

Variabilitas Musiman Distribusi Suhu Permukaan Laut, Angin Permukaan dan Klorofil-A di Laut Banda Periode Tahun 2006-2015

Seasonal Variability of Sea Surface Temperature, Surface Wind and Chlorophyll-A Distribution in Banda Sea During 2006 – 2015

Juni Tika Simanjuntak^{*1)}, Yauma Jannatin Inda Nuri¹, Iqmal Zainuddin¹, Amsari Mudzakir Setiawan²

¹ Sekolah Tinggi Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (STMKG)

² Pusat Informasi Perubahan Iklim, Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG)

^{*}E-mail: junitikas@gmail.com

ABSTRAK - Klorofil-a merupakan salah satu parameter yang dapat dijadikan sebagai indikator tingkat kesuburan di suatu perairan. Tinggi rendahnya konsentrasi klorofil-a berkaitan dengan kondisi fisik oseanografi suatu perairan seperti suhu permukaan laut dan angin. Konsentrasi klorofil-a yang tinggi di suatu wilayah juga dapat dijadikan indikasi sebagai tempat berkumpulnya ikan. Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh pemahaman yang lebih baik terkait karakteristik spasial dan variabilitas musiman suhu permukaan laut, angin permukaan dan klorofil-A di Laut Banda. Metode analisis spasial dan temporal diaplikasikan terhadap data *ex-situ* (*remote sensing*) suhu permukaan laut dan klorofil-A yang memanfaatkan data yang didapat dari data satelit Aqua MODIS *National Oceanic and Atmospheric Administration-Advanced Very High Resolution Radiometer* (NOAA-AVHRR) dan data angin yang diperoleh dari *European Center for Medium-Range Weather Forecasts* (ECMWF) selama periode 2006-2015. Hasil analisis menunjukkan bahwa pada periode musim timur (JJA) angin permukaan umumnya didominasi dari arah timur hingga tenggara dengan kecepatan tertinggi dibanding periode musim lainnya sehingga terjadi *upwelling* yang masif di Laut Banda. Kondisi ini dapat ditandai dengan relatif rendahnya suhu permukaan laut dan tingginya konsentrasi klorofil-a dibandingkan dengan periode musim yang lain.

Kata kunci: variabilitas musiman, suhu permukaan laut, klorofil-a, angin permukaan, Laut Banda

ABSTRACT - *Chlorophyll-a* is one of parameter indicator that can used to describe fertility level in the waters. *Chlorophyll-a* concentration also related to the physical oceanographic condition of the waters such as sea surface temperature (SST) and surface wind. Higher level of *Chlorophyll-a* concentration in certain location can be indicated as the fishing ground regions. The aim of this research was to get better understanding about spatial characteristics and seasonal variability of sea surface temperature, surface wind and chlorophyll-a in Banda Sea. Spatial and temporal analysis method applied to SST and chlorophyll-a from Aqua MODIS remote sensing data and surface wind from ECMWF during 2006 – 2015. Analysis result shows that during JJA, surface wind dominated by easterly wind with relatively higher speed than another season. Massive upwelling are occurred as its consequences. This condition also recognized by relatively low SST dan higher chlorophyll-a concentration compared to another seasons.

Keywords: seasonal variability, sea surface temperature, chlorophyll-a, surface wind, Banda Sea

1. PENDAHULUAN

Klorofil-a merupakan komponen penting yang didukung fitoplankton dan tumbuhan air yang mana keduanya merupakan sumber makanan alami bagi ikan. Konsentrasi klorofil-a berbanding lurus dengan biomassa fitoplankton (Wetzel, 2001 dalam Herawati, 2008) sehingga dapat dijadikan sebagai salah satu parameter indikator tingkat kesuburan di suatu perairan. Konsentrasi klorofil-a diatas 0.2 mg/L menunjukkan kehadiran kehidupan fitoplankton yang menandakan kemampuan mempertahankan kelangsungan perkembangan perikanan komersial (Susanto dkk., 2001). Suhu permukaan laut merupakan salah satu parameter oseanografi yang mencirikan massa air di lautan dan berhubungan dengan keadaan lapisan air laut yang terdapat di bawahnya, sehingga dapat digunakan dalam menganalisis fenomena-fenomena yang terjadi di lautan (Hutabarat, 1986).

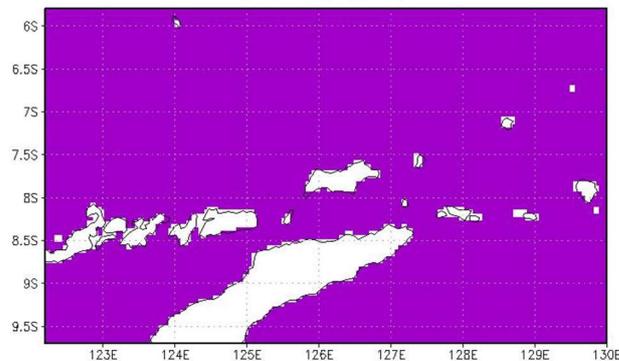
Laut Banda merupakan kawasan perairan Indonesia timur yang termasuk ke dalam perairan Samudera Pasifik barat dan berbatasan dengan Samudera Hindia. Secara topografi, kawasan perairan Indonesia Timur memiliki kedalaman lebih dari 2.000 m bahkan di beberapa tempat mencapai 5.000 – 6.000 m (Wulandari, 2017). *Upwelling* ditandai dengan penurunan suhu, kenaikan oksigen, zat hara nitrat, dan fosfat (Rochford,

1962 dalam Suharsono, 2003). Upwelling merupakan peristiwa naiknya massa air dari dasar laut ke permukaan laut yang membawa unsur hara yang tinggi dengan kandungan klorofil-a tinggi (Nontji, 2005).

Analisis karakteristik kondisi permukaan laut yang selalu berubah setiap waktu membutuhkan data dengan resolusi spasial dan temporal yang relatif baik. Salah satunya data yang dapat digunakan untuk analisis tersebut berupa data suhu permukaan laut (SST) dan klorofil-a dari luaran satelit Aqua MODIS *National Oceanic and Atmospheric Administration-Advanced Very High Resolution Radiometer* (NOAA-AVHRR). Data parameter meteorologis berupa data angin permukaan dari *European Center for Medium-Range Weather Forecasts* (ECMWF) selama periode 2006-2015 digunakan untuk memahami kondisi fisis permukaan dari wilayah perairan penelitian. Oleh karena itu, penelitian dilakukan untuk mengetahui variabilitas musiman sebaran suhu permukaan laut, angin permukaan dan klorofil-a di laut Banda dan mendapatkan nilai klimatologi dari parameter upwelling melalui analisis komposit terhadap data dengan periode tahun 2006-2015. Identifikasi daerah *upwelling* sebagai daerah yang subur diharapkan dapat digunakan sebagai salah satu informasi awal terkait mengenai potensi ikan di perairan Laut Banda.

2. METODE

Data yang digunakan dalam penelitian ini berupa data bulanan suhu permukaan laut, angin ketinggian 10 meter dan sebaran klorofil-a pada periode 10 tahun. Data yang digunakan mencakup wilayah sekitar Laut Banda dengan koordinat 6° LS – 9.7° LS dan 123° BT - 130° BT, serta pada rentang waktu 2006-2015 (**Gambar 1**).



Gambar 1. Lokasi penelitian di Laut Banda

Data suhu permukaan laut dan klorofil-a yang digunakan diperoleh dari data *Advanced Very High Resolution Radiometer* (AVHRR-Pathfinder) Satelit Aqua-MODIS dan tersedia dalam website NASA dengan resolusi spasial 4 km. Data ini diolah menggunakan *web live server* yang dapat diakses melalui alamat <https://giovanni.sci.gsfc.nasa.gov>. Produk satelit Aqua-MODIS ini telah digunakan sebelumnya untuk memahami klorofil-a (Ali dkk., 2016; Telesca dkk., 2017) dan suhu permukaan laut (Feng dan Hu, 2016; Bouali dkk., 2017). Data angin yang digunakan berupa data ERA (European Reanalysis)-Interim dengan resolusi spasial $0.5^{\circ} \times 0.5^{\circ}$ diperoleh dari website ECMWF (*European Center for Medium-Range Weather Forecasts*), terdiri dari data komponen zonal (U) dan komponen meridional (V) angin ketinggian 10 meter. Karakteristik angin di atas lautan di wilayah lain umumnya telah diteliti menggunakan data ERA-Interim ini (Bromwich dkk., 2016; Kumar dkk., 2016; Betts dan Beljaars, 2017; Zolina dkk., 2017). Analisis komposit kemudian diaplikasikan terhadap ketiga jenis data ini sehingga diperoleh variabilitas musiman terhadap parameter yang diteliti.

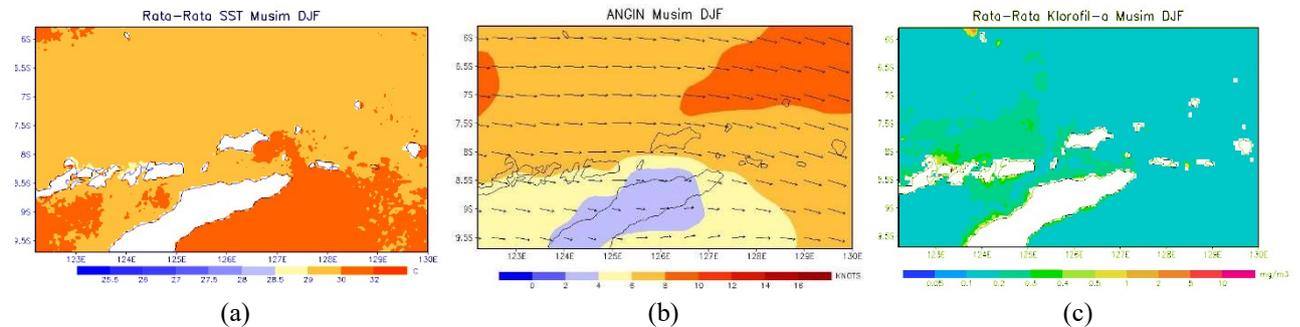
Data tersebut masih berformat NetCDF (*.nc) sehingga perlu diolah dengan menggunakan aplikasi GrADS 2.01 sehingga menghasilkan *output file* berupa gambar (*.jpg). Hasil gambar yang didapat kemudian dianalisis secara temporal untuk mengetahui distribusi spasial suhu permukaan laut, angin permukaan dan pola klorofil-a di Laut Banda pada tahun 2006-2015 pada periode musim DJF (Desember – Januari – Februari), MAM (Maret – April – Mei), JJA (Juni – Juli – Agustus), dan SON (September – Oktober – November).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Musim Barat (Desember – Januari – Februari)

Rata-rata suhu permukaan laut di Laut Banda pada periode DJF tahun 2006-2016 cenderung hangat yaitu sekitar 30°C – 32°C (**Gambar 2 (a)**). Hal ini dipengaruhi oleh posisi semu matahari yang pada periode ini berada di belahan Bumi selatan, sehingga wilayah Laut Banda mendapat pemanasan yang cukup tinggi.

Wilayah selatan dari Laut Banda memiliki suhu permukaan laut yang lebih hangat sekitar 32°C dibandingkan dengan suhu permukaan laut di wilayah utara dari Laut Banda. Pola angin permukaan yang berhembus pada periode ini umumnya berasal dari barat hingga barat laut sehingga sering disebut sebagai musim barat oleh masyarakat umum di wilayah kajian (**Gambar 2 (b)**). Angin permukaan ini berhembus dengan kecepatan 10 knot-12 knot di wilayah Laut Banda pada musim barat (DJF). Rata-rata konsentrasi klorofil-a di Laut Banda pada periode ini masih rendah, sekitar $0.2 \text{ mg/m}^3 - 0.5 \text{ mg/m}^3$, dan cenderung lebih banyak berada di pesisir pantai (**Gambar 2 (c)**).

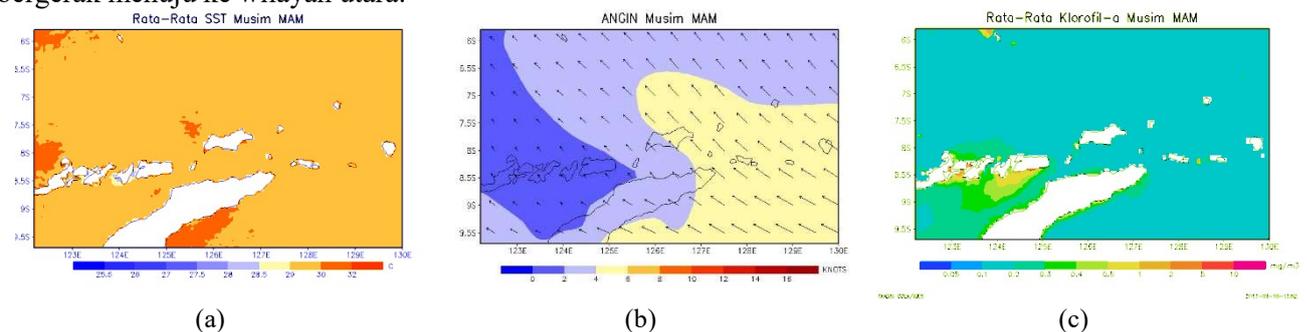


Gambar 2. (a) Rata-rata Suhu Permukaan Laut (SST), (b) Angin Permukaan, (c) Klorofil-a pada DJF periode tahun 2006 - 2015

Suhu permukaan laut relatif hangat, angin permukaan yang berhembus relatif lambat dan distribusi klorofil-a yang relatif sedikit umumnya dominan terjadi di Laut Banda pada periode ini. Kondisi ini koheren dengan penelitian sebelumnya (Siadari, 2017) yang menyatakan bahwa banyaknya sebaran klorofil-a dipengaruhi oleh nilai konsentrasi akibat kenaikan massa air, ditandai dengan suhu rendah yang lebih mengandung banyak terdapat nutrisi dibandingkan dengan suhu tinggi. Perubahan kecepatan angin juga mempengaruhi konsentrasi klorofil-a (Siadari, 2017).

3.2 Musim Peralihan 1 (Maret – April – Mei)

Musim peralihan 1 secara umum ditandai dengan mulai berubahnya arah angin permukaan (**Gambar 3 (b)**). Angin secara umum mulai berhembus dari tenggara meskipun dengan kecepatan yang relatif rendah (4 knot – 6 knot). Suhu permukaan laut di Laut Banda dan sekitarnya pada periode MAM ini menunjukkan nilai rata-rata 30°C (**Gambar 3(a)**). Suhu permukaan Laut di Laut Banda pada periode ini umumnya relatif lebih rendah dibandingkan pada musim barat. Hal ini disebabkan karena pergerakan semu matahari yang mulai menuju khatulistiwa dan belahan bumi utara sehingga pemanasan muka laut di belahan bumi selatan berkurang. Pada bulan – bulan ini, wilayah kajian bagian utara memiliki tekanan yang lebih rendah sehingga massa air hangat bergerak menuju ke wilayah utara.

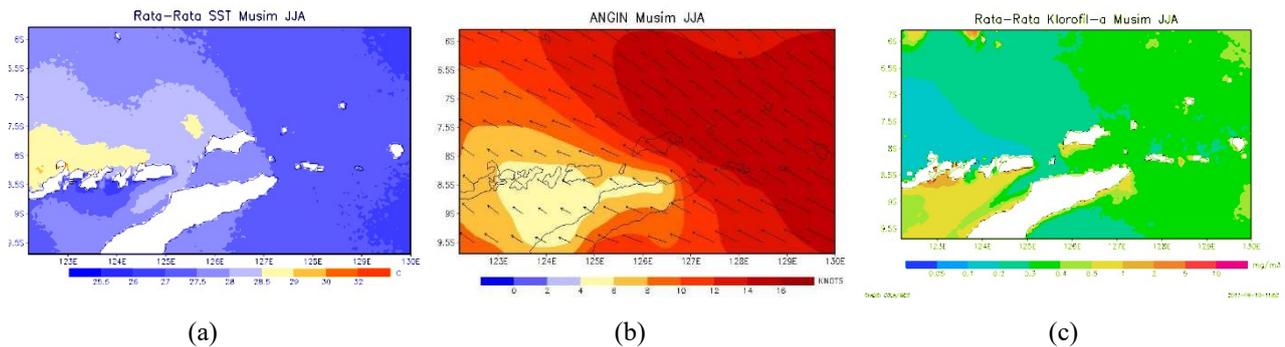


Gambar 3. (a) Rata-rata Suhu Permukaan Laut (SST), (b) Angin Permukaan, (c) Klorofil-a pada MAM periode tahun 2006 - 2015

Konsentrasi klorofil di Laut Banda mulai meningkat dengan nilai berkisar $0.3 \text{ mg/m}^3 - 1 \text{ mg/m}^3$. Meskipun demikian, klorofil-a masih banyak terkonsentrasi di wilayah pesisir dekat pantai (**Gambar 3 (c)**). Pada Musim peralihan 1 ini, suhu permukaan laut menurun dan terjadi perubahan arah dan kecepatan angin menjadi relatif lebih lambat dengan diikuti kenaikan sebaran klorofil-a terutama di bagian selatan Laut Banda.

3.3. Musim Timur (Juni – Juli – Agustus)

Musim Timur umumnya terjadi pada bulan Juni, Juli, dan Agustus serta mulai dapat diamati dengan mulai berubahnya arah angin dominan pada permukaan (**Gambar 4 (b)**). Suhu permukaan laut di Laut Banda dan sekitarnya berkisar 25°C - 28°C (**Gambar 4 (a)**). Kondisi ini merupakan suhu permukaan laut terendah yang terjadi dibandingkan dengan tiga periode musim lainnya. Hal ini secara umum dipengaruhi oleh posisi semu matahari yang berada di belahan bumi utara, sehingga wilayah Laut Banda dan sekitarnya mengalami pemanasan yang lebih sedikit. Musim timur di Laut Banda dapat umumnya ditandai dengan mulai teramatinya angin yang berhembus dari tenggara menuju barat-barat laut dengan kecepatan 14 knot – 16 knot. Meskipun demikian, di wilayah pesisir pantai kecepatan angin yang teramati relatif lebih rendah. Kecepatan angin tertinggi teramati pada periode ini dibandingkan dengan musim lainnya. Kecepatan angin yang tinggi mengakibatkan kekosongan massa air di atas permukaan Laut Banda. Hal ini memicu naiknya massa air dari dalam yang kaya akan nutrisi ke permukaan. Kondisi ini juga dapat memicu tingginya konsentrasi klorofil-a (berkisar 2 mg/m^3 - 5 mg/m^3) (**Gambar 4(c)**) di permukaan laut dan menyebar di hampir seluruh wilayah Laut Banda.

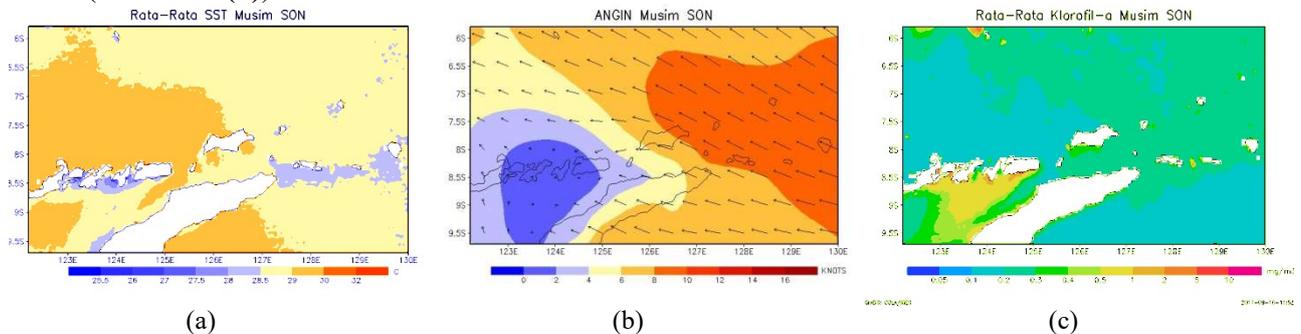


Gambar 4. (a) Rata-rata Suhu Permukaan Laut (SST), (b) Angin Permukaan, (c) Klorofil-a pada JJA periode tahun 2006 - 2015

Pada musim Timur (JJA) ini, terjadi penurunan suhu permukaan Laut yang cukup signifikan diikuti dengan bertambahnya wilayah sebaran klorofil-a. Hal ini menunjukkan adanya hubungan antara penurunan suhu permukaan laut terhadap sebaran klorofil-a. Pada musim ini, angin berhembus dengan kecepatan yang cukup tinggi yang mengakibatkan kekosongan massa air di atas permukaan laut dan membuat semakin dalamnya lapisan campuran vertikal lautan. Sehingga air dari dalam laut yang kaya akan nutrisi naik ke permukaan yang ditandai dengan meningkatnya sebaran klorofil-a di permukaan Laut.

3.4. Musim Peralihan 2 (September – Oktober – November)

Musim Peralihan 2 terjadi pada bulan September, Oktober, dan Desember. Pada Musim ini, rata-rata suhu permukaan laut di Laut Banda dan sekitarnya berkisar 29°C - 30°C (**Gambar 5(a)**). Kondisi ini menunjukkan terjadinya peningkatan pemanasan laut dibandingkan dengan musim timur. Pada periode SON, pergerakan semu matahari mulai menuju khatulistiwa dan bumi belahan selatan, sehingga pemanasan muka laut mulai meningkat. Angin umumnya berhembus bervariasi dari arah timur hingga tenggara dengan kecepatan 10 knot-12 knot (**Gambar 5(b)**).



Gambar 5. (a) Rata-rata Suhu Permukaan Laut (SST), (b) Angin Permukaan, (c) Klorofil-a pada SON periode tahun 2006 - 2015

Sebaran klorofil-a mulai berkurang dengan kisaran 0.4 mg/m^3 - 3 mg/m^3 dan relatif tersebar secara merata di seluruh wilayah Laut Banda (**Gambar 5(c)**). Pada Musim Peralihan 2 (SON), suhu permukaan laut mulai meningkat dan angin yang berhembus dengan kecepatan yang lebih rendah diikuti dengan sebaran klorofil-a yang mulai berkurang namun, masih tersebar di seluruh wilayah Laut Banda.

4. KESIMPULAN

Konsentrasi klorofil-a tertinggi di wilayah Laut Banda terjadi pada periode musim timur (JJA). Kondisi ini ditandai oleh suhu permukaan laut yang relatif rendah. Kecepatan angin yang relatif tinggi pada periode ini sangat mendukung terjadinya *upwelling* sehingga memungkinkan terjadinya transport massa air laut yang membawa klorofil-a dari lapisan laut yang lebih dalam ke permukaan. Konsentrasi klorofil-a terendah dibandingkan dengan bulan – bulan lainnya di Laut Banda terjadi pada periode musim barat. Suhu permukaan laut yang rendah (tinggi) di Laut Banda dapat diasosiasikan dengan konsentrasi klorofil-a yang tinggi (rendah). Perubahan kecepatan angin permukaan di Laut Banda juga memberikan kontribusi dalam sebaran dan konsentrasi klorofil-a.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis pertama mengucapkan terima kasih kepada Ayu Vista Wulandari dari Stasiun Meteorologi Muara Teweh (BMKG) yang telah membantu dalam penyediaan data dan diskusi terkait teknik pengolahan data satelit, serta NASA dan ECMWF yang telah menyediakan data yang digunakan untuk penelitian ini.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Ali, K. A., Ortiz, J., Bonini, N., Shuman, M. dan Sydow, C. (2016). Application of Aqua MODIS sensor data for estimating chlorophyll a in. Diunduh the turbid Case 2 waters of Lake Erie using bio-optical models. *Journal of Geoscience & Remote Sensing*. Volume 53, Issue 4. Diunduh 10 Januari 2017 dari <http://dx.doi.org/10.1080/15481603.2016.1177248>
- Betts, A. K., dan A. C. M. Beljaars (2017). Analysis of near-surface biases in ERA-Interim over the Canadian Prairies, *J. Adv. Model. Earth Syst.*, 9, doi:10.1002/2017MS001025.
- Bouali, M., Sato, O. T. dan Polito, P. S. (2017). Temporal trends in sea surface temperature gradients in the South Atlantic Ocean. *Remote Sensing of Environment*. Vol194, p100-114. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2017.03.008>
- Bromwich, D. H., Wilson, A. B., Bai, L.-S., Moore, G. W. K. dan Bauer, P. (2016). A comparison of the regional Arctic System Reanalysis and the global ERA-Interim Reanalysis for the Arctic. *Q.J.R. Meteorol. Soc.*, 142: 644–658. doi:10.1002/qj.2527
- Feng, L. dan Hu, C. (2016). Comparison of Valid Ocean Observations Between MODIS Terra and Aqua Over the Global Oceans. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, vol. 54, no. 3, pp. 1575-1585, doi: 10.1109/TGRS.2015.2483500
- Herawati, V. E. (2008). *Analisis Kesesuaian Perairan Segara Anakan Kabupaten Cilacap Sebagai Lahan Budidaya Kerang Totok (Polymesoda erosa) Ditinjau Dari Aspek Produktifitas Primer Menggunakan Penginderaan Jauh*. Tesis. Universitas Diponegoro. Semarang.
- Hutabarat, S. dan S. M. Evans. (1986). *Pengantar Oseanografi*. Cetakan ke-3. UI Press. Jakarta.
- Kumar, P., Min, S., Weller, E., Lee, H. dan Wang, X.L. (2016). Influence of Climate Variability on Extreme Ocean Surface Wave Heights Assessed from ERA-Interim and ERA-20C. *J. Climate*, 29, 4031–4046, <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-15-0580.1>
- Nontji, A. (2005). *Laut Nusantara*. Penerbit :Djambatan. Jakarta.
- Siadari, E. L. (2017). *Pengaruh Suhu Permukaan Laut dan Angin Terhadap Distribusi Klorofil-A di Perairan Papua Tahun 2002-2016*. Prosiding Seminar Nasional Sains Atmosfer 2017.
- Suharsono. (2003). Kondisi Terumbu Karang di Kepulauan Banda dan Sukses Karang di Bekas Muntahan Lahar Pulau Gunung Api. *Jurnal Pesisir dan Lautan*. Vol 5 No 1. ISSN 1410 – 7821.
- Susanto, R. D., Gordon, A. L., dan Zeng, Q. (2001) . Upwelling Along the Coasts of Java and Sumatera and its Relation to ENSO. *Geophysical Research Letters*. 28 (8): 1599 – 1602.
- Telesca, L., Pierini, J. O., Lovallo, M. dan Santamaría-del-Angeld, E. (2017). Spatio-temporal variability in the Brazil-Malvinas Confluence Zone (BMCZ), based on spectroradiometric MODIS-AQUA chlorophyll-a observations. *Oceanologia*. <https://doi.org/10.1016/j.oceano.2017.08.002>

Variabilitas Musiman Distribusi Suhu Permukaan Laut, Angin Permukaan dan Klorofil-A di Laut Banda Periode Tahun 2006-2015 (Simanjuntak, dkk.)

Wulandari, A. V. (2017). *Pengaruh Arlindo terhadap Distribusi Klorofil-a dan salinitas di Laut Banda Tahun 2006-2015*. Prosiding Seminar Nasional Fisika dan Aplikasinya 2017.

Zolina, O., A. Dufour, S.K. Gulev, dan G. Stenchikov. (2017). Regional Hydrological Cycle over the Red Sea in ERA-Interim. *J. Hydrometeor.*, 18, 65–83, diunduh 10 Januari 2017 dari <https://doi.org/10.1175/JHM-D-16-0048.1>