



MODEL SEBARAN LARVA KARANG DI KAWASAN KONSERVASI TAMAN WISATA PERAIRAN KAPOPOSANG

CORAL LARVAL DISPERSAL MODEL ON CONSERVATION AREA OF KAPOPOSANG MARINE TOURISM PARK

Zulfikar Afandy^{ab*}, Ario Damar^{cf}, Syamsul Bahri Agus^d, Budy Wiryawan^e

^a Program Studi Pengelolaan Sumberdaya Pesisir dan Laut, FPIK-IPB, Bogor

^b Pangkalan Pengawasan Sumberdaya Kelautan dan Perikanan Tual

^c Departemen Manajemen Sumberdaya Perairan, FPIK-IPB, Bogor

^d Departemen Ilmu dan Teknologi Kelautan, FPIK-IPB, Bogor

^e Departemen Pemanfaatan Sumberdaya Perikanan, FPIK-IPB, Bogor

^f Pusat Kajian Sumberdaya Pesisir dan Lautan IPB, PKSPL-IPB, Bogor

*Email: zulfikarafandy@gmail.com

ABSTRACT

The availability of information related to the pattern of connectivity between coral reef is one of the key in coral reef conservation management. The identification of pattern of connectivity in the form of dispersion dynamics of coral larvae is very important as the development of coral reef itself is highly depended upon the external input, which this input must be accordingly managed in order to support the continuity of coral larvae supply. This research's objectives are including to create the coral larvae dispersal model of Marine Protected Area (MPA) of Kapoposang. For instance, the modelling of coral larvae dispersal had been conducted using the biophysics modelling which combined the biological and physics factor in order to obtain the recruitment scenario and the traces of larvae dispersal. This simulation used coral larvae object with the Pelagic Larval Duration (PLD) for 30 days, the larvae release was conducted during the full moon and during the west and east monsoon. The result of the larvae dispersion model has indicated that the coral larvae dispersion process was influenced by the currents and variation of monsoons. Based coral connectivity pattern on Kapoposang found site Gondongbali, Kapoposang2, Suranti and Pamanggangan as a source. Then other location as sink by received larvae from other site are Gondongbali, Kapoposang, Pamanggangan, Taka Karangkarangan, Taka Pallawangan and Taka Palekko.

Keywords: connectivity, coral reef, larva dispersal, marine protected area, twp kapoposang

ABSTRAK

Salah satu kunci dalam pengelolaan terumbu karang adalah tersedianya informasi mengenai pola konektivitas antara terumbu, mengidentifikasi pola konektivitas dalam bentuk dinamika sebaran larva karang sangat penting, karena terumbu karang tergantung dengan input eksternal yang harus dikelola untuk mendukung kesinambungan suplai larva karang. Tujuan penelitian ini adalah membuat model sebaran larva karang pada kawasan konservasi Taman Wisata Perairan (TWP) Kapoposang. Pemodelan sebaran larva karang dilakukan dengan menggunakan pemodelan biofisik yang memadukan antara faktor biologi dan fisika untuk mendapatkan skenario penyebaran larva. Dalam simulasi digunakan objek larva karang dengan Pelagic Larval Duration (PLD) selama 30 hari, pelepasan larva dilakukan pada saat purnama pada musim barat dan musim timur pada 6 lokasi di TWP Kapoposang. Hasil dari model sebaran larva mengindikasikan bahwa proses penyebaran larva karang di TWP Kapoposang dipengaruhi oleh arus dan variasi angin pada musim barat dan timur. Selain itu didapatkan lokasi-lokasi yang berperan dalam pola konektivitas, lokasi yang berfungsi sebagai sumber larva yaitu Gondongbali dan Suranti. Sementara lokasi yang berfungsi sebagai penyerap larva dengan menerima larva dari lokasi lain yaitu Gondongbali, Kapoposang, Taka Pallawangan dan Taka Palekko.

Kata kunci: kawasan konservasi perairan, konektivitas, sebaran larva, terumbu karang, TWP Kapoposang

1. PENDAHULUAN

Kawasan Konservasi Perairan (KKP) merupakan kawasan perairan yang dilindungi, dikelola dengan sistem zonasi, untuk mewujudkan pengelolaan sumberdaya ikan dan lingkungan secara berkelanjutan (KKP 2014), KKP dapat dijadikan sebagai salah satu alat manajemen dalam pengelolaan sumberdaya pesisir yang efektif dan merupakan salah satu solusi terbaik untuk menekan ancaman terhadap ekosistem pesisir dan melindungi habitat penting (Estradivari et al., 2017).

Pemerintah Indonesia telah berkomitmen untuk membentuk KKP seluas 20 juta hektar pada tahun 2020 dan sampai dengan tahun 2016 telah mencapai 17.9 juta hektar (KKP, 2016). Namun capaian target luasan tersebut harus dibarengi dengan pengelolaan yang efektif, sehingga manfaat dari KKP betul-betul memberikan efek terhadap keberlanjutan sumber daya perikanan dan kelautan serta kesejahteraan masyarakat. Adapun desain KKP yang efektif pada umumnya, mempertimbangkan skala geografis, arah dan besarnya penyebaran larva, misalnya melalui penggunaan model oseanografi, dan dampak demografi serta genetik pada populasi yang lain (Cowen dan Sponaugle, 2009; Lowe dan Allendorf, 2010; Soria et al., 2014).

Mengidentifikasi dan memahami pola konektivitas dalam bentuk sebaran larva merupakan kunci dalam pengelolaan KKP (Almany et al., 2009). Terumbu karang sebagai salah satu ekosistem yang menjadi objek perlindungan dalam KKP, sangat tergantung dengan eksternal input yang

harus dikelola untuk kesinambungan suplai larva. Namun sebagian besar pengelolaan KKP di Indonesia masih jarang yang memasukkan kajian konektivitas dalam rencana pengelolaannya.

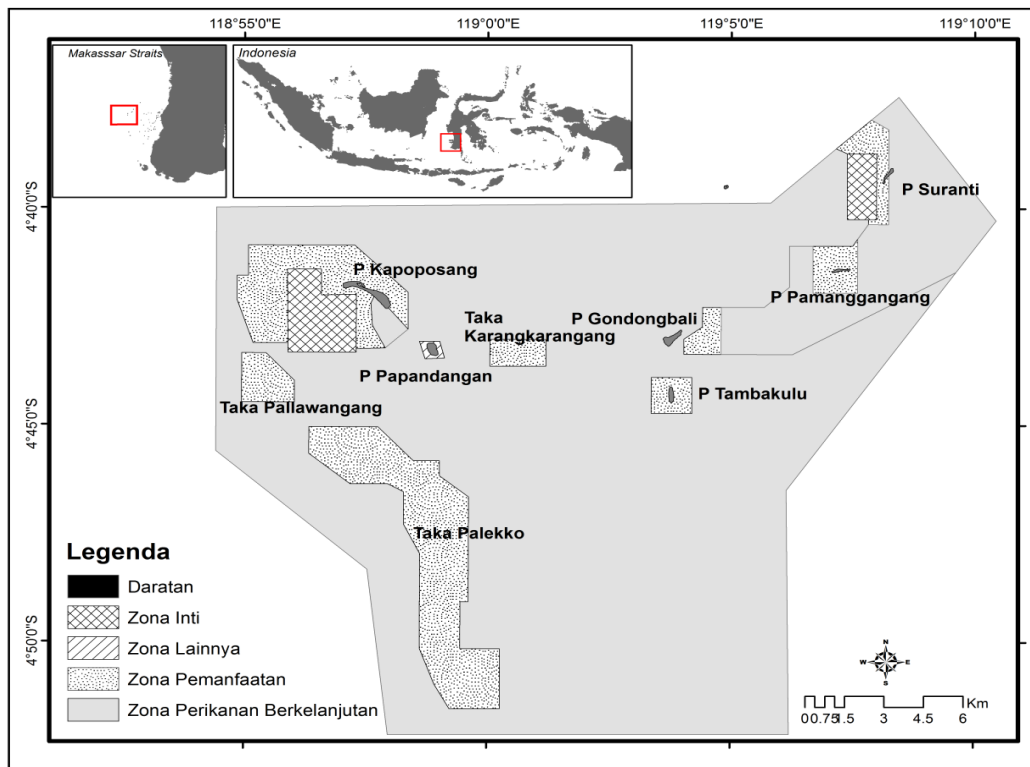
Salah satu metode yang digunakan dalam penelitian sebaran larva adalah pemodelan biofisik yang memadukan antara faktor biologi dan fisika untuk mendapatkan skenario rekrutmen dan jejak penyebaran larva. Pemodelan ini semakin sering digunakan sebagai alat prediksi penyebaran larva untuk menilai konektivitas antar kawasan konservasi dan untuk evaluasi umum dari berbagai faktor yang berperan dalam transportasi larva (Callwood, 2010). Selain itu model biofisik dapat digunakan untuk memperkirakan konektivitas kawasan pada hampir semua skala spasial dan temporal (Lagabrielle et al., 2014).

Mengingat masih kurangnya data tentang pola sebaran larva pada KKP di Indonesia, maka kami berinisiatif untuk melakukan penelitian ini, dengan menggunakan metode pemodelan biofisik untuk menilai dan menggambarkan konektivitas pada kawasan konservasi yang dapat dijadikan sebagai rekomendasi dalam pengelolaan KKP.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1. Tempat dan Waktu

Penelitian dilakukan pada TWP Kapoposang yang terletak di Kepulauan Spermonde, Kabupaten Pangkep, Provinsi Sulawesi Selatan (Gambar 1). Simulasi sebaran larva dilaksanakan pada Februari 2016 (musim barat) dan Agustus 2016 (musim timur).



Gambar 1 Lokasi penelitian

2.1. Model Arus Permukaan

Model pola arus merupakan model awal yang dibutuhkan untuk membuat model simulasi sebaran larva. Arus merupakan faktor oseanografi fisik yang berperan dalam penyebaran parameter fisik-kimia, seperti suhu, salinitas, dan nitrat, serta menentukan sebaran organisme planktonik di laut (Agus, 2012). Model hidrodinamika dibangun untuk mengetahui arah arus dan sebarannya, pembuatan model dengan menggunakan piranti lunak MIKE 21 yang dikembangkan oleh *Danish Hydraulics Institute* (DHI). Input data dan koefisien yang digunakan pada model ini dapat dilihat pada Tabel 1. Model ini menggunakan persamaan kontinuitas dan persamaan momentum dengan pendekatan perata-rataan terhadap kedalaman. Informasi lebih detail tentang model ini dapat dilihat pada Abbott *et al.* (2010), Babu *et al.* (2005) dan DHI (2012).

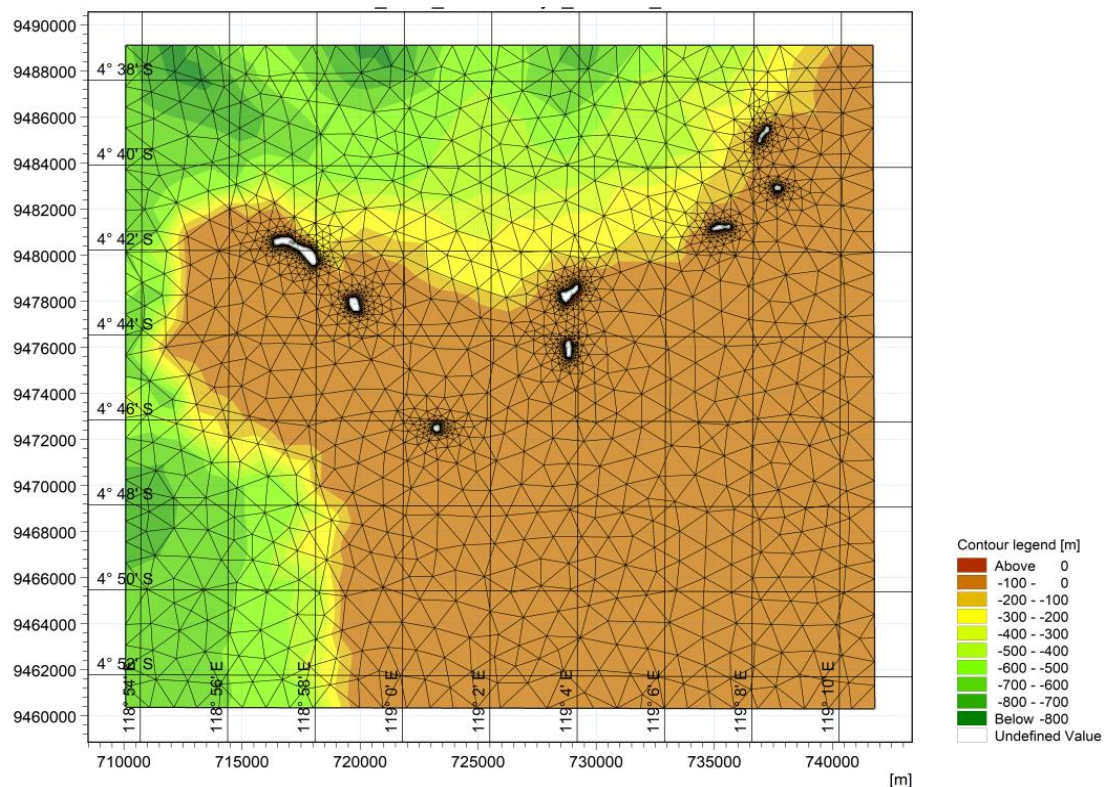
Domain wilayah model dari kordinat $118^{\circ}49'59.98''$ - $119^{\circ}15'0''$ Bujur Timur dan $4^{\circ}34'59.98''$ - $4^{\circ}55'0.01''$ Lintang Selatan. Desain model menggunakan *triangular mesh* yang memiliki resolusi tinggi, dengan elemen *mesh* terkecil sebesar 10 m dan yang terbesar mencapai 2000 m, yang terdiri dari 11363 elemen dan 6547 nodes (Gambar 2).

2.2. Metode Sebaran Larva

Model sebaran larva dibuat untuk melihat penyebaran larva karang di TWP Kapoposang, model ini dibangun menggunakan modul *Particle-Tracking* pada aplikasi MIKE 21 *Flow Model FM*. Modul ini mengkalkulasikan perpindahan posisi partikel dari input kecepatan hasil keluaran model hidrodinamika disetiap waktunya. Simulasi sebaran larva dipengaruhi oleh pergerakan arus serta proses dispersi yang terjadi akibat pola arus tersebut. Model dari sebaran larva ini menggunakan konsep *Langrangian*,

Tabel 1 Data dan koefisien yang digunakan pada model

Jenis Data/Koefisien	Sumber/Nilai	Keterangan
Batimetri	<i>General bathymetric chart of the oceans</i> (GEBCO http://www.gebco.net);	Resolusi 500 m
Angin	<i>European Centre for Medium-Range Weather Forecasts</i> (ECMWF http://www.ecmwf.int);	Resolusi spasial 0.125°×0.125° Resolusi temporal 3 jam
Pasang surut	Prediksi MIKE <i>Global Tide Model</i>	Gabungan dari komponen pasut utama dan pasut semidiurnal konstituen dengan resolusi spasial 0.25° × 0.25° berdasarkan data altimetri satelit Topex/Poseidon (DHI, 2014)
<i>Time step</i>	15 menit	
<i>Wind friction factor</i>	0.00126	Konstan
<i>Horizontal eddy viscosity</i>	Smagorinsky formula 0.28 m ² /s	
Koefisien gesekan dasar (<i>bed resistance</i>)	<i>Chezy number</i> 38 m ^{1/2} /s	
<i>Courant number</i>	0.8	

**Gambar 2** Mesh batimetri perairan di sekitar TWP Kaposang

dimana konsep ini dapat secara efektif menggambarkan proses pergerakan atau penyebaran larva dari sumbernya pada area model (Gaonkar et al., 2012; Stephens et al., 2006; Surbakti et al., 2014).

Dalam model sebaran larva ini ada beberapa asumsi yang digunakan untuk menafsirkan dan memahami fenomena kompleks sebaran larva karang di alam. Beberapa asumsi dan pendekatan dalam model sebaran larva ini adalah:

- 1) Dalam simulasi ini, objek larva yang digunakan adalah karang yang secara umum dari Ordo *Scleractinia*, dengan pertimbangan jenis karang ini merupakan komponen utama pembangun terumbu;
- 2) Penyebaran larva hanya tergantung pada arus laut saja (penyebaran pasif), tanpa simulasi berenang aktif atau migrasi vertikal (Agus, 2012; Andrello et al., 2013; Surbakti et al., 2014; Wood et al., 2014; Tay et al., 2012). Pergerakan larva karang sangat minim sehingga penyebarannya sangat tergantung arus laut (Gleason dan Hofmann, 2011);
- 3) Waktu pelepasan larva dilakukan pada bulan purnama, pada saat pasang tertinggi (Yusuf et al., 2013). Durasi pelepasan larva dilakukan selama 30 menit. Untuk musim barat, waktu pelepasan larva dilakukan pada tanggal 22 Februari 2016, jam 20.00-20.30, bersamaan dengan

puncak pasang, sedangkan untuk musim timur, dilakukan pada tanggal 18 Agustus 2016 jam 20.30-21.00. Menurut Yusuf (2012) pola dan waktu reproduksi karang di kepulauan Spermonde berlangsung sepanjang tahun mengikuti pola musim di Indonesia, yakni ada yang memijah pada musim hujan dan ada pula pada musim kemarau. Penelitian yang dilakukan Rani (2004) di Pulau Barrang Lompo Kepulauan Spermonde, mendapatkan proses spawning karang terjadi pada saat fase bulan purnama atau bulan gelap selalu terjadi pada kondisi sesaat setelah puncak pasang tertinggi, setelah matahari terbenam. Selain itu Yusuf et al. (2013) menyatakan pemijahan karang dari genus *acropora* di Kepulauan Spermonde berlangsung setiap musim hujan pada bulan Februari-Maret dan berlangsung secara sinkron pada awal bulan purnama saat puncak pasang tinggi; Lokasi awal pelepasan model larva ditentukan berdasarkan survey lapangan dan hasil penelitian lainnya yang dilakukan di TWP Kapoposang dalam rentang waktu 2014-2016. Dalam simulasi ini lokasi yang dijadikan sebagai lokasi pelepasan larva adalah lokasi terumbu karang yang kondisinya baik atau persentase karang hidupnya $\geq 50\%$.

Tabel 2 Lokasi yang digunakan sebagai sumber larva

No	Latitude	Longitude	Live Coral	Pulau	Sumber	Id
1	-4.70082	118.93707	52	Kapoposang	KKP (2014)	KP
2	-4.70107	118.96568	61	Kapoposang	Yusuf et al. (2015)	KP2
3	-4.70626	119.06991	60	Kondongbali	Yusuf et al. (2015)	GB
4	-4.65136	119.13062	81	Suranti	Survey lapangan (2016)	SI
5	-4.69258	119.10587	70	Pamanggangan	KKP (2015)	PM
6	-4.71547	118.97849	52	Papandangan	Yusuf et al. (2015)	PD

Berdasarkan hal tersebut ditentukan lokasi pelepasan larva sebanyak 6 titik yang tersebar di 3 zona dalam TWP Kapoposang (Tabel 2).

- 5) Densitas jumlah larva yang dilepaskan pada saat pemijahan disesuaikan dengan proporsi kondisi terumbu karang di lokasi sumber (Tabel 2), dengan catatan penelitian ini tidak berusaha untuk memodelkan secara realistis jumlah larva yang disebarkan, melainkan mengutamakan representasi potensi penyebaran spasial larva dan tingkat konektivitas antar lokasi;
- 6) *Pelagic larval duration* (PLD) bervariasi pada tiap spesies karang, Pasang surut sebagai salah satu faktor utama penggerak arus perlu divalidasi, untuk mengetahui apakah hasil model mendekati nilai sebenarnya. Data perbandingan yang digunakan adalah data pasang surut Badan Informasi Geospasial (BIG).

Pada Gambar 3 menunjukkan kesamaan fase antara pasang model dan pasang BIG, selain itu hasil perhitungan nilai root mean square error (%) terhadap keseluruhan data pasang surut,

beberapa hasil penelitian mengkategorikan PLD karang menjadi 3 kelompok, yakni singkat (4-7 hari), menengah (30 hari) dan panjang (>100 hari). Pada penelitian ini PLD yang digunakan selama 30 hari (Kool et al., 2011; Schill et al., 2015; Trembl et al., 2007);

- 7) Selama simulasi dijalankan, berlaku asumsi bahwa tidak ada proses predasi, kematian larva, dan faktor lain yang mempengaruhi durabilitas larva (Agus, 2012; Sundelöf dan Jonsson, 2012).

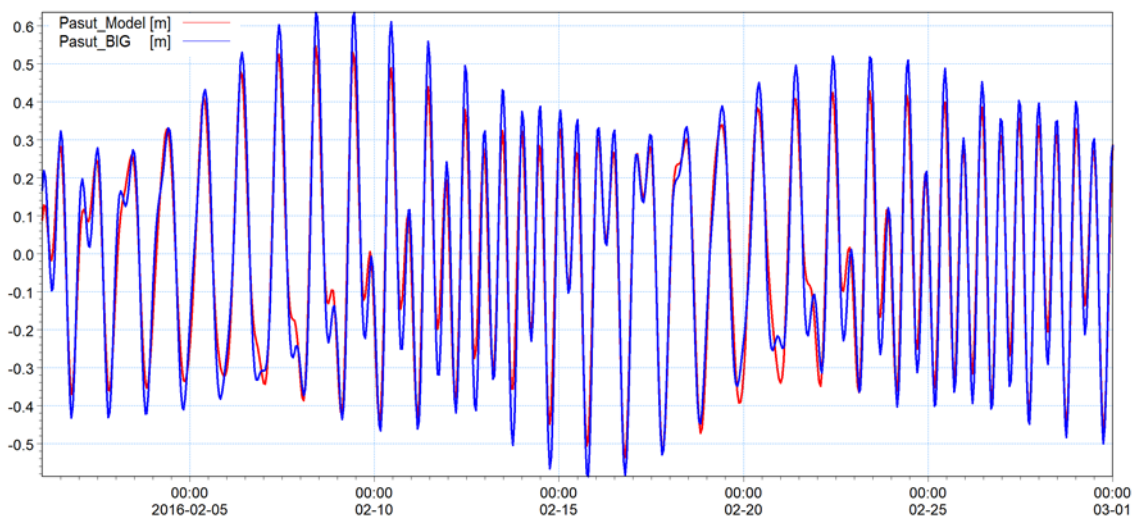
3. HASIL DAN DISKUSI

3.1 Validasi Model

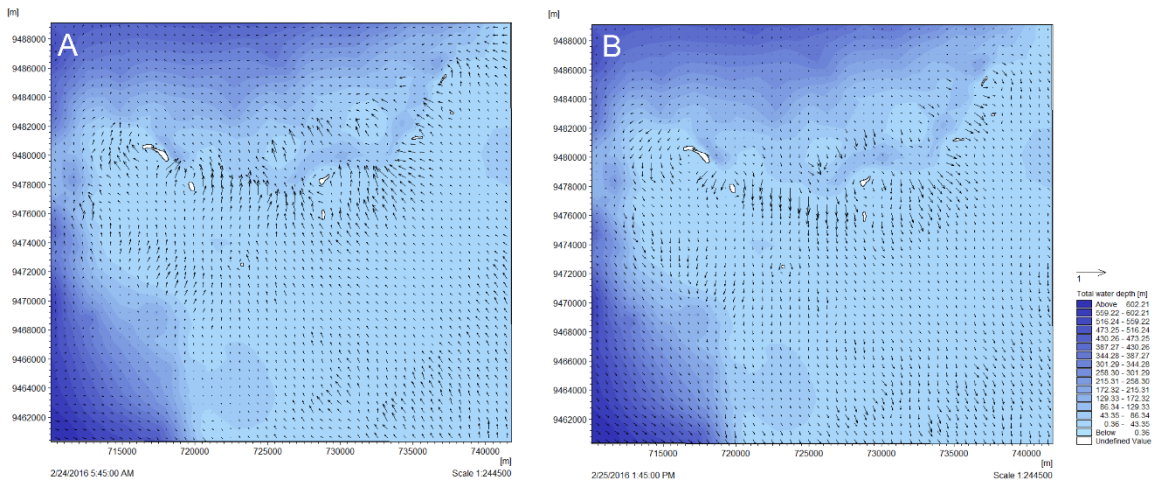
didapatkan nilai 6.2 %, nilai ini tergolong kecil, yang menunjukkan data pasang surut model hampir sama dengan data pasang surut BIG.

3.2. Model Arus Permukaan

Hasil simulasi arus dicuplik pada saat kedudukan muka air menuju pasang yang disajikan pada gambar 4. Pada saat pasang, pergerakan arus dominan ke arah utara, dengan kecepatan berkisar 0.02 – 0.9 m/s.



Gambar 3. Perbandingan data pasang surut model dengan data pasang surut BIG

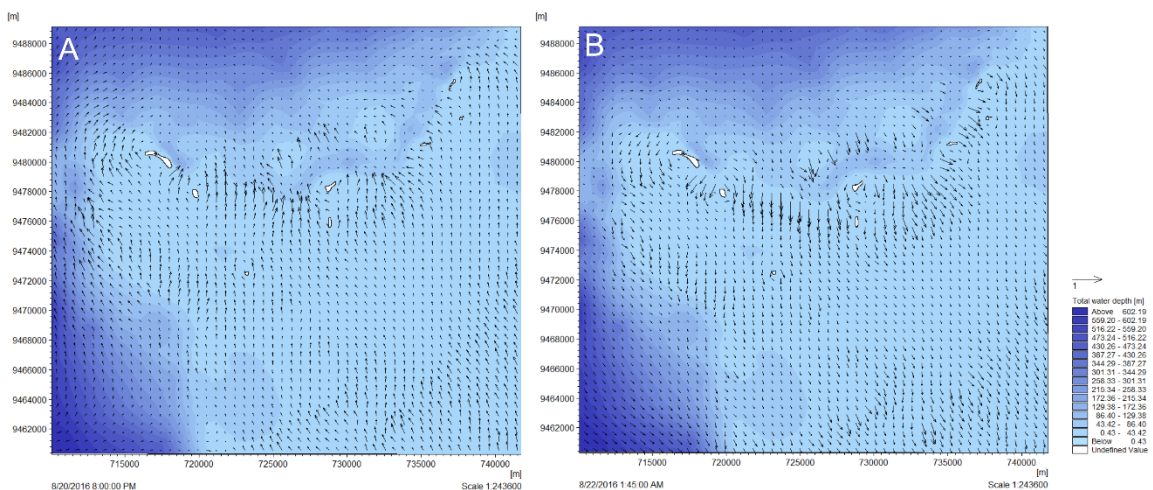


Gambar 4 Pola arus permukaan saat kedudukan muka air menuju pasang (A) dan surut (B) pada musim barat

Sebaliknya ketika menjelang surut, arus dominan menuju ke arah selatan dan tenggara dengan kecepatan 0.03 – 0.7 m/s. Hasil ini menunjukkan pola yang relatif sama dengan penelitian yang dilakukan di Kepulauan Spermonde oleh Jalil dan Suriamihardja (2012) yang menyatakan kondisi arus permukaan saat air pasang berasal dari selatan dengan kecepatan mencapai 0.16 m/s menuju ke utara, sedangkan pada saat surut, pola arus permukaan berasal dari utara dengan

kecepatan mencapai 0.04 m/s menuju ke selatan.

Simulasi arus pada musim timur, dilakukan pada minggu ke tiga bulan Agustus 2016. Simulasi arus dicuplik pada saat kedudukan muka air menuju pasang yang disajikan pada Gambar 5. Pada saat pasang pergerakan arus dominan ke arah utara, dengan kecepatan 0.08 – 0.8 m/s. Sebaliknya, menjelang surut, arus dominan menuju ke arah selatan dan tenggara dengan kecepatan 0.08 – 0.64 m/s.

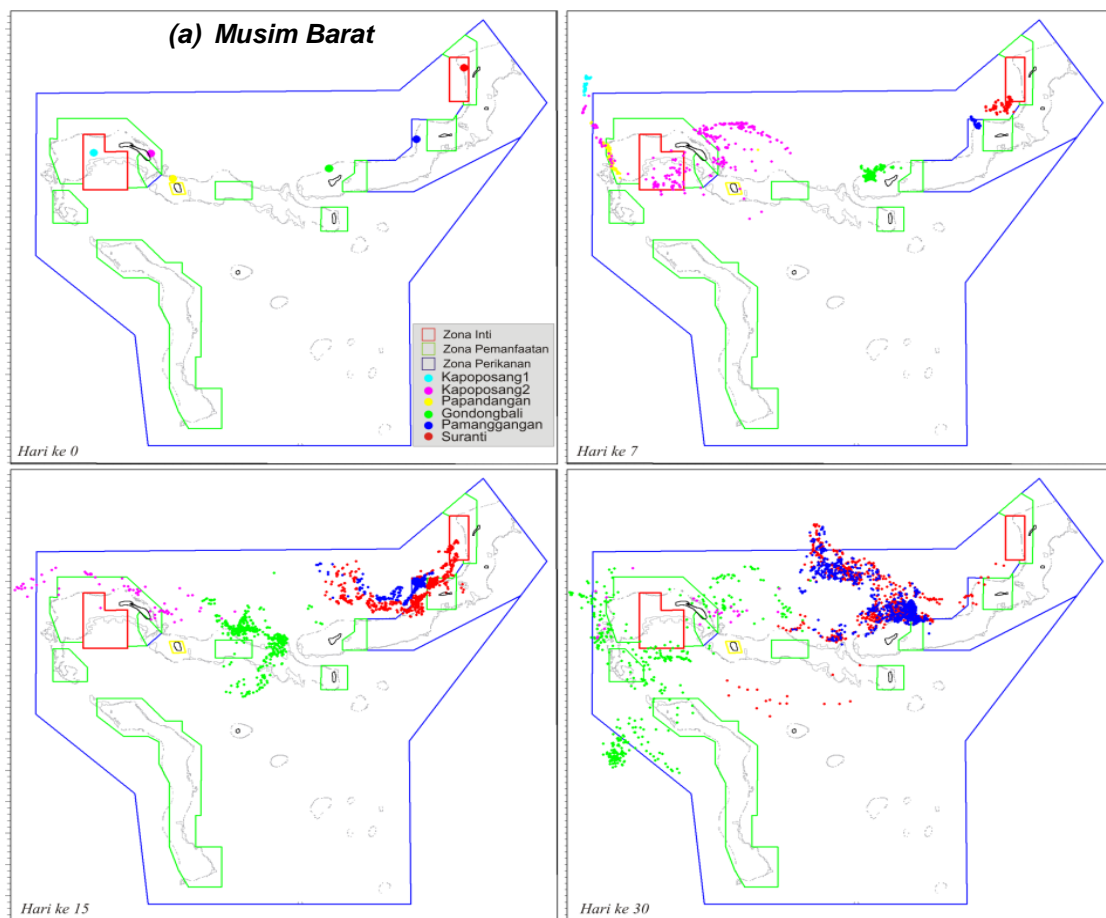


Gambar 5 Pola arus permukaan saat kedudukan muka air menuju pasang (A) dan surut (B) pada musim timur

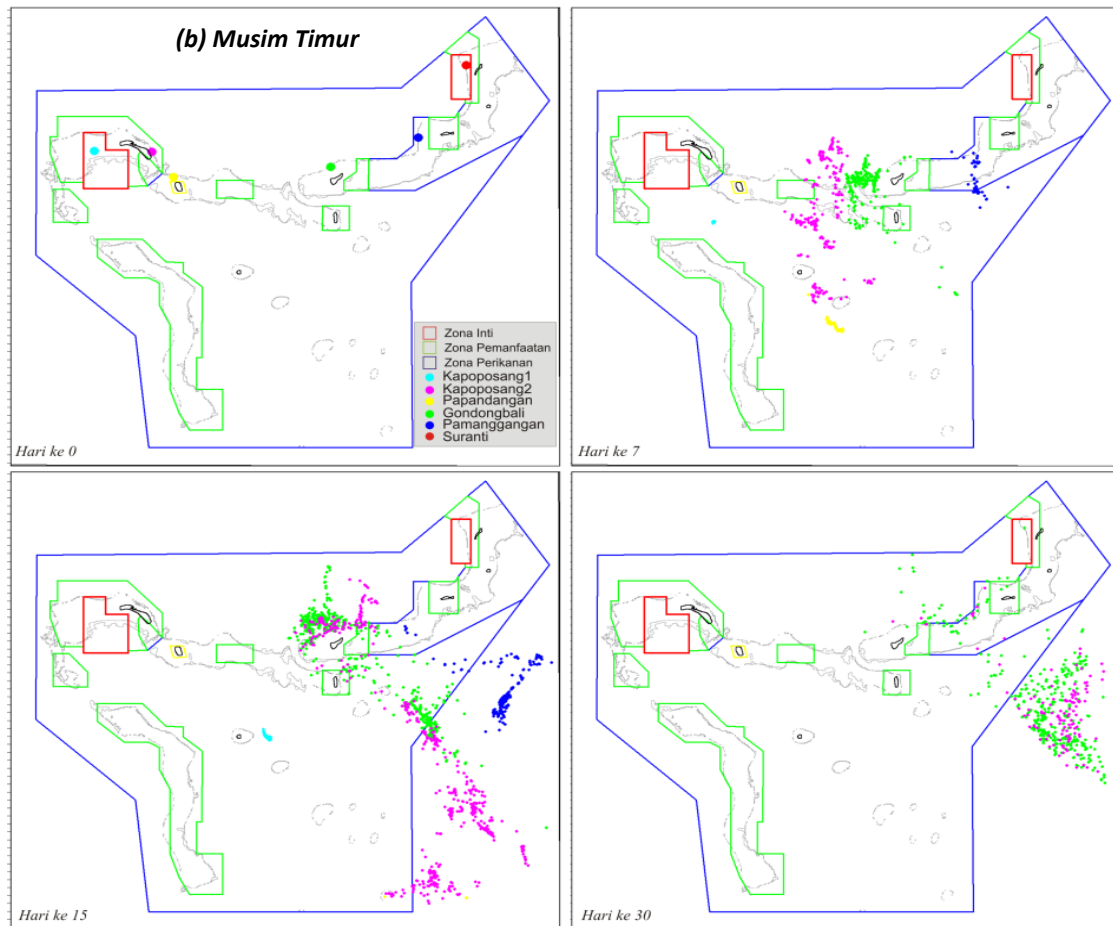
3.3. Model Sebaran Larva

Hasil simulasi sebaran larva menunjukkan adanya perbedaan pola sebaran larva pada musim barat dan timur. Pada musim barat pergerakan larva cenderung ke arah barat dan barat laut (6a). Sedangkan pada musim timur, pergerakan larva cenderung bergerak ke arah tenggara (6b). Pola penyebaran larva menunjukkan bahwa populasi larva di suatu area dipengaruhi perubahan pola musim. Sebaran larva pada musim barat memiliki sebaran yang lebih luas dibandingkan pada musim timur. Hal ini sama dengan yang dinyatakan dalam (Agus, 2012) yang menyatakan sebaran larva ikan karang pada musim timur lebih terbatas dibandingkan pada musim barat. Hal ini mengindikasikan proses

penyebaran larva TWP Kapoposang dipengaruhi oleh arus lokal dan variasi angin selama musim yang berbeda. Gaonkar et al., 2012 menyatakan munsun (barat dan timur) berperan penting dalam distribusi organisme di wilayah tropis. Arus mempengaruhi jarak dan arah sebaran larva sejak dilepaskan sampai melekat di substrat yang sesuai (Gleason dan Hofmann, 2011). Hal ini menjadi catatan bahwa arus memiliki peran penting dalam menjaga konektivitas populasi antar terumbu karang (Botsford et al., 2009; Underwood et al., 2013). Selain dipengaruhi oleh arus, sebaran larva juga dipengaruhi oleh waktu pelepasan serta lama durasi larva mengapung (Cowen dan Sponaugle, 2009), serta karakteristik dari lokasi penyerap larva (Tay et al., 2012).



Gambar 6 Sebaran larva selama simulasi pada (a) musim barat



Gambar 6 Sebaran larva selama simulasi pada (b) musim timur

Pada musim barat, lokasi yang terindikasi sebagai sumber larva, terdapat pada 4 lokasi yaitu Kapoposang2, Gondongbali, Pamanggangan dan Suranti, sedangkan pada musim timur 2 lokasi yaitu Gondongbali dan Kapoposang2. Sedangkan Lokasi yang terindikasi sebagai penyerap larva berjumlah 23 lokasi, pada musim barat ditemukan 15 lokasi sedangkan pada musim timur 4 lokasi, selain itu terdapat 4 lokasi yang berfungsi sebagai penyerap pada dua musim, yaitu Gondongbali dan Pamanggangan.

3.4. Keterbatasan Model

Penelitian ini adalah studi pertama tentang konektivitas melalui model sebaran larva di TWP kapoposang. Saat ini informasi tentang karakteristik dan

perilaku larva karang masih sangat terbatas, sehingga prediksi model sebaran larva karang masih tergantung dengan asumsi (James et al., 2002). Fase larva pada organisme karang dengan strategi sebarannya yang sangat kompleks, merupakan aspek penting dalam dinamika populasi karang, namun pengukuran langsung sebaran larva masih sulit dan sangat jarang dilakukan (Krueck et al., 2016). Sehingga dilakukan pendekatan pemodelan biofisik yang dianggap cukup kuat untuk menggambarkan sebaran dan konektivitas larva sebagai pertimbangan dalam design KKP (Cowen dan Sponaugle, 2009; Treml dan Halpin, 2012; Treml et al., 2008).

Beberapa keterbatasan dalam model ini yaitu belum memasukkan faktor

mortalitas larva, sehingga dalam proses simulasi tidak ada kematian larva akibat predasi atau faktor lain, hal ini dapat mengakibatkan overestimasi konektivitas (Tay et al., 2012) antar lokasi. Namun dalam proses pemijahan karang menghasilkan sangat banyak jumlah larva, sehingga faktor mortalitas larva dapat diabaikan dalam pemodelan sebaran larva karang (Bachtiar I Mei 2017, komunikasi pribadi). Selain itu pada model ini juga tidak mempertimbangkan distribusi vertikal pada saat penyebaran larva, diasumsikan selama proses simulasi, larva berada di permukaan perairan sehingga efek berenang vertikal tidak terlalu signifikan (Sundelöf dan Jonsson, 2012). Walaupun terdapat beberapa keterbatasan dalam model ini, namun validasi dari model hidrodinamika yang digunakan cukup kuat (Gambar 3), sehingga model ini dapat digunakan untuk mengidentifikasi pola dasar sebaran larva karang yang memijah selama musim barat dan timur di TWP Kapoposang.

3.5. Implikasi untuk Pengelolaan Kawasan Konservasi TWP Kapoposang

Hasil pemodelan sebaran larva menunjukkan konektivitas antar lokasi di TWP Kapoposang, lokasi-lokasi tersebut memiliki peran yang sangat penting dan perlu dilindungi agar dapat memaksimalkan dinamika interaksi antara pemulihan populasi biota, produksi larva dan konektivitas antar populasi (Krueck et al., 2016). Mempertahankan konektivitas secara luas diakui sebagai tujuan penting perencanaan tata ruang laut dan kemajuan terkini mengenai konektivitas ekosistem memerlukan peningkatan integrasi untuk desain KKP (Green et al., 2014). Informasi tentang konektivitas tidak hanya penting untuk pembuatan KKP baru, tetapi juga dapat digunakan untuk mengevaluasi efektifnya proses ekologi suatu KKP.

Model sebaran larva yang dibuat menunjukkan bahwa zona inti yang ada di TWP Kapoposang kurang efektif dalam suplai larva karang ke lokasi lain dalam kawasan, terutama pada zona inti 2 yang terletak di bagian barat Pulau Kapoposang, dimana selama 2 periode simulasi (musim barat dan timur), lokasi ini sama sekali tidak menyuplai larva ke lokasi lainnya dalam kawasan. Dari 4 lokasi sumber larva yang teridentifikasi, terdapat 2 lokasi yang berperan penting dalam sebaran larva di TWP Kapoposang, yaitu Kapoposang2 dan Gondongbali, kedua lokasi tersebut berperan sebagai sumber larva pada musim barat dan musim timur, walaupun kedua lokasi ini memiliki persentase karang hidup lebih rendah dibandingkan lokasi sumber larva lainnya namun lokasi ini berperan penting dalam pola konektivitas larva karang dalam kawasan TWP Kapoposang, Tay et al. (2012) menyatakan sebaran transportasi larva tidak selalu berhubungan dengan jumlah larva yang dilepaskan. Lokasi ini memiliki peran yang penting, karena tanpa sumber larva, populasi karang akan terisolasi dan lebih rentan terhadap degradasi. Namun lokasi-lokasi tersebut justru berada di luar zona inti, seperti Gondongbali, perannya yang penting dalam pola konektivitas dalam kawasan sebagai sumber dan penyerap larva utama, dapat diprioritaskan untuk dilindungi atau ditingkatkan statusnya sebagai zona inti, mengingat luas zona inti di TWP Kapoposang seluas 1086.87 ha atau sekitar 2.22 % dari luas kawasan, angka ini masih cukup rendah dibandingkan persentase area keterwakilan untuk perlindungan habitat yang direkomendasikan adalah sebesar 20%-30% dari total luas KKP (Bohnsack et al., 2000; Gaines et al., 2010; Mustofa et al., 2016). Menurut Jompa et al. (2015) luasan zona inti yang kecil tersebut menyebabkan replikasi perlindungan habitat di TWP Kapoposang masih rendah.

Selain itu beberapa penelitian lainnya (KKP, 2014; KKP, 2015) merekomendasikan penambahan zona inti di TWP Kapoposang.

4. KESIMPULAN

Hasil dari model sebaran larva mengindikasikan bahwa proses penyebaran larva karang di TWP Kapoposang dipengaruhi oleh arus dan variasi angin pada musim barat dan timur. Pada musim barat cenderung bergerak ke arah barat laut sedangkan pada musim timur cenderung bergerak ke arah tenggara, mengikuti pola arus pada kedua musim tersebut.

Pemetaan pola konektivitas karang di TWP Kapoposang, didapatkan lokasi-lokasi yang berperan dalam konektivitas, lokasi yang berfungsi sebagai sumber larva yaitu Gondongbali Kapoposang2, Suranti dan Pamanggangang. Sementara lokasi yang berfungsi sebagai penyerap larva dengan menerima larva dari beberapa sumber yaitu Gondongbali, Kapoposang, Pamanggangang, Taka Karang-karangang, Taka Pallawangan dan Taka Palekko.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kami ucapkan ke Badan Riset dan Sumber Daya Manusia Kementerian Kelautan dan Perikanan (BRSDM KKP) untuk bantuan biaya penelitian serta Satker TWP Kapoposang atas bantuan sarana dan prasarana selama penelitian berlangsung.

DAFTAR PUSTAKA

[DHI] Danish Hydraulics Institute, 2014. MIKE 21 Toolbox: Global Tide Model-Tidal prediction.

[KKP] Kementerian Kelautan dan Perikanan - PT. Prestasi Multi Kreasi, 2014. Laporan Pemantauan

Sumberdaya di TWP Kapoposang, TWP Laut Banda, TWP Padaido, SAP Raja Ampat, SAP Waigeo sebelah Barat dan SAP Aru Tenggara.

[KKP] Kementerian Kelautan dan Perikanan - Satker TWP Kepulauan Kapoposang dan Laut Sekitarnya, 2015. Laporan Monitoring Kawasan, Survey Manta Tow TWP Kapoposang.

[KKP] Kementerian Kelautan dan Perikanan, 2014. Keputusan Menteri Kelautan dan Perikanan Republik Indonesia Nomor 59/kepmen-kp/2014 tentang Rencana Pengelolaan dan Zonasi Taman Wisata Perairan Kepulauan Kapoposang dan Laut Sekitarnya di Provinsi Sulawesi Selatan Tahun 2014-2034.

[KKP] Kementerian Kelautan dan Perikanan, 2016. Luas Kawasan Konservasi. URL <http://www.kkji.kp3k.kkp.go.id/index.php/beritabarur/118-tabel-luas-kawasan-konservasi> (accessed 2.24.17).

Abbott, M.B., Petersen, H.M., Skovgaard, O., 2010. On the numerical modelling of short waves in shallow water. *J. Hydraul. Res.* 16, 173–204.

Agus, S.B., 2012. Kajian konektivitas habitat ikan terumbu ontogeni menggunakan pemodelan geospasial di perairan Kepulauan Seribu. Disertasi. Institut Pertanian Bogor.

Almany, G.R., Connolly, S.R., Heath, D.D., Hogan, J.D., Jones, G.P., McCook, L.J., Mills, M., Pressey, R.L., Williamson, D.H., 2009. Connectivity, biodiversity conservation and the design of marine reserve networks for coral reefs. *Coral Reefs* 28, 339–351.

Andrello, M., Mouillot, D., Beuvier, J., Albouy, C., Thuiller, W., Manel, S., 2013. Low connectivity between Mediterranean marine protected areas: a biophysical modeling approach for the Dusky Grouper

- Epinephelus marginatus*. PLoS One 8, 1–15.
- Bohnsack, J., Causey, B., Crosby, M., Griffis, R., Hixon, M., Hourigan, T. F., Koltes, K., Maragos, J., Simons, A., Tilmant, J., 2000. protection no take area for a minimum rationale. In: 9th International Coral Reef Symposium. Bali, Indonesia, pp. 615–619.
- Botsford, L.W., White, J.W., Coffroth, M.-A., Paris, C.B., Planes, S., Shearer, T.L., Thorrold, S.R., Jones, G.P., 2009. Connectivity and resilience of coral reef metapopulations in marine protected areas: matching empirical efforts to predictive needs. *Coral reefs* (Online) 28, 327–337.
- Callwood, K.A., 2010. Use of larval connectivity modeling to determine settlement habitats of *Panulirus argus* in the Bahamas as a pre-cursor to marine protected area network planning. Open Access theses. University of Miami.
- Cowen, R.K., Sponaugle, S., 2009. Larval dispersal and marine population connectivity. *Ann. Rev. Mar. Sci.* 1, 443–466.
- Estradivari, Handayani, C., Firmansyah, F., Yusuf, M., 2017. Kawasan konservasi perairan: Investasi cerdas untuk perlindungan keanekaragaman hayati laut dan membangun perikanan Indonesia. WWF. Jakarta, Indonesia
- Gaines, S.D., White, C., Carr, M.H., Palumbi, S.R., 2010. Designing marine reserve networks for both conservation and fisheries management. *PNAS* 1–8.
- Gaonkar, C.A., Samiksha, S.V., George, G., Aboobacker, V.M., Vethamony, P., Anil, A.C., 2012. Numerical simulations of barnacle larval dispersion coupled with field observations on larval abundance, settlement and recruitment in a tropical monsoon influenced coastal marine environment. *J. Mar. Syst.* 94, 218–231.
- Gleason, D.F., Hofmann, D.K., 2011. Coral larvae: From gametes to recruits. *J. Exp. Mar. Bio. Ecol.* 408, 42–57.
- Green, A.L., Maypa, A.P., Almany, G.R., Rhodes, K.L., Weeks, R., Abesamis, R.A., Gleason, M.G., Mumby, P.J., White, A.T., 2014. Larval dispersal and movement patterns of coral reef fishes, and implications for marine reserve network design. *Biol. Rev. Camb. Philos. Soc.* 90, 1215–47.
- Jalil, A.R., Suriamihardja, D.A., 2012. Pola pergerakan arus permukaan pada munson barat di perairan Spermonde. Dalam: Pertemuan Ilmiah Tahunan IX ISOI. p. 58.
- James, M.K., Armsworth, P.R., Mason, L.B., Bode, L., 2002. The structure of reef fish metapopulations: modelling larval dispersal and retention patterns. *Proc. R. Soc. B Biol. Sci.* 269, 2079–2086.
- Jompa, J., Nessa, N., Lukman, M., 2015. Konektivitas kawasan konservasi. Dalam: Jompa, J., Nessa, N., Lukman, M. (Eds.), *Pengelolaan Kawasan Konservasi Laut (Bunga Rampai)*. p. 25.
- Kool, J.T., Paris, C.B., Barber, P.H., Cowen, R.K., 2011. Connectivity and the development of population genetic structure in Indo-West Pacific coral reef communities. *Glob. Ecol. Biogeogr.* 20, 695–706.
- Krueck, N.C., Ahmadi, G.N., Green, A., Jones, G.P., Possingham, H.P., Riginos, C., Treml, E.A., Mumby, P.J., 2016. Incorporating larval dispersal into MPA design for both conservation and fisheries. *Ecol. Appl.* 27, 925–941.
- Lagabrielle, E., Crochelet, E., Andrello, M., Schill, S.R., Arnaud-Haond, S., Alloncle, N., Ponge, B., 2014. Connecting MPAs - eight challenges for science and management. *Aquat. Conserv. Mar. Freshw. Ecosyst.* 24, 94–110.

- Lowe, W.H., Allendorf, F.W., 2010. What can genetics tell us about population connectivity? *Mol. Ecol.* 19, 3038–51.
- Mustofa, A., Dirga, D., Handayani, C., Estradivari, 2016. Hasil Kajian Jejaring Kawasan Konservasi Perairan Di Southern-Eastern Sulawesi Subseascape (SESS).
- Rani, C., 2004. Reproduksi seksual karang *Skleraktinia Acropora mobilis* dan *Pocillipora verrucosa* di terumbu karang tropik pulau Barrang Lompo, Makassar. Institut Pertanian Bogor.
- Schill, S.R., Raber, G.T., Roberts, J.J., Treml, E.A., Brenner, J., Halpin, P.N., 2015. No reef is an island: Integrating coral reef connectivity data into the design of regional-scale marine protected area networks. *PLoS One* 10, 1-24.
- Soria, G., Torre-Cosio, J., Munguia-Vega, A., Marinone, S.G., Lavín, M.F., Cinti, A., Moreno-Báez, M., 2014. Dynamic connectivity patterns from an insular marine protected area in the Gulf of California. *J. Mar. Syst.* 129, 248–258.
- Stephens, S.A., Broekhuizen, N., Macdiarmid, A.B., Lundquist, C.J., McLeod, L., Haskew, R., 2006. Modelling transport of larval New Zealand abalone (*Haliotis iris*) along an open coast. *Mar. Freshw. Res.* 57, 519–532.
- Sundelöf, A., Jonsson, P.R., 2012. Larval dispersal and vertical migration behaviour - a simulation study for short dispersal times. *Mar. Ecol.* 33, 183–193.
- Surbakti, H., Agus, S.B., Sunuddin, A., 2014. Dinamika Oseanografi Sebagai Komponen Kunci dalam Menyusun Strategi Konservasi untuk Rumusan Pengelolaan Berbasis Ekosistem. In: Mini Simposium Pengelolaan Kawasan Konservasi Untuk Perikanan Berkelanjutan; Side Event Konferensi Kelautan Nasional (KONAS) IX; Surabaya.
- Tay, Y.C., Todd, P., Rosshaug, P., Chou, L.M., 2012. Simulating the transport of broadcast coral larvae among the Southern Islands of Singapore. *Aquat. Biol.* 15, 283–297.
- Treml, E.A., Halpin, P.N., 2012. Marine population connectivity identifies ecological neighbors for conservation planning in the Coral Triangle. *Conserv. Lett.* 5, 441–449.
- Treml, E.A., Halpin, P.N., Urban, D.L., Pratson, L.F., 2008. Modeling population connectivity by ocean currents, a graph-theoretic approach for marine conservation. *Landsc. Ecol.* 23, 19–36.
- Underwood, J.N., Wilson, S.K., Ludgerus, L., Evans, R.D., 2013. Integrating connectivity science and spatial conservation management of coral reefs in north-west Australia. *J. Nat. Conserv.* 21, 163–172.
- Wood, S., Paris, C.B., Ridgwell, A., Hendy, E.J., 2014. Modelling dispersal and connectivity of broadcast spawning corals at the global scale. *Glob. Ecol. Biogeogr.* 23, 1–11.
- Yusuf, S., 2012. Reproduksi seksual karang (ordo Scleractinia): pemijahan, perkembangan larva dan metamorfosa. Institut Pertanian Bogor.
- Yusuf, S., Husain, A.A.A., Suharto, Amri, K., Rappe, A.R., Selamat, B., 2015. Kondisi terumbu karang dan ekosistem terkait di Taman Wisata Perairan Kapoposang.
- Yusuf, S., Jompa, J., Zamani, N.P., Junior, M.Z., 2013. Reproduction pattern and multispecific spawning of *Acropora* spp. in Spermonde Islands Reef, Indonesia. *Ilmu Kelaut. Indones. J. Mar. Sci.* 18(3), 172-178.

