



Pola Musiman dan Antar Tahunan Salinitas Permukaan Laut Di Perairan Utara Jawa-Madura

Ahmad Najid¹, John I Pariwono², Dietriech G Bengen³, Subhat Nurhakim⁴, dan Agus S Atmadipoera³

¹Mahasiswa S3 Program Studi Ilmu Kelautan Sekolah Pascasarjana IPB

²Ketua Komisi Pembimbing, dosen pada Program Studi Ilmu Kelautan FPIK IPB

³Anggota Komisi Pembimbing, dosen pada Program Studi Ilmu Kelautan FPIK IPB

⁴Anggota Komisi Pembimbing, Ahli Peneliti Utama, Badan Litbang Kelautan dan Perikanan

Received 02 Maret 2012; received in revised form 20 Maret 2012;
accepted 05 Mei 2012

ABSTRACT

Watermass of Java Sea is already known having a strongly connection with monsoon system in Indonesian region. Study of temperature variability for and/or its relation to exploitation of marine and coastal resources have been done by scientists before hand. But the salinity condition is rare to studied, while the characteristic is important to the real life application. The sea surface salinity data archive, is primarily used in this study, is a monthly average within January 1994 – December 2010 by a spatial resolution of $1^{\circ} \times 1^{\circ}$. Dataset of wind from ECMWF as a secondary parameter, have been monthly averages both for east-west (zonal) component and north-south (meridional) component, it is derived from 10 meters above sea level within period of January 1994 – December 2010, by a spatial resolution of $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$. Descriptive analysis have been done in order to get a complete picture of the SSS seasonal fluctuation. The results shows that SSS in Java Sea having a seasonal variability, which indicated by appearances of two SSS maximum and two SSS minimum annually. Based on monthly average in the northern part of Java-Madura Seas, the SSS is haveing range of 32,0 PSU – 34,4 PSU. In the first transitional monsoon (Maret-April-Mei), SSS is relatively lower than others, i.e. NW monsoon, SE monsoon, and the second transitional monsoon, where it is found a core low SSS concentrated in the western part of Java Sea and also in south of Makassar strait.

Keywords: Sea surface salinity, seasonal fluctuation, wind monsoon system, Java sea

ABSTRAK

Massa air Laut Jawa telah diketahui memiliki hubungan yang erat dengan sistem muson di Indonesia. Kajian variabilitas temperatur terhadap dan/atau keterkaitannya dengan pemanfaatan sumberdaya laut dan pesisir juga telah banyak dilakukan. Sedangkan untuk kondisi salinitas belum banyak dikaji, padahal secara aplikasi adalah penting untuk diketahui karakteristiknya. Data arsip Salinitas Permukaan Laut (SSS), digunakan sebagai data primer dalam penelitian ini, merupakan rerata bulanan dari Januari 1994 – Desember 2010 dengan resolusi spasial $1^{\circ} \times 1^{\circ}$. Data angin yang bersumber dari ECMWF sebagai data sekunder merupakan rerata bulanan untuk komponen timur-barat (zonal) dan komponen utara selatan (meridional) pada ketinggian 10 meter di atas permukaan laut dari Januari 1994 – Desember 2010, dengan resolusi spasial $2,5^{\circ} \times 2,5^{\circ}$. Analisa deskriptif dilakukan untuk menghasilkan pemahaman yang komplit. Hasil kajian menunjukkan bahwa SSS di perairan Laut Jawa memiliki variabilitas antar musim yang diindikasikan dengan dua puncak SSS maksimum dan dua lembah SSS minimum dalam setahun. Berdasarkan rerata bulanan pada tahun 1994 – 2010 di Laut Utara Jawa-Madura, SSS berkisar antara 32,0 PSU – 34,4 PSU. Musim peralihan I (Maret-April-Mei) SSS relatif terendah dibandingkan pada musim yang lain, yakni musim barat, musim timur, dan musim peralihan II, dimana SSS rendah terkonsentrasi di bagian timur laut Jawa, di selatan Selat Makasar.

Kata kunci: salinitas permukaan laut, fluktuasi musiman, sistem angin muson, Laut Jawa

I. PENDAHULUAN

Laut Jawa adalah dangkalan benua dengan luas permukaan sekitar 7 % dari total luas perairan Indonesai. Kedalaman Laut Jawa rata-rata sekitar 40 meter terletak dibagian tenggara paparan sunda dimana perairan tersebut terutama dipengaruhi oleh siklus monsoon (muson), angin dan arus dari arah timur pada muson baratdaya (muson barat) dan angin dan arus dari arah barat pada musim muson tenggara (muson timur).

Salinitas merupakan parameter penting dalam studi oseanografi maupun iklim. Pada saat ini kesedian data salinitas air laut masih sangat terbatas. Variasi salinitas air laut berkaitan dengan kesetimbangan hidrologi (presipitasi-evaporasi (P-E) yang selanjutnya berkaitan dengan variasi salinitas muka air laut (*sea surface salinity/SSS*). Kedua parameter yaitu P-E dan juga salinitas ini merupakan parameter penting dalam studi iklim maupun oseanografi (Cahyarini, 2009).

Iklim di laut Jawa mengikuti pola musim dimana musim kering berlangsung pada bulan Juni hingga September, sedangkan musim hujan pada bulan November hingga Maret. Pada perairan yang secara musiman dipengaruhi oleh curah hujan, salinitas merupakan salah satu faktor yang penting dalam perubahan sebaran dan kelimpahan fauna (ikan) (Petit,D., *et.al*, 1996). Di sepanjang perairan utara Jawa-Madura merupakan wilayah lintasan poros utama Angin Muson sehingga kondisi hidrooseanografi dan klimatologinya sangat terkait dengan pola muson dan sirkulasi massa air di sekitarnya (Wyrтки, 1961; Romimohtarto, & Thayib, SS, ; Nontji, 2008; Atmadipoera, A.S.& Nurjaya, I W., 2011; Atmadipooera, A.S., 2012)

Akhir-akhir ini kegiatan survei maupun kajian terkait tentang oseanografi dan iklim di perairan Indonesia lebih giat dilakukan, seperti JADE, ARLINDO, JUV, SITE, RAMA, Baruna Jaya BPPT, dan ekspedisi Baruna Jaya LIPI. Kegiatan survei hidrooseanografi tersebut umumnya di perairan dalam bagian timur Indonesia dan di wilayah Indonesia di Samudera Hindia. Beberapa hasilnya telah dipublikasikan, antara lain; Ilahude, A.G., & A.L. Gordon, 1996; Susanto, R.D & A.L. Gordon, 2001; Gordon,

A.L., 2005; Pariwono, *et.al.*, 2005; Aldrian, E.,*et al.*, 2005; Qu.T., *et.al.*, 2005; Robertson R. and A. Ffield; Ray R.D., *at al.*, 2005; Potemra J.T, 2005; Hendiarti N. *et al.*, 2006; dan Susanto R. D and J. Marra, 2005; Tubalawony, S., 2009; Makarim S., *et al*, 2011; Sukorahardjo, S.S., 2012. Sedangkan kegiatan survei dan penelitian hidrooseanografi yang fokus di perairan dan laut yang relatif dangkal, seperti di utara pulau Jawa-Madura relatif tidak banyak dilakukan.

Hasil penelitian dan survei hidrooseanografi dan ekologi laut di perairan Laut Jawa-Madura dan sekitarnya, antara lain Wyrтки, 1957; 1961; Samsul Hadi, 1995; Sadhotomo dan Duran, J.R., 1996; Petit. D., dkk., 1996; Hendiarti, N., dkk, 2005, Mira Yusniati, 2006; Baruna Jaya P2O- LIPI, 2009; Baruna Jaya BPPT, 2010, Survei INDOMIX, 2010, Atmadipoera, A.S. & I.W. Nurjaya, 2011, Atmadipoera, A.S., 2012).

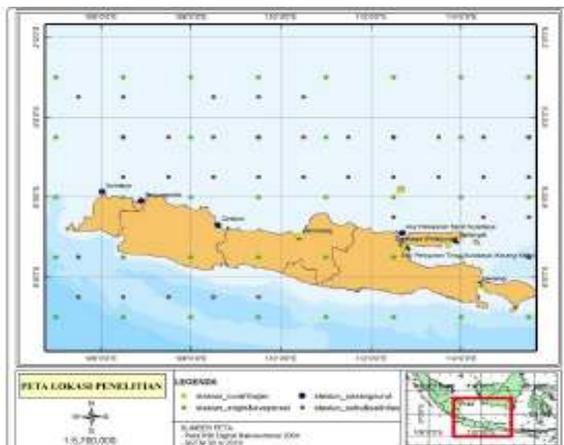
Salinitas permukaan adalah parameter yang sudah banyak diketahui dan variasinya dapat menggambarkan sirkulasi massa air secara menyeluruh dari Laut Jawa-Madura. Penelitian yang lebih mendalam perlu dilakukan untuk memberikan gambaran yang lebih tepat berdasarkan wilayah, musim, dan perubahan antar tahunan.

Tujuan penelitian ini adalah mengetahui variabilitas iklim musiman dan perubahan antar tahunan dan implikasinya terhadap fluktuasi salinitas di perairan utara Jawa-Madura.

II. BAHAN DAN METODE

Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian di perairan utara laut Jawa-Madura yakni pada area antara 108° BT-115 °BT dan 7° LS-5° LS (Gambar 1).



Gambar 1. Peta lokasi penelitian perairan utara Jawa-Madura

Data

Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data hasil reanalisis dari beberapa arsip data, antara lain : data ECCO (*Estimating Circulation & Climate of Ocean*), CMAP, ECMWF (*European Centre for Medium Range Forcase*).

Data angin yang bersumber dari ECMWF di unduh dari www.ecmwf.int. Data angin terdiri dari data bulanan rata-rata komponen timur-barat (zonal) dan komponen utara selatan (meridional) angin pada ketinggian 10 meter di atas permukaan laut dari Januari 1994 – Desember 2010 dengan resolusi spasial $2,5^{\circ} \times 2,5^{\circ}$ dalam format NetCDF. Data tersebut merupakan data hasil analisis ulang dan interpolasi data meteorologi yang diperoleh dari berbagai pusat data pengamatan dan parameter meteorologi dunia.

Data Salinitas Permukaan Laut (SSS) yang digunakan dalam penelitian ini adalah data bulanan rata-rata dari Januari 1994 – Desember 2010 dengan resolusi spasial $1^{\circ} \times 1^{\circ}$ dalam format NetCDF.

Analisis Data

Pola sebaran angin setiap bulan dikaji dengan melihat arah dan kecepatannya. Data Vektor angin untuk setiap komponen yang diperoleh dari tahun Januari 1994 – Desember 2010 selanjutnya dirata-ratakan dengan cara merata-ratakan kecepatan setiap komponen angin untuk setiap titik pengamatan pada

bulan-bulan yang sama. Dari hasil rata-rata vektor angin kemudian dihitung besarnya kekuatan dan arah angin bulanan rata-rata dengan menggunakan persamaan :

$$u = u_c \cos \alpha$$

$$v = v_c \sin \alpha$$

dimana :

u = komponen zonal angin ($m \text{ det}^{-1}$)

v = komponen meridional angin ($m \text{ det}^{-1}$)

u_c = resultante kecepatan angin ($m \text{ det}^{-1}$)

α = arah angin

Hasil analisis kecepatan dan arah tiupan angin kemudian ditampilkan dalam bentuk gambar sebaran angin dengan bantuan perangkat lunak *Ocean Data View* (ODV). Pola sebaran SSS setiap bulan dikaji secara spasial dan temporal dengan cara melakukan perataan data SSS untuk setiap titik pengamatan pada bulan-bulan yang sama. Hasil analisis tersebut selanjutnya ditampilkan dalam bentuk gambar sebaran SSS bulanan rata-rata dan tahunan rata-rata (1994-2010) dengan bantuan perangkat lunak *Ocean Data View* (ODV) dan *FERRET ver. 6*. Berdasarkan gambar sebaran sebaran angin dan SSS selanjutnya dilakukan analisis untuk mengkaji pengaruh perubahan tiupan angin muson terhadap sebaran SSS di perairan utara Laut Jawa-Madura.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Sistem Angin Muson di Laut Jawa-Madura

Secara geografis posisi perairan laut Jawa (seperti di wilayah Indonesia pada umumnya) terletak di antara dua benua, Asia dan Australia, serta antara Samudera Pasifik dan Samudera Hindia, sehingga karakteristik hidrooseanografi (seperti salinitas) perairan indonesia sangat dipengaruhi oleh sistem angin muson dan sirkulasi massa air antar samudra. Pada bulan Desember-Maret letak bumi terhadap matahari adalah sedemikian rupa, sehingga belahan bumi selatan menerima lebih banyak penyinaran matahari dari pada belahan utara. Sebagai akibatnya daratan Australia mengalami tekanan udara rendah, sedangkan daratan Asia mengalami tekanan udara tinggi. Antara kedua wilayah tekanan yang berbeda ini berkembanglah

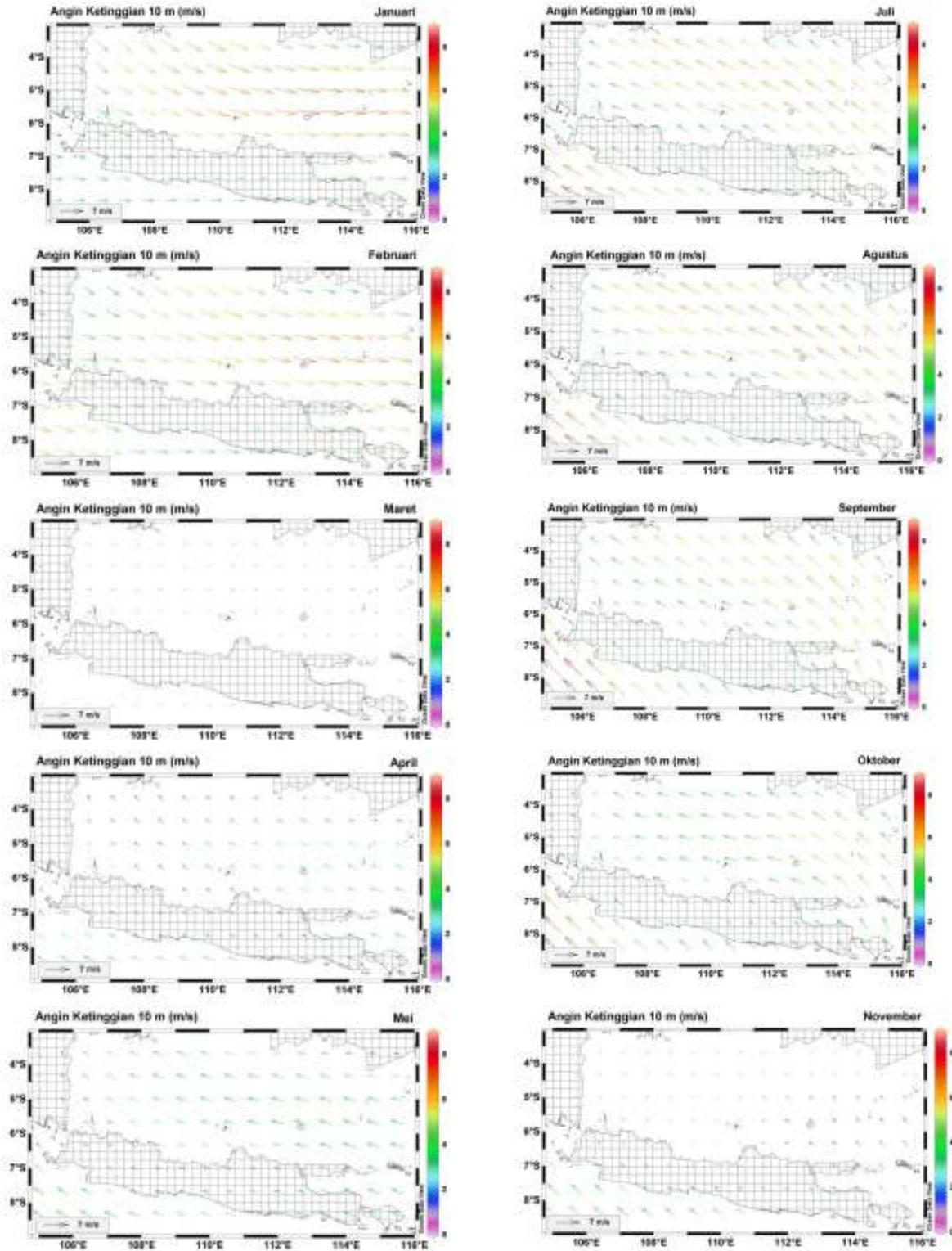
angin muson yang bertiup dari daratan Asia ke Australia. Di kawasan Indonesia utara katulistiwa angin bertiup dari arah timur laut, sehingga disebut angin Muson Timur laut. Di bagian selatan katulistiwa anginnya bertiup dari arah barat laut, sehingga disebut angin Muson Barat laut (Wyrtki, 1961; Ilahude, 1994).

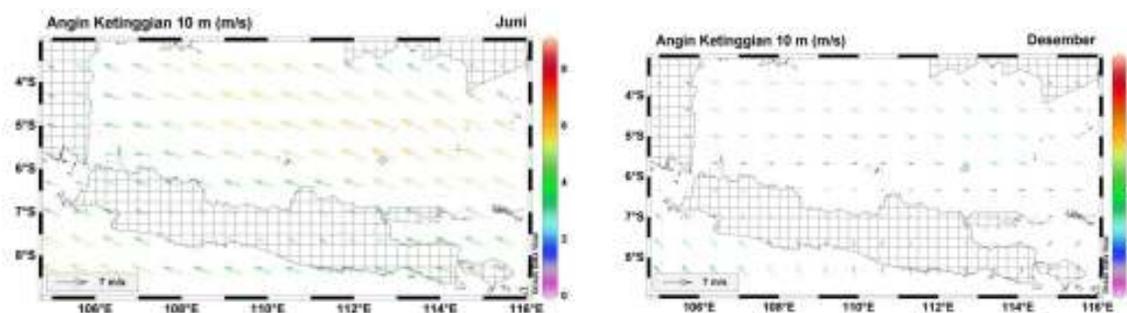
Sebaliknya pada Muson timur-tenggara yang biasanya terjadi pada bulan Juni-September, daratan Asia mengalami pemanasan yang intensif sehingga menjadi pusat tekanan udara rendah, sedangkan di benua Australiaterbentuk pusat tekanan udara tinggi, akibatnya angin bertiup dari Australia ke Asia. Di kawasan Indonesia bagian selatan katulistiwa angin bertiup dari arah tenggara, sehingga disebut angin Muson Tenggara, sedangkan di bagian utara katulistiwa angin bertiup dari barat daya sehingga disebut angin Muson Barat daya. Untuk wilayah yang tepat berada di katulistiwa, berlaku angin muson utara dan angin muson selatan (Wyrtki, 1961; Ilahude, 1994).

Angin Muson Tenggara di selatan Katulistiwa bersamaan waktunya dengan Muson barat daya di utara katulistiwa (Juli-Agustus) dan Muson barat laut bersamaan dengan Muson Timurlaut di kawasan utara Katulistiwa (Desember-Maret). Sirkulasi massa air di permukaan di perairan Laut Jawa dipengaruhi oleh sistem angin Muson (Wyrtki, 1991). Sirkulasi masa air permukaan di perairan Indonesia (laut Jawa) pada puncak Muson Barat laut pada Februari dan puncak Muson tenggara pada bulan Agustus. Sedangkan pada bulan-bulan diantaranya merupakan musim peralihan dari musim barat ke musim timur (September-Oktober), dan peralihan dari musim timur ke musim barat.

Pola angin pada penelitian ini ditampilkan dalam bentuk sebaran horizontal angin rata-rata bulanan tahun 1994-2010 (Gambar 1). Secara umum pola angin di Laut Jawa mengikuti pola Angin Muson yang berkembang di Indonesia, dimana pada saat musim Barat (Desember – Februari) dan

musim Timur (Juni – Agustus) angin bertiup lebih kencang dengan kecepatan berkisar antara 0,96 – 7,11 m/s (Tabel 3), puncak dari musim ini terjadi pada bulan Januari (musim Barat) dan Agustus (musim Timur) dengan kecepatan masing-masing mencapai 7,11 m/s dan 6,79 m/s. Angin pada musim Barat berhembus menuju ke timur, sedangkan pada musim Timur angin berhembus menuju ke Barat Laut. Pada saat musim Peralihan I (Maret - Mei) dan musim Peralihan II (September – November) angin cenderung bertiup dengan kecepatan lebih rendah, yaitu berkisar antara 0,38 – 6,16 m/s dan arah angin yang tidak menentu. Pada Gambar 2, disajikan sebaran horizontal angin ketinggian 10 m rata-rata bulanan tahun 1994-2010 di utara Jawa-Madura pada bulan (a) Januari, (b) Februari, (c) Maret, (d) April, (e) Mei, (f) Juni, (g) Juli, (h) Agustus, (i) September, (j) Oktober, (k) November, (l) Desember.





Gambar 2. Sebaran horizontal angin ketinggian 10 m rata-rata bulanan tahun 1994-2010 di utara Jawa-Madura pada bulan Januari - Desember

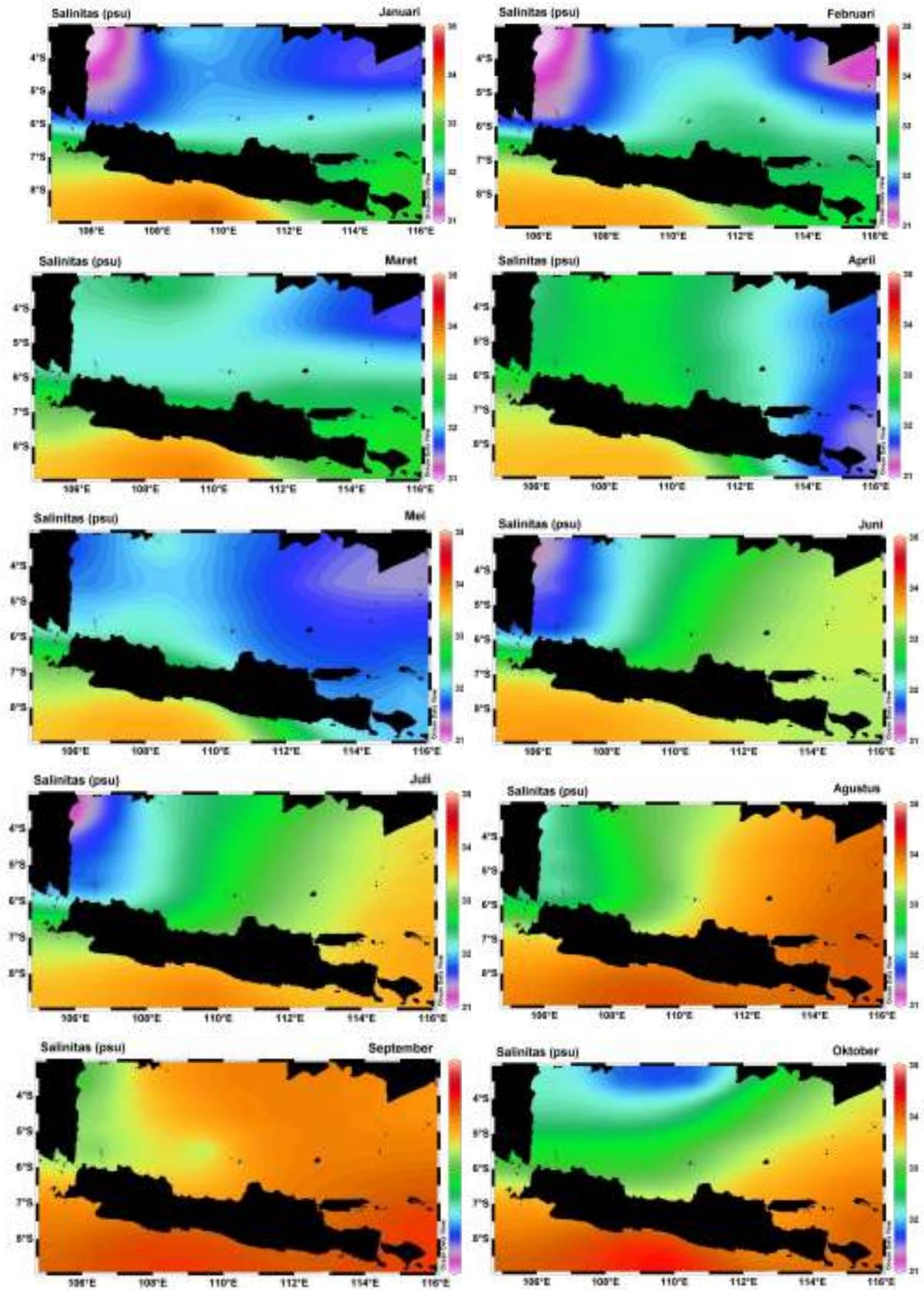
Pola Musiman dan Antar Tahunan Salinitas Permukaan Laut Jawa-Madura

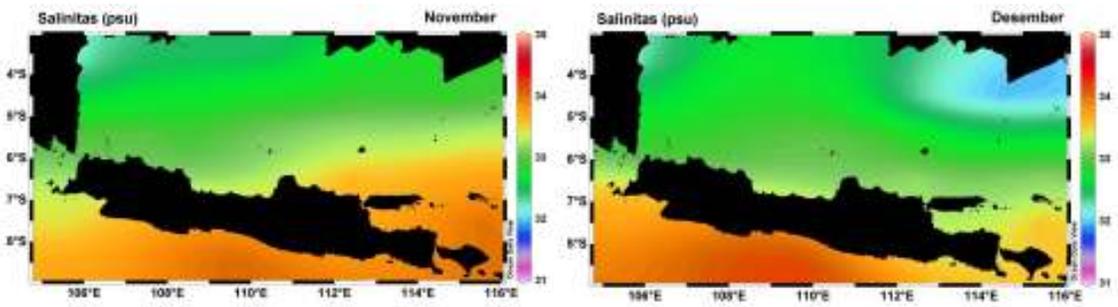
Pada musim barat (Desember - Februari) salinitas minimum mencapai puncaknya pada bulan Januari atau Februari. Pada musim ini massa air dari Laut Natuna melewati Selat Karimata memasuki Laut Jawa dari arah barat yang dalam perjalanannya banyak mengalami pengenceran dari aliran-aliran sungai di sungai disekitarnya (Sumatera, kaliman, dan Jawa). Akibatnya salinitas turun dan mendorong massa air yang bersalinitas tinggi ke timur ke arah laut Flores. Sebaliknya pada musim timur, dimana massa air laut bergerak dari Timur (laut Flores dan Selat Makasar) ke barat memasuki laut Jawa mendorong massa air salinitas rendah di Laut Jawa kembali ke barat sampai ke laut Cina Selatan melewati Selat Karimata.

Pola sebaran salinitas di laut Jawa akan mengikuti pola musim, dimana angin dan gelombang pada musim barat atau musim timur di perairan laut Jawa akan menghasilkan lapisan turbulensi atau lapisan tercampur (mixer layer). Arus di laut Jawa pada musim timur dari bulan (Mei - September) mengalir menuju ke arah barat. Sebaliknya pada musim barat (November - Maret) arus mengalir ke arah timur. Saat musim barat massa air salinitas rendah (minimum) bergerak dari Selat Karimata ke laut Jawa dan pada musim timur massa air

salinitas tinggi (maksimum) bergerak dari arah timur (laut Flores dan Selat Makasar) masuk ke laut Jawa. Nilai rata-rata tahunan yang terendah di perairan Indonesia sering dijumpai pada perairan Indonesia bagian barat dan semakin ke timur nilai rata-rata tahunannya semakin meningkat. Hal ini karena masuknya massa air yang bersalinitas lebih tinggi dari Samudera sepanjang tahun (Wyrcki, 1961; Gordon, 2005).

Sebaran horizontal salinitas rata-rata bulanan tahun 1994-2010 pada permukaan di Laut Jawa masing-masing disajikan pada Gambar 3. Salinitas permukaan (kedalaman 0 meter) di perairan Laut Jawa berkisar antara 31 - 34 (psu), dimana salinitas minimum ditemui pada bulan Mei dan salinitas maksimum terjadi pada bulan September. Pada musim Timur (Juni - Juli) salinitas permukaan cenderung lebih tinggi di bandingkan dengan saat musim Barat (Desember - Februari), hal ini diduga adanya masukan massa air dari timur Laut Jawa. Secara umum salinitas di Laut Jawa bagian selatan (perairan pantura, Madura dan Situbondo) memiliki nilai yang cenderung lebih tinggi sepanjang tahunnya dibandingkan dengan bagian Laut Jawa lainnya.



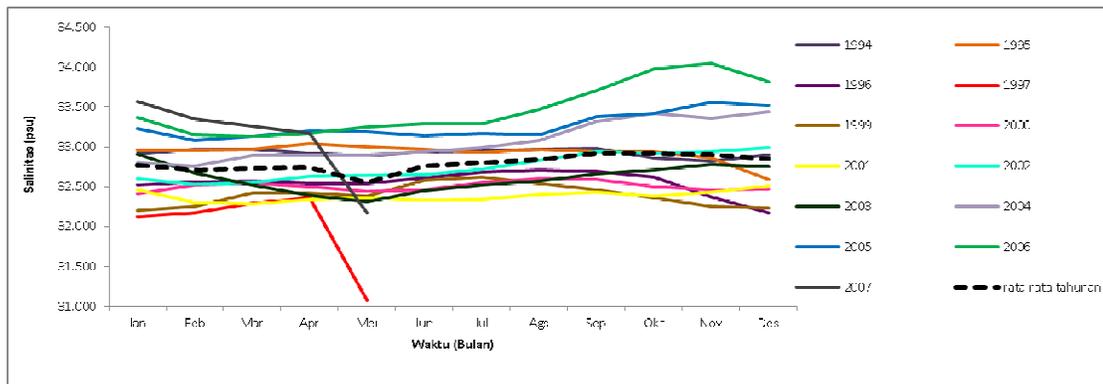


Gambar 3. Sebaran horizontal salinitas rata-rata bulanan di Laut Jawa pada kedalaman 0 meter, (a) Januari, (b) Februari, (c) Maret, (d) April, (e) Mei, (f) Juni, (g) Juli, (h) Agustus, (i) September, (j) Oktober, (k) November, (l) Desember

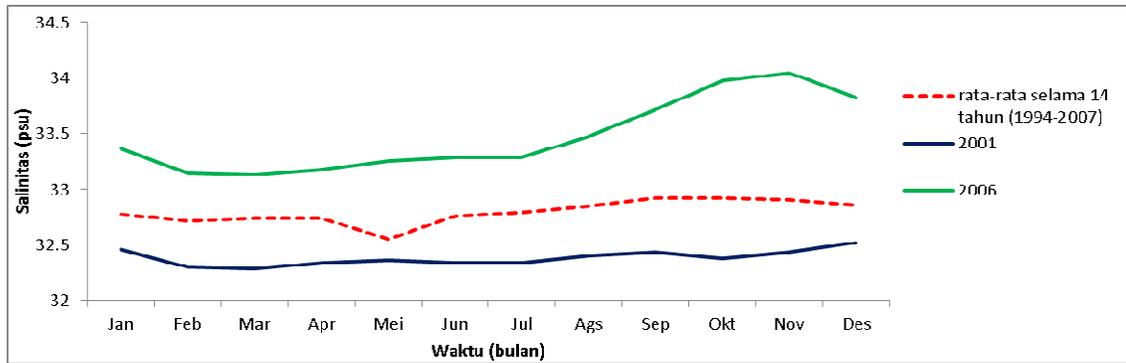
Menurut Wyrcki, 1961 masuknya massa air bersalinitas tinggi dari Samudera Pasifik ke perairan Indonesia, menyebabkan sebaran salinitas permukaan di perairan Indonesia meningkat dari barat ke timur dan berkisar antara 30 – 35 PSU. Keadaan sebaran salinitas permukaan memperlihatkan perbedaan-perbedaan musiman dengan variasinya relatif lebih besar dibandingkan dengan suhu. Pada Muson barat massa air dari Laut Natuna memasuki Laut Jawa dari arah barat yang dalam perjalanannyadalam musim hujan tersebut banyak mengalami pengenceran dari aliran-aliran sungai dari Sumatera, kalimantan, dan Pulau Jawa. Akibatnya salinitas turun dan mendorong massa air yang bersalinitas tinggi ke timur ke arah Laut Flores. Dalam muson timur terjadi kebalikannya yaitu masuknya massa air dari yang bersalinitas tinggi dari arah timur dari Selat makasar dan Laut Flores, yang

mendorong massa air bersalinitas rendah kembali ke barat (Wyrcki, 1961; Nontji, 1987; Gordon, A.L. 2005).

Berdasarkan hasil pengolahan data salinitas permukaan rata-rata bulanan pada tahun 1994-2007 (Gambar 4 dan Gambar 5), bahwa sebaran salinitas di permukaan di laut Jawa menunjukkan bahwa umumnya terjadi kenaikan salinitas mulai bulan Juli sampai dengan Nopember dan penurunan salinitas dari Nopember sampai dengan Februari. Salinitas yang tinggi terjadi pada tahun 2004, 2005, dan tahun 2006 dan salinitas rendah pada tahun 1997, 1999, 2000, 2001, dan 2002 dalam periode tahun tersebut. Salinitas di laut Jawa mencapai puncaknya pada Agustus, September, Oktober, dan Nopember. Fluktuasi salinitas permukaan tersebut diperkirakan terkait erat dengan pola variabilitas monsun yang terjadi laut Jawa.



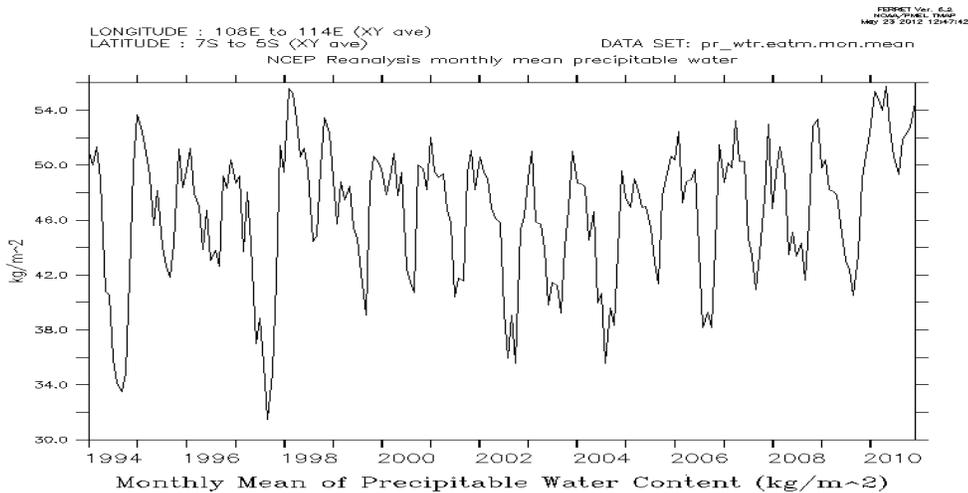
Gambar 4. Grafik salinitas rata-rata bulanan 1994-2007 di laut Jawa-Madura



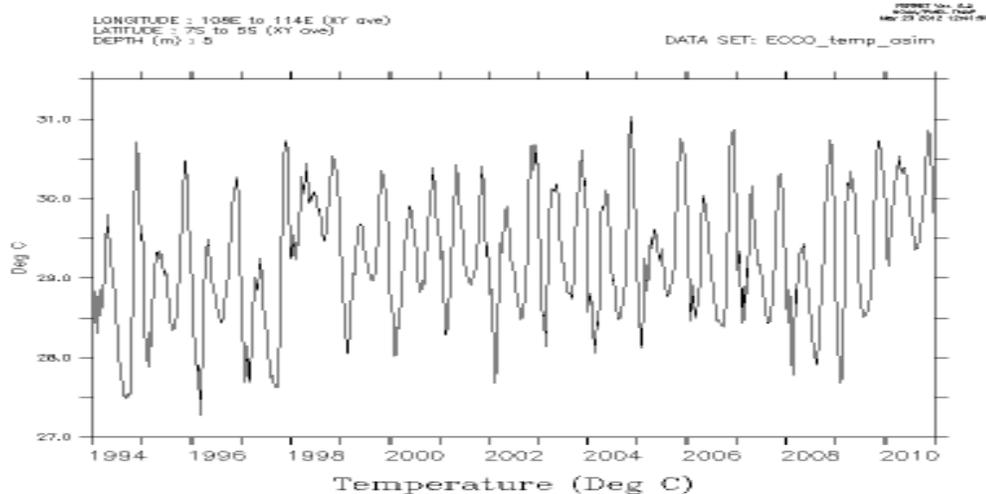
Gambar 5. Fluktuasi salinitas bulanan 2001 dan 2006 terhadap rata-rata bulanan 1994-2007 di laut Jawa-Madura

Selama musim barat, angin bertiup ke timur dan menimbulkan hujan hampir di semua wilayah bagian barat Indonesia. Curah hujan di laut Jawa dan ditambah dengan aliran sungai-sungai dari pulau-pulau Sunda Besar (Sumatera, Jawa, dan Kalimantan) menyebabkan penurunan salinitas di pantai-pantai. Kadang-kadang isohalin 30 psu terdorong jauh ke laut lepas. Pada saat yang sama arus permukaan dari laut Cina Selatan membawa massa air bersalinitas rendah ke

bagian barat Laut Jawa dan mendorong massa air yang bersalinitas tinggi ke timur. Sebaliknya, pada musim timur massa air dengan salinitas rendah tadi didorong kembali ke Laut Jawa dan Laut Cina Selatan, dan diganti oleh massa air yang bersalinitas tinggi dari Selat Makasar dan laut Flores. Fluktuasi curah hujan rata-rata bulanan (1994 – 2010), seperti diberikan pada Gambar 6, dan Gambar 7 Fluktuasi suhu udara rata-rata bulanan pada tahun 1994-2010 di Laut Utara Jawa.



Gambar 6. Fluktuasi Curah hujan Rata-Rata bulanan (1994 – 2010) Laut Utara Jawa-Madura



Gambar 7. Fluktuasi Suhu udara Rata-Rata bulanan (1994 – 2010) Laut Utara Jawa-Madura

IV. KESIMPULAN

Pola angin di Laut Jawa mengikuti pola Angin Muson yang berkembang di Indonesia, dimana pada saat musim Barat (Desember – Februari) dan musim Timur (Juni – Agustus) angin bertiup lebih kencang dengan kecepatan berkisar antara 0,96 – 7,11 m/s. Puncak dari musim ini terjadi pada bulan Januari (musim Barat) dan Agustus (musim Timur) dengan kecepatan masing-masing mencapai 7,11 m/s dan 6,79 m/s. Salinitas permukaan di perairan Laut Jawa berkisar antara 31 – 34 (psu), dimana salinitas minimum ditemui pada bulan Mei dan salinitas maksimum terjadi pada bulan September. Pada musim Timur (Juni – Juli) salinitas permukaan cenderung lebih tinggi di bandingkan dengan saat musim Barat (Desember – Februari), hal ini diduga adanya masukan massa air dari timur Laut Jawa. Salinitas bagian selatan (perairan pantura, Madura dan Situbondo) memiliki nilai yang cenderung lebih tinggi sepanjang tahunnya dibandingkan dengan bagian Laut Jawa lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Atmadipoera, A. S. dan Kusmanto, E. submitted to the Continental Shelf Research 16 May 2012. Observation of Coastal Front and Circulation in the Northeastern Java Sea, Indonesia.
- Atmadipoera, A. S. dan I.W. Nurjaya. Poster , E. submitted to the Continental Shelf Research 16 May 2012. Observation of Coastal Front and Circulation in the Northeastern Java Sea, Indonesia.
- Emery, W. J. dan Thomson, R. E.. 1997. Data Analysis Methods in Physical Oceanography. Pergamon, British
- Gordon, A. L. 2005. Oceanography of the Indonesian Seas and Their Throughflow. Oceanography Content. 18(4):15-27.
- Hadikusumah. 2008. Variabilitas Suhu dan Salinitas di Perairan Cisadane. Makara, Sains. 12(2):82-88.
- Miyama , T. T. Awaji, K. Akitomo & N. Imasato. A Lagrangian approach to the seasonal variation of salinity in the mixed layer of the Indonesian Seas. Journal of geophysical Research, VOL. 101. No. C5. P 12.265 – 12.420. 1996
- Wyrtki, K. 1961. Physical Oceanography of The Southeast Asian Water. NAGA Report Vol 2. Scripps Inst. Oceanography. The University of California. La Jolla, California
- Wyrtki, K. 1957. Precipitation, Evaporation and Energy Exchange at the Surface of the Southeast Asian Water. Lembaga Penjilidan Laut – Institute of Marine Research. Bogor