan dari penelitian ini adalah melakukan analisis spasial dan temporal pada perikanan bagan perahu di Kepulauan Seribu dengan cara (1) menganalisis indeks musim penangkapan pada spesies ikan yang diteliti, (2) mengidentifikasi perubahan pola *hotspot* daerah penangkapan ikan menggunakan *GIS-based statistical analysis*, dan (3) memetakan daerah potensial penangkapan spesies ikan yang diteliti. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan informasi mengenai distribusi ikan pada waktu tertentu, pola

kebiasaan menangkap ikan nelayan, kegiatan penangkapan, dan tekanan penangkapan dari perikanan bagan perahu. Pengetahuan yang diperoleh juga diharapkan dapat memberikan informasi untuk penentuan strategi penangkapan yang dapat mengoptimalkan keuntungan bisnis dan keuntungan ekologi, serta untuk manajemen perikanan yang lebih baik.

II. METODE PENELITIAN

Langkah-langkah untuk mengidentifikasi dan menganalisis dalam penelitian ini secara umum ditunjukkan oleh Gambar 1. Data yang digunakan untuk analisis dalam penelitian ini adalah data GPS yang menunjukkan lokasi penangkapan ikan dan data hasil tangkapan yang didaratkan oleh nelayan bagan perahu. Data ditampilkan menggunakan *boxplot* dan grafik untuk menggambarkan perbedaan dan perubahan yang terjadi. Data dianalisis secara musiman untuk melihat dinamika daerah penangkapan ikan dan hasil tangkapan pada perikanan bagan perahu.



Gambar 1. Langkah-langkah analisis dan identifikasi yang digunakan pada penelitian ini.

Analisis musiman dalam penelitian ini mengikuti sistem monsoon di Indonesia, yang diklasifikasikan ke dalam empat musim, yaitu musim barat yang terjadi dari Desember hingga Februari, transisi I yang

merupakan musim peralihan dari musim barat ke musim timur dan terjadi pada Maret hingga Mei, musim timur yang berlangsung dari Juni hingga Agustus, dan transisi II yang merupakan musim peralihan dari timur ke musim barat dan berlangsung dari September sampai November (Wyrтки, 1961).

2.1. Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan dari bulan Juni 2015 hingga Desember 2015. Daerah penelitian mencakup daerah penangkapan perikanan bagan perahu yang terletak di perairan Kepulauan Seribu dengan Pulau Lancang sebagai *fishing base* nya. Secara geografis, wilayah ini berada pada 106°19'BT hingga 106°51'BT dan 5°33'LS hingga 6°5'LS, yang meliputi beberapa pulau-pulau kecil (Gambar 2). Pulau Lancang, yang terletak di bagian selatan Kepulauan Seribu, dipilih sebagai daerah pengumpulan data perikanan bagan perahu.

Perikanan bagan perahu di Pulau Lancang adalah perikanan artisanal yang melakukan penangkapan *one-day trip*, beroperasi pada malam hari, dan memanfaatkan cahaya untuk menarik dan mengkonsentrasi ikan di sekitar kapal. Kapal yang digunakan berukuran 10 hingga 17 GT dan memiliki 4-6 awak dengan satu kapten. Perikanan ini mempunyai target tangkapan berupa ikan pelagis kecil dan merupakan salah satu produsen ikan teri terbesar di wilayah Kepulauan Seribu.

Kepulauan Seribu dan perikanan bagan perahu di Pulau Lancang dipilih sebagai objek penelitian, selain karena alasan yang telah disebutkan sebelumnya, karena (1) tersedianya data lokasi penangkapan ikan yang berasal dari data historis GPS selama 2012 hingga 2015, (2) hasil tangkapan pelagis kecil yang tinggi oleh perikanan ini, (3) ketersediaan data hasil tangkapan yang baik dari perikanan ini, dan (4) kompleksitas geomorfologi yang tinggi dengan berbagai ekosistem di dalamnya, seperti mangrove, terumbu karang, dan padang lamun di daerah ini.



Gambar 2. Lokasi penelitian di perairan Kepulauan Seribu dengan Pulau Lancang sebagai *fishing base* perikanan bagan perahu.

2.2. Peralatan Penelitian

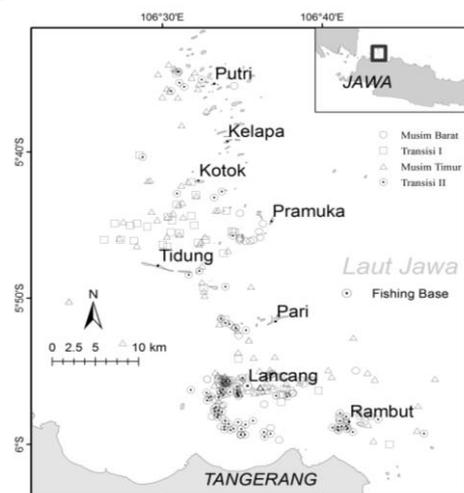
Peralatan yang digunakan untuk mengumpulkan data dalam penelitian ini adalah GPS MapSounder 585, kamera, dan alat tulis menulis. GPS berfungsi untuk merekam lokasi penangkapan ikan dengan bagan perahu di perairan Kepulauan Seribu, kamera digunakan untuk dokumentasi data penelitian, dan alat tulis menulis untuk mencatat hasil wawancara dengan nelayan. Untuk pemrosesan dan analisis data, peralatan yang digunakan adalah sebuah komputer dan software berupa ArcGIS 10.3 dan R x64 3.3.2.

2.3. Pengumpulan Data

Metode yang digunakan dalam pengumpulan data pada penelitian ini adalah metode survei yang meliputi lokasi penangkapan ikan, aspek alat tangkap, armada penangkapan, nelayan, dan hasil tangkapan. Jenis data yang digunakan dalam penelitian ini berupa data primer dan data sekunder. Data primer yang digunakan adalah data lokasi penangkapan ikan dengan bagan perahu di Kepulauan Seribu, yang memiliki *fishing base* di Pulau Lancang. Data lokasi penangkapan ikan berasal dari data rekaman

GPS nelayan. Data lokasi penangkapan ikan diperoleh dengan mengikuti kegiatan penangkapan ikan kemudian merekam lokasi penangkapan ikannya, serta mengumpulkannya dari data rekaman GPS nelayan bagan perahu. Gambar 3 menunjukkan distribusi lokasi penangkapan ikan yang dikumpulkan dari 11 kapal bagan perahu di Pulau Lancang dari tahun 2012 hingga 2015 dengan total rekaman lokasi penangkapan ikan sebanyak 296 data. Selanjutnya, data sekunder yang digunakan adalah data hasil tangkapan ikan yang didaratkan di Pulau Lancang.

Data hasil tangkapan yang digunakan berasal dari empat spesies yang dominan tertangkap oleh bagan perahu, yaitu teri (*Stolephorus* sp.), cumi-cumi (*Loligo* sp.), selar (*Selaroides leptolepis*), dan tembang (*Sardinella fimbriata*). Data hasil tangkapan selama tahun 2013-2015 dikumpulkan dari petugas yang ditunjuk oleh Kementerian Kelautan dan Perikanan (KKP), Indonesia. Data tersebut berupa hasil tangkapan bulanan yang didaratkan oleh nelayan bagan perahu di Pulau Lancang. Pengumpulan data hasil tangkapan dilakukan dengan mencatat hasil tangkapan yang didaratkan dan melakukan wawancara dengan nelayan dan petugas dari KKP.



Gambar 2 Distribusi data rekaman GPS di sekitar Kepulauan Seribu. Data GPS menunjukkan lokasi daerah penangkapan ikan dengan bagan perahu.

2.4. Analisis Data

2.4.1. Catch per Unit Effort (CPUE)

CPUE dihitung dari data hasil tangkapan yang dibagi dengan *fishing effort* pada bulan tertentu. Data *fishing effort* bulanan yang digunakan merupakan hasil dari wawancara langsung dengan beberapa kapten kapal perikanan bagan perahu di Pulau Lancang. CPUE dihitung dengan persamaan:

$$CPUE = \frac{Catch}{Effort} \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan: *Catch* adalah jumlah hasil tangkapan bulanan dan *Effort* adalah trip/hari penangkapan setiap bulannya. Karena data perikanan yang dikumpul hanya berasal dari perikanan bagan perahu, maka dapat diasumsikan bahwa *fishing power index* pada kapal perikanan bagan perahu di daerah penelitian adalah sama dan standardisasi CPUE tidak perlu dilakukan.

2.4.2. Indeks Musim Penangkapan

Indeks musim penangkapan dianalisis menggunakan CPUE bulanan perikanan bagan perahu di perairan Kepulauan Seribu. Hasil analisis indeks musim penangkapan (IMP) dapat memberikan informasi mengenai waktu terbaik untuk melakukan kegiatan penangkapan ikan. IMP dihitung menggunakan *time series analysis* pada CPUE bulanan selama tahun 2013 hingga 2015 dan dengan menggunakan *moving average analysis* dengan rata-rata 12 bulan data CPUE. Prosedur analisis yang digunakan mengikuti Wahyu *et al.* (2011). Jika hasil yang didapatkan >1, maka dapat disimpulkan bahwa CPUE pada bulan tersebut berada di atas rata-rata.

Adapun langkah-langkah perhitungan IMP adalah:

1. Menyusun deret CPUE dalam periode *n* tahun:

$$CPUE_i = n \dots\dots\dots (2)$$

Keterangan: *i* = 1,2,3,...,n; dan *n_i* = urutan ke-*i*.

2. Menyusun rata-rata bergerak CPUE selama 12 bulan (RG):

$$RG_i = \frac{1}{12} [\sum_{i=6}^{i+5} CPUE_i] \dots\dots\dots (3)$$

Keterangan: *RG_i* = rata-rata bergerak 12 bulan urutan ke-*i*; *CPUE_i* = CPUE urutan ke-*i*; *i* = 7,8,...,n-5.

3. Menyusun rata-rata bergerak CPUE terpusat (RGP):

$$RGP_i = \frac{1}{2} [\sum_{i=1}^{i=1} RG_i] \dots\dots\dots (4)$$

Keterangan: *RG_i* = rata-rata bergerak CPUE terpusat ke-*i*; *i* = 7,8,...,n-5.

4. Menyusun rasio rata-rata tiap bulan (Rb):

$$Rb_i = \frac{CPUE_i}{RGP_i} \dots\dots\dots (5)$$

Keterangan: *Rb_i* = rasio rata-rata bulan urutan ke-*i*; *i* = 7,8,...,n-5.

5. Menyusun nilai rasio rata-rata dalam suatu matriks berukuran *i* x *j* yang disusun untuk setiap bulan, dimulai dari bulan Juli tahun pertama hingga bulan Juni tahun terakhir.

6. Menghitung total rasio rata-rata bulanan (JRRB).

$$JRRB_i = \sum_{i=1}^{12} RRB_i \dots\dots\dots (6)$$

Keterangan: *JRRB_i* = jumlah rasio rata-rata bulan; *RRB_i* = rata-rata *Rb_{ij}* untuk bulan ke-*i*; *i* = 1,2,...,12.

7. Indeks Musim Penangkapan (IMP)
Jumlah rasio rata-rata bulanan (JRRB) memiliki nilai yang normal sebesar 12, namun karena banyak faktor yang mempengaruhinya, sehingga JRRB tidak selalu

sama dengan 12. Untuk menormalkannya, dilakukan koreksi dengan menggunakan Faktor Koreksi (FK) dengan cara:

$$FK = \frac{12}{JRRB} \dots\dots\dots (7)$$

IMP selanjutnya dihitung dengan menggunakan rumus:

$$IMP_i = RRB_i \times FK \dots\dots\dots (8)$$

Keterangan: IMP_i = indeks musim penangkapan bulan ke- i ; RRB_i = rata-rata Rb_{ij} untuk bulan ke- i ; $I = 1, 2, \dots, 12$.

Musim penangkapan menurut Zulkarnain et al. (2012) dapat diklasifikasikan menjadi tiga kelas berdasarkan IMP, yaitu musim paceklik, musim sedang, dan musim puncak (1).

Tabel 1. Klasifikasi musim penangkapan ikan berdasarkan Indeks Musim Penangkapan (IMP).

IMP	Musim
<0,5	Paceklik
0,5-1	Sedang
>1	Puncak

2.4.3. Pola Hotspot Daerah Penangkapan Ikan

Pola *hotspot* daerah penangkapan ikan dianalisis dengan analisis *spatial autocorrelation* dan *hotspot analysis*. Analisis ini menggunakan data lokasi penangkapan dari data GPS. Data dianalisis secara musiman untuk memetakan dan mengidentifikasi perubahan pada *hotspot* daerah penangkapan ikan dengan bagan perahu. Jumlah minimum data yang dibutuhkan pada analisis ini agar hasilnya dapat meyakinkan adalah 30 lokasi. Analisis ini menggunakan Optimized Hotspot Analysis pada *toolbox* ArcGIS 10.3 (ESRI, 2016). *Locational outliers* dihilangkan sebelum analisis dilakukan. *Locational outliers* adalah lokasi penangkapan ikan yang

terpisah dari mayoritas titik daerah penangkapan ikan lainnya. Identifikasi *locational outliers* dilakukan dengan menghitung *average nearest neighbor* pada jarak setiap lokasi penangkapan ikan, kemudian mengevaluasi distribusi semua jarak tersebut. Lokasi penangkapan ikan yang memiliki lebih dari 3 kali standar deviasi dengan lokasi penangkapan ikan terdekatnya merupakan *locational outliers* (Ebdon, 1985; Mitchell, 2005; ESRI, 2016).

Data daerah penangkapan ikan yang berasal dari GPS merepresentasikan data kejadian, sehingga data tersebut perlu diaggregasi. Jumlah lokasi penangkapan ikan menjadi *input* untuk analisis *autocorrelation* dan *hotspot* dalam penelitian ini. Data lokasi penangkapan ikan dihitung dan dikumpulkan dalam *fishnet* poligon. Ukuran *cell fishnet* poligon ditentukan dengan menggunakan algoritma di ESRI (2016).

Analisis *spatial autocorrelation* dan *global pattern* pada data lokasi penangkapan ikan yang telah diaggregasi dianalisis dengan Global Moran's *I* (Moran, 1950). Jarak, lokasi, dan nilai sebuah *cell* merupakan *input* untuk menghitung Moran's Index, dengan nilai yang berkisar antara -1 (*dispersed pattern*) hingga 1 (*clustered pattern*), dan nilai yang mendekati nol yang mengindikasikan *random distribution* pada data. Analisis ini digunakan untuk mengidentifikasi *spatial clustering* pada jarak tertentu diantara data lokasi yang ada. Analisis Global Moran's *I* dilakukan berulang kali dengan *input* jarak yang berbeda – beda ada untuk mengetahui jarak yang memiliki *spatial clustering* yang terbaik. Jarak yang memiliki *spatial clustering* yang terbaik digunakan sebagai *distance band* pada analisis *hotspot*.

Setelah *global pattern* dan *distance band* telah ditentukan, *hotspot analysis* dilakukan untuk mengetahui area dengan nilai lokasi penangkapan ikan yang tinggi secara statistik yang disebut dengan *hotspot*. Analisis ini menggunakan pendekatan metode Getis Ord-Gi* (Getis and Ord, 1992; Ord and Getis, 1995). Pendekatan ini

menentukan daerah yang memiliki *significant local autocorrelation* secara statistik dan *dependent* diantara daerah penangkapan ikan. Analisis ini akan menghasilkan peta sebaran yang memiliki nilai spasial kluster yang tinggi (*hotspot*) dengan melihat *z-score* dan *p-value* yang dihasilkan (Tabel 2). Daerah yang merupakan *hotspot* memiliki *z-score* yang tinggi dan *p-value* yang kecil.

Hasil analisis G_i^* selanjutnya dikoreksi False Discovery Rate (FDR) (Castro and Singer, 2006). Hasil dari FDR akan menentukan *confidence level bin* (G_i bin) sebaran *hotspot* yang ada. Prosedur FDR akan berpotensi mengurangi ambang kritis *p-value* yang ditunjukkan pada Tabel 2 untuk memperhitungkan *multiple testing* dan *spatial dependency* (ESRI, 2016).

Tabel 2. Penentuan *confidence level* berdasarkan *z-score* dan *p-value*.

<i>z-score</i>	<i>p-value</i>	<i>Confidence level</i>
< -1.65 atau > 1.65	< 0.10	90%
< -1.96 atau > 1.96	< 0.05	95%
< -2.58 atau > 2.58	< 0.01	99%

2.4.4. Daerah Potensial Penangkapan Ikan

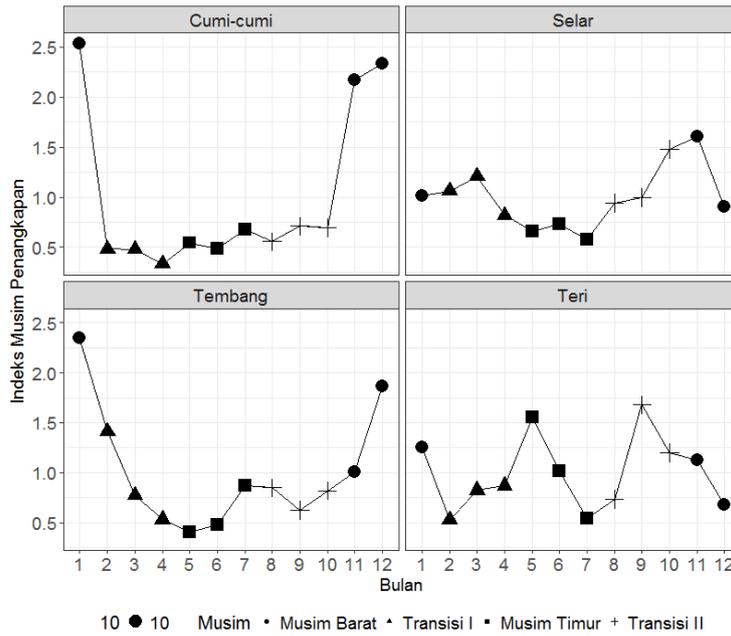
Pemetaan daerah penangkapan ikan yang potensial dilakukan dengan melakukan *overlay* pada hasil analisis IMP dan analisis *hotspot* secara musiman. Pemetaan dilakukan dengan mencocokkan *time stamp* masing-masing hasil analisis dan melakukan *overlay* pada hasil-hasil tersebut untuk menghasilkan peta daerah potensial penangkapan masing-masing spesies ikan. Hasil analisis IMP yang digunakan dalam analisis ini adalah yang bernilai lebih dari satu. Waktu dengan indeks yang bernilai lebih dari satu menunjukkan terdapatnya kelimpahan biomassa spesies ikan tertentu pada waktu tersebut, sehingga

dapat dijadikan sebagai indikator untuk menentukan waktu terbaik untuk melakukan kegiatan penangkapan ikan. Selanjutnya, hasil analisis *hotspot* yang digunakan dalam analisis ini adalah *hotspot* yang memiliki *confidence level* sebesar 99%. *Confidence level* sebesar 99% menunjukkan bahwa suatu daerah memiliki tingkat kegiatan penangkapan ikan yang lebih tinggi dibandingkan dengan daerah lain. Tingginya kegiatan penangkapan ikan di suatu daerah menunjukkan bahwa daerah tersebut kemungkinan memiliki distribusi ikan yang melimpah, sehingga daerah dapat dijadikan sebagai daerah yang baik untuk melakukan kegiatan penangkapan ikan.

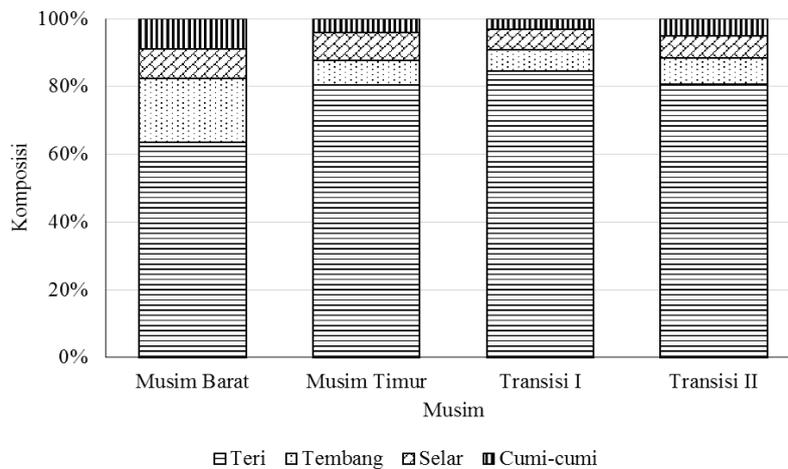
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Indeks Musim Penangkapan

Hasil analisis indeks musim penangkapan ikan menunjukkan bahwa masing-masing spesies ikan di perairan Kepulauan Seribu memiliki musim penangkapan yang berbeda (Gambar 4). Ikan teri memiliki musim penangkapan yang berfluktuasi di sepanjang tahun. Musim transisi II (September-Oktober) adalah musim penangkapan yang baik untuk ikan teri, yang ditunjukkan dengan hasil indeks >1. Musim penangkapan ikan yang baik untuk tembang dan cumi-cumi terjadi pada musim barat (Desember-Februari). Bulan Januari adalah waktu terbaik untuk melakukan kegiatan penangkapan cumi-cumi dan tembang, dengan indeks musim penangkapan ikan untuk tembang adalah 2,34 dan untuk cumi-cumi adalah 2,53. Untuk selar, hasil analisis indeks musim penangkapan menunjukkan terdapatnya variabilitas musim penangkapan ikan di sepanjang tahun. Indeks musim penangkapan ikan selar meningkat dari musim timur hingga musim transisi II (September hingga November), dan puncaknya terjadi pada bulan Oktober dan bulan November dengan indeks masing-masing sebesar 1,47 dan 1,60.



Gambar 4. Indeks musim penangkapan setiap target spesies pada perikanan bagan perahu di perairan Kepulauan Seribu.



Gambar 5. Komposisi hasil tangkapan setiap target spesies dari perikanan bagan perahu di perairan Kepulauan Seribu.

Hasil analisis varians (ANOVA) pada indeks musim penangkapan ikan untuk setiap spesies menunjukkan bahwa hanya cumi-cumi dan tembang yang memiliki musim memancing yang berbeda secara signifikan, dengan nilai p masing-masing sebesar 0,002847 dan 0,004832. Dari hasil ini, dapat disimpulkan bahwa kegiatan penangkapan untuk ikan teri dan ikan selar dapat dilakukan di sepanjang tahun karena tidak adanya

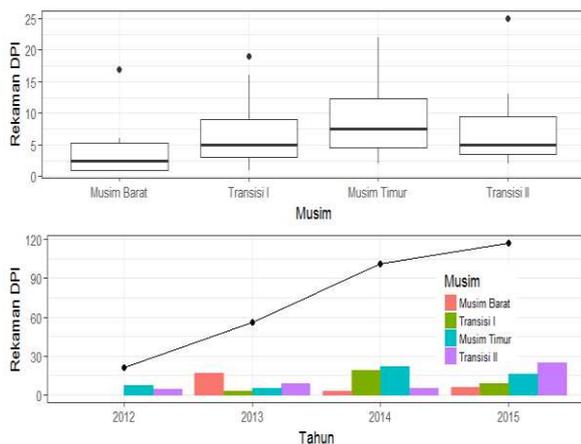
perbedaan yang signifikan dalam indeks musim penangkapan ikan.

Hasil tangkapan yang didaratkan dengan bagan perahu di perairan Kepulauan Seribu didominasi oleh ikan teri, kemudian diikuti oleh ikan tembang dan ikan selar, dan yang terakhir adalah cumi-cumi (Gambar 5). Hal ini menunjukkan bahwa perairan di Kepulauan Seribu adalah habitat yang disukai oleh ikan teri. Saat musim barat,

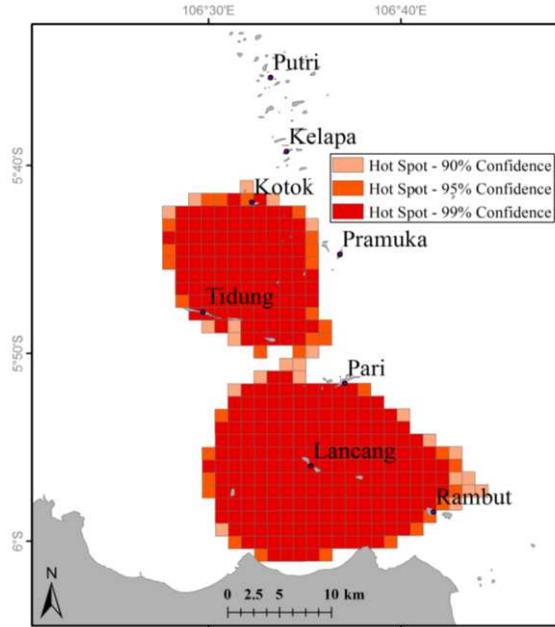
proporsi hasil tangkapan ikan teri menurun, sedangkan tembang dan cumi-cumi mengalami peningkatan. Hal ini sesuai dengan hasil analisis indeks musim penangkapan yang menunjukkan bahwa ikan tembang dan cumi-cumi memiliki musim penangkapan yang baik saat musim barat (Gambar 4).

3.2. Pola *Hotspot* Daerah Penangkapan Ikan

Musim timur (Juni hingga Agustus), aktivitas menangkap nelayan tinggi, yang ditunjukkan dengan jumlah lokasi penangkapan ikan yang terekam tinggi pada Gambar 6, diikuti oleh musim transisi I (Maret hingga Mei) dan transisi II (September hingga November). Lokasi penangkapan ikan yang terekam di musim barat (Desember hingga Januari) adalah yang terendah. Lokasi penangkapan ikan yang terekam meningkat dari tahun ke tahun dan tahun 2015 merupakan yang tertinggi dengan 117 rekaman lokasi penangkapan ikan (Gambar 6). Pada tahun 2015, musim transisi II memiliki jumlah rekaman lokasi penangkapan ikan yang tertinggi. Musim timur dan musim transisi I memiliki jumlah rekaman daerah penangkapan ikan yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan musim yang lain pada tahun 2014.



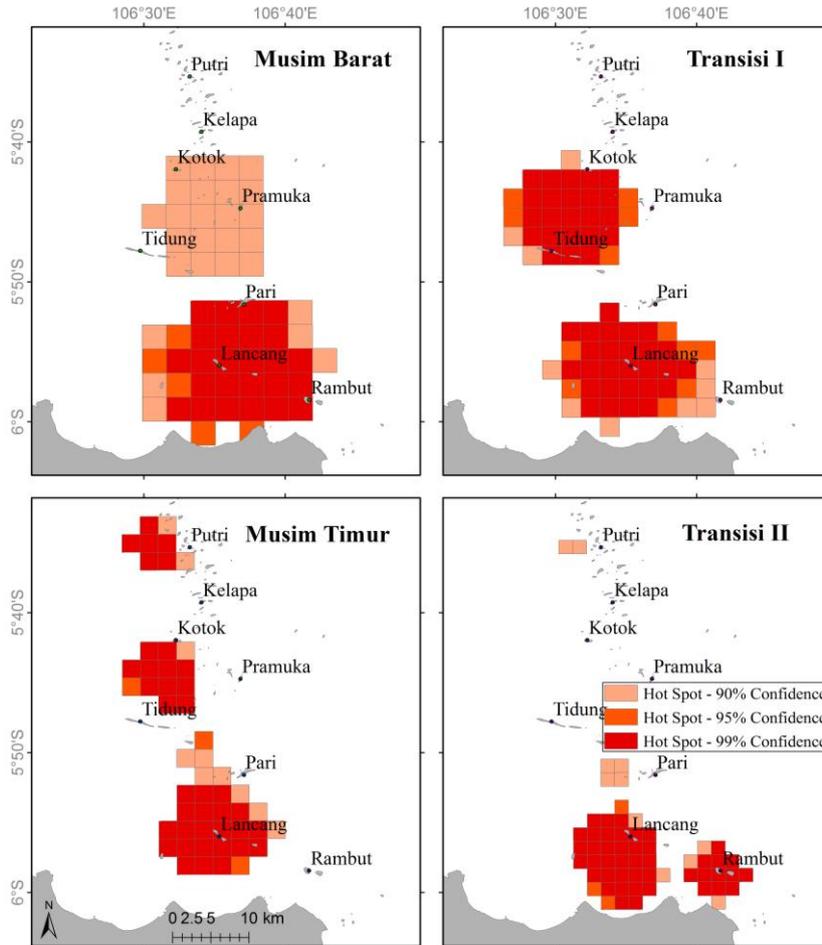
Gambar 6. Profil rekaman data daerah Penangkapan ikan (DPI) Perikanan bagan perahu di perairan Kepulauan Seribu.



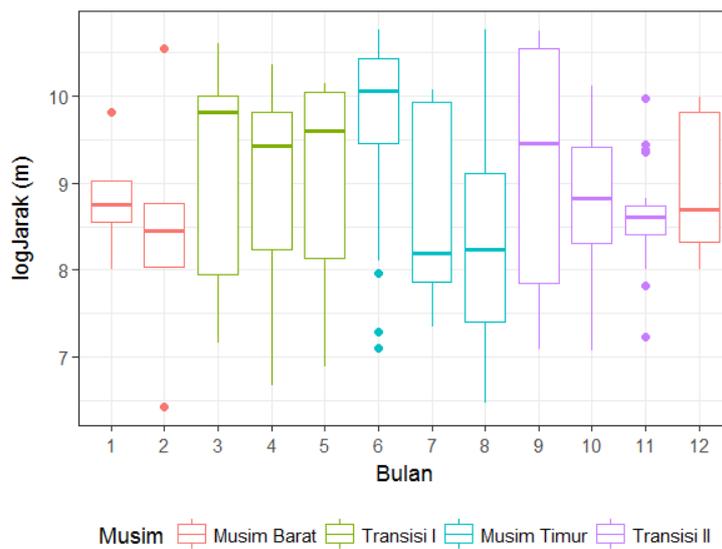
Gambar 7. *Hotspot* daerah penangkapan ikan yang dianalisis dari seluruh data.

Musim barat, *hotspot* daerah penangkapan ikan terkonsentrasi di sekitar Pulau Lancang dan kadang-kadang melakukan penangkapan ikan di bagian selatan Pulau Kotok. Wilayah selatan Pulau Kotok, bersama dengan daerah sekitar Pulau Lancang, telah menjadi *hotspot* daerah penangkapan ikan di musim transisi I. Di musim timur, *hotspot* daerah penangkapan ikan bergerak ke arah utara hingga ke bagian barat Pulau Putri dan berkurang di daerah sekitar Pulau Lancang serta Pulau Kotok. Saat musim transisi II, *hotspot* daerah penangkapan ikan berkurang dan terkonsentrasi hanya di sekitar Lancang dan Pulau Rambut (Gambar 8).

Gambar 9 menunjukkan terdapatnya fluktuasi pada jarak daerah penangkapan ikan dari *fishing base* pada setiap musim. Jarak rata-rata daerah penangkapan ikan dari *fishing base* pada musim transisi I (8975 m) dan musim timur (8968 m) lebih tinggi daripada jarak di musim transisi II dan musim barat. Hasil uji Anova menunjukkan bahwa ada perbedaan pada jarak daerah penangkapan ikan dari *fishing base* diantara musim-musim ($p\text{-value} = 0,001423$).



Gambar 8. Perubahan *hotspot* daerah penangkapan ikan dengan bagan perahu di perairan Kepulauan Seribu secara musiman.



Gambar 9. *Box-plot* jarak daerah penangkapan ikan dari *fishing base* pada perikanan bagan perahu di perairan Kepulauan Seribu.

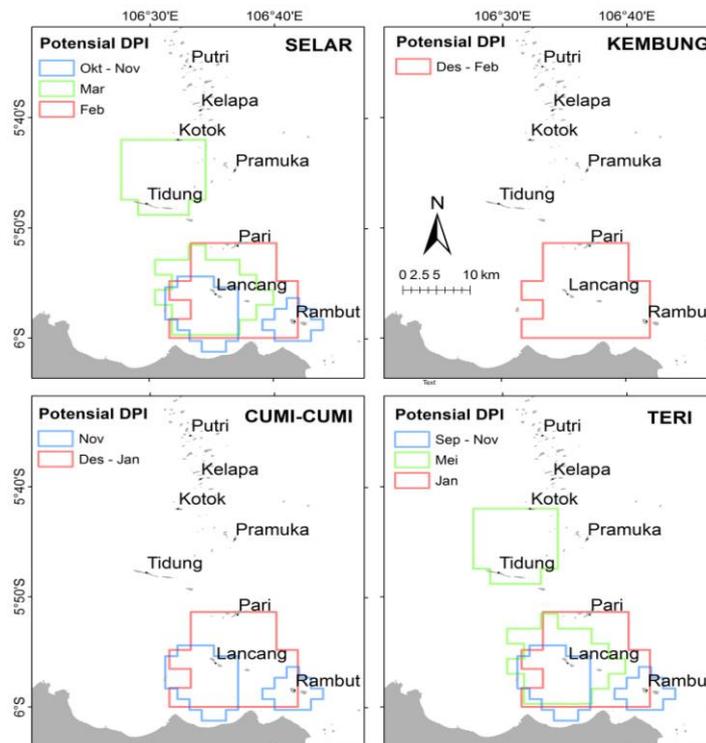
3.3. Daerah Potensial Penangkapan Ikan

Peta daerah potensial penangkapan ikan menunjukkan bahwa masing-masing ikan memiliki daerah penangkapan yang berbeda-beda. Daerah potensial penangkapan tersebut mengalami perubahan seiring dengan berubahnya musim. Teri dan selar memiliki daerah potensial penangkapan yang tersebar pada wilayah dan waktu yang lebih banyak jika dibandingkan dengan tembang dan cumi-cumi. Tembang dapat ditangkap dengan hasil yang tinggi pada musim barat di perairan sekitar Pulau Lancang. Cumi-cumi berdis-tribusi tinggi di sekitar Pulau Lancang pada bulan Desember hingga Januari dan di sekitar Pulau Lancang dan Pulau Rambut pada bulan November (Gambar 10).

3.4. Pembahasan

Penangkapan di daerah *hotspot* pada studi ini berlangsung sepanjang tahun sehingga daerah *hotspot* dapat dikatakan sebagai daerah dengan kegiatan penangkapan

tinggi dan memiliki distribusi spesies komersial yang melimpah. Data yang didapatkan dari GPS nelayan merupakan data historis lokasi penangkapan ikan pada waktu tertentu. Meningkatnya rekaman daerah penangkapan ikan dari tahun 2012 hingga tahun 2015 disebabkan karena meningkatnya diseminasi teknologi oleh nelayan bagan perahu. Dengan penggunaan GPS, mereka dapat merekam kegiatan penangkapan yang telah dilakukan dan membantu menentukan lokasi penangkapan ikan selanjutnya. Pemanfaatan GPS dapat mengoptimalkan suatu kegiatan penangkapan ikan dengan cara mengurangi penggunaan BBM untuk pencarian daerah penangkapan ikan dan menambah keuntungan usaha. Mengintegrasikan data GPS dan *logbook* kegiatan penangkapan, dapat memberikan informasi tentang strategi penangkapan ikan yang lebih baik, memprediksi distribusi ikan, dan manajemen kegiatan perikanan yang lebih baik (Gerritsen and Lordan, 2011).



Gambar 10. Daerah penangkapan ikan (DPI) yang potensial pada setiap target tangkapan di Perairan Kepulauan Seribu.

Pola musim penangkapan salah satunya dipengaruhi oleh kelimpahan ikan dan musim atau cuaca di suatu perairan. Perubahan musim di suatu wilayah akan mempengaruhi lingkungan suatu wilayah dan menyebabkan terjadinya perubahan lingkungan pada wilayah tersebut. Perubahan lingkungan suatu wilayah perairan dapat mempengaruhi distribusi spesies ikan tertentu di perairan tersebut. Perubahan lingkungan perairan seperti perubahan suhu permukaan laut, konsentrasi klorofil, dan salinitas dapat mempengaruhi kelimpahan ikan pelagis kecil (Potier and Sadhotomo, 1991). Pada musim barat di wilayah perairan Kepulauan Seribu, terjadi kelimpahan distribusi cumi-cumi dan tembang. Hal ini mungkin disebabkan karena pada musim barat, terjadi curah hujan yang tinggi. Curah hujan yang tinggi ini akan meningkatkan kesuburan dan produktivitas perairan (Nanlohy, 1997). Selain itu, meningkatnya kelimpahan ikan pada saat musim barat mungkin disebabkan karena tembang dan cumi-cumi melakukan pemijahan di sekitar mangrove di sekitar perairan Kepulauan Seribu pada musim barat. Ikan pelagis kecil membutuhkan keadaan perairan dengan salinitas rendah untuk memijah. Pada saat musim barat, terjadi curah hujan yang tinggi yang dapat menurunkan salinitas perairan. Keadaan perairan ini cocok untuk ikan yang melakukan pemijahan. Simbolon *et al.* (2011) dan Rosalina *et al.* (2011) juga melaporkan bahwa ikan pelagis seperti lemuru dan cumi-cumi memiliki hasil tangkapan yang tinggi pada saat bulan Desember hingga Februari yang masuk ke dalam musim barat.

Ikan teri dominan tertangkap dengan bagan perahu di perairan Kepulauan Seribu kemungkinan salah satunya disebabkan karena ikan teri yang bersifat fototaksis positif. Bagan perahu yang menggunakan alat bantu cahaya untuk mengkonsentrasikan ikan di sekitar kapal mungkin menjadi salah satu penyebab banyaknya ikan teri yang tertangkap. Sudirman dan Natsir (2011) melaporkan bahwa ikan teri diduga bersifat

fototaksis positif yang sangat tinggi dan ikan pelagis kecil lainnya, seperti selar, juga memiliki sifat fototaksis positif dan dorongan mencari makan di sekitar cahaya. Teri dan selar dapat ditangkap di sepanjang tahun kemungkinan disebabkan karena perairan di Kepulauan Seribu, khususnya di sekitar Pulau Lancang, yang masih dekat dengan daratan sehingga memiliki salinitas yang rendah merupakan habitat yang disukai oleh spesies ini. Ikan teri yang bersifat *pelagic* dan membentuk *schooling* menyukai perairan pesisir dan estuaria (Hutomo *et al.*, 1987).

Saat musim timur di Indonesia, penguapan terjadi lebih besar dibandingkan dengan curah hujan yang diterima, sedangkan pada musim barat sebaliknya (Hutabarat dan Evans, 1985). Tingginya aktifitas penangkapan pada musim timur disebabkan karena cuaca yang baik sehingga memungkinkan nelayan untuk banyak melakukan kegiatan penangkapan dan melakukan eksplorasi ke daerah yang lebih jauh dari *fishing base*. Sebaliknya pada musim barat, nelayan mengurangi kegiatan penangkapan dikarenakan cuaca yang buruk dan dapat membahayakan nelayan. Lebih dari 50% nelayan berpendapat bahwa musim timur merupakan musim yang efektif untuk melakukan kegiatan penangkapan ikan (Martasari *et al.*, 2010).

Dinamika perubahan *hotspot* dapat menyediakan informasi yang penting tentang perilaku dan distribusi *fishing effort* kegiatan penangkapan ikan. Beberapa penelitian telah memanfaatkan data GPS untuk meneliti perilaku penangkapan ikan suatu komunitas nelayan (Bertrand *et al.*, 2005, 2007; Marchal *et al.*, 2007; Mullaney and Dawe, 2009). Informasi tersebut memungkinkan untuk memberikan pemahaman yang lebih baik tentang suatu dinamika perikanan (Murawski *et al.*, 2005; Maina *et al.*, 2016) sehingga dapat mengoptimalkan implementasi sebuah *marine protected area* (MPA) (Stelzenmüller *et al.*, 2008; Horta e Costa *et al.*, 2013).

Terdapat beberapa faktor yang menyebabkan nelayan terkonsentrasi pada

suatu area, seperti jarak dari *fishing base* yang mempengaruhi penggunaan bahan bakar, karakteristik lingkungan, pengalaman dan pengetahuan nelayan, serta hambatan untuk melakukan kegiatan penangkapan (Russo *et al.*, 2013). Selain itu, letak daerah penangkapan ikan dipengaruhi oleh pengaruh perubahan kondisi lingkungan seperti angin, musim, dan salinitas (Potier and Sadhotomo, 1991).

Pada studi ini, terbentuknya *hotspot* pada area tertentu mungkin disebabkan karena beberapa faktor seperti cuaca, tingkat hasil tangkapan, dan kompetisi. Sebagai contoh pada musim barat, hasil analisis menunjukkan *hotspot* hanya tersebar di sekitar *fishing base* (Gambar 8) dan kegiatan penangkapan lebih rendah daripada musim timur. Hal ini mungkin disebabkan karena cuaca pada musim barat di perairan ini yang umumnya memiliki tingkat curah hujan yang tinggi dan ombak yang besar (Tukidi, 2010; Sudarto, 2011), sehingga menghalangi nelayan untuk melakukan kegiatan penangkapan yang lebih banyak dan lebih jauh.

Metode penelitian dengan menggunakan pendekatan *geospatial* seperti pada studi ini dapat digunakan pada kegiatan perikanan lainnya dan di berbagai lokasi lainnya. Peningkatan informasi dari hasil penelitian ini dapat dilakukan dengan penambahan data rekaman lokasi penangkapan ikan dan data tentang sosial ekonomi pada suatu kegiatan perikanan seperti konsumsi bahan bakar, permintaan ikan, perilaku kegiatan penangkapan, dll. Faktor ekologi dan sosial ekonomi dapat digunakan untuk memahami dinamika kebiasaan menangkap nelayan dan dapat memberikan kontribusi pada proses manajemen perikanan yang berkelanjutan. Pengetahuan tentang *hotspot* daerah penangkapan ikan, dampak kebijakan MPA, dan faktor sosial ekonomi yang mempengaruhinya (Bastardie *et al.*, 2014) dapat memberikan informasi penting dalam merancang sebuah MPA dan melakukan manajemen SD perikanan yang lebih optimal.

Meskipun analisis pola kegiatan penangkapan ikan telah dilakukan pada beberapa studi sebelumnya, *assessment* pola tersebut terkadang memiliki skala yang lebih besar dan melebihi cakupan kegiatan perikanan yang sebenarnya (Morris and Ball, 2006). Data yang berasal dari GPS, yang menunjukkan lokasi kegiatan penangkapan ikan pada studi ini, memungkinkan untuk memberikan peningkatan analisis pada skala yang lebih baik. Sebuah studi yang menggunakan lokasi penangkapan ikan berdasarkan data VMS juga mendemonstrasikan peningkatan hasil analisis daerah penangkapan ikan trawler dengan skala yang lebih baik (Maina *et al.*, 2016). Seperti perikanan pada umumnya, hasil analisis pada studi ini menunjukkan daerah penangkapan ikan dengan bagan perahu berdistribusi hanya pada daerah tertentu, seperti pada daerah sekitar *fishing base*, sekitar terumbu karang, dan pada kedalaman tertentu (Stelzenmüller *et al.*, 2008; Jalali *et al.*, 2015; Maina *et al.*, 2016). Pada skala analisis yang lebih baik, perubahan pola daerah penangkapan ikan dapat diidentifikasi dan memberikan informasi tentang pengaruh perubahan strategi dan perilaku penangkapan ikan. Hasil ini juga berpotensi untuk memberikan informasi tentang dinamika populasi ikan di daerah tertentu. Sebagai contoh, pada studi ini, saat hasil tangkapan menurun, nelayan cenderung untuk mengeksplorasi area yang lebih luas. Pauly *et al.* (2005) mengatakan bahwa nelayan akan melakukan pencarian daerah penangkapan yang baru saat hasil tangkapan menurun dan meningkatkan kegiatan penangkapan ikan untuk mencapai target kuota hasil tangkapan. Nelayan berpindah ke lokasi alternatif dan perilaku ini menurunkan konsentrasi tekanan penangkapan ikan di suatu perairan pada musim tertentu. Nelayan pada umumnya menangkap pada suatu area yang memberikan riwayat hasil tangkapan yang tinggi atau pindah pada area yang telah diketahui memiliki produktivitas yang tinggi pada waktu tertentu.

Nelayan pada umumnya lebih memilih lokasi daerah penangkapan ikan yang dekat dengan pelabuhan, dan terlindung dari cuaca yang buruk, seperti ombak yang tinggi. Area yang mudah dijangkau biasanya memiliki tekanan penangkapan ikan yang tinggi, sehingga rentan terhadap eksploitasi yang berlebihan dan nantinya membuat daerah tersebut *unfavorable* bagi nelayan karena hasil tangkapan yang menurun secara terus menerus. Metode pemilihan lokasi ini dapat membuat stok suatu sumberdaya perikanan di suatu area habis (Heazle and Butcher, 2007). Salah satu cara untuk mengatasi hal ini, menurut Hutubessy *et al.* (2014), adalah dengan mengimplementasikan '*balanced fishery*', yang melakukan kegiatan penangkapan ikan secara proporsional dan mempertimbangkan tingkat produktivitas suatu perairan. Namun untuk mengimplementasikan pendekatan ini dan melaksanakan *Ecosystem Approach to Fisheries Management* (EAFM), diperlukan pengetahuan dan informasi yang lebih tentang dampak suatu alat tangkap dan strategi penangkapan ikan yang diterapkan oleh suatu komunitas nelayan. Dengan penggunaan data GPS, memungkinkan para *stakeholder* untuk mengetahui gambaran perubahan *spatio-temporal* daerah penangkapan ikan pada skala yang lebih baik. Pendekatan analisis spasial ini juga dapat membantu dalam membuat kebijakan perikanan berkelanjutan dan strategi penangkapan ikan yang baik, seperti pembatasan hasil tangkapan dan rotasi daerah penangkapan dengan zona yang lebih detail untuk mencegah stok menjadi *overfished* dan *depleted*.

IV. KESIMPULAN

Terdapat perbedaan musim penangkapan untuk setiap spesies ikan yang diamati di perairan Kepulauan Seribu. Puncak musim penangkapan untuk tembang dan cumi-cumi terjadi pada musim barat, sedangkan teri dan selar dapat ditangkap di sepanjang tahun. *Hotspot* daerah penangkapan ikan dengan

bagan perahu tidak terdistribusi secara merata di perairan Kepulauan Seribu, dengan tren hasil pengamatan yang menunjukkan pada umumnya terkonsentrasi di sekitar ± 10 km dari pantai Pulau Lancang dan di bagian selatan Pulau Kotok. Perubahan pada *hotspot* daerah penangkapan ikan dipengaruhi oleh hasil tangkapan dan kondisi cuaca. Daerah potensial penangkapan ikan pada studi ini mengalami perubahan seiring dengan berubahnya musim dengan masing-masing ikan memiliki daerah penangkapan yang berbeda-beda.

Tembang dapat ditangkap dengan hasil yang tinggi pada musim barat di perairan sekitar Pulau Lancang. Cumi-cumi berdistribusi tinggi di sekitar Pulau Lancang pada bulan Desember hingga Januari dan di sekitar Pulau Lancang dan Pulau Rambut pada bulan November. Teri dan selar memiliki daerah potensial penangkapan yang tersebar pada wilayah dan waktu yang lebih banyak di sekitar perairan Kepulauan Seribu jika dibandingkan dengan tembang dan cumi-cumi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini didukung oleh Lembaga Pengelola Dana Pendidikan (LPDP), PARE Program, dan Japan Student Services Organization (JASSO). Terima kasih disampaikan kepada Nobuo Kimura, Kepala Laboratorium Fisheries and Marine Technology, Hokkaido University, dan Laboratorium Pemetaan dan Pemodelan Spasial yang telah menyediakan sarana dan prasarana selama proses penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik Kepulauan Seribu (BPS Kepulauan Seribu). 2014. Kepulauan Seribu dalam angka. BPS Kepulauan Seribu. Kepulauan Seribu. 270hlm.
- Barnes, R. and D. Metcalf. 2010. Current legal developments the European

- Union: the marine strategy framework directive. *IJMCL*, 25:81–91.
- Bartolino, V., L. Maiorano, and F. Colloca. 2011. A frequency distribution approach to hotspot identification. *Population Ecology*. 53:351–359.
- Bastardie, F., J.R. Nielsen, and T. Miethé. 2014. DISPLACE: a dynamic, individual-based model for spatial fishing planning and effort displacement-integrating underlying fish population models. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 71:366–386.
- Batista, M.I., B. Horta e Costa, L. Gonçalves, M. Henriques, K. Erzini, J.E. Caselle, E.J. Gonçalves, and H.N. Cabral. 2015. Assessment of catches, landings and fishing effort as useful tools for MPA management. *Fish. Res.* 172:197–208. doi:10.1016/j.fishres.2015.07.020.
- Bertrand, S., A. Bertrand, R. Guevara-Carrasco, and F. Gerlotto. 2007. Scale-invariant movements of fishermen: the same foraging strategy as natural predators. *Ecological Applications*, 17: 331–337.
- Bertrand, S., J.M. Burgos, F. Gerlotto, and J. Atiquipa. 2005. Levy trajectories of Peruvian purse-seiners as an indicator of the spatial distribution of anchovy (*Engraulis ringens*). *ICES J. of Marine Science*. 62:477–482.
- Beseres, J.J. and R.J. Feller. 2007. Changes in the spatial distribution of subtidal macrobenthos due to predation by white shrimp (*Litopenaeus setiferus*). *Estuaries and Coasts*, 30:591–600.
- Castro, M.C. and B.H. Singer. 2006. Controlling the False Discovery Rate: A New Application to Account for Multiple and Dependent Test in Local Statistics of Spatial Association. *Geographical Analysis*, 38:180–208.
- Eastwood, P.D., C.M. Mills, J.N. Aldridge, C.A. Houghton, and S.I. Rogers. 2007. Human activities in UK offshore waters: an assessment of direct, physical pressure on the seabed. *ICES J. of Marine Science: J. du Conseil*. 64:453–463.
- Ebdon, D. 1985. *Statistics in geography*. Wiley-Blackwell. United Kingdom. 242p.
- Environmental Systems Research Institute (ESRI). 2016. How optimized hotspot analysis Works. From ESRI, <http://desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.3/tools/spatial-statistics-toolbox/how-optimized-hot-spot-analysis-works.htm>. [Retrieved on 2017 January 2010].
- Food and Agriculture Organization(FAO). 2009. *Climate change implications for fisheries and aquaculture 2009*. Food and Agriculture Organization. Rome. 212p.
- Fulton, E.A., A.D.M. Smith, and A.E. Punt. 2005. Which ecological indicators can robustly detect effects of fishing? *ICES J. Mar. Sci.* 62(3): 540–551. doi:10.1016/j.icesjms.2004.12.012.
- Gerritsen, H. and C. Lordan. 2011. Integrating vessel monitoring systems (VMS) data with daily catch data from logbooks to explore the spatial distribution of catch and effort at high resolution. *ICES Journal of Marine Science: J. du Conseil*. 68:245–252.
- Getis, A. and J.K. Ord. 1992. The analysis of spatial association by use of distance statistics. *Geographical Analysis*, 24(3):189-206.
- Gillenwater, D., T. Granata, and U. Zika. 2006. GIS-based modeling of spawning habitat suitability for walleye in the Sandusky River, Ohio, and implications for dam removal and river restoration. *Ecological Engineering*. 28: 311–323.
- Harrington, J.J., J.M. Semmens, and M. Haddon. 2007. Spatial distribution of commercial dredge fishing effort: application to survey design and the spatial management of a patchily distributed benthic bivalve species.

- Marine and Freshwater Research*, 58:756–764.
- Hattab, T., F.B.R. Lasram, C. Albouy, C. Sammari, M.S. Romdhane, P. Cury, F. Leprieur, and F. Le Loc'h. 2013. The use of a predictive habitat model and a Fuzzy Logic approach for marine management and planning. *PLoS One*, 8(10):74–82. doi:10.1371/journal.pone.0076430.
- Heazle, M., and J.G. Butcher. 2007. Fisheries depletion and the state in Indonesia: Towards a regional regulatory regime. *Marine Policy*, 31:276–286. doi:10.1016/j.marpol.2006.08.006.
- Horta e Costa, B., L. Gonc, alves, and E.J. Gonc, alves. 2013. Vessels, site fidelity and spatio-temporal distribution of artisanal fisheries before the implementation of a temperate multiple-use marine protected area. *Fish. Res.*, 148:27–37. doi:10.1016/j.fishres.2013.08.001.
- Hutabarat, S. dan S.M. Evan. 1985. Pengantar oseanografi. UI Press. Jakarta. 159hlm.
- Hutomo, M., Burhanuddin, A. Djamali, dan S. Martosewojo, 1987. Sumberdaya Ikan Teri di Indonesia. Pusat Penelitian dan Pengembangan Oseanologi, LIPI. Jakarta. 80hlm.
- Hutubessy, B.G., J.W. Mosse, P.A.M. van Zwieten, and P. Hayward. 2014. Towards an ecosystem approach to small island fisheries: A preliminary study of a balanced fishery in Kotania Bay (Seram Island, Indonesia). *J. of Marine and Island Cultures*. 3(2):98–105. doi:10.1016/j.imic.2014.09.001.
- Jalali, M.A., D. Ierodionou, H. Gorfine, J. Monk, and A. Rattray. 2015. Exploring spatiotemporal trends in commercial fishing effort of an abalone fishing zone: a GIS-based hotspot model. *PLoS ONE*, 10(5):65–72. doi:10.1371/journal.pone.0122995.
- Jennings, S. 2005. Indicators to support an ecosystem approach to fisheries. *Fish Fish*, 6:212–232. doi:10.1111/j.1467-2979.2005.00189.x.
- Lasabuda, R. 2013. Pembangunan Wilayah Pesisir Dan Lautan Dalam Perspektif Negara Kepulauan Republik Indonesia. *J. Ilmiah Platax*, 1(2):92–101.
- Lewison, R.L., C.U. Soykan, and J. Franklin. 2009. Mapping the bycatch seascape: multispecies and multiscale spatial patterns of fisheries bycatch. *Ecological Applications*. 19:920–930. PMID:19544734.
- Li, G., X. Chen, L. Lei, and W. Guan. 2014. Distribution of hotspots of chub mackerel based on remote-sensing data in coastal waters of China. *Int. J. Remote Sens*, 35(11–12): 4399–4421. doi:10.1080/01431161.2014.916057.
- Link, J.S. 2010. Ecosystem-based fisheries management: confronting tradeoffs. Cambridge University Press. Cambridge. 224p.
- Link, J.S. and H.I. Browman. 2014. Integrating what? Levels of marine ecosystem-based assessment and management. *ICES J. Mar. Sci.* 71:1170–1173.
- Maina, I., S. Kavadas, S. Katsanevakis, S. Somarakis, G. Tserpes, and S. Georgakarakos. 2016. A methodological approach to identify fishing grounds: a case study on Greek trawlers. *Fisheries Research*. 183: 326–339. doi:10.1016/j.fishres.2016.06.021.
- Marchal, P., J.J. Poos, and F. Quirijns. 2007. Linkage between fishers' foraging, market and fish stocks density: examples from some North Sea fisheries. *Fisheries Research*. 83:33–43.
- Marrs, S.J., I.D. Tuck, R.J.A. Atkinson, T.D.I. Stevenson, and C. Hall. 2002. Position data loggers and logbooks as tools in fisheries research: results of a pilot study and some recommend-

- dations. *Fisheries Research*, 58:109–117.
- Martasari, D., W. Adi, dan D. Rosalina. 2010. Analisa tangkapan lestari dan pola musim penangkapan cumi–cumi di Pelabuhan Perikanan Nusantara Sungai Liat Bangka. *Maspari J.*, 2:26–38.
- Maynou, F. 1998. The application of geostatistics in mapping and assessment of demersal resources. *Nephrops norvegicus* (L.) in the northwestern Mediterranean: A case study. *Scientia Marina*, 62:117–133.
- McGarvey, R. 2006. Assessing survey methods for greenlip abalone in South Australia. RD04/0152-2 SARDI Research Report Series No 184. South Australian Research and Development Institute (Aquatic Sciences). Adelaide. 195p.
- Merino, G., M. Barange, J.L. Blanchard, J. Harle, R. Holmes, I. Allen, E.H. Allison, M.C. Badjeck, N.K. Dulvy, J. Holt, *et al.* 2012. Can marine fisheries and aquaculture meet fish demand from a growing human population in a changing climate?. *Glob. Environ. Change*, 22: 795–806.
- Mitchell, A. 2005. The ESRI guide to GIS analysis, Volume 2. ESRI Press. California. 238p.
- Moran, P.A.P. 1950. Notes on continuous stochastic phenomena. *Biometrika*, 37:17–23.
- Morris, L. and D. Ball. 2006. Habitat suitability modelling of economically important fish species with commercial fisheries data. *ICES J. of Marine Science: J. du Conseil*. 63: 1590–1603.
- Mullooney, D.R. and E.G. Dawe. 2009. Development of performance indices for the Newfoundland and Labrador snow crab (*Chionoecetes opilio*) fishery using data from a vessel monitoring system. *Fisheries Research*, 100: 248–254.
- Mundy, C.N. 2012. Using GPS technology to improve fishery dependent data collection in abalone fisheries. University of Tasmania. Tasmania. 122p.
- Murawski, S.A., S.E. Wigley, M.J. Fogarty, P.J. Rago, and D.G. Mountain. 2005. Effort distribution and catch patterns adjacent to temperate MPAs. *ICES J. Mar. Sci.*, 62 (2):1150–1167. doi:10.1016/j.icesjms.2005.04.005.
- Myers, N., R. Mittermeier, C. Mittermeier, G. da Fonseca, and J. Kent. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, 403:853–858.
- Nanlohy, A. 1997. Studi tentang Distribusi Spasial dan Perubahan Musiman Kelimpahan Ikan Pelagis di Perairan Teluk Ambon. Tesis. Program Pasca Sarjana. Institut Pertanian Bogor. Bogor. 162hlm.
- Nelson, T.A. and B. Boots. 2008. Detecting spatial hot spots in landscape ecology. *Ecography*, 31:556–566.
- Nilsson, P. and F. Ziegler. 2007. Spatial distribution of fishing effort in relation to seafloor habitats in the Kattegat, a GIS analysis. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 17:421–440.
- Ord, J.K. and A. Getis. 1995. Local spatial autocorrelation statistics: distributional issues and an application. *Geographical Analysis*, 27: 286–306.
- Pauly, D., R. Watson, and J. Alder. 2005. Global trends in world fisheries: impacts on marine ecosystems and food security. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences*, 360 (1453):5–12. doi:10.1098/rstb.2004.1574.
- Potier, M. and B. Sadhotomo. 1991. Seiners fisheries in Indonesia. From IRD, http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/divers09-06/42769.pdf. [Retrieved on 10 January 2017].

- Reese, D.C. and R.D. Brodeur. 2006. Identifying and characterizing biological hotspots in the northern California Current. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, 53:291–314.
- Riolo, F. 2006. A geographic information system for fisheries management in American Samoa. *Environmental Modelling & Software*, 21:1025–1041.
- Rosalina, D., W. Adi, dan D. Martasari. 2011. Analisis Tangkapan Lestari dan Pola Musim Penangkapan Cumi-Cumi di Pelabuhan Perikanan Nusantara Sungailiat-Bangka. *Maspari J.*, 2: 26–38.
- Russo, T., A. Parisi, and S. Cataudella. 2013. Spatial indicators of fishing pressure: preliminary analyses and possible developments. *Ecol. Indic.*, 26:141–153. doi:10.1016/j.ecolind.2012.11.002.
- Santora, J., W. Sydeman, I. Schroeder, B. Wells, and J. Field. 2012. Mesoscale structure and oceanographic determinants of krill hotspots in the California Current: Implications for trophic transfer and conservation. *Progress in Oceanography.*, 91:397–409.
- Simbolon, D., B. Wiryawan, dan P.I. Wahyuningrum. 2011. Tingkat Pemanfaatan dan Pola Musim Penangkapan Ikan Lemuru di Perairan Selat Bali. *Buletin PSP*. 15(3):293–307.
- Stelzenmüller, V., F. Maynou, G. Bernard, G. Cadiou, M. Camilleri, R. Crec'hriou, G. Criquet, M. Dimech, O. Esparza, R. Higgins, *et al.* 2008. Spatial assessment of fishing effort around European marine reserves: implications for successful fisheries management. *Mar. Pollut. Bull.*, 56(12):2018–2026. doi:10.1016/j.marpolbul.2008.08.006.
- Stuart-Smith, R.D., A.E. Bates, J.S. Lefcheck, J.E. Duffy, S.C. Baker, R.J. Thomson, J.F. Stuart-Smith, N.A. Hill, S.J. Kininmonth, L. Airoidi, *et al.* 2013. Integrating abundance and functional traits reveals new global hotspots. *Nature*, 501:539–542.
- Sudarto. 2011. Utilization and development of wind energy process for production of Salt in Eastern Indonesia. *TRITON*. 7(2):61–70.
- Sudirman dan Natsir. 2011. Perikanan bagan dan aspek pengelolaannya. UMM Press: Malang. 234hlm.
- Tukidi. 2010. Karakter Curah Hujan di Indonesia. *J. Geografi UNNES*. 7(2): 136–145.
- Valavanis, V.D., S. Georgakarakos, A. Kapantagakis, A. Palialexis, and I. Katara. 2004. A GIS environmental modelling approach to essential fish habitat designation. *Ecol. Model.* 178(3):417–427. doi:10.1016/j.ecolmodel.2004.02.015.
- Wahju, R.I., Zulkarnain, dan K.P.S. Mara. 2011. Estimation fishing season of layang (*Decapterus* spp.) landed at PPN Pekalongan, Central Java. *BULETIN PSP*, 15(1):105–113.
- Worm, B. and T.A. Branch. 2012. The future of fish. *Trends Ecol. Evol.*, 27(11): 594–599.
- Wyrtki, K. 1961. Physical oceanography of the Southeast Asian water. NAGA Report 2nd. Scripps Inst. Oceanography. The University of California. La Jolla, California. 195p.
- Yardin, M.R. 1997. Spatial Autocorrelation: A new analytical tool for use in stock determination and fisheries management. *Australian Society for Fish Biology*: 196–211.
- Yasuda, T., R. Yukami, and S. Ohshimo. 2014. Fishing ground hotspots reveal long-term variation in chub mackerel *Scomber japonicus* habitat in the East China Sea. *Marine Ecology Progress Series*, 501:239–250.
- Zainuddin, M., H. Kiyofuji, K. Saitoh, and S-I. Saitoh. 2006. Using multi-sensor

satellite remote sensing and catch data to detect ocean hot spots for albacore (*Thunnus alalunga*) in the northwestern North Pacific. *Deep-Sea Research II*, 53:419–431.

Zulkarnain, R.I. Wahyu, dan Sulistiono. 2012. Komposisi dan Estimasi Musim Penangkapan Ikan Pelagis Kecil dari Purse Seine yang Didaratkan di PPN Pekalongan, Jawa Tengah. *J. Saintek Perikanan*, 7(2): 61-70.

Diterima : 1 Mei 2017

Direview : 10 Mei 2017

Disetujui : 22 Juni 2017