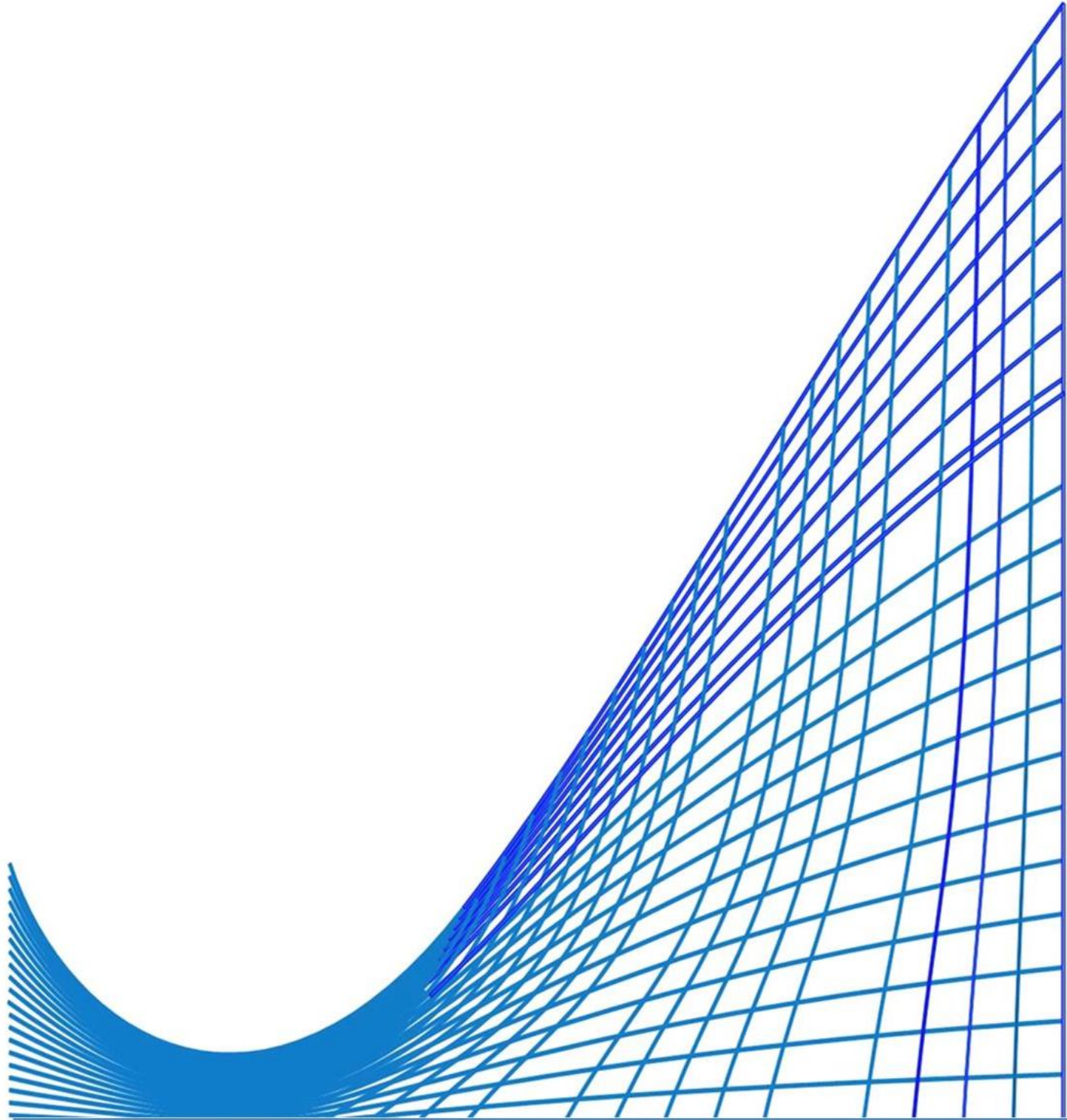




AMANISAL

JURNAL PEMANFAATAN SUBERDAYA PERIKANAN



AMANISAL

Vol. 4

No. 1

Hal. 1-54

Ambon, Mei 2015

ISSN. 2085-5109

DINAMIKA GELOMBANG PERAIRAN MALUKU PADA MUSIM TIMUR *The Wave's Dynamic of Moluccas Waters in East Monsoon*

Degen E. Kalay⁽¹⁾ dan Maidah Marasabessy⁽¹⁾

⁽¹⁾Jurusan Manajemen Sumberdaya Perairan Fakultas Perikanan Dan Ilmu Kelautan
Universitas Pattimura-Ambon Korespondensi: Degen E Kalay, eras_kalay@yahoo.com

ABSTRACT

The aims of this research is to analyse weekly pattern of the wind with the waves' variations and characteristics in Moluccas waters during east monsoon. In this research we used wind speed data for zonal and meridional components from the ERS satellite of IRFREMER research institution. The dynamic of the wind in Moluccas waters have weekly varied, with the highest speed of 8.97 m/s observed in the second week of July in Banda Sea and with the lowest speed of 3.05 m/s occurs in the first week of June in Seram Sea. According to the Beaufort scale, the overall wind speed is positioned at 2-5 scale with the speed of 0.3-10.7 m/s speed. Dominant wind speed is at scale 4 with medium blow generating small waves then long waves. Banda Sea waters have always generate much higher and bigger waves in comparison to waves from Seram Sea waters. The highest average waves is 2.75m formed in the second week of July, while the average shortest waves of 0.30m is created in the first week. If classification is based on the period of the wave during east monsoon, the whole stations of Moluccas waters shows similar waves' period of 0.9-10.2 second and swell waves as a result.

Keywords: wind, waves, sea, east monsoon, moluccas waters.

PENDAHULUAN

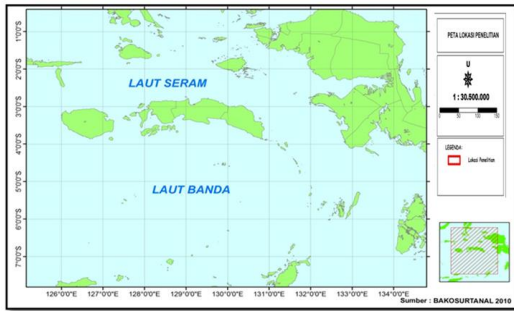
Angin merupakan unsur meteorologi yang penting untuk diperhatikan dalam masalah kelautan. Angin disebabkan karena adanya perbedaan tekanan udara yang merupakan hasil dari pengaruh ketidakseimbangan pemanasan sinar matahari terhadap tempat-tempat yang berbeda di permukaan bumi. Prinsip terjadinya gelombang di laut oleh angin adalah perpindahan energi dari angin ke air lewat permukaan air (Holthuijsen, 2007). Kecepatan angin menimbulkan tegangan pada permukaan laut, sehingga permukaan air yang semula tenang akan terganggu dan timbul riak gelombang di atas permukaan air.

Pencatatan tinggi gelombang pada kasus-kasus tertentu diperlukan, terutama untuk mengetahui dinamika gelombang secara musiman. Maluku merupakan Propinsi Kepulauan dengan luas wilayahnya adalah laut lebih dari 90%, dengan demikian dinamika yang terjadi di laut misalnya gelombang secara langsung berdampak pada aktifitas manusia. Secara klimatologi

wilayah Maluku dipengaruhi oleh angin muson yang memiliki variasi musiman. Dinamika tersebut ber-pengaruh secara langsung terhadap dinamika gelombang yang terjadi di perairan Maluku. Oleh karena itu informasi tentang variasi dan karakteristik gelombang yang terjadi di perairan Maluku sangat diperlukan. Tujuan dari penelitian adalah mengkaji pola angin mingguan serta variasi dan karakteristik gelombang di Perairan Maluku pada musim timur. Manfaat dari penelitian ini adalah memberikan gambaran tentang bagaimana pola sebaran angin mingguan di perairan Maluku pada musim Timur, serta sebagai bahan informasi kepada instansi terkait dan masyarakat dalam melakukan kegiatan kelautan misalnya aktifitas tangkap, budidaya dan perikanan lainnya.

METODOLOGI

Penelitian ini dilakukan pada perairan Maluku dengan posisi 0^o-8^o LS dan 125^o-135^o BT pada musim timur (Juni-Agustus) 2013.



Gambar 1. Peta lokasi penelitian

Analisis gelombang menggunakan daya angin yang diperoleh dari IFREMER-CERSAT (*Center ERS d'Archivage et de Traitement*) dengan resolusi spasial $0.25^{\circ} \times 0.25^{\circ}$ dalam format NetCDF. Data yang digunakan adalah data kecepatan angin komponen timur-barat (zonal) dan komponen utara-selatan (meridional) yang merupakan data rata-rata harian bulan Juni, Juli dan Agustus 2013. Untuk menganalisis dan visualisasi hasil analisis tersebut menggunakan *software* ODV, Surfer 8 dan Arcgis.

Resultan kecepatan dan arah angin diperoleh dengan menggunakan penurunan rumus pythagoras sebagai berikut :

$$W = \sqrt{u^2 + v^2}$$

Dimana W merupakan resultan kecepatan angin (m/det); u adalah kecepatan angin komponen zonal (barat-timur) (m/det) dan v adalah kecepatan angin komponen meridional (utara-selatan) (m/det). sedangkan arah angin dihitung dengan menggunakan rumus :

$$\sin \theta = \frac{v}{W}$$

Diketahui θ adalah arah angin; W merupakan resultan kecepatan angin (m/det); dan v adalah kecepatan angin komponen meridional (utara-selatan) (m/det).

Klasifikasi dan kecepatan angin yang terjadi menggunakan Skala Beaufort. Perhitungan gelombang dihitung menggunakan persamaan yang dikemukakan oleh Holthuijsen (2007):

$$H_{mo} = 0.2433 \frac{U_A^2}{g}$$

Dimana H_{mo} adalah tinggi gelombang signifikan (*wave height*); U_A merupakan faktor tegangan angin (*wind stress factor*) dan g adalah gravitasi

Perhitungan rata-rata tinggi gelombang adalah sebagai berikut:

$$\text{Rata-rata } (h) = \frac{h_1+h_2+\dots+h_n}{n}$$

dimana, h adalah tinggi gelombang dan n adalah jumlah data hasil perhitungan.

Klasifikasi gelombang dikelompokan berdasarkan periode gelombang. Perhitungan periode gelombang dihitung menggunakan persamaan yang dikemukakan oleh Holthuijsen (2007) sebagai berikut :

$$T_o = 8.134 \cdot \frac{U_A^2}{g}$$

Dimana T_o adalah periode gelombang (*wave period*); U_A merupakan faktor tegangan angin (*wind stress factor*); dan g adalah gravitasi.

Tabel 1. Klasifikasi gelombang berdasarkan periode

Periode	Jenis Gelombang
0 – 0.2 Detik	Riak (<i>Ripples</i>)
0.2 – 0.9 Detik	Gelombang angin
0.9 -15 Detik	Gelombang besar (<i>Swell</i>)
15 – 30 Detik	Long Swell
0.5 menit – 1 jam	Gelombang panjang (termasuk Tsunami)
5. 12. 25 jam	Pasang surut

HASIL DAN PEMBAHASAN

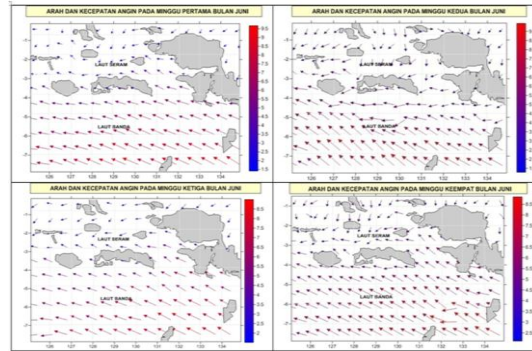
Lokasi

Perairan Maluku terletak antara Paparan Sunda di bagian barat dan Paparan Sahul ditimur, serta antara Samudera Pasifik di utara dan Samudera Hindia di selatan. Perairan Maluku terdiri dari Laut Banda di bagian selatan, Laut Maluku di barat, Laut Seram di utara dan Laut Arafura di tenggara. Secara klimatologis Perairan Maluku dipengaruhi oleh angin musim barat dan timur, hal ini berpengaruh langsung terhadap dinamika gelombang yang terjadi. Menurut Kurniawan (2011)

Perairan Maluku umumnya gelombang tinggi terjadi pada musim barat dan timur dibandingkan musim peralihan. Secara keseluruhan iklim Perairan Maluku bersifat tropis dengan ciri-ciri khas perbedaan suhu sepanjang tahun relatif kecil, tetapi suhu harian relatif tinggi dengan suhu $>18^{\circ}\text{C}$ dalam bulan terdingin (Schimdt dan Ferguson, 1915 dalam Sumadhiharga dan Suwartana, 1975). Perairan Maluku merupakan pertemuan antara Samudera Hindia dan Samudera Pasifik, sehingga secara langsung atau tidak berpengaruh terhadap keadaan perairan ini. Pengaruh Samudera Hindia terutama di bagian selatan Laut Banda, sedangkan pengaruh Samudera Pasifik diperoleh melalui Laut Maluku dan Laut Seram. Kontak langsung antara kedua samudera tersebut dengan Perairan Maluku akan menimbulkan terjadinya *turbulensi*, *upwelling*, dan lain sebagainya.

Pola dan Variasi Angin Perairan Maluku

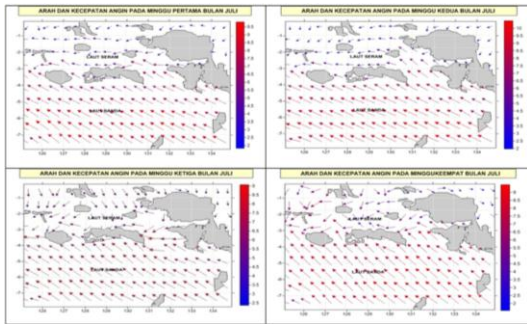
Selama bulan Juni di wilayah Indonesia memasuki musim timur berkembang angin Monsun Australia yang bertiup dari tenggara melintasi wilayah Perairan Maluku menuju ke barat laut. Pada minggu pertama bulan Juni kecepatan angin di Perairan Maluku berkisar antara 1.42-9.68 m/det. Minggu kedua bulan Juni kecepatan angin mulai melemah, yaitu antara 1.28-9.54 m/det. selanjutnya minggu ketiga kecepatan angin kembali meningkat dengan kisaran antara 1.51-9.01 m/det dan minggu keempat umumnya kecepatan angin lebih besar walaupun tidak mencapai nilai maksimum, yaitu antara 2.08-8.88 m/det. Arah dan kecepatan angin mingguan umumnya hampir seragam. Secara keseluruhan kecepatan angin berkisar antara 1.28-9.68 m/det. Nilai maksimum berada di sekitar Laut Banda yaitu pada $4-8^{\circ}$ LS dan terlemah di Laut Seram (Gambar 2).



Gambar 2. Arah dan kecepatan angin di Perairan Maluku pada bulan Juni

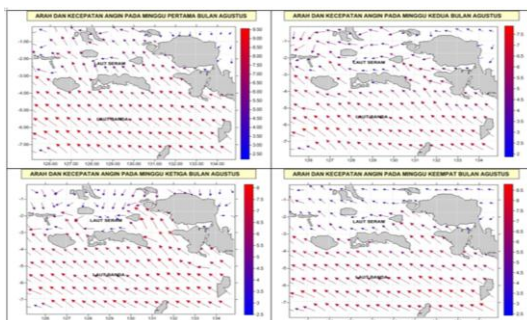
Pada bulan Juli, angin yang melewati Perairan Maluku masih dominan bertiup dari tenggara menuju barat laut. Pada minggu pertama kecepatan angin berkisar antara 1.83-9.82 m/det. Minggu kedua kecepatan angin meningkat bahkan mencapai nilai maksimum, yaitu 1.97-10.50 m/det. Minggu ketiga kecepatan angin cukup besar walaupun tidak berada pada kondisi maksimum, yaitu 2.37-8.97 m/det. selanjutnya minggu keempat kecepatan angin mulai melemah dengan kisaran 1.54-9.48 m/det. Kecepatan angin pada bulan Juli lebih meningkat dibanding bulan Juni. Secara keseluruhan pada bulan Juli kecepatan angin di atas Perairan Maluku berkisar antara 1.54-10.50 m/det. Kecepatan maksimum berada di sekitar Laut Banda pada posisi $3-8^{\circ}$ LS dan minimum di Laut Seram (Gambar 3).

Pada minggu pertama bulan Agustus kecepatan angin di Perairan Maluku berkisar berkisar antara 2.15-9.60 m/det. Kemudian melemah di minggu kedua dengan nilai antara 1.86-7.92 m/det. Minggu ketiga kecepatan angin kembali mulai meningkat, yaitu 2.49-8.17 m/det dan terus meningkat di minggu keempat, yakni sebesar 2.42-8.78 m/det.



Gambar 3. Arah dan kecepatan angin di Perairan Maluku pada bulan Juli

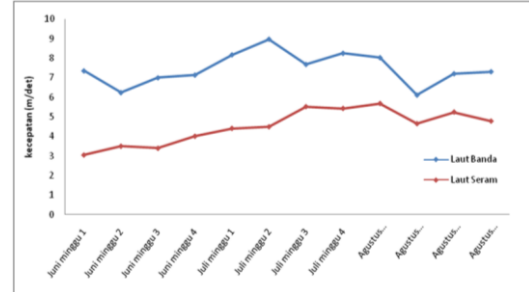
Secara keseluruhan pada bulan Agustus kecepatan angin di Perairan Maluku berkisar antara 1.86-9.60 m/det. Berbeda dengan bulan Juni dan Juli kecepatan angin meningkat hampir di semua bagian perairan Maluku baik itu Laut Banda ataupun Laut Seram, yaitu pada posisi 2°-8°LS. Pola pergerakan anginpun berbeda setiap minggunya, minggu pertama angin dominan bergerak dari tenggara menuju barat laut, minggu kedua disekitar Laut Seram angin bertiup dari timur kebarat, minggu ketiga di sekitar Laut Maluku dan Laut Seram angin bertiup dari utara ke selatan, sedangkan di Laut Banda arah angin dominan dari tenggara. Pada minggu keempat arah angin sama dengan minggu kedua, disekitar Laut Seram angin bertiup dari timur kebarat (Gambar 4).



Gambar 4. Arah dan kecepatan angin di Perairan Maluku pada bulan Agustus

Kecepatan angin di Perairan Maluku bervariasi secara mingguan. Kecepatan angin rata-rata tertinggi yang terjadi pada musim timur di Perairan Maluku adalah 8.97 m/s terjadi pada minggu kedua bulan Juli disekitar

perairan Laut Banda. Sedangkan kecepatan angin terlemah terjadi pada minggu pertama bulan Juni dengan kecepatan 3.05 m/s di sekitar Laut Seram sampai Laut Maluku (Gambar 5).



Gambar 5. Grafik kecepatan angin rata-rata di perairan Maluku pada musim timur

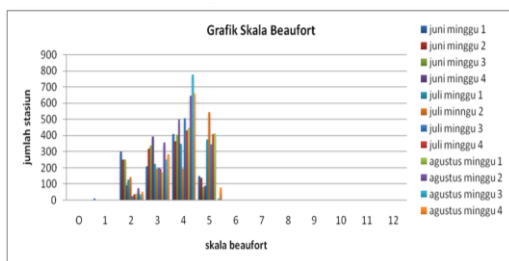
Variasi nilai kecepatan angin tersebut disebabkan karena adanya perbedaan tekanan akibat pemanasan yang tidak merata di permukaan tiap harinya. Kecepatan angin mengalami kenaikan gradien tekanan udara sehingga angin bertiup lebih cepat dan kembali melemah ketika terjadi penurunan tekanan gradien (Bishop, 1984 dalam Ratuluhain, 2011). Selain itu lemahnya kecepatan angin pada lokasi tersebut juga akibat semakin lemahnya gaya coriolis pada lokasi yang semakin dekat dengan garis ekuator.

Diketahui bahwa pada musim timur wilayah Indonesia berkembang angin muson tenggara yang bergerak dari arah tenggara ke barat laut. Menurut Wyrtyk (1961) ketika matahari mulai bergeser dari belahan bumi selatan ke belahan bumi utara, Benua Asia memiliki temperatur tinggi dan tekanan udara rendah dibanding Benua Australia yang memiliki temperatur rendah dan tekanan udara tinggi. Maka angin akan bergerak dari Australia ke Benua Asia melalui Indonesia sebagai angin muson timur. Hasil menunjukkan bahwa di Perairan Maluku pada musim timur (bulan Juni, Juli dan Agustus) dominan angin bergerak dari tenggara ke barat laut. Tapi di Laut Seram dan Laut Maluku arah angin terjadi pembelokan dan bervariasi. Hal ini karena pengaruh gaya coriolis yang semakin melemah disekitar daerah

sekitar ekuator. Menurut Supangat dan Susana (2003) Coriolis sangat mempengaruhi pergerakan suatu massa di permukaan bumi termasuk angin. Dimana pada belahan bumi utara angin berbelok ke kanan, sedangkan di selatan angin berbelok ke kiri dan semakin melemah pada wilayah sekitar ekuator.

Klasifikasi Angin

Klasifikasi angin merujuk pada Skala Beaufort. Berdasarkan jumlah stasiun pengukuran diketahui bahwa selama musim timur angin yang bertiup atau berkembang di Perairan Maluku bervariasi (Gambar 6).



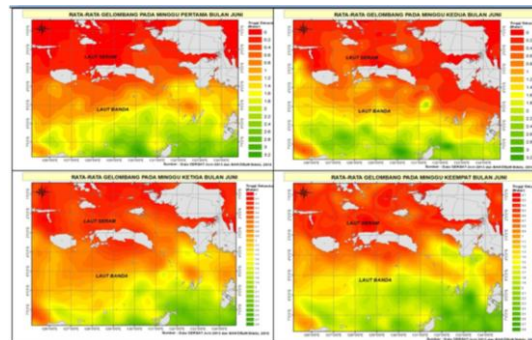
Gambar 6. Grafik Skala Beaufort di Perairan Maluku

Pada bulan Juni di 364-500 stasiun angin bertiup pada skala 4, artinya bahwa dominan berkembang angin dengan hembusan angin sedang dan keadaan laut terjadi ombak-ombak kecil menjadi besar. Sedangkan pada 2-8 stasiun bertium angin pada skala 1 yang artinya berkembang angin dengan hembusan angin sedikit tenang dan keadaan laut beriak, terbentuk ombak kecil tanpa pecahan ombak. Pada bulan Juli tercatat pada 193-505 stasiun angin bertiup pada skala 4 dan 1 stasiun berada pada skala 1. Selanjutnya di bulan Agustus pada 433-777 stasiun angin bertiup pada skala 4 dan skala 2 dengan jumlah stasiun 37-72. Secara keseluruhan pada musim timur di Perairan Maluku angin bertiup pada skala 2-5 dengan kecepatan antara 0.3-10.7 m/s. Kecepatan angin lebih dominan pada skala 4 dengan tiupan angin sedang dan keadaan laut terjadi ombak-ombak kecil menjadi panjang. Pada musim timur angin yang bertiup

relatif kuat berbeda dengan musim peralihan. Menurut Yuwono (1982) pada musim peralihan kecepatan angin lebih lemah jika dibandingkan dengan musim barat dan musim timur karena adanya pola sirkulasi atmosfer.

Gelombang Perairan Maluku

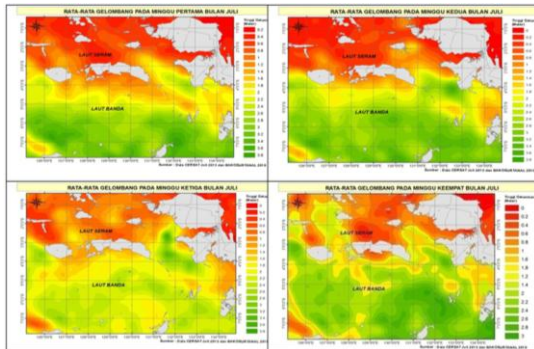
Hasil analisis gelombang menunjukkan bahwa tinggi gelombang di Perairan Maluku secara mingguan selama musim timur bervariasi antara 0.04-4.09 m. Pada minggu pertama bulan Juni tinggi gelombang di Perairan Maluku berkisar antara 0.04-3.39 m. Minggu kedua tinggi gelombang meningkat dengan kisaran antara 0.04-3.65 m. Minggu ketiga tinggi gelombang menurun dengan kisaran 0.05-2.84 m. Pada minggu keempat tinggi gelombang mengalami peningkatan walaupun kecil, yaitu antara 0.13-2.86 m. Secara keseluruhan pada bulan Juni di perairan Maluku tinggi gelombang berkisar antara 0.04-3.65 m. Umumnya tinggi gelombang Perairan Maluku secara mingguan pada bulan Juni sama, gelombang tinggi berada di sekitar Laut Banda (5°-8° LS) dan melemah di Laut Seram dan Laut Maluku (Gambar 7).



Gambar 7. Tinggi gelombang di Perairan Maluku pada bulan Juni

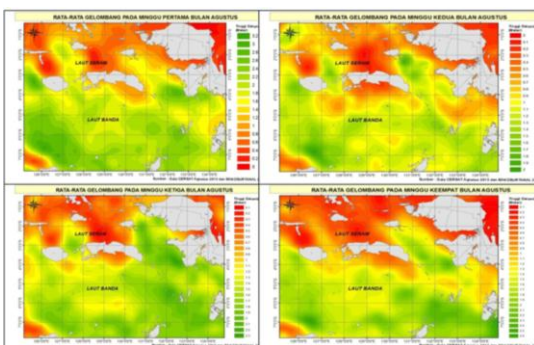
Pada bulan Juli tinggi gelombang Perairan Maluku berkisar antara 0.05-4.09 m. Di minggu pertama tinggi gelombang berada pada kisaran 0.08-3.80 m. Minggu kedua tinggi gelombang masih mirip yaitu antara 0.08-3.82 m. Minggu ketiga tinggi gelombang semakin meningkat dengan nilai 0.15-4.09 m. Pada minggu keempat tinggi

gelombang kembali turun pada kisaran 0.05-3.19 m. Pada minggu pertama dan kedua gelombang tinggi terjadi di Laut Banda pada daerah antara 5°-8° LS, sedangkan minggu ketiga dan keempat gelombang mulai tinggi disekitar Laut Banda pada daerah antara 3°-8° LS. (Gambar 8).



Gambar 8. Tinggi gelombang di Perairan Maluku pada bulan Juli

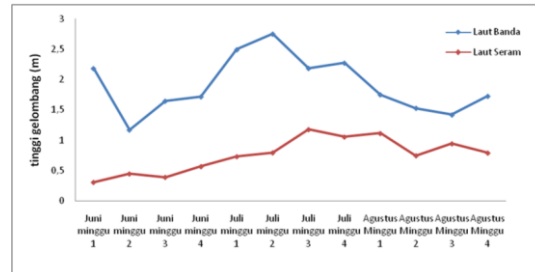
Pada bulan Agustus tinggi gelombang di Perairan Maluku berkisar antara 0.12-3.28 m. Pada minggu kedua tinggi gelombang berkisar antara 0.08-2.07 m, sedangkan minggu ketiga antara 0.18-2.36 m dan minggu keempat adalah 0.12-2.68 m. Pada minggu pertama sampai ketiga gelombang tinggi dominan terjadi di perairan Laut Banda dan Laut Seram (2°-8° LS), namun pada minggu keempat melemah, gelombang tinggi berada di sekitar Laut Banda (3°-8° LS) (Gambar 9).



Gambar 9. Tinggi gelombang di Perairan Maluku pada bulan Agustus

Gelombang yang terbentuk di Perairan Maluku selama musim timur memiliki variasi mingguan. Gelombang tertinggi umumnya terjadi pada minggu

kedua bulan Juli dengan tinggi rata-rata 2.75 m, sedangkan gelombang terendah pada minggu pertama bulan Juni dengan nilai rata-rata 0.30 m (Gambar 10).



Gambar 10. Grafik tinggi gelombang rata-rata di Perairan Maluku

Variasi nilai tinggi gelombang berbanding lurus dengan kecepatan angin yang bertiup di atasnya. Tinggi Gelombang dominan terjadi di Laut Banda dibanding Laut Seram dan Laut Maluku, hal ini disebabkan karena Laut Banda lebih luas. Gelombang yang terbentuk pada kolom air yang relatif lebih kecil di banding dengan gelombang yang terbentuk di lautan bebas (Pond dan Picard, 1983). Selain itu arah tiupan angin juga berpengaruh terhadap tinggi gelombang yang terjadi, pada umumnya arah tiupan angin di Laut Banda seragam dibandingkan perairan Laut Seram dan Laut Maluku. Semakin seragam arah tiupan angin di suatu wilayah, maka gelombang yang terjadi akan semakin besar. Hal ini terjadi karena arah tiupan yang sama akan menyebabkan terbentuknya gelombang konstruktif yang saling menguatkan, sehingga energi yang dibangkitkan oleh tiupan angin akan terkumpul (Kurniawan. 2011)

Berdasarkan hasil analisis terlihat bahwa periode gelombang di perairan Maluku pada musim timur keseluruhannya mempunyai periode gelombang yang sama yang berkisar antara 0.9-10.2 detik. Dengan demikian jenis gelombang yang terjadi yaitu gelombang besar (*Swell*). Jenis gelombang tersebut sangat didukung oleh kondisi perairan Maluku yang sangat luas dan terbuka terhadap

pertumbuhan angin. Menurut Hutabarat dan Evans (1985), gelombang yang dibangkitkan oleh angin di kelompokkan menjadi 2 yaitu *sea* dan *swell*. Hal ini menunjukkan gelombang yang terbentuk di perairan ini karakteristiknya sangat dipengaruhi oleh kondisi angin.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian ini dapat disimpulkan:

1. Pola sebaran angin selama musim timur di Perairan Maluku secara mingguan memiliki arah tiupan yang hampir sama (seragam) yaitu bergerak dari tenggara, kecuali disekitar Laut Seram dan Laut Maluku terjadi pembelokan arah. Kecepatan angin rata-rata berkisar antara 3,05-8,97m/d dan umumnya berada pada skala 4 berdasarkan Skala Beaufort. Kondisi maksimum terjadi pada minggu kedua bulan Juli disekitar perairan laut Banda dan minimum terjadi pada minggu pertama bulan Juni di sekitar perairan Laut Seram.
2. Tinggi Gelombang di Perairan Maluku memiliki variasi mingguan. Rata-rata gelombang tertinggi terjadi pada minggu kedua bulan Juli, rata-rata tinggi gelombang 2.75 m, sedangkan terendah pada minggu pertama bulan Juni dengan nilai rata-rata 0.30m. Gelombang yang terbentuk adalah gelombang *swell* dengan periode 0.9-10.2 detik.

Saran

Diharapkan ada penelitian lanjutan mengenai dinamika angin dan variasi gelombang pada musim yang berbeda.

DAFTAR PUSTAKA

- Holthuijsen LH. 2007. Waves in Oceanic and Coastal Waters. New York: Cambridge University Press.
- Hutabarat S, dan SM Evans. 1985. Pengantar Oseanografi.

Universitas Indonesia Press. Jakarta.

- Kurniawan. 2011. Variasi Bulanan Gelombang Laut Di Indonesia. Puslitbang BMKG. Jakarta
- Pond S and GL Pickard. 1983. Introductory Dynamical Oceanography. British Library Cataloguing In Publication.
- Ratuluhain ES. 2011. Variasi Transport Massa Air Permukaan Laut Banda Selama Bulan Januari 2009. Universitas Pattimura. Ambon
- Sumadhiharga K dan A Suwartana. 1975. Potensi Perairan Maluku Sebagai Sumber Hayati Laut. Lembaga Oseanologi Nasional. Ambon
- Supangat A, dan Susana. 2003. Pengantar Oseanografi. Pusat Riset Wilayah Laut Dan Sumberdaya Non-Hayati, Badan Riset Kelautan Dan Perikanan, DKP. Jakarta
- Wyrtky K. 1961. Physical Oceanography Of Southeast Asian Waters. NAGA Rep,2. Scripps Inst Of Oceanography La Jolla. California
- Yuwono N. 1982. Teknik Pantai Volume I. Biro Penerbit Keluarga Mahasiswa Teknik Sipil UGM. Yogyakarta

DINAMIKA GELOMBANG PERAIRAN MALUKU PADA MUSIM TIMUR *The Wave's Dynamic of Moluccas Waters in East Monsoon*

Degen E. Kalay⁽¹⁾ dan Maidah Marasabessy⁽¹⁾

⁽¹⁾Jurusan Manajemen Sumberdaya Perairan Fakultas Perikanan Dan Ilmu Kelautan
Universitas Pattimura-Ambon Korespondensi: Degen E Kalay, eras_kalay@yahoo.com

ABSTRACT

The aims of this research is to analyse weekly pattern of the wind with the waves' variations and characteristics in Moluccas waters during east monsoon. In this research we used wind speed data for zonal and meridional components from the ERS satellite of IRFREMER research institution. The dynamic of the wind in Moluccas waters have weekly varied, with the highest speed of 8.97 m/s observed in the second week of July in Banda Sea and with the lowest speed of 3.05 m/s occurs in the first week of June in Seram Sea. According to the Beaufort scale, the overall wind speed is positioned at 2-5 scale with the speed of 0.3-10.7 m/s speed. Dominant wind speed is at scale 4 with medium blow generating small waves then long waves. Banda Sea waters have always generate much higher and bigger waves in comparison to waves from Seram Sea waters. The highest average waves is 2.75m formed in the second week of July, while the average shortest waves of 0.30m is created in the first week. If classification is based on the period of the wave during east monsoon, the whole stations of Moluccas waters shows similar waves' period of 0.9-10.2 second and swell waves as a result.

Keywords: wind, waves, sea, east monsoon, moluccas waters.

PENDAHULUAN

Angin merupakan unsur meteorologi yang penting untuk diperhatikan dalam masalah kelautan. Angin disebabkan karena adanya perbedaan tekanan udara yang merupakan hasil dari pengaruh ketidakseimbangan pemanasan sinar matahari terhadap tempat-tempat yang berbeda di permukaan bumi. Prinsip terjadinya gelombang di laut oleh angin adalah perpindahan energi dari angin ke air lewat permukaan air (Holthuijsen, 2007). Kecepatan angin menimbulkan tegangan pada permukaan laut, sehingga permukaan air yang semula tenang akan terganggu dan timbul riak gelombang di atas permukaan air.

Pencatatan tinggi gelombang pada kasus-kasus tertentu diperlukan, terutama untuk mengetahui dinamika gelombang secara musiman. Maluku merupakan Propinsi Kepulauan dengan luas wilayahnya adalah laut lebih dari 90%, dengan demikian dinamika yang terjadi di laut misalnya gelombang secara langsung berdampak pada aktifitas manusia. Secara klimatologi

wilayah Maluku dipengaruhi oleh angin muson yang memiliki variasi musiman. Dinamika tersebut ber-pengaruh secara langsung terhadap dinamika gelombang yang terjadi di perairan Maluku. Oleh karena itu informasi tentang variasi dan karakteristik gelombang yang terjadi di perairan Maluku sangat diperlukan. Tujuan dari penelitian adalah mengkaji pola angin mingguan serta variasi dan karakteristik gelombang di Perairan Maluku pada musim timur. Manfaat dari penelitian ini adalah memberikan gambaran tentang bagaimana pola sebaran angin mingguan di perairan Maluku pada musim Timur, serta sebagai bahan informasi kepada instansi terkait dan masyarakat dalam melakukan kegiatan kelautan misalnya aktifitas tangkap, budidaya dan perikanan lainnya.

METODOLOGI

Penelitian ini dilakukan pada perairan Maluku dengan posisi 0° - 8° LS dan 125° - 135° BT pada musim timur (Juni-Agustus) 2013.



Gambar 1. Peta lokasi penelitian

Analisis gelombang menggunakan daya angin yang diperoleh dari IFREMER-CERSAT (*Center ERS d'Archivage et de Traitement*) dengan resolusi spasial $0.25^{\circ} \times 0.25^{\circ}$ dalam format NetCDF. Data yang digunakan adalah data kecepatan angin komponen timur-barat (zonal) dan komponen utara-selatan (meridional) yang merupakan data rata-rata harian bulan Juni, Juli dan Agustus 2013. Untuk menganalisis dan visualisasi hasil analisis tersebut menggunakan *software* ODV, Surfer 8 dan Arcgis.

Resultan kecepatan dan arah angin diperoleh dengan menggunakan penurunan rumus pythagoras sebagai berikut :

$$W = \sqrt{u^2 + v^2}$$

Dimana W merupakan resultan kecepatan angin (m/det); u adalah kecepatan angin komponen zonal (barat-timur) (m/det) dan v adalah kecepatan angin komponen meridional (utara-selatan) (m/det). sedangkan arah angin dihitung dengan menggunakan rumus :

$$\sin \theta = \frac{v}{W}$$

Diketahui θ adalah arah angin; W merupakan resultan kecepatan angin (m/det); dan v adalah kecepatan angin komponen meridional (utara-selatan) (m/det).

Klasifikasi dan kecepatan angin yang terjadi menggunakan Skala Beaufort. Perhitungan gelombang dihitung menggunakan persamaan yang dikemukakan oleh Holthuijsen (2007):

$$H_{mo} = 0.2433 \frac{U_A^2}{g}$$

Dimana H_{mo} adalah tinggi gelombang signifikan (*wave height*); U_A merupakan faktor tegangan angin (*wind stress factor*) dan g adalah gravitasi

Perhitungan rata-rata tinggi gelombang adalah sebagai berikut:

$$\text{Rata-rata } (h) = \frac{h_1+h_2+\dots+h_n}{n}$$

dimana, h adalah tinggi gelombang dan n adalah jumlah data hasil perhitungan.

Klasifikasi gelombang dikelompokan berdasarkan periode gelombang. Perhitungan periode gelombang dihitung menggunakan persamaan yang dikemukakan oleh Holthuijsen (2007) sebagai berikut :

$$T_o = 8.134 \cdot \frac{U_A^2}{g}$$

Dimana T_o adalah periode gelombang (*wave period*); U_A merupakan faktor tegangan angin (*wind stress factor*); dan g adalah gravitasi.

Tabel 1. Klasifikasi gelombang berdasarkan periode

Periode	Jenis Gelombang
0 – 0.2 Detik	Riak (<i>Ripples</i>)
0.2 – 0.9 Detik	Gelombang angin
0.9 -15 Detik	Gelombang besar (<i>Swell</i>)
15 – 30 Detik	Long Swell
0.5 menit – 1 jam	Gelombang panjang (termasuk Tsunami)
5. 12. 25 jam	Pasang surut

HASIL DAN PEMBAHASAN

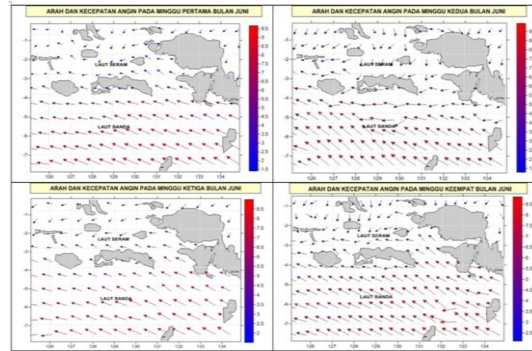
Lokasi

Perairan Maluku terletak antara Paparan Sunda di bagian barat dan Paparan Sahul ditimur, serta antara Samudera Pasifik di utara dan Samudera Hindia di selatan. Perairan Maluku terdiri dari Laut Banda di bagian selatan, Laut Maluku di barat, Laut Seram di utara dan Laut Arafura di tenggara. Secara klimatologis Perairan Maluku dipengaruhi oleh angin musim barat dan timur, hal ini berpengaruh langsung terhadap dinamika gelombang yang terjadi. Menurut Kurniawan (2011)

Perairan Maluku umumnya gelombang tinggi terjadi pada musim barat dan timur dibandingkan musim peralihan. Secara keseluruhan iklim Perairan Maluku bersifat tropis dengan ciri-ciri khas perbedaan suhu sepanjang tahun relatif kecil, tetapi suhu harian relatif tinggi dengan suhu $>18^{\circ}\text{C}$ dalam bulan terdingin (Schimdt dan Ferguson, 1915 dalam Sumadhiharga dan Suwartana, 1975). Perairan Maluku merupakan pertemuan antara Samudera Hindia dan Samudera Pasifik, sehingga secara langsung atau tidak berpengaruh terhadap keadaan perairan ini. Pengaruh Samudera Hindia terutama di bagian selatan Laut Banda, sedangkan pengaruh Samudera Pasifik diperoleh melalui Laut Maluku dan Laut Seram. Kontak langsung antara kedua samudera tersebut dengan Perairan Maluku akan menimbulkan terjadinya *turbulensi*, *upwelling*, dan lain sebagainya.

Pola dan Variasi Angin Perairan Maluku

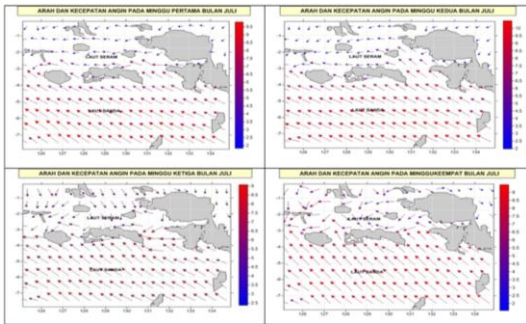
Selama bulan Juni di wilayah Indonesia memasuki musim timur berkembang angin Monsun Australia yang bertiup dari tenggara melintasi wilayah Perairan Maluku menuju ke barat laut. Pada minggu pertama bulan Juni kecepatan angin di Perairan Maluku berkisar antara 1.42-9.68 m/det. Minggu kedua bulan Juni kecepatan angin mulai melemah, yaitu antara 1.28-9.54 m/det. selanjutnya minggu ketiga kecepatan angin kembali meningkat dengan kisaran antara 1.51-9.01 m/det dan minggu keempat umumnya kecepatan angin lebih besar walaupun tidak mencapai nilai maksimum, yaitu antara 2.08-8.88 m/det. Arah dan kecepatan angin mingguan umumnya hampir seragam. Secara keseluruhan kecepatan angin berkisar antara 1.28-9.68 m/det. Nilai maksimum berada di sekitar Laut Banda yaitu pada $4-8^{\circ}$ LS dan terlemah di Laut Seram (Gambar 2).



Gambar 2. Arah dan kecepatan angin di Perairan Maluku pada bulan Juni

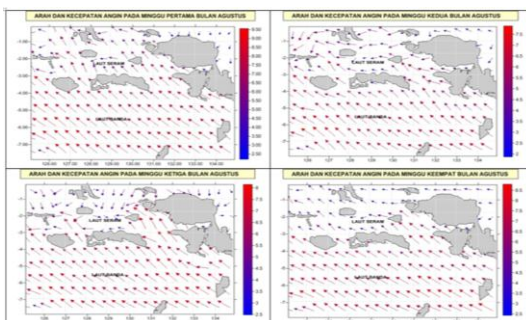
Pada bulan Juli, angin yang melewati Perairan Maluku masih dominan bertiup dari tenggara menuju barat laut. Pada minggu pertama kecepatan angin berkisar antara 1.83-9.82 m/det. Minggu kedua kecepatan angin meningkat bahkan mencapai nilai maksimum, yaitu 1.97-10.50 m/det. Minggu ketiga kecepatan angin cukup besar walaupun tidak berada pada kondisi maksimum, yaitu 2.37-8.97 m/det. selanjutnya minggu keempat kecepatan angin mulai melemah dengan kisaran 1.54-9.48 m/det. Kecepatan angin pada bulan Juli lebih meningkat dibanding bulan Juni. Secara keseluruhan pada bulan Juli kecepatan angin di atas Perairan Maluku berkisar antara 1.54-10.50 m/det. Kecepatan maksimum berada di sekitar Laut Banda pada posisi $3-8^{\circ}$ LS dan minimum di Laut Seram (Gambar 3).

Pada minggu pertama bulan Agustus kecepatan angin di Perairan Maluku berkisar berkisar antara 2.15-9.60 m/det. Kemudian melemah di minggu kedua dengan nilai antara 1.86-7.92 m/det. Minggu ketiga kecepatan angin kembali mulai meningkat, yaitu 2.49-8.17 m/det dan terus meningkat di minggu keempat, yakni sebesar 2.42-8.78 m/det.



Gambar 3. Arah dan kecepatan angin di Perairan Maluku pada bulan Juli

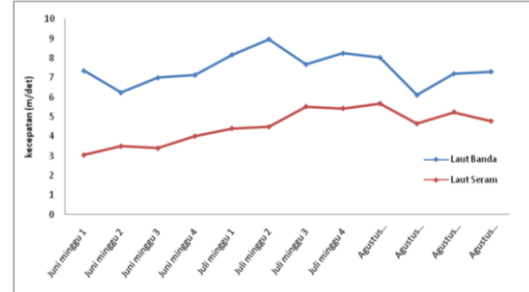
Secara keseluruhan pada bulan Agustus kecepatan angin di Perairan Maluku berkisar antara 1.86-9.60 m/det. Berbeda dengan bulan Juni dan Juli kecepatan angin meningkat hampir di semua bagian perairan Maluku baik itu Laut Banda ataupun Laut Seram, yaitu pada posisi 2°-8°LS. Pola pergerakan anginpun berbeda setiap minggunya, minggu pertama angin dominan bergerak dari tenggara menuju barat laut, minggu kedua disekitar Laut Seram angin bertiup dari timur kebarat, minggu ketiga di sekitar Laut Maluku dan Laut Seram angin bertiup dari utara ke selatan, sedangkan di Laut Banda arah angin dominan dari tenggara. Pada minggu keempat arah angin sama dengan minggu kedua, disekitar Laut Seram angin bertiup dari timur kebarat (Gambar 4).



Gambar 4. Arah dan kecepatan angin di Perairan Maluku pada bulan Agustus

Kecepatan angin di Perairan Maluku bervariasi secara mingguan. Kecepatan angin rata-rata tertinggi yang terjadi pada musim timur di Perairan Maluku adalah 8.97 m/s terjadi pada minggu kedua bulan Juli disekitar

perairan Laut Banda. Sedangkan kecepatan angin terlemah terjadi pada minggu pertama bulan Juni dengan kecepatan 3.05 m/s di sekitar Laut Seram sampai Laut Maluku (Gambar 5).



Gambar 5. Grafik kecepatan angin rata-rata di perairan Maluku pada musim timur

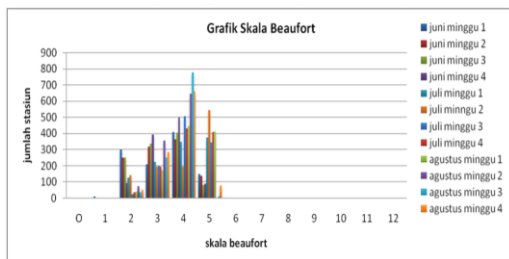
Variasi nilai kecepatan angin tersebut disebabkan karena adanya perbedaan tekanan akibat pemanasan yang tidak merata di permukaan tiap harinya. Kecepatan angin mengalami kenaikan gradien tekanan udara sehingga angin bertiup lebih cepat dan kembali melemah ketika terjadi penurunan tekanan gradien (Bishop, 1984 dalam Ratuluhain, 2011). Selain itu lemahnya kecepatan angin pada lokasi tersebut juga akibat semakin lemahnya gaya coriolis pada lokasi yang semakin dekat dengan garis ekuator.

Diketahui bahwa pada musim timur wilayah Indonesia berkembang angin muson tenggara yang bergerak dari arah tenggara ke barat laut. Menurut Wyrtyk (1961) ketika matahari mulai bergeser dari belahan bumi selatan ke belahan bumi utara, Benua Asia memiliki temperatur tinggi dan tekanan udara rendah dibanding Benua Australia yang memiliki temperatur rendah dan tekanan udara tinggi. Maka angin akan bergerak dari Australia ke Benua Asia melalui Indonesia sebagai angin muson timur. Hasil menunjukkan bahwa di Perairan Maluku pada musim timur (bulan Juni, Juli dan Agustus) dominan angin bergerak dari tenggara ke barat laut. Tapi di Laut Seram dan Laut Maluku arah angin terjadi pembelokan dan bervariasi. Hal ini karena pengaruh gaya coriolis yang semakin melemah disekitar daerah

sekitar ekuator. Menurut Supangat dan Susana (2003) Coriolis sangat mempengaruhi pergerakan suatu massa di permukaan bumi termasuk angin. Dimana pada belahan bumi utara angin berbelok ke kanan, sedangkan di selatan angin berbelok ke kiri dan semakin melemah pada wilayah sekitar ekuator.

Klasifikasi Angin

Klasifikasi angin merujuk pada Skala Beaufort. Berdasarkan jumlah stasiun pengukuran diketahui bahwa selama musim timur angin yang bertiup atau berkembang di Perairan Maluku bervariasi (Gambar 6).



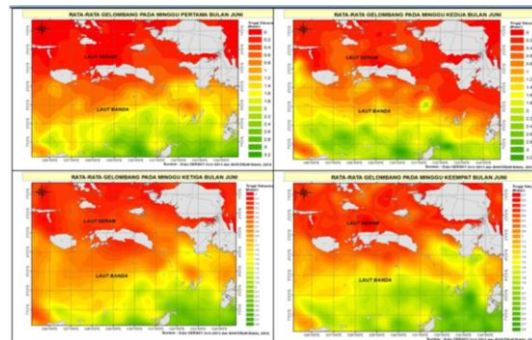
Gambar 6. Grafik Skala Beaufort di Perairan Maluku

Pada bulan Juni di 364-500 stasiun angin bertiup pada skala 4, artinya bahwa dominan berkembang angin dengan hembusan angin sedang dan keadaan laut terjadi ombak-ombak kecil menjadi besar. Sedangkan pada 2-8 stasiun bertium angin pada skala 1 yang artinya berkembang angin dengan hembusan angin sedikit tenang dan keadaan laut beriak, terbentuk ombak kecil tanpa pecahan ombak. Pada bulan Juli tercatat pada 193-505 stasiun angin bertiup pada skala 4 dan 1 stasiun berada pada skala 1. Selanjutnya di bulan Agustus pada 433-777 stasiun angin bertiup pada skala 4 dan skala 2 dengan jumlah stasiun 37-72. Secara keseluruhan pada musim timur di Perairan Maluku angin bertiup pada skala 2-5 dengan kecepatan antara 0.3-10.7 m/s. Kecepatan angin lebih dominan pada skala 4 dengan tiupan angin sedang dan keadaan laut terjadi ombak-ombak kecil menjadi panjang. Pada musim timur angin yang bertiup

relatif kuat berbeda dengan musim peralihan. Menurut Yuwono (1982) pada musim peralihan kecepatan angin lebih lemah jika dibandingkan dengan musim barat dan musim timur karena adanya pola sirkulasi atmosfer.

Gelombang Perairan Maluku

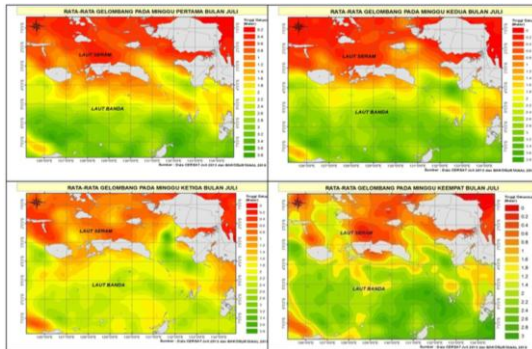
Hasil analisis gelombang menunjukkan bahwa tinggi gelombang di Perairan Maluku secara mingguan selama musim timur bervariasi antara 0.04-4.09 m. Pada minggu pertama bulan Juni tinggi gelombang di Perairan Maluku berkisar antara 0.04-3.39 m. Minggu kedua tinggi gelombang meningkat dengan kisaran antara 0.04-3.65 m. Minggu ketiga tinggi gelombang menurun dengan kisaran 0.05-2.84 m. Pada minggu keempat tinggi gelombang mengalami peningkatan walaupun kecil, yaitu antara 0.13-2.86 m. Secara keseluruhan pada bulan Juni di perairan Maluku tinggi gelombang berkisar antara 0.04-3.65 m. Umumnya tinggi gelombang Perairan Maluku secara mingguan pada bulan Juni sama, gelombang tinggi berada di sekitar Laut Banda (5°-8° LS) dan melemah di Laut Seram dan Laut Maluku (Gambar 7).



Gambar 7. Tinggi gelombang di Perairan Maluku pada bulan Juni

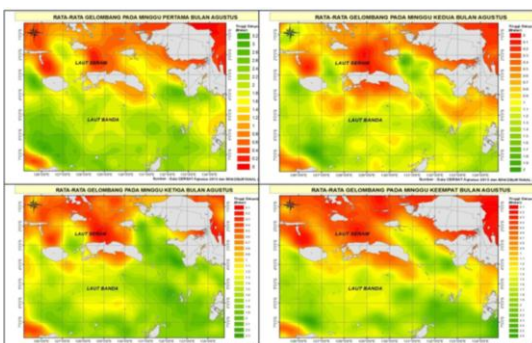
Pada bulan Juli tinggi gelombang Perairan Maluku berkisar antara 0.05-4.09 m. Di minggu pertama tinggi gelombang berada pada kisaran 0.08-3.80 m. Minggu kedua tinggi gelombang masih mirip yaitu antara 0.08-3.82 m. Minggu ketiga tinggi gelombang semakin meningkat dengan nilai 0.15-4.09 m. Pada minggu keempat tinggi

gelombang kembali turun pada kisaran 0.05-3.19 m. Pada minggu pertama dan kedua gelombang tinggi terjadi di Laut Banda pada daerah antara 5°-8° LS, sedangkan minggu ketiga dan keempat gelombang mulai tinggi disekitar Laut Banda pada daerah antara 3°-8° LS. (Gambar 8).



Gambar 8. Tinggi gelombang di Perairan Maluku pada bulan Juli

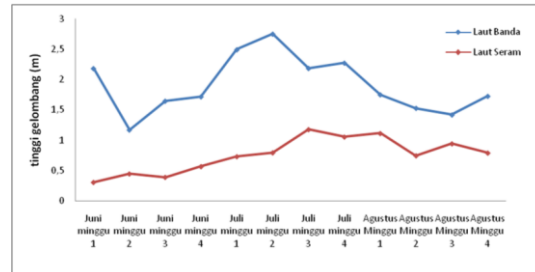
Pada bulan Agustus tinggi gelombang di Perairan Maluku berkisar antara 0.12-3.28 m. Pada minggu kedua tinggi gelombang berkisar antara 0.08-2.07 m, sedangkan minggu ketiga antara 0.18-2.36 m dan minggu keempat adalah 0.12-2.68 m. Pada minggu pertama sampai ketiga gelombang tinggi dominan terjadi di perairan Laut Banda dan Laut Seram (2°-8° LS), namun pada minggu keempat melemah, gelombang tinggi berada di sekitar Laut Banda (3°-8° LS) (Gambar 9).



Gambar 9. Tinggi gelombang di Perairan Maluku pada bulan Agustus

Gelombang yang terbentuk di Perairan Maluku selama musim timur memiliki variasi mingguan. Gelombang tertinggi umumnya terjadi pada minggu

kedua bulan Juli dengan tinggi rata-rata 2.75 m, sedangkan gelombang terendah pada minggu pertama bulan Juni dengan nilai rata-rata 0.30 m (Gambar 10).



Gambar 10. Grafik tinggi gelombang rata-rata di Perairan Maluku

Variasi nilai tinggi gelombang berbanding lurus dengan kecepatan angin yang bertiup di atasnya. Tinggi Gelombang dominan terjadi di Laut Banda dibanding Laut Seram dan Laut Maluku, hal ini disebabkan karena Laut Banda lebih luas. Gelombang yang terbentuk pada kolom air yang relatif lebih kecil di banding dengan gelombang yang terbentuk di lautan bebas (Pond dan Picard, 1983). Selain itu arah tiupan angin juga berpengaruh terhadap tinggi gelombang yang terjadi, pada umumnya arah tiupan angin di Laut Banda seragam dibandingkan perairan Laut Seram dan Laut Maluku. Semakin seragam arah tiupan angin di suatu wilayah, maka gelombang yang terjadi akan semakin besar. Hal ini terjadi karena arah tiupan yang sama akan menyebabkan terbentuknya gelombang konstruktif yang saling menguatkan, sehingga energi yang dibangkitkan oleh tiupan angin akan terkumpul (Kurniawan. 2011)

Berdasarkan hasil analisis terlihat bahwa periode gelombang di perairan Maluku pada musim timur keseluruhannya mempunyai periode gelombang yang sama yang berkisar antara 0.9-10.2 detik. Dengan demikian jenis gelombang yang terjadi yaitu gelombang besar (*Swell*). Jenis gelombang tersebut sangat didukung oleh kondisi perairan Maluku yang sangat luas dan terbuka terhadap

pertumbuhan angin. Menurut Hutabarat dan Evans (1985), gelombang yang dibangkitkan oleh angin di kelompokkan menjadi 2 yaitu *sea* dan *swell*. Hal ini menunjukkan gelombang yang terbentuk di perairan ini karakteristiknya sangat dipengaruhi oleh kondisi angin.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian ini dapat disimpulkan:

1. Pola sebaran angin selama musim timur di Perairan Maluku secara mingguan memiliki arah tiupan yang hampir sama (seragam) yaitu bergerak dari tenggara, kecuali disekitar Laut Seram dan Laut Maluku terjadi pembelokan arah. Kecepatan angin rata-rata berkisar antara 3,05-8,97m/d dan umumnya berada pada skala 4 berdasarkan Skala Beaufort. Kondisi maksimum terjadi pada minggu kedua bulan Juli disekitar perairan laut Banda dan minimum terjadi pada minggu pertama bulan Juni di sekitar perairan Laut Seram.
2. Tinggi Gelombang di Perairan Maluku memiliki variasi mingguan. Rata-rata gelombang tertinggi terjadi pada minggu kedua bulan Juli, rata-rata tinggi gelombang 2.75 m, sedangkan terendah pada minggu pertama bulan Juni dengan nilai rata-rata 0.30m. Gelombang yang terbentuk adalah gelombang *swell* dengan periode 0.9-10.2 detik.

Saran

Diharapkan ada penelitian lanjutan mengenai dinamika angin dan variasi gelombang pada musim yang berbeda.

DAFTAR PUSTAKA

- Holthuijsen LH. 2007. Waves in Oceanic and Coastal Waters. New York: Cambridge University Press.
- Hutabarat S, dan SM Evans. 1985. Pengantar Oseanografi.

Universitas Indonesia Press. Jakarta.

- Kurniawan. 2011. Variasi Bulanan Gelombang Laut Di Indonesia. Puslitbang BMKG. Jakarta
- Pond S and GL Pickard. 1983. Introductory Dynamical Oceanography. British Library Cataloguing In Publication.
- Ratuluhain ES. 2011. Variasi Transport Massa Air Permukaan Laut Banda Selama Bulan Januari 2009. Universitas Pattimura. Ambon
- Sumadhiharg K dan A Suwartana. 1975. Potensi Perairan Maluku Sebagai Sumber Hayati Laut. Lembaga Oseanologi Nasional. Ambon
- Supangat A, dan Susana. 2003. Pengantar Oseanografi. Pusat Riset Wilayah Laut Dan Sumberdaya Non-Hayati, Badan Riset Kelautan Dan Perikanan, DKP. Jakarta
- Wyrky K. 1961. Physical Oceanography Of Southeast Asian Waters. NAGA Rep,2. Scripps Inst Of Oceanography La Jolla. California
- Yuwono N. 1982. Teknik Pantai Volume I. Biro Penerbit Keluarga Mahasiswa Teknik Sipil UGM. Yogyakarta