

Pasang Surut, Arus dan Gelombang Berdasarkan Data Pengukuran *Acoustic Doppler Current Profiler* di Perairan Pulau Cilik, Karimunjawa

Elis Indrayanti^{1*}, Diah Permata Wijayanti², Hendry Ropianus Siagian¹

¹Departemen Oseanografi, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro

²Departemen Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. H. Soedarto S.H, Tembalang, Semarang, Jawa Tengah 50275 Indonesia

Email: elisindrayanti@yahoo.com

Abstrak

Pulau Cilik merupakan gugusan pulau di Karimunjawa yang menjadi salah satu destinasi wisata bahari di Indonesia. Perairan ini kaya akan terumbu karang dan ikan berwarna-warni dengan tutupan karang hidup yang masih tinggi. Proses hidrodinamika seperti pasang surut, arus laut dan gelombang laut secara langsung maupun tidak langsung berpengaruh terhadap kondisi terumbu karang, oleh karena itu penelitian ini perlu dilakukan. Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui karakteristik pasang surut, arus laut dan gelombang berdasarkan data pengukuran *Acoustic Doppler Current Profiler* (ADCP) di Perairan Pulau Cilik, Karimunjawa. Pengukuran dilaksanakan selama 7x24 jam dengan interval waktu 600 dt dan *sample rate* 300 dt. Posisi ADCP pada -5.8177°S dan 110.5096°E . Kedalaman total pengukuran 14 m dengan kedalaman aktif pengukuran 12 m, yang terbagi menjadi 6 lapisan kedalaman yaitu 2 m, 4 m, 6 m, 8 m, 10 m, dan 12 m. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa Perairan Pulau Cilik, Karimunjawa memiliki tipe pasang surut campuran condong harian tunggal dengan nilai formzahl sebesar 2.55. Kecepatan arus bervariasi dengan rata-rata pada seluruh lapisan antara 5.57–6.35 cm/dt, sedangkan arahnya *bi-directional* yaitu memiliki dua muka arah (timur dan barat-barat daya). Tinggi dan periode gelombang yang didapatkan pada saat pengamatan relatif kecil.

Kata kunci : Pulau Cilik, Karimunjawa, ADCP, Arus Laut, Gelombang

Abstract

Tides, Ocean Currents and Wave Based on Acoustic Doppler Current Profiler Measurement Data in Cilik Island, Karimunjawa

Cilik Island Waters in Karimunjawa is one of the marine tourism destinations in Indonesia. These waters are rich in coral reefs and colorful fish with high live coral cover. Hydrodynamic processes as tides, ocean currents, and waves influence the performance of coral reef through direct or indirect effects. Therefore this research needs to be done. The purpose of this study was to determine the characteristics of tides, ocean currents, and waves based on Acoustic Doppler Current Profiler (ADCP) measurement data in Cilik Island Waters, Karimunjawa. Measurements were carried out for 7 x 24 hours (2 April 2017 - 9 April 2017) with a time interval of 600 s and a sample rate of 300 s. The ADCP position is -5.8177°S and 110.5096°E . The total depth is 14 m with an actual measurement depth of 12 m, which is divided into 6 layers of depth namely 2 m, 4 m, 6 m, 8 m, 10 m, and 12 m. Result shown that Cilik Island, Karimunjawa, have a single mixed daily tidal type with a formzahl value of 2.55. Current velocity varies with the average in all layers between 5.57-6.35 cm/s, while the direction is bi-directional, which has two faces (east and west-southwest). The height and wave period obtained at the time of observation are relatively small.

Keywords : Cilik Island, Karimunjawa, ADCP, Current, Wave

PENDAHULUAN

Karimunjawa merupakan destinasi wisata bahari di Indonesia yang menawarkan keindahan panorama laut dan pantai yang cantik. Karimunjawa terdiri atas 27 gugusan pulau, dan

salah satunya adalah Pulau Cilik yang terletak di sisi sebelah timur (BTNKJ, 2016). Pulau Cilik termasuk pulau yang banyak dikunjungi wisatawan terutama untuk kegiatan snorkeling, diving, berenang, atau bersantai di pantai yang

*Corresponding author

DOI:10.14710/buloma.v9i1.29065

<http://ejournal.undip.ac.id/index.php/buloma>

Diterima/Received : 13-01-2020

Disetujui/Accepted : 01-04-2020

berpasir putih dan halus. Perairan Pulau Cilik juga kaya akan terumbu karang dan ikan berwarna warni, dengan tutupan karang hidup yang tinggi yaitu mencapai lebih dari 50 % (DKP, 2016).

Terumbu karang memiliki peran yang sangat penting sebagai penyedia jasa ekosistem utama, perlindungan pantai, dan ekonomi bagi masyarakat pesisir. Jasa ekosistem utama termasuk didalamnya menyediakan habitat dan tempat berkembang biak untuk spesies laut, mendukung sektor perikanan dan pariwisata (Burke *et al.*, 2012; Rogers *et al.*, 2014), dan melindungi garis pantai dari genangan, erosi dan gelombang badai (Ferrario *et al.*, 2014).

Sebelum mempelajari lebih lanjut tentang lingkungannya, maka diperlukan pengetahuan yang komprehensif tentang proses fisik yang bekerja di perairan Pulau Cilik, Karimunjawa. Pengetahuan tentang kondisi fisik di laut pesisir sangat diperlukan untuk memahami proses biologi dan kimiawi dari fenomena oseanografi (Yanagi, 2011). Proses hidrodinamika seperti pasang surut, arus laut dan gelombang secara langsung maupun tidak langsung mempengaruhi kondisi terumbu karang di suatu kawasan (Lenihan *et al.*, 2015), informasi ini sangat diperlukan sebagai bahan pertimbangan dalam pengelolaan kawasan terumbu karang. Penelitian sebelumnya telah menunjukkan betapa pentingnya kajian karakteristik oseanografi (pasang surut, arus dan gelombang) dalam proses sebaran larva karang (Afandy *et al.*, 2017; Fitriadi *et al.*, 2017; Indrayanti *et al.*, 2019) dan dalam kaitannya dengan efektivitas terumbu sebagai pelindung daerah pesisir (Beetham *et al.*, 2016; Masselink *et al.*, 2019).

Pengukuran pasang surut, arus dan gelombang dapat dilakukan secara manual dengan menggunakan palem pasut, bola duga, dan palem gelombang, akan tetapi banyak kendala yang ditemui diantaranya pengaruh cuaca buruk, akurasi pengukuran yang rendah, ombak laut tidak menentu, biaya serta tenaga kurang efisien. Dengan semakin berkembangnya teknologi, saat ini instrumentasi otomatis banyak digunakan untuk pengukuran data di laut salah satunya adalah *Acoustic Doppler Current Profiler* atau ADCP yang lebih efisien dan akurat (Harjono *et al.*, 2015; Arifiyanto *et al.*, 2016). ADCP telah banyak diaplikasikan pada berbagai penelitian diantaranya berkaitan dengan waktu pemijahan karang (Storlazzi *et al.*, 2006).

ADCP dapat mengukur profil kecepatan 3 dimensi dalam kolom air dengan menggunakan prinsip pergeseran Doppler (Kostaschuk *et al.*,

2005; Sontek, 2006). Kelebihan ADCP adalah bisa mengambil data sampai beberapa lapisan sesuai dengan kebutuhan penelitian, mampu mengukur komponen arus vertikal, efektif dan efisien untuk pengamatan jangka panjang, mampu mengukur dengan selang waktu yang pendek sekitar 3 detik pada kedalaman air 30-35 m, sehingga data yang dihasilkan merupakan data dengan resolusi tinggi (Sontek, 2006).

Kondisi pasang surut, arus dan gelombang di kawasan pesisir ini sangat menarik untuk dikaji dan diukur secara berkelanjutan sebagai masukan dalam pengelolaan kawasan terumbu karang, monitoring terhadap erosi garis pantai dan kegiatan rekreasi. Oleh karena itu penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik pasang surut, arus dan gelombang di Perairan Pulau Cilik, Karimunjawa berdasarkan hasil pengukuran menggunakan ADCP.

MATERI DAN METODE

Penelitian dilaksanakan di Perairan Pulau Cilik, Karimunjawa. ADCP ditempatkan pada posisi lintang -5.817722° S dan bujur 110.509639° E (Gambar 1). Pengukuran elevasi muka air, arah dan kecepatan arus serta gelombang dilakukan selama 7 hari.

Pengukuran dengan ADCP

Setting ADCP dilakukan sebelum alat ditempatkan di laut, tujuannya untuk menentukan waktu pengukuran, titik kedalaman dan interval waktu perekaman data. Selanjutnya ADCP ditempatkan pada suatu *frame/rangka stainless* untuk keamanan dan memudahkan ketika diletakkan pada substrat dasar laut. ADCP dipasang dengan *metode Sea Bottom Mounted* dan posisi sensor menghadap ke atas (Arifiyanto *et al.*, 2016). Hal ini dimaksudkan untuk melakukan pengukuran pada suatu titik tetap pada jangka waktu tertentu. ADCP diletakkan pada kedalaman total 14 m dengan kedalaman aktif pengukuran adalah 12 m, yang terbagi menjadi 6 lapisan kedalaman (*d*) yaitu pada kedalaman 2 m, 4 m, 6 m, 8 m, 10 m, dan 12 m (Gambar 2). Pengukuran dilakukan selama 7 x 24 jam dengan interval waktu sebesar 600 detik dan *sample rate* sebesar 300 detik. Monitoring dilakukan setiap hari untuk melihat posisi dan kondisi alat. Setelah 7 x 24 jam pengukuran dilakukan pengangkatan ADCP dan pengunduhan (*download*) data perekaman.

Pengolahan Data

Data yang diperoleh dari hasil pengukuran ADCP merupakan data berformat binary (*.ENR,

.ENS,.ENX,*.N1R,*.STA, *.LOG). Setelah proses pengunduhan data selesai, maka untuk membuka dan menampilkan data harus diubah formatnya menjadi ASCII-TXT (*.TXT) dengan cara mengonversi data menggunakan perangkat lunak *ViewArgonaut Module Processing*. Data ASCII-TXT kemudian dapat diplot untuk selanjutnya dilakukan analisa karakteristik pasang surut, arus dan gelombang.

Elevasi muka air didapatkan dari hasil perekaman yaitu hasil perubahan tekanan air terhadap kedalaman pengukuran. Penentuan tipe pasang surut diperoleh dengan menggunakan rumus Formzahl yaitu perbandingan nilai K1 dan O1 (konstanta pasut tunggal utama) terhadap nilai M2 dan S2 (konstanta pasut ganda utama) (Ongkosongo dan Suyarso, 1989).

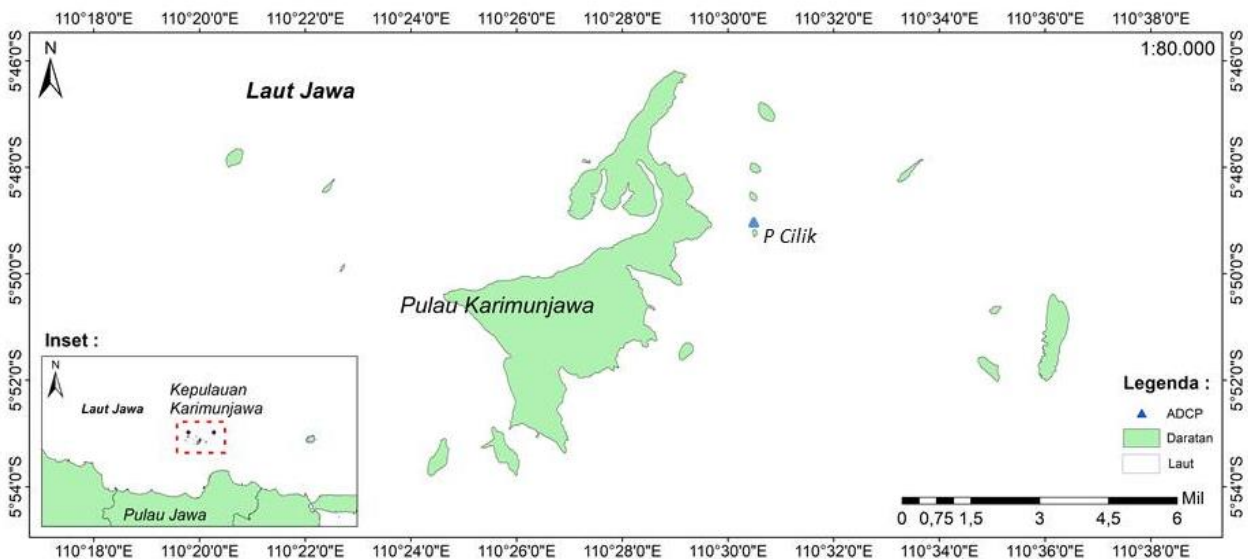
Data arah dan kecepatan arus disajikan dalam bentuk mawar arus (*current rose*) per lapisan kedalaman. Data gelombang yang

diperoleh merupakan gelombang *realtime* yang terjadi selama perekaman dengan menggunakan ADCP. Data gelombang yang diperoleh kemudian dianalisis dengan grafik *time series* dan *stock*, dengan tujuan untuk mengetahui karakteristik tinggi gelombang (Hs) dan periode gelombang (T) tiap hari, selama pengukuran berlangsung.

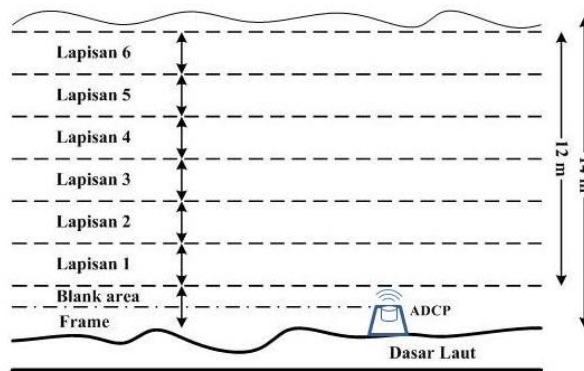
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil elevasi rerata muka laut (*mean sea level*) sebesar 15.22 m, dengan elevasi tinggi (*high water level*) sebesar 15.62 m, elevasi tertinggi (*highest high level*) sebesar 16.01 m, elevasi rendah (*low water level*) sebesar 14.19 m, dan elevasi terendah (*lowest low level*) adalah 14.03 m (Gambar 3).

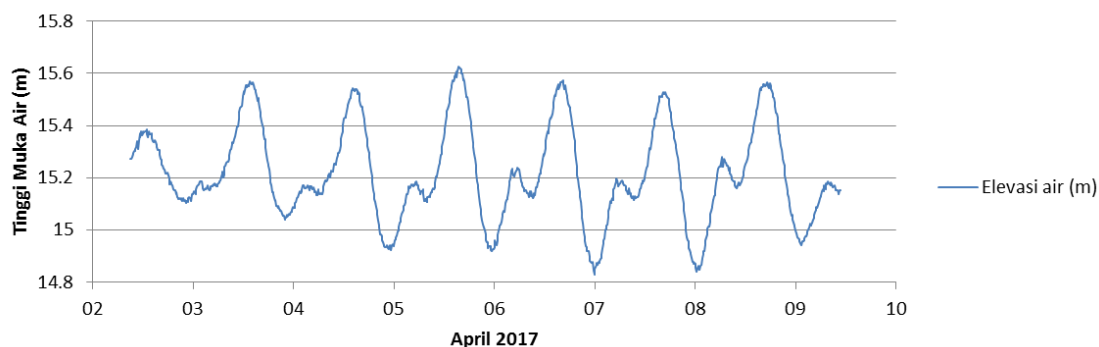
Hasil perhitungan menunjukkan bahwa tipe pasang surut Perairan Pulau Cilik, Karimunjawa merupakan campuran condong harian tunggal (*mixed tide prevailing diurnal*) dengan nilai



Gambar 1. Lokasi Penempatan ADCP



Gambar 2. Ilustrasi lapisan kedalaman pengukuran



Gambar 3. Elevasi muka air Perairan Pulau Cilik, Karimunjawa

formzahl sebesar 2.55 ($1,25 < F \leq 3$). Komponen pasang surut terdiri atas S0, M2, S2, K1, O1, K2 dan P1 disajikan pada Tabel 1.

Tipe pasang surut di Pulau Cilik adalah campuran condong ke harian tunggal yang berarti dalam satu hari terjadi sekali pasang dan satu surut, namun kadang-kadang terjadi dua kali pasang surut dua kali dengan periode tinggi dan sangat berbeda. Penelitian oleh Lisnawati *et al.* (2013) di Pulau Parang, Karimunjawa juga melaporkan bahwa tipe pasang surut adalah campuran condong harian tunggal. Hasil ini juga sejalan dengan penelitian Yusuf dan Yanagi (2013) yang menyatakan bahwa konstituen diurnal dominan hampir di seluruh wilayah Laut Jawa yaitu pantai timur Sumatera Selatan, Laut Jawa bagian tengah dan pantai utara Jawa Timur, dominasi diurnal ini dikarenakan resonansi gelombang pasang di Laut Jawa.

Pulau Cilik merupakan satu gugusan pulau di Karimunjawa dimana posisinya berada di Laut Jawa. Komponen pasang surut yang didapatkan dari hasil pengukuran di Pulau Cilik meliputi K1 dan M2, hal ini sesuai dengan penelitian pasang surut di Laut Jawa yang menyatakan bahwa aliran energi pasang surut K1 di Laut Jawa berasal dari Samudra Pasifik melalui Selat Makasar, sedangkan aliran energi pasang surut M2 berasal dari Samudera Hindia melalui Selat Malaka dan Laut Flores (Hayatama *et al.*, 1996; Koropitan dan Ikeda, 2008; Yusuf dan Yanagi, 2013).

Arah dan Kecepatan Arus Pada Tiap Lapisan Kedalaman

Arah dan kecepatan arus hasil data pengukuran disajikan dalam 6 lapisan kedalaman tersaji pada Tabel 2 dan Gambar 4. Arah arus yang terjadi di Perairan Pulau Cilik menunjukkan adanya pola arus yang bergerak 2 arah atau yang disebut dengan *bi-directional current*. Arah arus

menunjukkan pergerakan arah barat-barat daya ($200^\circ - 270^\circ$) dan arah timur ($70^\circ - 90^\circ$).

Profil Kecepatan Arus, Arah arus dan Elevasi Muka Air

Kecepatan dan arah arus hasil pengukuran arus Perairan sekitar Pulau Kecil, Karimunjawa ditampilkan dalam grafik hubungan antara kecepatan arus, arah arus, dan elevasi muka air, seperti yang disajikan pada Gambar 5.

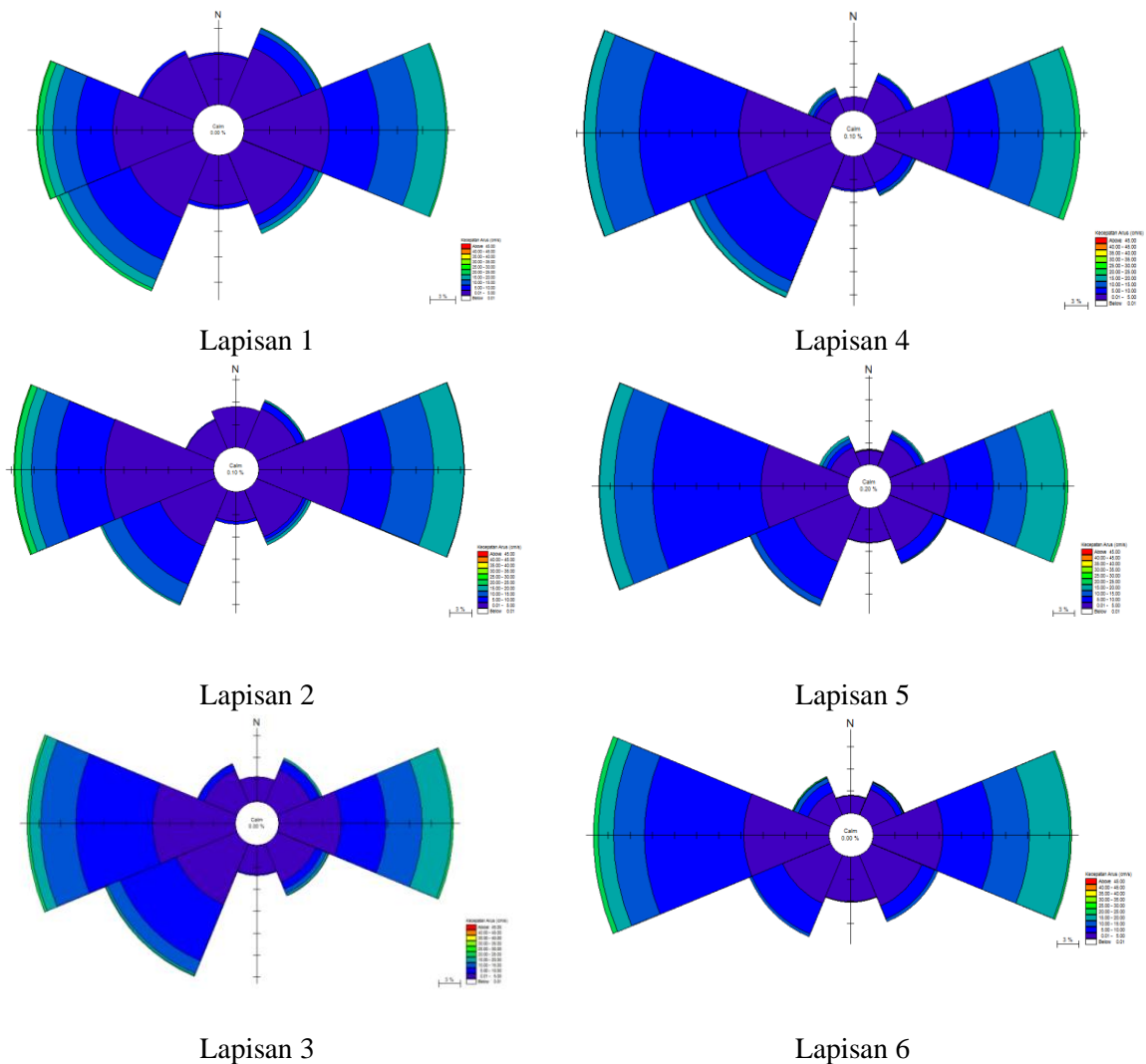
Kecepatan arus selama pengukuran membentuk pola sinusoidal yang sama dengan elevasi muka air, dengan kecepatan arus maksimum sebesar 20,1 cm/dt, kecepatan arus minimum sebesar 0,1 cm/dt dengan kecepatan rata-rata sebesar 5,5 cm/dt. Kecepatan arus maksimum 20.1 cm/dt terjadi pada saat elevasi surut menuju pasang pada saat pasut purnama. Perubahan arah arus terjadi mengikuti dari perubahan elevasi muka air, pada saat pasang menuju surut arah arus didominasi oleh arah 240° sampai dengan 300° (barat daya – barat) dan pada saat surut menuju pasang arah arus yang mendominasi adalah arah 60° sampai dengan 120° (timur laut – timur). Kecepatan arus maksimal pada saat pasang menuju surut bergerak 240° sampai dengan 300° (barat daya–barat), kecepatan arus maksimal pada saat surut menuju pasang bergerak kearah 255° (barat)

Gelombang

Hasil pengukuran selama 7 hari belum bisa digunakan untuk menyatakan karakteristik gelombang di Pulau Cilik, Karimunjawa karena gelombang dipengaruhi oleh angin musiman. Akan tetapi hasil pengukuran ini digunakan untuk mendapatkan parameter gelombang seperti tinggi gelombang (H) dan periode gelombang (T) yang diperlukan dalam peramalan gelombang. Hasil pengukuran tersaji pada Gambar 6, 7 dan 8.

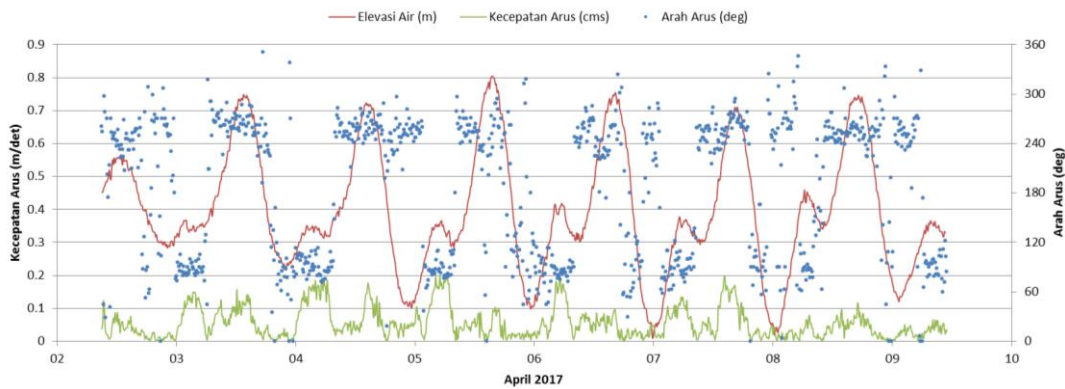
Tabel 1. Komponen pasang surut Perairan Sekitar Pulau Kecil, Karimunjawa

		S0	M2	S2	K1	O1	K2	P1
A	m	15.216	0.0873	0.0595	0.2600	0.1155	0.1875	0.7104
g*			229.5	175.05	331.13	229.5	58.46	334.04

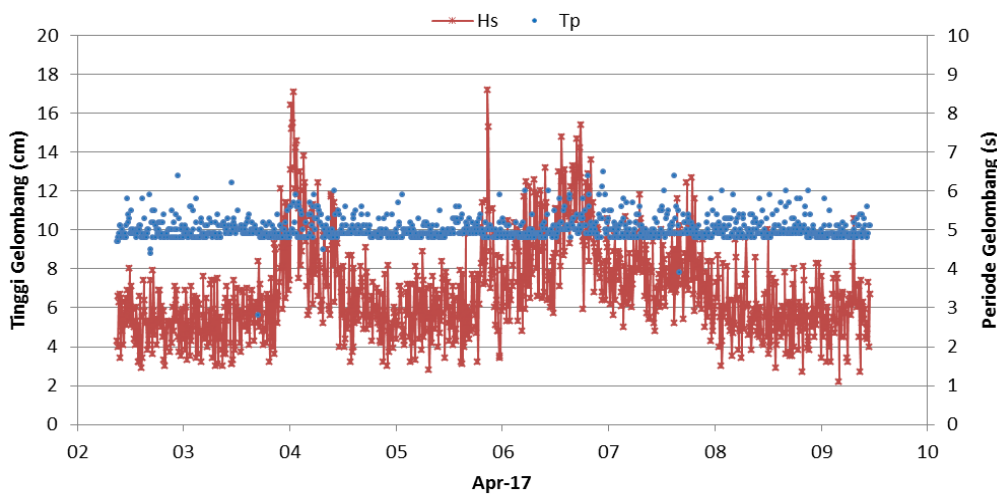


Tabel 2. Arah dan Kecepatan Arus Pada Tiap Lapisan Kedalaman

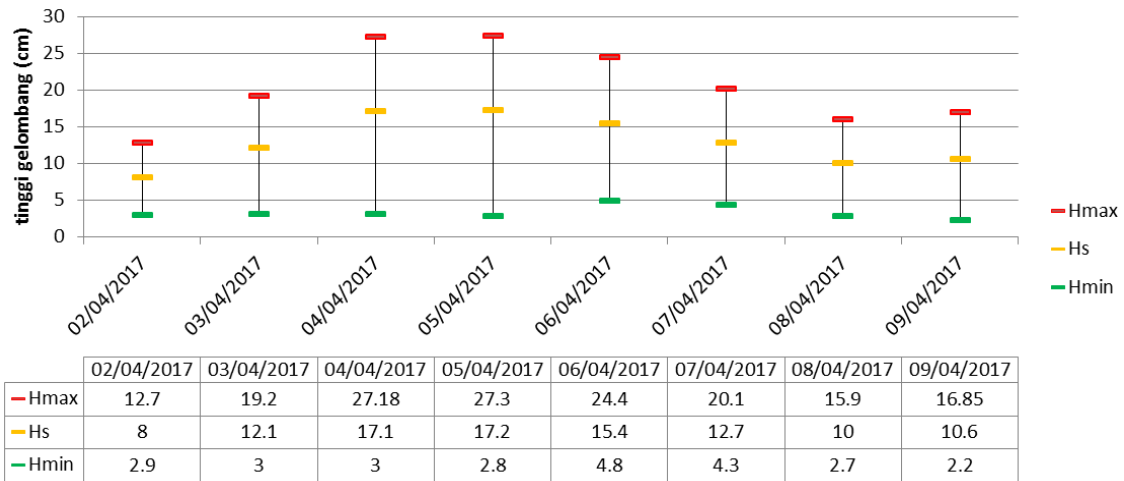
Lapisan	Kecepatan dan Arah Arus
Lapisan 6 (0 – 2 m)	Arah arus dominan ke timur dengan persentase 27.03% dan kecepatan arus 5 cm/dt – 30 cm/dt, arah sebaliknya menuju barat (32.03%) dan barat daya (12.05%) dengan kecepatan arus berkisar 0 cm/dt – 25 cm/dt
Lapisan 5 (2 - 4 m)	Arah arus dominan ke arah timur dengan persentase 24.49% dengan kecepatan arus antara 5 cm/dt – 30 cm/dt, serta arah sebaliknya arah barat dan barat daya dengan persentase sebesar 34.57% dan 18.69% dengan kecepatan arus berkisar antara 5 cm/dt – 25 cm/dt
Lapisan 4 (4 - 6 m)	Arah arus dominan ke arah timur dengan persentase 26.54% dengan kecepatan arus 5 cm/dt– 20 cm/dt, serta arah sebaliknya arah barat dan barat daya dengan persentase sebesar 32.13% dan 20.18% dengan kecepatan arus 5 cm/dt – 20 cm/dt.
Lapisan 3 (6 - 8 m)	Arah arus dominan ke timur dengan persentase 23.9% dan kecepatan arus berkisar 5 cm/dt – 25 cm/dt, serta arah sebaliknya arah barat dan barat daya dengan persentase sebesar 28.6% dan 19.59% dengan kecepatan arus 5 cm/dt – 25 cm/dt.
Lapisan 2 (8 - 10 m)	Arah arus dominan ke arah timur dengan persentase 27.52% dengan kecepatan arus 5 cm/dt – 25 cm/dt, serta arah sebaliknya arah barat dan barat daya dengan persentase sebesar 26.64% dan 16.75% dengan kecepatan arus 5 cm/dt – 30 cm/dt.
Lapisan 1 (10 - 12 m)	Arah arus dominan pada kedalaman layer 1 (10 m – 12 m) adalah arah timur dengan persentase 23.90% dengan kecepatan arus 5 cm/dt – 25 cm/dt, serta arah sebaliknya arah barat dan barat daya dengan persentase 18.41% dan 17.61% dengan kecepatan arus 0 cm/dt - 60 cm/dt.



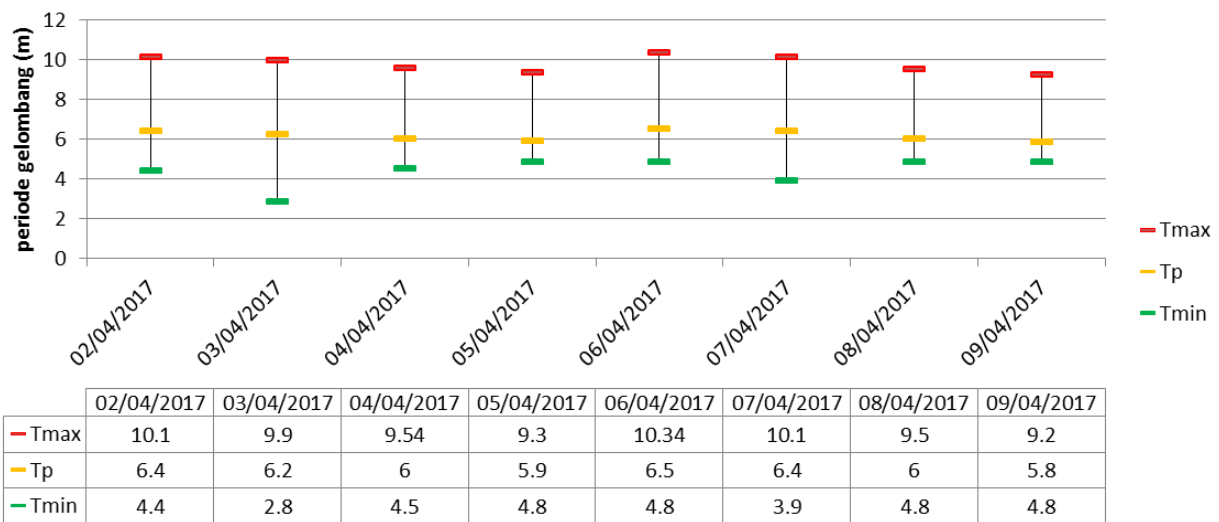
Gambar 5. Grafik karakteristik arus



Gambar 6. Profil gelombang hasil perekaman alat (Hs dan Ts)



Gambar 7. Profil kejadian gelombang dengan tinggi gelombang maksimal, signifikan dan minimum per hari pengukuran



Gambar 8. Profil kejadian gelombang dengan periode gelombang maksimal, signifikan dan minimum per hari pengukuran

ini kecepatan angin sebagai faktor pembangkit gelombang umumnya lebih kecil dibandingkan pada musim barat atau musim timur (BTNKJ, 2016).

KESIMPULAN

Pasang surut Perairan Pulau Cilik, Karimunjawa memiliki tipe harian campuran condong harian tunggal dengan nilai formzahl sebesar 2.55 ($1,25 < F \leq 3$).Kecepatan arus bervariasi dengan kecepatan rata-rata pada seluruh kolom air berkisar antara 5.57 cm/dt – 6.35 cm/dt. Kecepatan arus maksimum terjadi pada kedalaman dasar (10 – 12 meter) dan kecepatan arus terbesar pada kedalaman permukaan (0 – 2 meter). Sedangkan arah arusnya adalah *bi-*

directional yaitu memiliki dua muka arah, terkait pada perubahan fasenya yaitu timur dan barat-barat daya. Arah arus yang mendominasi adalah arah barat dengan *range* sudut 252.4° – 282.6° , arah berikutnya yang berlawanan adalah timur dengan *range* sudut 42.3° – 78.5° .Tinggi dan periode gelombang yang didapatkan pada saat pengamatan relatif kecil. Gelombang tertinggi sebesar 27 cm dengan periode 9.3 dt. Periode terbesar adalah 10.34 dt dengan tinggi gelombang 24.4 cm.

DAFTAR PUSTAKA

Afandy, Z., Damar, A., Agus, S.& Wiryawan, B. 2017. Coral Larval Dispersal Model on Conservation Area of Kapoposang Marine Tourism Park. *Coastal Ocean Journal* 1:39-51.

- Arifiyanto, Pranowo, W.S., Fatoni, K.I. & Dewi, A.R.T. 2016. Pengolahan dan Penyajian Data Arus Pasang Surut Hasil Pengukuran Acoustic Doppler Current Profiler (ADCP) Sontek Argonout-XR Menggunakan Perangkat Lunak T_Tide_V1.3beta. *Jurnal Hidropilar*, 1(2):56–67
- Beetham, E., Kench, P.S., O'Callaghan, J., & Popinet, S. 2016. Wave Transformation and Shoreline Water Level on Funafuti Atoll, Tuvalu. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 121:311–326. DOI : 10.1002/2015jc 011246.
- BTNKJ (Balai Taman Nasional Karimunjawa). 2016. Statistik Balai Taman Nasional Karimunjawa Tahun 2016. 133 hlm.
- Burke, L., Reytar, K., Spalding, M. & Perry, A. 2012. Reefs at Risk Revisited in The Coral Triangle. World Resources Institute. Washington. USA. 72 pp.
- DKP (Dinas Kelautan dan Perikanan) Jateng. 2016. Dokumen RZWP3K : Kajian Sumberdaya Pesisir dalam Rangka Revisi Perda RZWP3K Provinsi Jawa Tengah
- Ferrario, F., Beck, M.W., Storlazzi, C.D., Micheli, F., Shepard, C.C. & Airoidi, L. 2014. The Effectiveness of Coral Reefs for Coastal Hazard Risk Reduction and Adaptation. *Nature Communications*, 5(1):1-9. DOI : 10.1038/ncomms4794.
- Fitriadi, C.A., Dhahiyat, Y., Purba, N.P. & Harahap, S.A. 2017. Coral Larvae Spreading Based on Oceanographic Condition in Biawak Islands, West Java, Indonesia. *Biodiversitas*, 18:681-688.
- Gunawan, A., Purwanto, & Satriadi, A. 2017. Analisis Spektrum Gelombang Berarah di Perairan Karimunjawa, Kabupaten Jepara. *Jurnal Oseanografi*, 6(10):1-9
- Harjono S, Dewi, A.R.T., Rawi, S. & Fauzi, A. 2015. Akuisisi Data Arus ADCP Teledyne Dengan Sistem Sea Bottom Mounted dan Processing Data Arus. *Jurnal Hidropilar*, 1(1):79-89.
- Hayatama, T., Awaji T. & Akitomo, K. 1996. Tidal Currents in the Indonesian Seas and Their Effect on Transport and Mixing. *Journal of Geophysical Research : Oceans*, 105:12.353-12.373
- Indrayanti, E., Zainuri, M., Sabdono, A., Wijayanti, D.P., Pranowo, W.S. & Siagian, H.S.R. 2019. Larval Dispersal Model of Coral Acropora in the Karimunjawa Waters, Indonesia. *Biodiversitas*, 20(7):2068-2075
- Koropitan, A.F. & Ikeda, M.. 2008. Three-Dimensional Modelling of Tidal Circulation and Mixing over The Java Sea. *Journal of Oceanography*, 64:61– 80.
- Kostaschuk R., Best, J., Villard, P., Jeff, P. & Franklin, M. 2005. Measuring Flow Velocity and Sediment Transport with An Acoustic Doppler Current Profiler. *Journal of Geomorphology*, 68(15):25-37.
- Lenihan, H.S., Hench, J.L., Holbrook, S.J., Schmitt, R.J. & Potoski, M. 2015. Hydrodynamics influence coral performance through simultaneous direct and indirect effects. *Ecology*, 96(6):1540–1549
- Lisnawati, L.A., Rochaddi, B. & Ismunarti, D.H. 2013. Studi Tipe Pasang Surut di Pulau Parang Kepulauan Karimunjawa Jepara, Jawa Tengah. *Buloma*, 2(1):61-67.
- Masselink, G., Tuck, M., McCall, R., van Dongeren, A., Ford, M. & Kench, P. 2019. Physical and Numerical Modelling of Infragravity Wave Generation and Transformation on Coral Reef Platforms. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 124(3):1410-1433. DOI : 10.1029/2018JC014411.
- Ongkosongo & Suyarso .1989. Pasang Surut. Pusat Penelitian dan Pengembangan Oseanologi (P3O) LIPI, Jakarta.
- Rogers, A., Blanchard, J. & Mumby, P.J. 2014. Vulnerability of Coral Reef Fisheries to a Loss of Structural Complexity. *Current Biology*, 24:1000–1005. DOI : 10.1016/j.cub.2014.03.026.
- Storlazzi, C.D., Brown, E.K. & Field, M.E. 2006. The Application of Acoustic Doppler Current Profilers to Measure The Timing and Patterns of Coral Larval Dispersal. *Coral Reefs*, 25: 369–381. DOI : 10.1007/s00338-006-0121-x
- Sontek/YSI. 2006. Argonaut Acoustic Doppler Current Meter Technical Documentation (Manual Book). San Diego.
- Triatmodjo, B. 1999. Teknik Pantai. Beta Offset. Yogyakarta.
- Yanagi, T. 2011. Water Circulation and Material Transport in The Coastal Areas and Marginal Seas of East and Southeast Asia. S. Nishida, M.D. Fortes and M. Miyazaki (eds)., Coastal Marine Science in Southeast Asia - Synthesis Report of The Core University Program of JSPS (2001-2010), Terapub 13 – 22.
- Yusuf, M. & Yanagi, T. 2013. Numerical Modelling of Tidal Dynamics in the Java Sea. *Coastal Marine Science*, 36(1):1-12.