

PEMETAAN WILAYAH PENANGKAPAN IKAN TERI (*Stolephorus sp*) BERDASARKAN DATA SATELIT OCEAN COLOR DI PERAIRAN KABUPATEN BATANG

*Mapping of Anchovy (*Stolephorus sp*) Fishing Ground based on Ocean Color Satellite Data in the Batang Regency Waters*

Rosyid Paundra Gamawan, Suryanti Suryanti, Teja Arief Wibawa
Program Studi Manajemen Sumberdaya Perairan, Departemen Sumberdaya Akuatik
Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro,
Jl. Prof Soedarto, SH, Tembalang, Semarang, Jawa Tengah – 50275, Telp/Fax. +6224 7474698
Email: Rosyidpaundra@gmail.com

Diserahkan tanggal 5 Januari 2018, Diterima tanggal 17 Februari 2018

ABSTRAK

Kelimpahan Ikan Teri banyak ditemukan di perairan laut Kabupaten Batang saat musim timur. Penggerak ekonomi masyarakat pesisirnya pada musim timur tergantung hasil tangkapan Ikan Teri. Kegiatan penangkapan Ikan Teri oleh nelayan kurang efisien dalam hal waktu dan biaya operasional. Penginderaan jauh merupakan teknologi menghasilkan data observasi secara spasial dan time series. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kelimpahan plankton dominan dan persebaran Ikan Teri di perairan Kabupaten Batang pada musim timur. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Juli - September 2017. Variabel penelitian yang diteliti adalah suhu permukaan laut, klorofil-a, kelimpahan fitoplankton, kelimpahan zooplankton dan hasil tangkapan Ikan Teri. Pengambilan data kelimpahan plankton menggunakan *nansen water sampler*. Pengambilan data hasil tangkapan Ikan Teri dengan mencatat hasil tangkapan setiap tripnya. Data SPL dan klorofil-a diunduh dari *website Ocean Color*. Kedua data tersebut berasal dari rerata nilai masing-masing sensor harian (Terra MODIS, Aqua MODIS dan SNPP VIIRS) yang dikomposit dari tiga hari yaitu, data satu hari sebelum waktu penangkapan, saat penangkapan, dan satu hari setelah penangkapan. Semua data variabel diuji *outlier*, uji normalitas, transformasi data, dan uji kolinearitas. Data hasil 4 uji tersebut digunakan untuk membuat persamaan pemodelan rantai makanan Ikan Teri, yaitu persamaan kelimpahan fitoplankton, kelimpahan zooplankton dan kelimpahan Ikan Teri. Persamaan tersebut digunakan untuk menduga persebaran Ikan Teri. Hasil kelas fitoplankton yang paling dominan adalah *Bacillariophyceae*, lalu zooplankton adalah *Copepoda*. Persebaran Ikan Teri bulan Juni 2017 menyebar rata dari timur ke barat perairan Kabupaten Batang. Persebaran Juli 2017, lebih cenderung di bagian timur perairan Kabupaten Batang. Persebaran Agustus 2017, persebaran Ikan Teri yang hampir rata di setiap perairan Kabupaten Batang.

Kata kunci: Daerah penangkapan, *Stolephorus sp*, Plankton, dan Perairan Kabupaten Batang

ABSTRACT

Anchovy abundance is commonly found in the marine waters of Batang Regency during the east season. The economy of coastal communities in the east season depends on the catch of Anchovy. Fishing activities by fishermen are less efficient in terms of time and operational costs. Remote sensing is a technology to produce spatial observation data and time series. This study aims to determine the abundance of plankton (phytoplankton and zooplankton) and to determine the distribution of Anchovy fishing ground in the eastern seasons of 2017 based on food chains and oceanographic satellite imagery observations. This research was conducted in July-September 2017. The research variables are sea surface temperature, chlorophyll-a, phytoplankton and zooplankton abundance and fish catch. Plankton abundance is taken by nansen water sampler, while the Anchovy catch data is taken from the catch. Data of sea surface temperature and chlorophyll-a are obtained from Ocean Color website. They are average value of each daily sensor (Terra MODIS, Aqua MODIS and SNPP VIIRS) compiled from three days (one day before taking in situ data, the day taking in situ data, and one day after taking in situ data). Variable data was tested outlier, normality test, data transformation, and collinearity test. Furthermore, the result data of the four tests are used to make some modeling equations of Anchovy food chain, that are phytoplankton abundance equation, zooplankton abundance and Anchovy abundance. The equation of Anchovy abundance is used to estimate the distribution of anchovies. This research showed that dominant phytoplankton species at Anchovy fishing ground in Batang Regency is Bacillariophyceae, then, the zooplankton is Copepoda. Distribution of Anchovy at Batang Regency waters in June 2017 is spread evenly from east to west of waters; in July 2017 is wider spread in the eastern part of the waters; in August 2017 is almost equally in each of the waters.

Keywords: Fishing Ground, *Stolephorus sp*, Plankton, and Marine water Batang Regency

PENDAHULUAN

Kab. Batang terletak di sebelah laut utara Pulau Jawa pada koordinat 06°52'00" LS dan 109°50'59" BT (Badan Pusat Statistik Kabupaten Batang, 2016). Karakteristik wilayah pesisir Kab. Batang antara lain, berupa bentangan garis pantai sepanjang 38,75 km, luas laut sekitar 287.060 km², dengan jenis pantai berbatu dan berpasir (Hidayati, 2013). Salah satu jenis ikan laut yang dominan tertangkap pada bulan Juni - Agustus di perairan Kab. Batang adalah Ikan Teri. Presentase produksi Ikan Teri relatif kecil, yaitu 2,64 % dan 9,65% dari total produksi jenis ikan yang terjual pada tahun 2014 dan 2015 (Badan Pusat Statistik Provinsi Jawa Tengah, 2015). Daerah penangkapan ikan berubah dan berpindah mengikuti pergerakan dinamika kondisi lingkungan. Gerombolan Ikan Teri juga memiliki karakter penyebaran musiman, dan dengan mengetahui pola musim penangkapan Ikan Teri. Nelayan memiliki beberapa permasalahan dalam kegiatan penangkapan Ikan Teri, salah satunya adalah penentuan daerah tujuan penangkapan. Penentuan daerah tersebut masih berbasis pada pengalaman nelayan. Kelemahan metode tersebut adalah hasil tangkapan tidak pasti dan tidak efektifnya penggunaan bahan bakar. Informasi tentang daerah potensial penangkapan Ikan Teri diperlukan untuk meningkatkan hasil tangkapan dan efisiensi usaha penangkapan ikan. Terdapat interaksi dari trofik tingkat rendah (fitoplankton dan zooplankton) ke trofik yang lebih tinggi (ikan pelagis), sehingga kelimpahannya saling mempengaruhi disetiap tingkatan trofiknya (Ara *et al.*, 2006). Pada trofik makanan tersebut, fitoplankton berperan sebagai produsen primer bagi konsumen dengan melakukan proses fotosintesis. Proses tersebut dapat berlangsung karena adanya dominasi pigmen klorofil-a dalam sel fitoplankton (Robinson, 2010). Besarnya nilai produktivitas primer bergantung pada klorofil dan sinar matahari (Rintaka, 2012).

Teknologi penginderaan jauh mampu menghasilkan data observasi secara spasial dengan luasan tertentu dan periode waktu yang *time series* dan *near realtime*. *National Aeronautics and Space Administration* (NASA) telah mengembangkan berbagai jenis sensor satelit yang dapat memantau sebaran parameter perairan secara *spatial* dan *temporal*. Jenis data yang dihasilkan sensor-sensor tersebut antara lain konsentrasi klorofil-a dan SPL yang dapat diakses dan dimanfaatkan secara gratis. Konsentrasi klorofil-a dapat menggambarkan biomassa fitoplankton dalam suatu perairan (Alvain *et al.*, 2010 dalam Wibawa, 2012). Kedua parameter tersebut banyak digunakan untuk menduga daerah potensial penangkapan ikan, antara lain untuk ikan Lemuru di Selat Bali (Siregar dan Hariyadi, 2011; Wibawa, 2012; Susilo, 2012; Ridha *et al.*, 2013; Susilo *et al.*, 2015), ikan pelagis kecil di Perairan Sinjai (Indrayani *et al.*, 2012), ikan Cakalang di Teluk Bone Flores (Zainuddin *et al.*, 2017), dan Ikan Teri di Perairan Pematang Jawa Tengah (Saifudin *et al.*, 2014). Pada penelitian ini, pendekatan yang digunakan berbeda dari Saifuddin *et al.* (2014). Penelitian ini mencoba melihat pengaruh dari komponen-komponen rantai makanan ikan pelagis kecil yang dikombinasikan dengan data satelit oseanografi untuk pendugaan daerah potensial penangkapan Ikan Teri.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui jenis-jenis fitoplankton dan zooplankton yang dominan di daerah penangkapan Ikan Teri di Kab. Batang dan mengetahui

sebaran daerah potensial penangkapan Ikan Teri pada musim timur 2017 berdasarkan rantai makanan dan observasi citra satelit oseanografi.

METODE PENELITIAN

Materi

Alat yang digunakan untuk sampling lapangan adalah *Nansen Water Sampler* 2,5 L untuk mengambil sampel air di kedalaman 5 m, botol sampel 50 ml untuk wadah sampel, *Plankton net* untuk mengambil data plankton, kamera digital, GPS untuk menentukan titik lokasi dan alat tulis. Alat yang digunakan pengolahan data sekunder yaitu, perangkat keras (Laptop) untuk pengolahan data keseluruhan, *Seadas 7.4* untuk mengolah data variabel lingkungan, *Microsoft Word* 2013 untuk penulisan laporan, *Microsoft Excel* 2013 untuk membuka data hasil ekstrak dari olahan citra, *ArcGIS* 10.3 untuk membuat *overlay* dan *layout* hasil pengolahan, *SPSS* 16 untuk melakukan analisa statistik. Alat yang digunakan dalam penelitian di laboratorium yaitu Buku Plankton Sachlan, Yamaji dan *Website WoRMS* untuk panduan identifikasi plankton, Pipet tetes untuk mengambil sampel dan *reagen*, *Cover glass* untuk menutup *Sedgwick Rafter*, *Sedgwick Rafter* untuk alat pencacah plankton dan Mikroskop untuk mengidentifikasi plankton. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sampel fitoplankton dan zooplankton, data sensor *Ocean Color*, *Lugol Iodine* untuk mengawetkan sampel plankton.

Metode

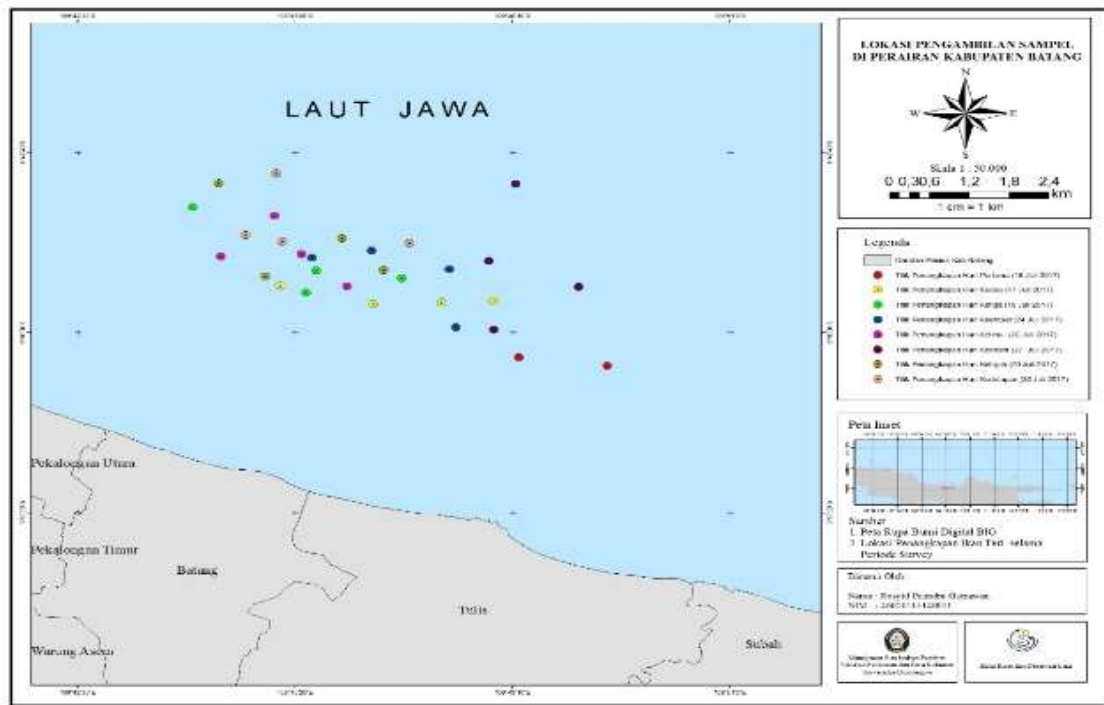
Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode deskriptif. Menurut Notoatmodjo (2002), penelitian deskriptif adalah penelitian yang bertujuan memberikan gambaran atau mendeskripsikan suatu keadaan secara obyektif yang terjadi pada saat sekarang. Pada Penelitian ini obyek yang diamati meliputi kelmpahan Fitoplankton, kelimpahan zooplankton, konsentrasi klorofil-a dan SPL di daerah penangkapan Ikan Teri.

Pengambilan Data

Data yang digunakan pada penelitian ini meliputi data primer dan sekunder. Data primer merupakan suatu data yang diperoleh secara langsung dari hasil sampling di lapangan. Data primer yang diambil di lokasi penangkapan Ikan Teri meliputi sampel plankton, koordinat penangkapan dan jumlah hasil tangkapan ikan. Data sekunder yang digunakan adalah data sensor *Ocean Color* (*Aqua Modis*, *Terra Modis*, *SNPP VIIRS*) yang mempunyai cakupan waktu dan ruang sesuai dengan pengambilan data primer.

Peta Lokasi Pengambilan Sampel

Penentuan titik sampling dalam penelitian ini dilakukan dengan menyesuaikan titik *fishing ground* nelayan penangkap Ikan Teri di perairan Kab. Batang. Pengambilan data primer di titik-titik sampel tersebut dilakukan pada tanggal 16, 17, 18, 24, 26, 27, 29 dan 30 Juli 2017. Penentuan titik sampling mengikuti lokasi penangkapan Ikan Teri yang dilakukan nelayan selama periode *survey* yaitu 8 trip penangkapan Ikan Teri dengan lokasi penangkapan seperti ditampilkan dalam Gambar 1.



Gambar 1. Peta Lokasi Pengambilan Data *In Situ*

Perhitungan Kelimpahan Zooplankton dan Fitoplankton

Sampel zooplankton dan fitoplankton diambil dengan metode sampling pasif pada setiap titik sampling. Pengambilan sampel air dengan penyaringan 100 L air ke dalam plankton net menggunakan *nansen water sampler* untuk data sampel kedalaman 5 m. Jumlah sampel sebanyak 30 botol sampel yang mewakili setiap satu titik *fishing ground*.

Perhitungan kelimpahan zooplankton dan fitoplankton dilakukan di Laboratorium Biologi Ilmu Kelautan Gedung H FPIK UNDIP. Pengamatan sampel di bawah mikroskop dengan perbesaran 10 x 10. *Genus* zooplankton dan fitoplankton yang terlihat diidentifikasi dan dibuat tabel kelimpahan fitoplankton. Data kelimpahan plankton yang digunakan dalam penelitian ini adalah data kelimpahan dari masing masing dominasi kelas fitoplankton dan zooplankton. Identifikasi fitoplankton menggunakan referensi identifikasi plankton Sachlan, Yamaji dan WoRMS. Perhitungan jumlah plankton per liter, digunakan rumus APHA (1989), yaitu :

$$N = \frac{T}{L} \times \frac{P}{p} \times \frac{V}{v} \times \frac{1}{w}$$

Keterangan :

- N = Jumlah Plankton per liter
- L = Luas lapang pandang (mm²) 0,785 mm²
- P = Jumlah lapang pandang yang diamati @10
- V = Volume sampel plankton dibawah gelas penutup 1 ml
- w = Volume sampel plankton yang disaring (liter) @100 liter
- T = Luas gelas penutup (mm²) @1000 mm²
- P = Jumlah fitoplakton yang tercacah
- V = Volume sampel plankton yang tersaring @50 ml

Pengolahan Data Sekunder

Penelitian ini menggunakan tiga data sensor *Ocean Color* yang meliputi: *Aqua Modis*, *Terra Modis* dan *SNPP VIIRS*. Data-data tersebut diunduh dari <http://oceancolor.gsfc.nasa.gov>. Data yang digunakan adalah

data harian level 2 dengan resolusi spasial 1 km. Parameter lingkungan yang diekstrak dari data tersebut meliputi: SPL dan klorofil-a. Untuk mengurangi dampak dari tutupan awan, data harian tersebut dikomposit menjadi data tiga harian yaitu, data satu hari sebelum waktu penangkapan, saat penangkapan, dan satu hari setelah penangkapan.

Ketiga sensor *Ocean Color* tersebut merekam kondisi perairan Indonesia pada waktu yang berbeda. *Aqua Modis* umumnya pada pagi hari, *Terra Modis* pada sore hari, dan *SNPP-VIIRS* pada malam hari. Untuk mendapatkan data SPL dan konsentrasi klorofil-a dalam satu hari, data harian ketiga sensor tersebut dirata-rata. Program *SeaWiFS Data Analysis System (SeaDAS)* digunakan untuk mengekstrak setiap data menjadi data SPL dan klorofil-a. Program tersebut juga digunakan untuk membuat komposit data tiga harian dan membuat rerata harian dari data ketiga sensor. Ekstraksi SPL dan konsentrasi klorofil-a di setiap titik *survey* juga dilakukan dengan program *SeaDAS*.

Analisis regresi linear antar semua variabel memerlukan eksplorasi data yang meliputi identifikasi *outlier* (data pencilan), bentuk distribusi data, dan uji kolinearitas dari variabel bebas (Zuur *et al.*, 2009). *Outlier* adalah data yang memiliki karakteristik terlihat sangat jauh berbeda dari nilai data lain dalam kelompoknya. Distribusi normal merupakan salah satu distribusi probabilitas yang penting dalam analisis statistika. Distribusi normal digunakan untuk melihat kenormalan data baik variabel bebas ataupun terkontrol. Uji kolinearitas dilakukan untuk melihat apakah ada keterkaitan antara variabel-variabel bebas. Tahap selanjutnya analisis data regresi linier secara bertahap bertahap. Pada tahap awal, konsentrasi klorofil-a dan SPL diregresikan dengan data kelimpahan *Bacillariophyceae*. Tahap berikutnya kelimpahan *Bacillariophyceae* tersebut diregresikan dengan *Copepoda*. Pada tahap akhir, kelimpahan regresi linear dilakukan antara *Copepoda* dan hasil tangkapan Ikan Teri. Regresi linier sederhana hanya memiliki satu perubahan regresi linier untuk populasi adalah :

$$Y = a + bx$$

Keterangan :

Y = Variabel terkontrol

X = Variabel bebas

a = Parameter *intercept*

b = Parameter koefisien regresi variabel bebas

Tabel 1. Kriteria Signifikansi Regresi Linier

Jarak Nilai p	Signifikansi Bintang	Deskripsi Umum
0 - 0,001	***	Sangat signifikan
0,001 – 0,01	**	Signifikan tinggi
0,01 – 0,05	*	Signifikan secara statistik
0,05 – 0,1		Dapat menjadi signifikan
0,1 - 1		Tidak signifikan

Sumber : Verzani (2005)

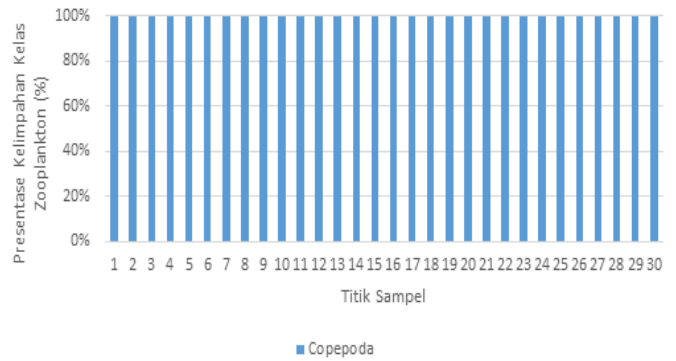
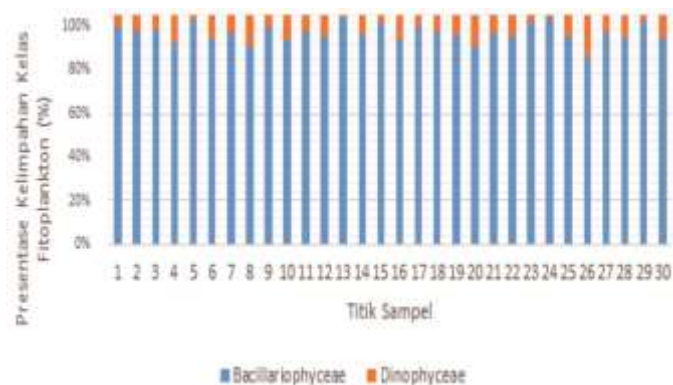
Nilai p untuk mengetahui tingkat signifikansi dari parameter-parameter dalam regresi linear.

Pemetaan Daerah Potensi Ikan Teri berdasar Analisis Regresi Linier

Daerah potensial Ikan Teri periode bulanan dapat diperoleh melalui penerapan persamaan hasil analisis regresi linear terhadap data *raster* bulanan konsentrasi klorofil-a dan SPL. Data *raster* tersebut merupakan data bulanan dari Juni – Agustus 2017 yang diperoleh dari data *Ocean Color* dengan resolusi spasial 4 km. Data – data *raster* tersebut digunakan sebagai *input* pada persamaan fitoplankton untuk mendapatkan data sebaran spasial kelimpahan fitoplankton. Tahap selanjutnya, data tersebut digunakan sebagai *input* pada persamaan zooplankton untuk memperoleh kelimpahan zooplankton secara spasial. Tahap terakhir, sebaran kelimpahan Ikan Teri diperoleh dengan menggunakan kelimpahan spasial zooplankton sebagai *input* dalam persamaan Ikan Teri.

HASIL DAN PEMBAHASAN

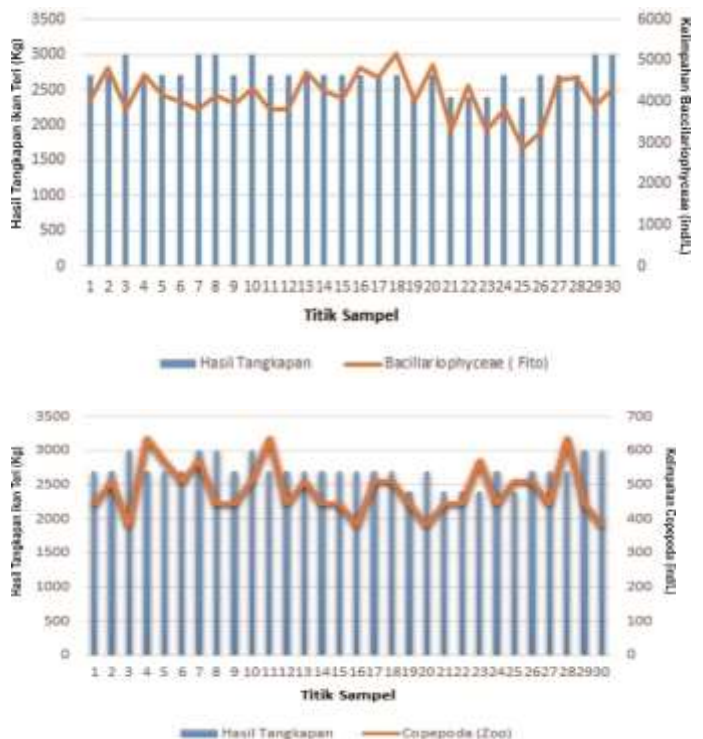
Hasil Analisis Kelimpahan Plankton



Gambar 2. Komposisi Kelas Fitoplankton dan Zooplankton per Titik

Kelimpahan fitoplankton per titik sampel didominasi oleh kelas *Bacillariophyceae* yang mencapai rata-rata 93,8 %, sedangkan sisanya merupakan *Dinophyceae*. *Bacillariophyceae* yang ditemukan terdiri dari sembilan *Genera*, yaitu *Skeletonema sp*, *Coscinodiscus sp*, *Rhizosolenia sp*, *Bacteriastrum sp*, *Thalassiothrix sp*, *Guinardia sp*, *Cyclotella sp*, *Nitzschia sp*, *Pleurosigma sp*. *Dinophyceae* terdiri dari tiga *Genera* yaitu, *Ceratium sp*, *Peridinium sp* dan *Noctiluca sp*. Kelimpahan zooplankton per titik sampel hanya terdapat kelas *Copepoda*. *Copepoda* yang ditemukan terdiri dari tiga *Genera*, yaitu *Calanus sp*, *Euterpina sp* dan *Oithona sp* (Gambar 2).

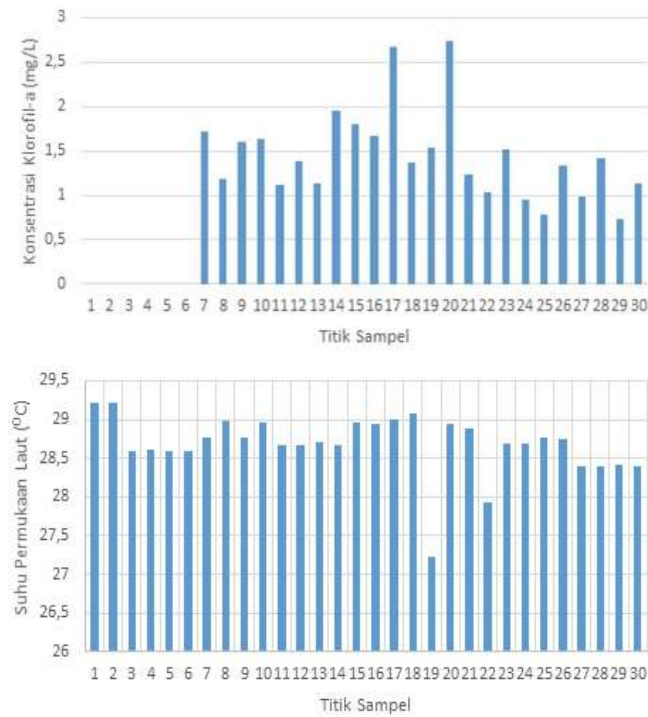
Kelimpahan Plankton dan Hasil Tangkapan Ikan Teri



Gambar 3. Kelimpahan Fitoplankton dan Zoolankton terhadap Hasil Tangkapan Ikan Teri

Kelimpahan *Bacillariophyceae* berkisar antara 2.800 individu/L – 5.200 individu/L. Kelimpahan *Copepoda* berkisar antara 380 individu/L–640 individu/L. Hasil tangkapan yang didapat dalam setiap kali melakukan penangkapan/tawur jaring berkisar 8-10 basket atau setara dengan 2.400 kg -3.000 kg.

Hasil Pengolahan Data Satelit

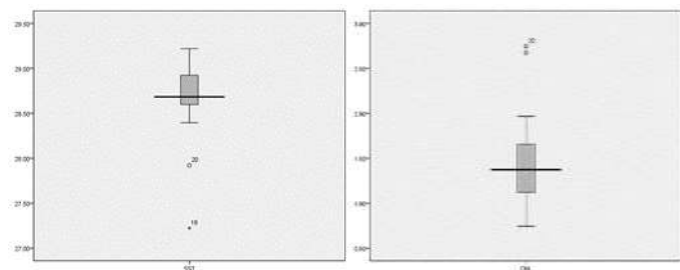


Gambar 4. Nilai Klorofil-a dan SPL per Titik

Nilai SPL adalah berkisar antara 27°C-29°C, sedangkan nilai klorofil-a berkisar antara 0,74 mg/L - 2,67 mg/L. Terdapat beberapa titik pada nilai klorofil-a yang bernilai NaN (tidak ada nilainya), karena citra pada titik tersebut tertutup awan, yaitu pada titik 1 sampai 6.

Hasil Pembentukan Persamaan dengan Regresi Linier

Berdasarkan grafik *boxplot* terdapat *outlier* pada klorofil-a di titik 20 (2,74 mg/L), SPL di titik 20 (29,89°C), zooplankton di titik 4 (636,94 individu/L), fitoplankton di titik 21 (2866,24 individu/L). Data-data yang teridentifikasi sebagai *outlier* tersebut tidak dipergunakan lagi pada langkah selanjutnya, sehingga tersisa sejumlah 26 data.



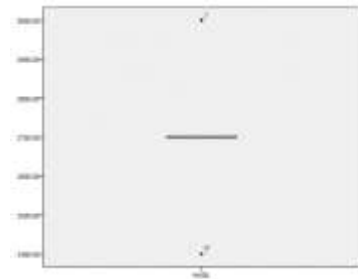
Gambar *Boxplot Outlier* Data SPL

Gambar *Outlier Data* Klorofil-a



Gambar *Boxplot* Data Zooplankton

Gambar *Boxplot Outlier* Data Fitoplankton



Gambar *Boxplot Outlier* Data Hasil Tangkapan

Gambar 5. *Boxplot Outlier* setiap Data

Setelah data bersih dari *outlier*, dilakukan uji normalitas untuk melihat sebaran data. Hasil uji normalitas setiap variabel tersaji pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Uji Normalitas

Data	<i>Shapiro-Wilk</i> Sig.
Suhu Permukaan Laut	0,052
Klorofil-a	0,957
Fitoplankton	0,663
Zooplankton	0,005
Hasil Tangkapan	0,001

Sumber : Pengolahan Data dengan SPSS 16

SPL, klorofil-a dan fitoplankton mempunyai sebaran data normal yang diindikasikan dengan nilai signifikansi *Shapiro-Wilk* 0,052; 0,957; 0,663 lebih besar dari 0,05. Sedangkan sebaran data zooplankton dan hasil tangkapan diindikasikan tidak menyebar normal, karena memiliki nilai signifikansi *Shapiro-Wilk* lebih kecil dari 0,05, agar data kelimpahan zooplankton memiliki sebaran normal, maka data tersebut ditransformasi dengan menggunakan berbagai cara, antara lain: *log natural*, *square root*, dan *inverse*. Hasil transformasi kembali diuji normalitasnya dengan uji *Shapiro-Wilk*. Hasil transformasi dengan menggunakan *log natural* menghasilkan nilai signifikansi yang lebih tinggi dibandingkan metode transformasi lainnya, yaitu sebesar 0,015. *Log natural* dari zooplankton tersebut tetap tidak tersebar secara normal, karena jumlah data sampel kurang banyak dan faktor lingkungan pada saat pengambilan data *in situ*. Hasil tangkapan ikan, transformasi tidak bisa dilakukan, karena hanya memiliki

3 variasi nilai, sehingga ketika ditransformasi hasil signifikansinya tidak berubah.

Uji kolinearitas dilakukan pada variabel bebas yang akan digunakan dalam regresi linier. Hal ini bertujuan untuk mengetahui keterkaitan hubungan antara variabel-variabel bebas, sehingga data bisa dilanjutkan dalam analisis regresi linier. Hasil uji kolinear pada persamaan regresi linier pertama (variabel terkontrol fitoplankton), yaitu nilai VIF data SPL dan klorofil-a sebesar 1,303. Hasil uji kolinear pada persamaan regresi linier kedua (variabel terkontrol zooplankton), yaitu memiliki nilai VIF sebesar 1,00. Hasil uji kolinear pada persamaan regresi linier ketiga (variabel terkontrol hasil penangkapan Ikan Teri), yaitu memiliki nilai VIF sebesar 1,00. Hasil tersebut dapat diketahui nilai *variance inflation factor* (VIF) keempat variabel lebih kecil dari 10, sehingga dapat disimpulkan bahwa antar variabel bebas tidak terjadi persoalan kolinearitas.

Hasil Pembentukan Persamaan Komponen Penyusun Rantai Makanan Ikan Teri

Terdapat tiga komponen rantai makanan Ikan Teri, yaitu fitoplankton, zooplankton dan Ikan Teri sendiri. Untuk fitoplankton, sebuah persamaan linear dibentuk dengan menggunakan variabel bebas SPL dan klorofil-a, sedangkan sebagai variabel terkontrol adalah kelimpahan *Bacillariophyceae*. Persamaan yang dihasilkan adalah sebagai berikut :

$$\text{Kelimpahan } Bacillariophyceae = 6328,251 - (81,410 \times SST) + (94,046 \times CHL) \dots\dots\dots (1)$$

dimana :

SST = nilai data *raster* suhu permukaan laut dari setiap titik sampel

CHL = nilai data *raster* konsentrasi klorofil-a dari setiap titik sampel

Tiga konstanta yang diperoleh dari persamaan tersebut tidak ada yang signifikan, karena nilai setiap konstanta lebih besar dari 0,1. Untuk komponen *Copepoda*, persamaan yang telah coba dibentuk adalah :

$$\text{Kelimpahan } Copepoda = 522,331 - (0,009 \times Bacillariophyceae) \dots\dots\dots (2)$$

Nilai konstanta *Bacillariophyceae* yang diperoleh dari persamaan tersebut juga tidak signifikan, karena nilai konstantanya lebih besar dari 0,1. Persamaan hasil kelimpahan teri adalah :

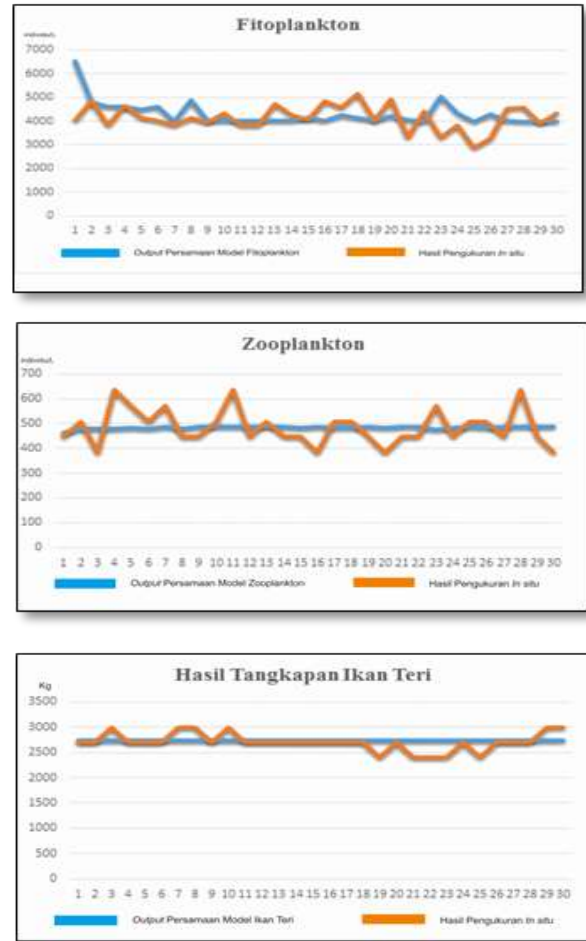
$$\text{Kelimpahan teri} = 2948,801 - (0,44 \times Copepoda) \dots\dots\dots (3)$$

Nilai konstanta zooplankton yang diperoleh dari persamaan tersebut juga tidak signifikan, karena nilai konstantanya lebih besar dari 0,1.

Validasi persamaan

Persamaan 1, 2 dan 3 yang telah terbentuk digunakan untuk memperkirakan sebaran harian kelimpahan *Bacillariophyceae*, *Copepoda*, dan Ikan Teri pada periode pengambilan sampel. Kelimpahan yang diperoleh dari persamaan regresi linier divalidasi dengan data-data hasil pengukuran *in situ*. Hasil validasi kelimpahan

Bacillariophyceae, kelimpahan *Copepoda* dan kelimpahan Ikan Teri pada Gambar 6.



Gambar 6. Perbandingan Kelimpahan Setiap data Pemodelan Persamaan Berbasis Rantai Makanan dan Pengukuran *in situ*

Hasil validasi, ketiga persamaan tersebut belum dapat menggambarkan sebaran kelimpahan Ikan Teri dengan baik. Pada titik pertama nilai kelimpahan *Baccillariphyceae* memiliki perbedaan paling besar, yaitu ± 2000 individu/L. Namun, pada beberapa titik lainnya memiliki perbedaan berkisar ± 350 individu/L. Pada perbandingan kelimpahan *Copepoda*, titik keempat memiliki nilai perbedaan yang paling besar, yaitu ± 200 individu/L. Rerata perbedaan pada perbandingan *Copepoda* berkisar ± 70 individu/L. Perbandingan kelimpahan Ikan Teri terdapat 4 titik yang memiliki perbedaan cukup besar, yaitu titik 19, 21, 22, dan 25 dengan perbedaan ± 350 Kg. Pada titik lainnya rata-rata, perbedaannya sebesar ± 40 Kg.

Perkiraan Sebaran Kelimpahan Ikan Teri pada Musim Timur 2017

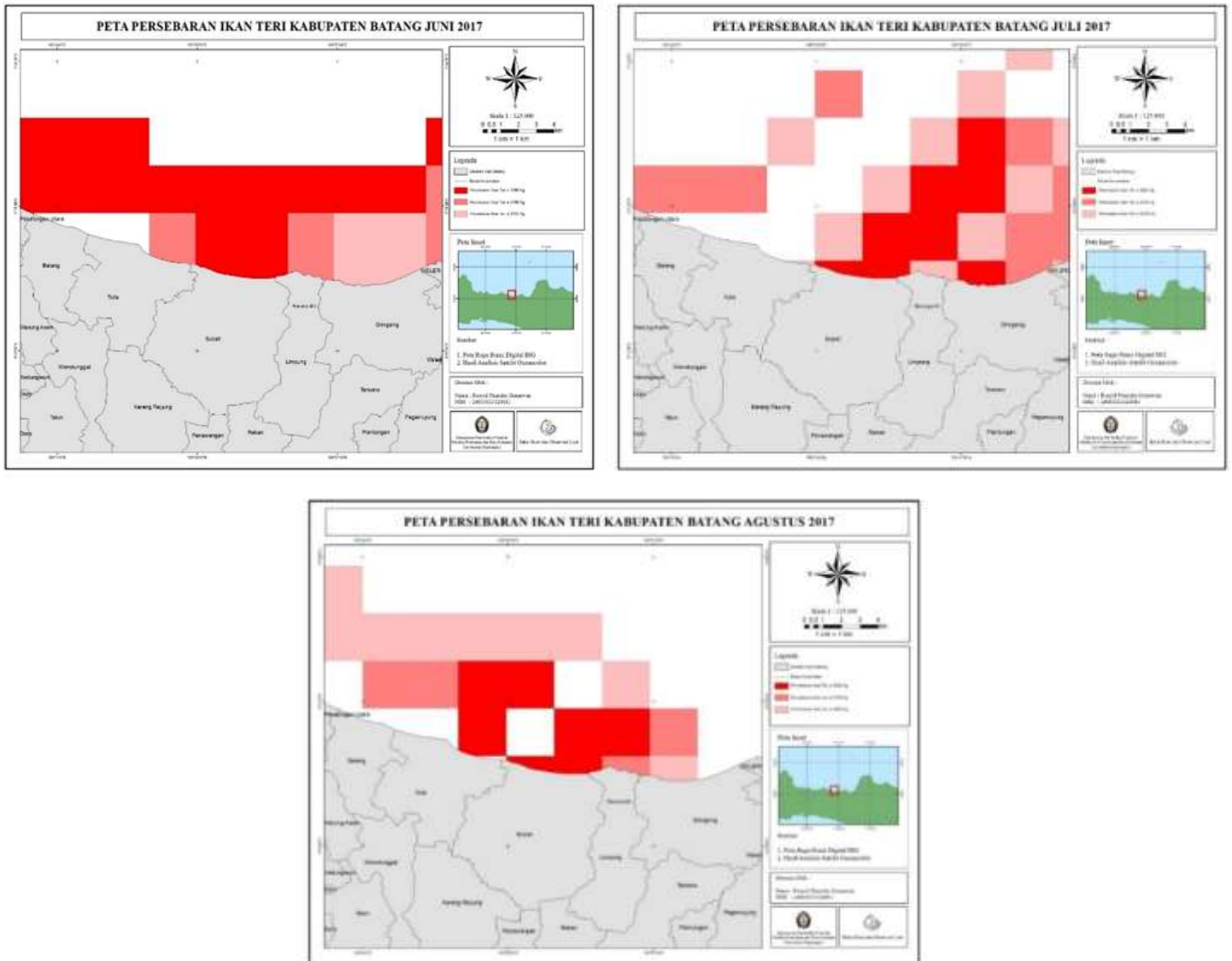
Ketiga persamaan yang terbentuk belum memenuhi syarat untuk memperkirakan sebaran kelimpahan Ikan Teri. Salah satu tujuan penelitian ini mengetahui sebaran potensial daerah penangkapan Ikan Teri, maka persamaan-persamaan tersebut digunakan untuk mengetahui sebaran daerah potensial Ikan Teri pada musim timur 2017.

Idealnya data yang digunakan sebagai *input* adalah data yang mempunyai spesifikasi sama dengan yang digunakan untuk pembentukan persamaan. Data tersebut adalah data

harian ketiga sensor *Ocean Color* periode bulan Juni-Agustus 2017 yang kemudian di rerata menjadi data bulanan. Adanya keterbatasan waktu dan perangkat pengolahan data, maka data yang digunakan adalah data bulanan yang telah disediakan oleh *Ocean Color* dengan resolusi spasial yang lebih rendah, yaitu 4 km.

Sebaran kelimpahan Ikan Teri pada bulan Juni 2017 diperkirakan menyebar rata dari timur ke barat perairan Kab.

Batang yang meliputi perairan Kec. Gringsing, Kec. Banyuputih, Kec. Subah, Kec. Tulis dan Kec. Kab. Batang. Kemudian, pada bulan Juli 2017, konsentrasi Ikan Teri diperkirakan terdapat di bagian timur perairan Kab. Batang yaitu Kec. Subah, Kec. Banyuputih dan Kec. Gringsing. Pada bulan Agustus 2017, kelimpahan Ikan Teri terbesar diperkirakan terdapat di sekitar perairan Kec. Tulis, Kec. Subah dan Kec. Banyuputih.



Gambar 7. Peta Persebaran Ikan Teri di Perairan Kab. Batang bulan Juni, Juli dan Agustus 2017

Pembahasan

Komponen Penyusun Rantai Makanan Ikan Teri

Pada hasil sampel di setiap titik ditemukan nilai kelimpahan fitoplankton lebih banyak dibandingkan zooplankton. Karakter zooplankton sebagai trofik lebih tinggi mempengaruhi besar kelimpahannya terhadap fitoplankton. Hal ini didukung oleh Basmi (2000) dalam Adinugroho *et al.* (2014), umumnya kelimpahan fitoplankton yang lebih besar daripada zooplankton. Perbedaan kelimpahan yang cukup jauh

itu mungkin dikarenakan pengambilan data *in situ* pada trip pagi (pukul 6.00 – 11.00 WIB). Fitoplankton membutuhkan cahaya matahari untuk berfotosintesis, sehingga keberlimpahannya lebih besar pada siang hari. Menurut Pratama *et al.* (2012), fitoplankton menunjukkan migrasi diurnal karena memiliki sifat fisiologis fototaksis positif, sedangkan zooplankton menunjukkan migrasi nokturnal.

Dominasi kelimpahan fitoplankton kelas *Bacillariophyceae* di setiap titik lebih dari 80%. Perairan laut

di dunia dominasi fitoplankton kelas *Bacillariophyceae*. Hal ini sesuai dengan yang dikemukakan Nybakken (1992) dalam Yuliana *et al.* (2012), bahwa komposisi fitoplankton di laut didominasi oleh kelompok *Bacillariophyceae*. Beberapa perairan laut di Indonesia jenis fitoplanktonnya didominasi oleh kelas *Bacillariophyceae*. Dominasi *Bacillariophyceae* ditemukan oleh Awwaluddin *et al.* (2005) di perairan Teluk Tomini, Yuliana (2006) di Perairan Teluk Kao, Yuliana (2008) di perairan Maitara, Andriani (2009) di perairan Bojo, dan Damayantia *et al.* (2017) di Teluk Penerusan Kab. Buleleng.

Kelimpahan *Copepoda* mendominasi penuh dari data *in situ* yang didapat. Kelimpahan *Copepoda* dalam penelitian ini akan digunakan untuk merepresentasikan nilai kelimpahan zooplankton karena dominasinya di semua sampel yang digunakan. Menurut Wiadnyana (1996) dalam Dinisia *et al.* (2015), bahwa kelompok *Copepoda* dapat dianggap sebagai unsur yang dapat mewakili komunitas zooplankton karena kelompok tersebut sering mendominasi komunitas zooplankton pada perairan laut.

Analisis Persebaran Ikan Teri

Hasil data pengolahan nilai dari SPL pada titik sampel yang digunakan hingga 29°C. Suhu tersebut sesuai dengan karakter suhu yang optimal dari Ikan Teri (*Stolephorus* sp) di perairan. Menurut Safruddin *et al.* (2014); Rasyid (2010), Ikan Teri cenderung berkumpul pada kisaran suhu 29 - 30°C.

Hasil pengolahan nilai konsentrasi klorofil-a dalam penelitian ini antara 0,74 - 2,67 mg/L. Kisaran tersebut diduga terdapat distribusi Ikan Teri yang melimpah. Safruddin (2014), distribusi Ikan Teri cenderung tertinggi pada klorofil 1,5 - 2,5 mg/L. Kesesuaian antara nilai klorofil-a tersebut dengan kelimpahan Ikan Teri, dimungkinkan terindikasinya produktifitas perairan yang cukup tinggi. Produktifitas perairan berguna untuk trofik pertama dalam rantai makanan. Menurut Fauzan (2011), klorofil-a berkaitan erat dengan produktivitas yang menjadi rantai pertama makanan ikan-ikan kecil yang kemudian akan menjadi makanan bagi ikan-ikan besar.

Penelitian ini menggunakan beberapa tahap pengolahan data statistik. Hal ini diupayakan untuk mendapatkan hasil dengan hubungan yang akurat. Tahap awal yang digunakan sebelum masuk pengolahan data statistik adalah menghapus data *outlier*. Menurut Derquenne (1993) dalam Ohyver dan Heruna (2012), sebelum menerapkan metode-metode statistika pada data, maka sangat penting untuk dilakukan pendeteksian *outlier*.

Berdasarkan *boxplot* terdapat 4 data yang termasuk *outlier*. Pada klorofil-a di titik 20 (2,74 mg/L), SPL di titik 20 (29,89°C) dan zooplankton di titik 4 (636,94 ind/L) Terindikasi sebagai data *outlier* karena ketiga data tersebut merupakan nilai tertinggi dari masing-masing variabel. Nilai Fitoplankton di titik 21 (2866,24 ind/L) termasuk data *outlier* karena merupakan data terendah pada data fitoplankton. Menurut Zuur *et al.* (2009), bahwa untuk melihat data *outlier* dapat menggunakan *boxplots*, dimana data *outliernya* adalah titik yang berada jauh dari beberapa kumpulan titik yang lainnya.

Penelitian ini dalam menguji normalitas data menggunakan uji *Shapiro-Wilktest*. Hal ini dibenarkan oleh pernyataan Wahjudi (2007), bahwa pengujian normalitas data dapat dilakukan dengan beberapa metode, salah satunya *Shapiro-Wilktest*. Terkait jumlah setiap variabel (baik bebas ataupun terkontrol) terdapat 30 data, agar menghasilkan keputusan yang akurat digunakan uji *Shapiro-Wilktest*. Hal ini

diperkuat oleh Razali dan Wah (2011) dalam Oktaviani dan Hari (2014), menyatakan jika uji *Shapiro-Wilk* yang umum, pada penggunaannya terbatas untuk sampel yang kurang dari 50 agar menghasilkan keputusan yang akurat. Menurut Zuur *et al.* (2009), model regresi linier wajib menggunakan data yang terdistribusi normal. Penelitian ini berdasar hasil uji *Shapiro-Wilk* hanya nilai SPL, nilai klorofil-a dan nilai fitoplankton yang terdistribusi normal. Data dapat menjadi normal perlu dilakukan transformasi data. Menurut Iqbal (2000), apabila model yang terbentuk tidak memenuhi asumsi klasik yang disyaratkan, maka dibutuhkan modifikasi/ transformasi/ penyembuhan terhadap data ataupun model regresi.

Transformasi data yang digunakan dalam penelitian ini adalah *log natural* dari data zooplankton. Hal ini dipilih dikarenakan data lebih mendekati normal dibandingkan menggunakan metode transformasi lainnya. Menurut Yang (2012), transformasi *log* adalah salah satu transformasi yang paling umum digunakan. Data hasil tangkapan, nilainya tidak berubah setelah diupayakan untuk transformasi data. Data hasil transformasi *log natural* tetap digunakan untuk metode statistik berikutnya. Menurut Feng *et al.* (2014), transformasi *log* dapat menurunkan variabilitas data dan membuat data lebih dekat dengan distribusi normal. Hasil uji kolinieritas pada ketiga tahap regresi linier adalah tidak terindikasinya kolinieritas setiap variabel bebasnya. Hasil data tersebut sudah memenuhi syarat (dari beberapa tahap uji statistik), maka variabel-variabel bebas tersebut akan dilanjutkan menuju persamaan regresi linier sebagai pemodelan rantai makanan. Menurut Zuur *et al.* (2009), *colinierity* adalah korelasi yang tinggi antara setiap variabel bebas.

Data yang digunakan dalam proses analisis regresi linier adalah hasil ekstrak variabel SPL dan klorofil-a dari satelit *Ocean Color*. Kedua data tersebut dapat untuk menduga kelimpahan Ikan Teri secara akurat dan efisien. Menurut Sulistiyah *et al.* (2016), dengan memanfaatkan teknik penginderaan jauh membuat pemetaan lebih efisien dan akurat untuk mengekstrak parameter fisik air. Keakuratan kedua variabel bebas tersebut mempengaruhi kelimpahan Ikan Teri. Tujuan regresi linier adalah analisis untuk menemukan hubungan kelimpahan dengan variabel bebas (Zuur *et al.*, 2009). Persebaran Ikan Teri pada musim timur di perairan Kab. Batang sesuai dengan data validasi kelimpahan *Bacillariophyceae* dan *Copepoda*. Kelimpahan *Bacillariophyceae* dan *Copepoda* tersebar di sekitar *fishing ground* Ikan Teri di perairan Kab. Batang. Kelimpahan fitoplankton dan zooplankton tersebut merupakan rantai makanan utama Ikan Teri. Dinisia *et al.* (2015), dalam analisisnya terhadap lambung Ikan Teri menyatakan bahwa makanan teri terutama berasal dari Subgrup *Copepoda* dan *Calanus*.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, dapat disimpulkan bahwa:

1. Fitoplankton yang dominan di daerah penangkapan Ikan Teri di Kab. Batang adalah kelas *Bacillariophyceae* yang terdiri dari sembilan genera, yaitu *Skeletonema* sp, *Coscinodiscus* sp, *Rhizosolenia* sp, *Bacteriastrum* sp, *Thalassiothrix* sp, *Guinardia* sp, *Cyclotella* sp, *Nitzschia* sp, *Pleurosigma* sp. Kelas zooplankton yang dominan adalah *Copepoda* yang terdiri dari tiga genera, yaitu *Calanus* sp, *Euterpina* sp, dan *Oithona* sp.

2. Sebaran daerah potensial penangkapan Ikan Teri di perairan Kab. Batang pada musim timur 2017 berdasarkan rantai makanan dan observasi citra satelit oseanografi berada sekitar 3 - 5 mil dari garis pantai Kab. Batang. Persebaran Ikan Teri bulan Juni 2017 menyebar rata dari timur ke barat perairan Kab. Batang, yaitu dari perairan Kec. Gringsing, Kec. Banyuputih, Kec. Subah, Kec. Tulis dan Kec. Kab. Batang. Persebaran bulan Juli 2017, persebaran Ikan Teri lebih cenderung di bagian timur perairan Kab. Batang yaitu Kec. Subah, Kec. Banyuputih dan Kec. Gringsing. Persebaran bulan Agustus 2017, didapatkan persebaran Ikan Teri yang hampir rata disetiap perairan Kab. Batang, namun persebaran paling banyak terdapat di sekitar perairan Kec. Tulis, Kec. Subah dan Kec. Banyuputih.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih ditujukan kepada Dr. Ir. Frida Purwati, M.Sc dan Oktavianto Eko Jati, S.Pi, M.Si yang telah memberikan saran dan kritik yang sangat bermanfaat bagi penulis. Kepada semua pihak yang telah membantu sehingga penulis dapat menyelesaikan artikel ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Adinugroho, M., Subiyanto dan Haeruddin. 2014. Komposisi dan Distribusi Plankton di Perairan Teluk Semarang. *Saintifika*. 16(2):39-48.
- Andriani. 2009. Pemetaan Produktivitas Perairan sebagai Basis Data untuk Perencanaan Pengelolaan Wilayah Pesisir yang Berkelanjutan di Perairan Bojo Kabupaten Barru Sulawesi Selatan. *Luftanus Jurnal Teknologi Perikanan dan Kelautan, Politeknik Pertanian Negeri Pangkep* 14(1):16-24.
- APHA (American Public Health Association). 1989. *Standar Methods for The Examination of Water Waste*. American Public Health Association (APHA), American Water Works Association (AWWA), and Water Pollution Control Federation (WPCF) 17thed., APHA, Washington D.C. 1993p.
- Ara, J.N., S.Mackinson, R. J. Stanford, D.W. Sims, A.J. Southward, S.J Hawkins dan P.J.B. Hart. 2006. Modelling food web interactions, variation in plankton production, and fisheries in the western English Channel ecosystem. *Marine Ecology Progress Series*. 309:175-187.
- Awwaluddin, Suwarso dan S. Rahmat. 2005. Distribusi Kelimpahan dan Struktur Komunitas Plankton pada Musim Timur di Perairan Teluk Tomini. *Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia* 11(6):32-56.
- Badan Pusat Statistik Kabupaten Batang. 2016. Kabupaten Batang dalam Angka 2016.
- Badan Pusat Statistik Provinsi Jawa Tengah. 2015. *Produksi Perikanan Laut yang Dijual di Tempat Pelelangan Ikan Jawa Tengah* 2015.
- Damayantia, N.M.D., I.G. Hendrawan dan E. Faiqah. 2017. Distribusi Spasial dan Struktur Komunitas Plankton di Daerah Teluk Penerusan, Kabupaten Buleleng. *Journal of Marine and Aquatic Sciences* 3(2):191- 203.
- Dinisia, A., E.M. Adiwilaga dan Yonvitner. 2015. Kelimpahan Zooplankton dan Biomassa Ikan Teri (*Stolephorus Spp.*) pada Bagan di Perairan Kwatisore Teluk Cenderawasih Papua. *Marine Fisheries* 6(2): 143-154.
- Fauzan. 2011. Pemetaan Daerah Potensial Penangkapan Ikan Cakalang (*Katsuwonus pelamis*) Berbasis Sistem Informasi Geografis di Perairan Teluk Tomini Provinsi Gorontalo [Skripsi]. Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan Universitas Hasanuddin. Makassar.
- Feng, C., H. Wang, N. Lu, T. Chen, H. He, Y. Lu dan X.M. Tu. 2014. Log-Transformation and Its Implications for Data Analysis. *Shanghai Archives of Psychiatry*. 26(2):105-9.
- Hidayati, A. 2013. *Pengelolaan Wilayah Pesisir Berbasis Daya Dukung Lingkungan dan Partisipasi Masyarakat di Kabupaten Batang* [Skripsi]. Bogor. Institut Pertanian Bogor.
- Indrayani, A., Mallawa dan M. Zainuddin. 2012. Penentuan Karakteristik Habitat Daerah Potensial Ikan Pelagis Kecil dengan Pendekatan Spasial di Perairan Sinjai. Fakultas Ilmu Kelautan, Universitas Hasanuddin. Makassar.
- Iqbal, M. 2000. "Pengolahan Data Dengan Regresi Linier Berganda." *Perbanas Institute Jakarta* 4: 1985-2000.
- Nontji, A. 2005. *Laut Nusantara*. Djembatan. Jakarta.
- Notoatmodjo, S. 2002. *Metodologi Penelitian Kesehatan*. Rineka Cipta. Jakarta.
- Nurdin, S., M.A. Mustapha, T. Lihan dan M.A. Ghaffar. 2015. Determination of potential fishing grounds of Rastrelliger kanagurta using satellite remote sensing and GIS technique. *Sains Malaysiana*, 44(2): 225-232.
- Ohyver, M. dan T. Heruna. 2012. Pendeteksian *Outlier* pada Model Regresi Ganda: Studi Kasus Tingkat Penghunian Kamar Hotel di Kendari. *Jurnal Mat Stat* 12(2):114-122.
- Oktaviani, M.A. dan B.N. Hari. 2014. Perbandingan Tingkat Konsistensi Normalitas Distribusi Metode Kolmogorov-Smirnov, Lilliefors, Shapiro-Wilk, dan Skewness-Kurtosis. *Jurnal Biometrika dan Kependudukan*. 3(2):127-135.
- Pratama, B.B., Z. Hasan dan H. Hamdani. 2012. Pola Migrasi Vertikal Diurnal Plankton di Pantai Santolo Kabupaten Garut. *Jurnal Perikanan dan Kelautan*. 2(1): 81-89.
- Rasyid, J.A. 2010. Distribusi Suhu Permukaan Pada Musim Peralihan Barat-Timur Terkait dengan Fishing Ground Ikan Pelagis Kecil di Perairan Spermonde. *Torani*: 20(1):1-7.
- Ridha, U., M.R. Muskananfolo dan A. Hartoko. 2013. Analisa Sebaran Tangkapan Ikan Lemuru (*Sardinella lemuru*) Berdasarkan Data Satelit Suhu Permukaan Laut dan Klorofil-A di Perairan Selat Bali. *Diponegoro Journal Of Maquares Management Of Aquatic Resources* 2(4): 53-60.
- Rintaka, W.E. dan T.Y. Rizki. 2012. Pengaruh Dinamika Oseanografi Perairan Indonesia terhadap Produktifitas Primer Periode El-Nino (Agustus 2002) dan La-Nina (September 1998). Balai Penelitian dan Observasi Laut. Bali.

- Robinson, I.S. 2010. *Discovering The Ocean from Space. The Unique Applications of Satellite Oceanography.* Springer-Praxis.
- Sadly, M., N. Hendiarti, S.I. Sachoemardan dan Y. Faisal. 2009. Fishing Ground Prediction Using a Knowledge-Based Expert System Geographical Information System Model in the South and Central Sulawesi Coastal Waters of Indonesia. *International Journal of Remote Sensing.* 30(24): 6429–6440.
- Safuruddin, M. Zainuddin dan J. Tresnati. 2014. Dinamika Perubahan Suhu dan Klorofil-a terhadap Distribusi Ikan Teri (*Stolephorus spp*) di Perairan Pantai Spermonde, Pangkep. *Jurnal IPTEKS PSP.* Universitas Hasanuddin. 1(1):11-19.
- Saifudin, A.D.P. Fitri dan Sardiyatmo. 2014. Aplikasi Sistem Informasi Geografis (Gis) dalam Penentuan Daerah Penangkapan Ikan Teri (*Stolephorus Spp*) di Perairan Pematang Jawa Tengah. *Journal of Fisheries Resources Utilization Management and Technology.* 3(4): 66-75.
- Siregar, V. dan Hariyadi. 2011. Identifikasi Parameter Oseanografi Utama untuk Penentuan Daerah Penangkapan Ikan Lemuru dengan Menggunakan Citra Satelit Modis di Perairan Selat Bali. *Jurnal Akatik.* 1(1):32–38.
- Sulistiyah, U.D., M. Jaelani dan G. Winarso. 2016. Validasi Algoritma Estimasi Konsentrasi Chl-A pada Citra Satelit Landsat 8 dengan Data *In-Situ* (Studi Kasus: Laut Selatan Pulau Lombok, NTB). *Jurnal Teknik ITS.* 5(2):159–164.
- Susilo, E. 2012. Variabilitas Faktor Lingkungan pada Habitat Ikan Lemuru di Selat Bali menggunakan Data Satelit Oseanografi dan Pengukuran *In situ*. Balai Penelitian dan Observasi Laut, Kementerian Kelautan dan Perikanan.
- Verzani, J. 2005. *Using R for Introductory Statistics.* CRC Press Company. Washington, D.C.
- Wahjudi, D. 2007. *Power dari Uji Kenormalan Data.* Faculty e-Portfolio Universitas Kristen Petra (fportfolio.petra.ac.id).
- Wibawa, T.A. 2012. Pemanfaatan Data Harian Sensor Modis Aqua/Terra untuk Memperkirakan Sebaran Kelimpahan Diatom di Selat Bali. Balai Penelitian dan Observasi Laut. Bali.
- Yang, J. 2012. *Interpreting Coefficients in Regression with Log-Transformed Variables.* Cornell University. 83(6):1-4.
- Yuliana. 2006. Produktivitas Primer Fitoplankton pada Berbagai Periode Cahaya di Perairan Teluk Kao, Kabupaten Halmahera Utara. *Jurnal Perikanan (Journal of Fisheries Sciences).* 8(2):215-222.
- _____. 2008. Kelimpahan Fitoplankton di Perairan Maitara, Kota Tidore Kepulauan. *Journal of Fisheries Sciences.* 10(2):232–241.
- Yuliana, E.M. Adiwilanga, E. Harirs dan N.T.M. Pratiwi. 2012. Hubungan antara Kelimpahan Fitoplankton dengan Parameter Kimiawi Perairan di Teluk Jakarta. *Jurnal Akuatika.* 3(2):169–179.
- Zainuddin, M., A. Farhum, S. Safuruddin, M.B. Selamat, S. Sudirman, N. Nurdin, M. Syamsuddin, M. Ridwan, dan S. Saitoh. 2017. Detection of pelagic habitat hotspots for skipjack tuna in the Gulf of Bone-Flores Sea, southwestern Coral Triangle tuna, Indonesia. *PLoS ONE.* 12(10): e0185601.
- Zuur, A.F., E.N. Ieno, N.J. Walker, A.A. Saveliev dan G.M. Smith. 2009. *Mixed Effects Models and Extensions in Ecology with R.* Springer Science + Business Media : New York