

**NET FLUX SOLAR RADIATION DAN PENGARUHNYA TERHADAP SUHU
PERMUKAAN LAUT (SPL) SERTA KETERSEDIAAN KLOORIFIL-A DI
PERAIRAN SELATAN JAWA**

**SKRIPSI
PROGRAM STUDI ILMU KELAUTAN
JURUSAN PEMANFAATAN SUMBERDAYA PERIKANAN DAN KELAUTAN**

Oleh:

IKBAR SALLIM AL ASYARI

NIM. 125080600111016



FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

MALANG

2016

SKRIPSI

NET FLUX SOLAR RADIATION DAN PENGARUHNYA TERHADAP SUHU PERMUKAAN LUT (SPL) SERTA KETERSEDIAAN KLOOROFIL-A DI PERAIRAN SELATAN JAWA

Oleh:

IKBAR SALLIM AL ASYARI

NIM. 125080600111016

Telah dipertahankan di depan penguji

Pada tanggal 21 Juli 2016

Menyetujui,

Dosen Penguji I

(Defri Yona, S.Pl., M.Sc., Stud., D.Sc.)

NIP. 19781229 200312 2 002

Tanggal : 16 AUG 2016

Dosen Pembimbing I

(Ir. Aida Sartimbul, M.Sc., Ph.D.)

NIP. 19680901 199403 2 001

Tanggal : 16 AUG 2016

Dosen Penguji II

(Dwi Candra Pratiwi, S.Pl., M.Sc., MP.)

NIP. 19860115 201504 2 001

Tanggal: 16 AUG 2016

Dosen Pembimbing II

(M. Arif As'adi, S.Kel., M.Sc.)

NIP. 19821106 200812 1 002

Tanggal: 16 AUG 2016

Mengetahui,

Ketua Jurusan PSPK



(Dr. Ir. Daduk Setyohadi, MP.)

NIP. 19630608 198703 1 003

Tanggal : 16 AUG 2016



PERNYATAAN ORISINALITAS

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya sendiri dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang maupun instansi lain kecuali yang tertulis dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila dalam kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan skripsi ini hasil penjiplakan (plagiasi), maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut, sesuai hukum yang berlaku di Indonesia.



Malang, 20 Januari 2016

Penulis,

Ikbar Sallim Al Asyari

NIM. 125080600111016

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis menyampaikan ucapan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada beberapa pihak:

1. Allah SWT Tuhan Yang Maha Esa telah memberikan rezeki yang tak terhingga dan kemudahan dalam menyelesaikan skripsi ini dan Rasulullah Muhammad SAW yang diharapkan syafaatnya
2. Orang tua Abah H. Jamil Asy'ari dan Emak Binti Maslihah atas doa dan dukungannya dan keluarga Edwin Hamdan Asy'ari, Maya Novitasari, Tazkiya Putri Hamdani.
3. Dr. Fadli Syamsudin dari BPPT Jakarta, selalu pembimbing lapang dalam melakukan riset
4. Ir. Aida Sartimbul, M.Sc., Ph.D selaku pembimbing 1 dan M. Arif As'adi, S.Kel., M.Sc. selaku pembimbing 2 yang meluangkan waktunya untuk membimbing dalam proses penyelesaian riset ini
5. Defri Yona, S.Pi.,M.Sc.Stud.,D.Sc. dan Dwi Candra Pratiwi, S.Pi.,M.Sc.,MP. selaku dosen penguji skripsi yang telah memberikan saran dan masukan dalam penulisan laporan
6. H. Saripudin, SE. dan Kapten Ida Triana yang membantu proses akomodasi selama riset di Jakarta
7. Member IAAS Indonesia, IAAS LC-UB, Rekan-Rekanita PKPT IPNU-IPPNU Universitas Brawijaya, Anggota LOF AL-HISAF FPIK, Redirect Indonesia, LESHUTAMA, PAC IPNU-IPPNU Kalidawir, Squad AKSELERASI MAN1 Tulungagung atas bantuan dalam proses riset,
8. Ibu Desi Susanti, S.Farm.,Apt. atas bantuan, dukungan, motivasi selama proses riset

9. Ahmad Fauzan atas bantuan dalam pengolahan data, M. Bagus Kurniawan atas diskusi dalam riset, Oky Ade dan Reni Anggarwati atas bantuan dalam penyusunan
10. Pak Khosis Direktur LESHUTAMA dan Cendekia Nusantara Foundation, Kang Adib Hasani Ketua Umum PAC Kalidawir, Mbah Shoem, Mamad, Rohman, Mas Cahyo Agung Sulisty, Nur Amin S.Pd, Aceng Fikri, Irwanto Marhaenis atas barang penunjang untuk riset
11. Geng "SARANG PENYAMUN 123" atas akomodasi dalam penyusunan laporan riset
12. Kawan-kawan seperjuangan Ilmu Kelautan Universitas Brawijaya terutama POSEIDON 2012
13. Dan segenap senior-senior yang selalu memberikan inspirasi dan motivasi untuk terus berkarya dan berprestasi sehingga bisa menyelesaikan riset ini. Jazakumullah khoiron katsir!

RINGKASAN

IKBAR SALLIM AL ASYARI. *Net Flux Solar Radiation* dan Pengaruhnya Terhadap Suhu Permukaan Laut (SPL) Serta Ketersediaan Klorofil-a di Perairan Selatan Jawa (di bawah bimbingan **Ir. Aida Sartimbul, M.Sc. Ph.D** dan **M. Arif Asadi, S.Kel., M.Sc.**)

Radiasi matahari yang masuk ke permukaan bumi mengalami penurunan. Intensitas radiasi matahari telah berkurang 2-3% setiap dekadnya dari tahun 1950-1990, bahkan di kawasan tropi intensitas berkurang 5-10% selama pertengahan abad ke-20. Hal ini telah berdampak terhadap produktivitas tanaman pangan di darat dan dikhawatirkan berdampak terhadap produktivitas di laut.

Tujuan penelitian ini adalah untuk membuktikan terjadinya fenomena *global dimming* di perairan Selatan Jawa dengan data *net flux* radiasi matahari dari CERES, dan hubungannya terhadap suhu permukaan laut serta klorofil-a dari citra satelit Aqua MODIS selama sepuluh tahun dari tahun 2006-2015. Penelitian ini dilakukan NeoNET (*Nusantara Earth Observation Network*) BPPT (Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi) Jakarta dan laboratorium pemetaan FPIK Universitas Brawijaya.

Metode analisis yang digunakan adalah metode analisis tren melalui anomali masing-masing variabel, EOF (*Empirical Orthogonal Function*) sebagai metode pendekatan secara spasial dan temporal serta metode *wavelet* sebagai metode pendekatan untuk prediksi keterulangan pola untuk melihat kros-korelasi dan koherensi untuk melihat konsistensi hubungan dan beda fase antarhubungan.

Hasil anomali *net flux* radiasi matahari di Perairan Selatan Jawa mengalami penurunan, suhu permukaan laut (SPL) mengalami peningkatan, dan klorofil-a mengalami penurunan selama tahun 2006-2015. Data fluks EOF *mode-1* menunjukkan *flux variance* 76,6% dan *mode-2* 11,9% dengan tipe periode pengulangan fenomena condong tahunan. Suhu permukaan laut menunjukkan *variance of SST* pada *mode-1* 87,1% dan *mode-2* 3,1% dengan tipe periode tahunan. Untuk klorofil-a *variance of chl-a mode-1* 41,6% dan *mode-2* 15,9% dengan tipe periode tahunan dan nilai variabilitas tertinggi masing-masing berada di kawasan pesisir. Kros-korelasi dan koherensi menunjukkan masing-masing hubungan memiliki beda fase (*phase lag*) dengan nilai hubungan 95% di dalam kurva dan condong memiliki periode tahunan.

KATA PENGANTAR

Dengan mengucap puji syukur kepada Allah SWT, atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya, dan sholawat serta salam ditujukan kepada Rasulullah Sayyidina Muhammad SAW, alhamdulillah penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul **“NET FLUX SOLAR RADIATION DAN PENGARUHNYA TERHADAP SUHU PERMUKAAN LUT (SPL) SERTA KETERSEDIAAN KLOOROFIL-A DI PERAIRAN SELATAN JAWA”**. Di dalam tulisan ini, disajikan pokok bahasan tentang fenomena *global dimming*, proses terjadinya, dan dampak yang akan ditimbulkan apabila fenomena tersebut tetap berlangsung.

Demikian skripsi ini disusun, penulis berharap semoga dapat menjadi salah satu sumber pengetahuan. Kendati penulis telah berusaha sekuat tenaga dalam penyusunan usulan ini, namun tidak menutup kemungkinan penyusunan tulisan ini masih dijumpai kekurangan atau kesalahan penulisan atau informasi. Karena itu, demi kesempurnaan tulisan ini, penulis berharap banyak atas saran, ide kritik membangun dan solusi dari pembaca.

Malang, 20 Januari 2016

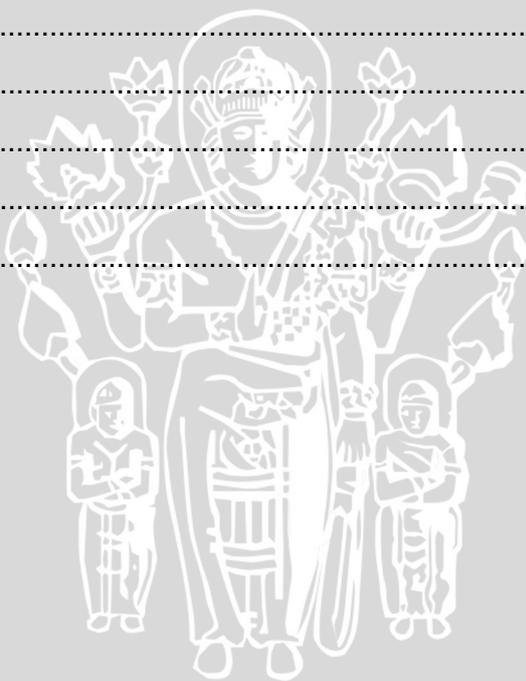
Penulis

DAFTAR ISI

UCAPAN TERIMAKASIH.....	ii
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
BAB I.....	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	3
1.3. Maksud dan Tujuan Penelitian.....	4
1.4. Kegunaan.....	4
BAB II.....	5
TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Kondisi Umum Perairan Selatan Jawa.....	5
2.1.1. Arus.....	5
2.1.2. Gelombang.....	6
2.2. Radiasi Cahaya Matahari.....	7
2.2.1. Pengertian Radiasi Matahari.....	7
2.2.2. Penerimaan Radiasi ke Bumi.....	8
2.2.3. Peran Radiasi Matahari.....	9
2.3. Fenomena <i>Global Dimming</i>	10
2.3.1. Pengertian <i>Global Dimming</i>	10
2.3.2. Proses Terjadinya <i>Global Dimming</i>	11
2.3.3. Dampak Terjadinya <i>Global Dimming</i>	12
2.4. Klorofil-a.....	13
2.4.1. Klorofil-a dan Fitoplankton.....	13
2.4.2. Faktor yang Mempengaruhi Keberadaan Klorofil-a.....	13
2.5. Suhu Permukaan Laut (SPL).....	16
2.6. EOF (<i>Empirical Orthogonal Function</i>).....	17
2.7. <i>Wavelet</i>	17
	vi

BAB III	19
METODOLOGI	19
3.1. Waktu dan Lokasi Penelitian Skripsi	19
3.1.1. Waktu	19
3.1.2. Lokasi	19
3.2. Alat dan Bahan Penelitian	20
3.3. Tahapan Penelitian	20
3.3.1. Pengambilan Data	21
3.3.2. Proses Analisis Data	22
3.3.3. Pembuatan Peta Sebaran <i>Net flux</i> Radiasi, Klorofil-a, dan SPL	25
3.3.4. Diagram Alir Proses Pengolahan Data <i>Net flux</i> Radasi Matahari	26
3.3.5. Diagram Alir Proses Pengolahan Citra Aqua MODIS	27
3.4. <i>Empirical Orthogonal Function</i> (EOF) dan <i>Wavelet Analysis</i>	28
3.4.1. <i>Empirical Orthogonal Function</i> (EOF)	28
3.4.2. <i>Wavelet Analysis</i>	28
3.5. Validasi Data	29
3.5. Prosedur Penelitian	30
BAB IV	31
HASIL DAN PEMBAHASAN	31
4.1. Hasil	31
4.1.1. Validasi Data	31
4.1.2. Tren dan Dinamika <i>Net Flux</i> Radiasi Matahari di Perairan Selatan Jawa	33
4.1.2. Tren dan Dinamika Suhu Permukaan Laut (SPL) di Perairan Selatan Jawa	40
4.1.3. Tren dan Dinamika Klorofil-a di Perairan Selatan Jawa di Perairan Selatan Jawa	42
4.1.4. Kros-korelasi dan Koherensi <i>Net Flux</i> Radiasi Matahari dan Suhu Permukaan Laut di Perairan Selatan Jawa	45
4.1.5. Kros-korelasi dan Koherensi Suhu Permukaan Laut (SPL) dan Klorofil-a di Perairan Selatan Jawa	48
4.1.6. Kros-korelasi dan koherensi <i>Net Flux</i> Radiasi Matahari dan Klorofli-a di Perairan Selatan Jawa	50
	vii

4.2. Pembahasan	52
4.2.1. Dinamika <i>Net Flux</i> Radiasi Matahari di Perairan Selatan Jawa	52
4.2.2. Dinamika Suhu Permukaan Laut di Perairan Selatan Jawa	52
4.2.3. Dinamika Klorofil-a di Perairan Selatan Jawa.....	53
4.2.4. Hubungan <i>Net Flux</i> Radiasi Matahari dan Suhu Permukaan Laut (SPL) di Perairan Selatan Jawa	54
4.2.2. Hubungan Suhu Permukaan Laut dan Klorofil-a di Perairan Selatan Jawa	58
4.2.3. Hubungan <i>Net Flux</i> Radiasi Matahari dan Klorofil-a di Perairan Selatan Jawa	62
4.3. Skema Dampak Perubahan Kondisi Iklim Global.....	66
BAB VI.....	68
KESIMPULAN	68
6.1. Kesimpulan	68
6.2. Saran	69
DAFTAR PUSTAKA.....	70
LAMPIRAN	76



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Sirkulasi arus air di Selatan Jawa (a) Agustus, (b) Februari 6

Gambar 2 Rerata dari total energi matahari yang mencapai permukaan bumi (Ahrens, 2009) 9

Gambar 3 Proses terjadinya *global dimming*..... 11

Gambar 4 Distribusi vertikal fotosintesis fitoplankton di kolom perairan (Barnes dan Hughes, 1988) 15

Gambar 5 Peta Lokasi Penelitian..... 19

Gambar 6 Proses Pengolahan *Net flux* Radiasi Matahari 26

Gambar 7 Diagram Alir Proses Pengolahan Data Citra Aqua MODIS..... 27

Gambar 8 Prosedur Penelitian..... 30

Gambar 9 Dinamika *net flux* di Perairan Selatan Jawa (a) anomali *net flux* 2006-2015, (b) *wavelet analysis net flux* radiasi matahari 34

Gambar 10 Anomali *net flux* berdasarkan musim (a) musim barat, (b) musim peralihan 1, (c) musim timur, (d) musim peralihan 2 di Perairan Selatan Jawa 2006-2015 37

Gambar 11 Sebaran *net flux* berdasarkan musim (a) musim barat, (b) musim peralihan 1, (c) musim timur, (d) musim peralihan 2 di Perairan Selatan Jawa 2006-2015 38

Gambar 12 Hasil temporal EOF *Net Flux Solar Radiation*..... 39

Gambar 13 EOF spasial *net flux* radiasi matahari di Perairan Selatan Jawa (a) EOF *mode-1*, (b) *mode-2*..... 39

Gambar 14 Dinamika SPL di Perairan Selatan Jawa (a) anomali SPL 2006-2015, (b) *wavelet analysis* SPL radiasi matahari..... 40

Gambar 15 Hasil temporal EOF Suhu Permukaan Laut (SPL)..... 42

Gambar 16 EOF spasial SPL di Perairan Selatan Jawa (a) EOF *mode-1*, (b) *mode-2* 42

Gambar 17 Dinamika klorofil-a di Perairan Selatan Jawa (a) anomali klorofil-a 2006-2015, (b) *wavelet analysis* klorofil-a 43

Gambar 18 Hasil temporal EOF Klorofil-a 44

Gambar 19 EOF spasial klorofil-a (a) EOF *mode-1*, (b) *mode-2* 44



Gambar 20 Kros-Korelasi dan Koherensi *net flux* radiasi matahari dan SPL di Perairan Selatan Jawa a) titik 1, b) titik 2, c) titik 3, dan d) titik 4. Sumbu x merupakan jumlah bulan selama 10 tahun, sumbu y merupakan perulangan periode 46

Gambar 21 Kros-Korelasi dan Koherensi SPL dan klorofil-a di Perairan Selatan Jawa a) titik 1, b) titik 2, c) titik 3, dan d) titik 4. Sumbu x merupakan jumlah bulan selama 10 tahun, sumbu y merupakan perulangan periode 49

Gambar 22 Kros-korelasi dan koherensi *net flux* radiasi matahari dan klorofil-a di Perairan Selatan Jawa a) titik 1, b) titik 2, c) titik 3, dan d) titik 4. Sumbu x merupakan jumlah bulan selama 10 tahun, sumbu y merupakan perulangan periode 51

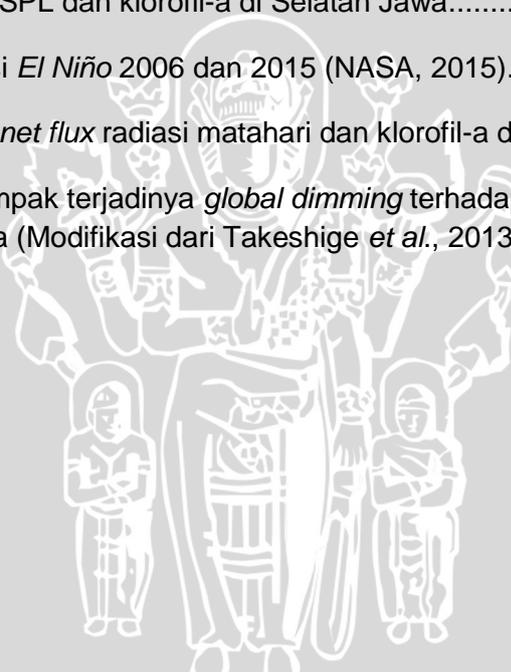
Gambar 23 Hubungan *net flux* radiasi matahari dan SPL di Selatan Jawa 56

Gambar 24 Hubungan SPL dan klorofil-a di Selatan Jawa..... 60

Gambar 25 Visulasisasi *El Niño* 2006 dan 2015 (NASA, 2015)..... 61

Gambar 26 Hubungan *net flux* radiasi matahari dan klorofil-a di Selatan Jawa.. 64

Gambar 27 Skema dampak terjadinya *global dimming* terhadap kondisi Periran Selatan Jawa (Modifikasi dari Takeshige *et al.*, 2013)..... 66



DAFTAR TABEL

Tabel 1 Alat-alat yang digunakan dalam penelitian 20

Tabel 2 Bahan yang digunakan dalam penelitian..... 20

Tabel 3 Tabel korelasi *net flux* radiasi matahari 31

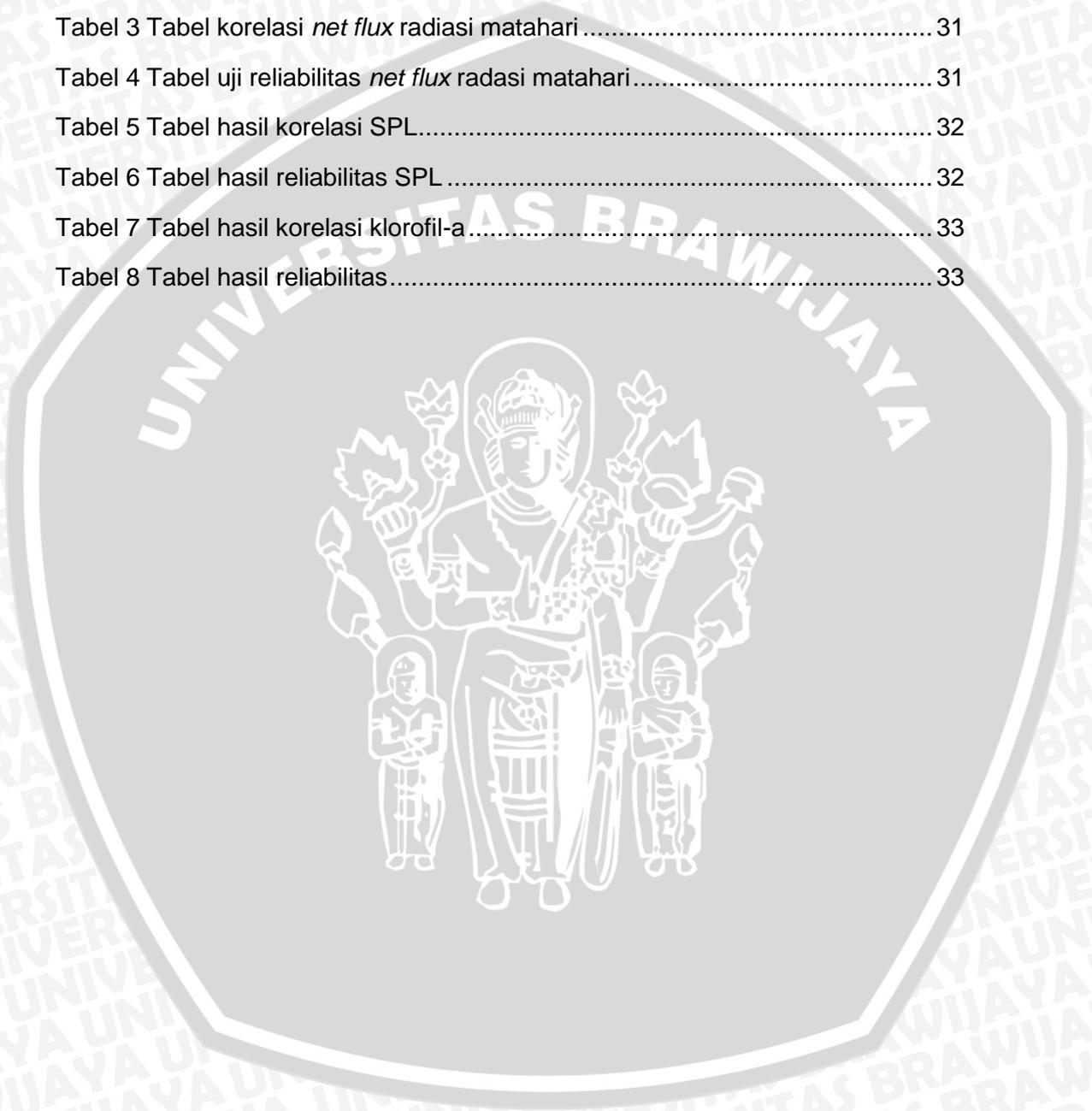
Tabel 4 Tabel uji reliabilitas *net flux* radasi matahari..... 31

Tabel 5 Tabel hasil korelasi SPL..... 32

Tabel 6 Tabel hasil reliabilitas SPL 32

Tabel 7 Tabel hasil korelasi klorofil-a 33

Tabel 8 Tabel hasil reliabilitas..... 33



BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Radiasi sinar matahari yang masuk ke permukaan bumi memiliki peranan yang sangat fundamental untuk keseimbangan kehidupan di bumi. Berubahnya jumlah radiasi sinar matahari berdampak terhadap suhu permukaan di bumi, *net flux* dan panas terpendam, sirkulasi atmosfer dan laut global, serta siklus hidrologi yang ada di bumi (Andi, 2013). Lebih jauh lagi, Yang *et al.* (2013) menjelaskan jumlah radiasi matahari yang masuk ke bumi memiliki dampak yang kuat terhadap fisiologi dan biofisik vegetasi yang ada baik di darat maupun laut, seperti kanopi fotosintesis, evapotranspirasi, termasuk keseimbangan energi yang ada di bumi.

Munculnya fenomena *global dimming* atau berkurangnya intensitas radiasi matahari secara global dan telah menjadi perhatian publik dunia, meskipun pada awalnya banyak peneliti dunia yang tidak percaya terhadap fenomena tersebut (Syamsudin, 2005). Isu *global dimming* muncul pertama kali dilaporkan Asumu Ohmura dari Institut Teknologi Federal Swiss pada tahun 1985. Fenomena *global dimming* ini berbeda dengan isu *global warming* yang telah diketahui penyebabnya, yaitu meningkatnya konsentrasi CO₂ di atmosfer akibat tingginya tingkat konsumsi bahan bakar minyak, batu bara, dan gas alam lainnya. Fenomena *global dimming* pada studi awal masih belum diketahui pasti penyebabnya (Ramanathan, 2007).

Banyak penelitian telah dilakukan sebelumnya membuktikan pada rentang 1960-an hingga 1980-an telah terjadi penurunan radiasi sinar matahari. Alat ukur radiometer yang telah dipasang di Antartika (kutub selatan) dan Artik (kutub utara) mencatat penurunan intensitas radiasi matahari yang diterima oleh bumi sebesar 10% dari akhir tahun 1950 hingga tahun 1990, atau sebesar 2 –

3% setiap dekadanya. Bahkan yang lebih parah, di kawasan Asia, Amerika, dan Eropa dimana industri berkembang pesat terjadi penurunan radiasi matahari dalam jumlah yang lebih besar, seperti Hongkong sebesar 37% (Syamsudin, 2005). Hal yang sama dikemukakan oleh Ramanathan (2007) yang menjelaskan radiasi sinar matahari di kawasan tropis berkurang sebanyak 5% - 10% selama pertengahan abad ke-20. Hal tersebut menjelaskan bahwa fenomena berkurangnya radiasi matahari yang (*global dimming*) memang benar-benar terjadi selain fenomena *global warming* yang telah diketahui lebih dahulu.

Fenomena *global dimming* dikhawatirkan juga terjadi di Indonesia termasuk laut Selatan Jawa dan berpotensi akan berdampak terhadap ekosistem. Padahal, Mudzakir (2003) menyebutkan Perairan Selatan Jawa merupakan wilayah yang potensial bagi sektor perikanan tangkap diantaranya pelagis kecil, demersal, dan udang-udangan. Bahkan Rosana dan Prasita (2015) menyebutkan Perairan Selatan Jawa merupakan tempat yang potensial untuk habitat ikan tuna. Akan tetapi, produktivitas laut mengalami penurunan dari waktu ke waktu termasuk laut Jawa Selatan (Kunarso *et al.*, 2011). Faktor yang dikemukakan adalah eksploitasi tangkap dan juga diprediksi terjadi karena tidak seimbang ekosistem di laut (Ikhsan, 2005). Ketidakseimbangan ekosistem laut terjadi karena rantai ekosistem yang mengalami perubahan, fitoplankton yang menjadi produsen primer suatu perairan mengalami perubahan. Klorofil-a yang terdapat pada fitoplankton merupakan pigmen penting yang digunakan untuk fotosintesis yang merupakan indikator dari keberadaan fitoplankton. Hal ini menjadikan klorofil-a sebagai salah satu parameter yang memiliki peranan dalam menentukan besarnya produktivitas primer di perairan (Susilo, 2000).

Fluktuasi konsentrasi klorofil-a dan sebaran konsentrasi klorofil-a di perairan sangat terkait dengan musim, kondisi oseanografi dan fenomena alam yang terjadi. Terjadinya *El Niño* dan *La Niña* yang merupakan fase dari ENSO

serta proses *upwelling* adalah contoh kondisi-kondisi yang mempengaruhi konsentrasi klorofil-a di perairan (Nababan dan Kristina, 2012). Hal-hal tersebut dapat menyebabkan perubahan konsentrasi klorofil-a di suatu perairan. *Global dimming* sebagai sebuah fenomena baru diasumsikan memiliki pengaruh terhadap konsentrasi klorofil-a di perairan. Sebagai organisme autotrof, fitoplankton mampu mentransfer energi cahaya menjadi energi kimia berupa bahan organik pada selnya yang dapat dimanfaatkan oleh organisme lain pada tingkat tropis di atasnya.

Saat ini dampak negatif dari fenomena *global dimming* masih belum dirasakan secara nyata. Akan tetapi, seiring berjalannya waktu fenomena tersebut akan berdampak besar apabila tetap berlanjut. Penelitian terdahulu hanya terfokus pada pembuktian fenomena *global dimming* secara umum dan pengaruh terhadap variabel yang ada di daratan dan belum mampu menghadirkan analisis terhadap variabel yang ada pada ekosistem laut. Padahal, laut merupakan pusat keanekaragaman dan pusat awal terbentuknya iklim global. Sehingga, penelitian ini perlu dilakukan dengan menghubungkan *net flux* radiasi matahari dan suhu permukaan laut (SPL) terhadap ekosistem laut dengan mengambil klorofil-a pada fitoplankton sebagai indikator yang sensitif terhadap perubahan dan produsen primer suatu perairan.

1.2. Rumusan Masalah

Radiasi matahari sebagai instrumen penting dalam berlangsungnya kehidupan di bumi mengalami penurunan intensitas yang mencapai permukaan bumi. Fenomena *global dimming* menjadi sebuah fenomena yang menjadi ancaman sesungguhnya setelah pemanasan global (*global warming*). Penurunan intensitas *net flux* radiasi matahari telah menapai rata-rata 2 – 3% setiap dekadnya. Menurunnya intensitas radiasi ke permukaan bumi tentu memiliki dampak terhadap ketersediaan fitoplankton yang merupakan produsen primer di

suatu perairan. Ketersediaan fitoplankton yang diwakili klorofil-a sangat terkait dengan musim, kondisi oseanografi, dan fenomena alam yang terjadi. Penelitian ini menghadirkan analisis hubungan *net flux* radiasi matahari dengan variabel ekosistem laut yang diwakili klorofil-a dimana hal tersebut masih belum banyak dilakukan pada penelitian sebelumnya.

1.3. Maksud dan Tujuan Penelitian

Maksud dari skripsi ini adalah untuk menerapkan ilmu yang didapat selama perkuliahan kelas berlangsung dengan menerapkannya langsung ke lapangan.

Tujuan dilakukannya penelitian skripsi ini adalah untuk mengetahui:

1. Tren *net flux* radiasi matahari yang terjadi di Perairan Selatan Jawa
2. Variabilitas *net flux solar radiation*, suhu permukaan laut, dan klorofil-a di Perairan Selatan Jawa
3. Kros-korelasi dan koherensi *net flux* radiasi matahari terhadap suhu permukaan laut dan kelimpahan klorofil-a di Perairan Selatan Jawa.

1.4. Kegunaan

Penelitian skripsi ini berguna sebagai pembuktian bahwa apakah fenomena *global dimming* memang terjadi dan memiliki dampak yang besar terhadap ekosistem. Selain itu penelitian ini berguna untuk memberikan informasi kepada masyarakat dan pihak lain sehingga mampu digunakan sebagai bahan referensi untuk memberikan dampak positif.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kondisi Umum Perairan Selatan Jawa

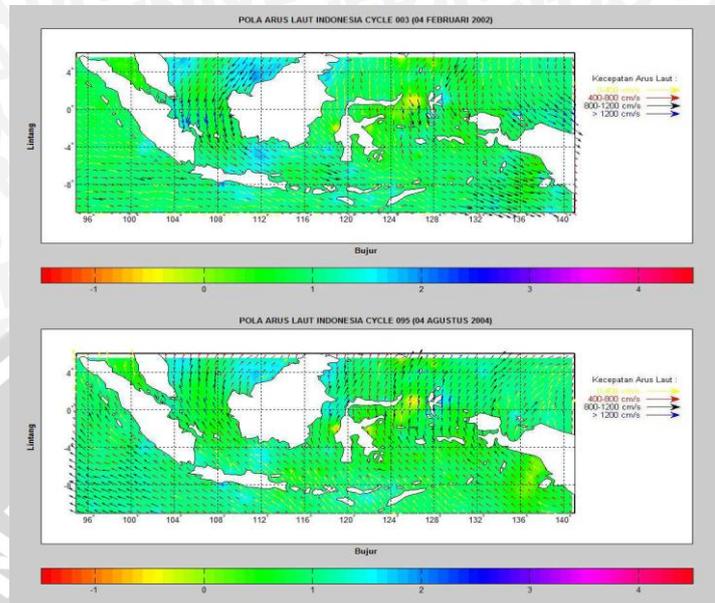
Perairan Selatan Jawa adalah perairan unik terletak di antara benua Asia dan Australia terbentang dari Jawa Barat hingga Jawa Timur, di bagian Barat laut Perairan Selatan Jawa berbatasan langsung dengan Perairan Barat Sumatera dan Selat Sunda. Perairan ini adalah perairan lepas yang menghadap langsung dengan Samudra Hindia. Kondisi geografis Perairan Selatan Jawa yang menghadap langsung Samudra Hindia menyebabkan perairan tersebut sangat dinamis (Wyrcki, 1961). Kondisi laut Jawa Selatan dipengaruhi oleh pola pergerakan sirkulasi angin muson Australia-Asia. Terjadinya angin ini karena perbedaan tekanan atmosfer antara benua Asia dan Australia. Pola pergerakan angin tersebut mengakibatkan wilayah tersebut dikenal menjadi dua musim yaitu musim barat dan musim timur (Wilopo, 2005).

Pola persebaran angin dan musim yang ada membuat Perairan Selatan Jawa termasuk perairan yang produktif. Kemili dan Mutiara (2012) menyebutkan produktivitas Perairan Selatan Jawa juga didukung oleh terjadinya *upwelling* dengan intensitas yang cukup tinggi. Fenomena *upwelling* dan segala pergerakan hidrooseanografi tersebut membuat Perairan Selatan Jawa menjadi sangat dinamis.

2.1.1. Arus

Pola persebaran arus di Perairan Selatan Jawa menurut Widyastuti *et al.* (2010) adalah arus yang dinamis dengan kecepatan rata-rata 0 - 400 cm/detik karena menghadap ke Samudra Hindia. Terdapat variasi pola pergerakan massa air yang ada di Perairan Selatan Jawa karena adanya variasi pergerakan angin yang ada. Angin merupakan pembangkit utama terjadinya pergerakan arus dan

massa air laut. Widyastuti *et al.* (2010) menggambarkan pola pergerakan arus massa air laut mewakili bulan Agustus dan Februari seperti Gambar 1:



Gambar 1 Sirkulasi arus air di Selatan Jawa (a) Agustus, (b) Februari (Widyastuti *et al.*, 2010)

Sirkulasi tersebut terdapat pola pergerakan arus yang disebut dengan AKS (Arus Katulistiwa Selatan). AKS terjadi di daerah Pantai Selatan Jawa dan Pantai Barat Australia yang pada umumnya mengalir ke Barat. Purba *et al.* (1992) menjelaskan arus ini menyebar ke Barat Australia pada 10° - 20° LS ke Barat Samudera Hindia hingga Madagaskar.

2.1.2. Gelombang

Gelombang merupakan salah satu bentuk penjarangan energi yang secara garis besar diakibatkan oleh pergerakan angin yang berhembus di atas lautan (Taringan dan Zein, 2005). Gelombang di Perairan Selatan Jawa merupakan gelombang dengan kondisi sangat fluktuatif sepanjang tahun. Wilayah ini merupakan salah satu daerah dengan kekuatan angin dan gelombang yang tinggi sebagai akibat dari monson. Gelombang laut di Perairan Selatan Jawa memiliki potensi yang besar dan telah banyak dikaji untuk dikonversi menjadi energi terbarukan. Hal ini terjadi karena gelombang Perairan Selatan Jawa

memiliki ketinggian dan energi yang cukup besar. Tinggi gelombang bervariasi setiap musim gelombang tinggi antara 1,95 m – 3,1 m dan gelombang terkecil berkisar antara 0,54 m – 1,04 m (Purba, 2014).

Kondisi lain juga dikemukakan oleh Isniarny (2012) yang menjelaskan Perairan Selatan Jawa termasuk perairan yang memiliki tingkat dinamisasi tinggi dengan kondisi angin dan gelombang tinggi hampir di semua bagianya. Di Perairan Sunda hingga Banten misalnya pada bulan Januari memiliki tinggi gelombang 0,7 m – 3,5 m dan kecepatan angin 3 – 12 knot. Hal tersebut didukung dengan kondisi topografi yang ada pada perairan tersebut. Perairan Selatan Jawa memiliki lempeng yang aktif bergerak yaitu lempeng samudera Hindia. Pergerakan lempeng Hindia mengakibatkan dasar terbentuknya Pulau Jawa.

2.2. Radiasi Cahaya Matahari

2.2.1. Pengertian Radiasi Matahari

Radiasi sinar matahari merupakan kendali cuaca serta iklim yang sangat fundamental peranannya dan sebagai sumber utama energi yang ada di bumi. Radiasi matahari menembus ke permukaan bumi sebagian ada yang diterima bumi, sebagian ada yang hilang, dan sebagian ada yang direfleksikan kembali. Radiasi adalah suatu bentuk energi yang dipancarkan oleh setiap benda yang memiliki suhu di atas nol absolut dan merupakan satu-satunya bentuk energi yang dapat menjalar di dalam vakum angkasa luar. Pada dasarnya, radiasi matahari merupakan gelombang elektromagnetik yang terdiri dari medan listrik dan medan magnet. Setiap menit, matahari memancarkan energi sebesar 56×10^{26} kalori. Dari total yang dipancarkan, energi yang diterima bumi hanya $3,9 \times 10^{24}$ J atau sebanding dengan $1,08 \times 10^{18}$ kWh setiap tahunnya (Prawiwardoyo, 1996).

Radiasi cahaya matahari juga didefinisikan sebagai sinar yang dipancarkan dari matahari ke permukaan bumi, yang disebabkan adanya emisi bumi dan gas pijar panas matahari. Radiasi matahari merupakan pancaran energi yang berasal dari proses termonuklir yang terjadi di matahari. Energi tersebut berbentuk sinar dan gelombang elektromagnetik. Spektrum radiasi matahari terdiri dari dua jenis yaitu sinar gelombang pendek dan sinar bergelombang panjang (Susatya *et al.*, 2011).

2.2.2. Penerimaan Radiasi ke Bumi

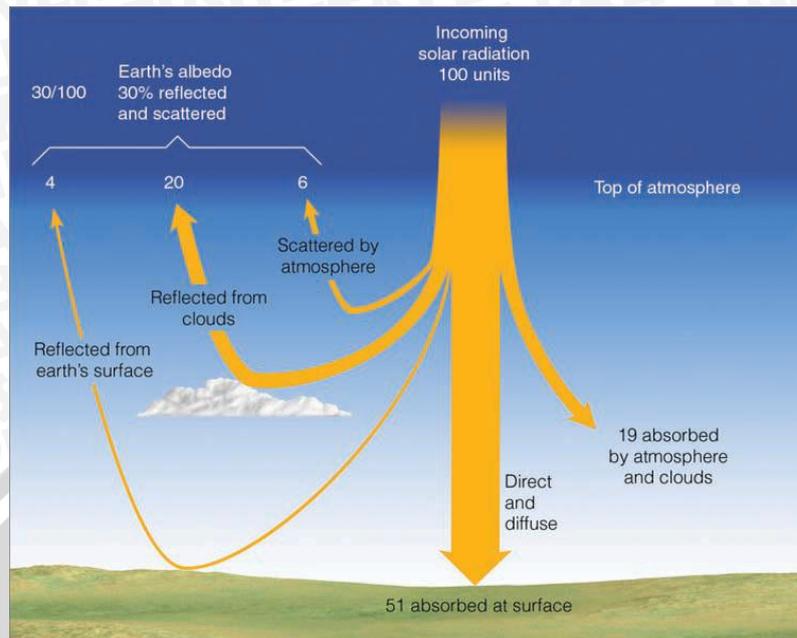
Radiasi energi matahari yang ada adalah sebuah keseimbangan sistem. Radiasi yang diterima oleh permukaan bumi sangat bervariasi menurut tempat dan waktu. Perbedaan menurut waktu, terjadi karena perbedaan lintang dan keadaan atmosfer dalam hal ini terutama oleh awan. Ada beberapa faktor dominan menurut Yuliatmaja (2009) yang mempengaruhi penerimaan radiasi matahari di permukaan bumi yaitu:

1. Jarak antara matahari dan bumi,

Bumi mengelilingi matahari (gerak revolusi) dengan lintasan yang berbentuk elips. Ketika bumi melakukan revolusi, ada titik atau saat dimana bumi berada pada posisi terdekat dan juga terjauh dari matahari.

2. Panjang hari dan sudut datang,
3. Pengaruh atmosfer.

Ahrens (2009) memberikan ilustrasi tentang jumlah radiasi cahaya matahari. Radiasi cahaya matahari adalah seperti Gambar 2:



Gambar 2 Rerata dari total energi matahari yang mencapai permukaan bumi (Ahrens, 2009)

Gambar 2 menjelaskan *heat budget* radiasi matahari. Dari total 100 unit radiasi yang dipancarkan oleh matahari 30 unit dipantulkan kembali ke atmosfer dan disebarkan kembali melalui 4 unit oleh permukaan bumi, 20 unit oleh awan, dan 6 unit oleh atmosfer. 19 unit selanjutnya di abosorbsi oleh awan dan 51 unit di serap oleh permukaan bumi (Ahren, 2009).

2.2.3. Peran Radiasi Matahari

Pada dasarnya, radiasi matahari memiliki peranan yang sangat vital bagi kehidupan di bumi. Peran vital radiasi matahari memberikan energi bagi banyak organisme untuk melakukan proses-proses tertentu. Sunarto (2008) menjelaskan fungsi paling utama ada bagi organisme autotrof yang menduduki sebagai produsen primer. Organisme autotrof mampu mentransfer dan mengkonversi energi cahaya matahari menjadi energi kimia berupa bahan organik pada selnya yang dapat dimanfaatkan oleh organisme lain pada level tropis di atasnya dan fitoplankton adalah salah satu organisme autotrof.

Energi matahari berfungsi juga dalam proses menjaga kestabilan dan membuat bumi tetap hangat bagi kehidupan, menyeimbangkan proses sirkulasi udara, dan sirkulasi air. Selain itu, radiasi sinar matahari juga menjadi salah satu energi alternatif terbarukan yang tidak menimbulkan polusi (Johan, 2008). Fakta lain juga dikemukakan Putri (2009) intensitas matahari yang mencapai permukaan bumi sangat berpengaruh terhadap pertumbuhan organisme. Peran langsung yang terjadi adalah melalui proses fotosintesis sedangkan pada pembesaran dan sel suatu organisme tanaman khususnya adalah pada pertumbuhan tinggi tanaman, ukuran, serta struktur daun dan batang.

Lebih jauh lagi, faktor radiasi matahari yang masuk ke permukaan bumi memiliki korelasi dengan temperatur. Dalam proses yang terjadi di laut, temperatur memiliki peran sentral dalam proses metabolisme dan kesesuaian habitat bagi organisme. Suhu tinggi mengakibatkan percepatan laju metabolisme pada suatu organisme (Winanto *et al.*, 2009)

2.3. Fenomena *Global Dimming*

2.3.1. Pengertian *Global Dimming*

Penggunaan bahan bakar fosil, gas rumah kaca memberikan dampak negatif lingkungan sekitar dan memberikan sumbangan limbah polutan, seperti sulfur dioksida, jelaga, dan abu. Polutan tersebut juga mengubah sifat awan. Awan terbentuk ketika tetesan air disemai oleh partikel udara. Hasil polusi udara di awan dengan jumlah yang lebih besar dari tetesan dari awan tercemar, hal ini kemudian membuat awan-awan yang lebih reflektif. Kebanyakan panas matahari yang memasuki bumi akan dipantulkan kembali ke angkasa. Penurunan panas yang mencapai bumi ini dikenal sebagai *global dimming* (Wild *et al.*, 2005).

Selain di atas, Zhao *et al.* (2014) menjelaskan *global dimming* adalah sebuah fenomena baru yang baru diidentifikasi tahun 1950-an dan 1980-an yang saat ini masih belum memberikan dampak secara signifikan terhadap dinamika di

bumi. *Global dimming* merupakan fenomena alam dimana radiasi global dari matahari mengalami penurunan dari waktu ke waktu akibat peningkatan aerosol di atmosfer.

2.3.2. Proses Terjadinya *Global Dimming*

Global dimming sebagai fenomena baru penyebab utamanya masih belum dapat dipastikan. Realclimate (2005) memberikan gambaran prediksi proses terjadinya *global dimming*. *Global dimming* terjadi karena efek *by product* (produk sampingan) dari pembakaran bahan bakar fosil. Hal ini diperkuat dengan penjelasan Liu *et al.* (2015) yang menyebutkan bahwa emisi pembakaran bahan bakar fosil menyebabkan meningkatnya konsentrasi aerosol sebagai limbah sampingan yang jarang diperhatikan dari polutan.



Gambar 3 Proses terjadinya *global dimming* (Watts, 2013)

Gambar 3 menjelaskan teori tentang proses terjadinya fenomena *global dimming*. Fenomena tersebut dijelaskan dengan kemampuan sinar matahari membawa partikel jelaga (dalam bentuk aerosol dan sejenisnya) kembali ke angkasa. Polusi yang terjadi di atmosfer menyebabkan peningkatan proses kondensasi pada tetes air (*droplet*) di udara, menjadi awan tebal yang relatif lebih

gelap dan mampu menahan serta mengurangi intensitas transmisi sinar matahari (*dimming*) mencapai permukaan bumi. Meningkatnya jumlah industri serta penggunaan bahan bakar fosil yang marak serta tidak ramah lingkungan menjadi faktor utama penyebab terjadinya fenomena *global dimming* (Syamsudin, 2005).

2.3.3. Dampak Terjadinya *Global Dimming*

Fenomena perubahan iklim saat ini sedang menjadi topik yang banyak dikaji. Perubahan iklim menyangkut dengan masa depan bumi yang dihuni saat ini. Begitu juga *global dimming*, dampak secara pasti adanya fenomena *global dimming* masih belum dirasakan secara pasti. Berbeda dengan *global warming* yang sudah banyak diketahui. Ahli iklim menjelaskan prediksi dampak perubahan iklim dengan adanya fenomena *global dimming* akan berdampak terhadap lingkungan, seperti adanya asap, hujan asam dll. Bagaimanapun dampak *global dimming* tersebut sangat merugikan. Berkurangnya radiasi matahari menurut Rodriguez dan Sadras (2007) berdampak secara signifikan terhadap pertumbuhan tanaman. Hal ini dipertegas oleh Yang *et al.* (2013) menjelaskan di China, *global dimming* sangat berpengaruh terhadap penanaman gandum sebagai tanaman dominan yang digunakan sebagai makanan.

Lebih jauh lagi, Yang *et al.* (2013) membuktikan dampak berkurangnya radiasi matahari terhadap gandum dan beras sebagai makanan pokok. Dampak terjadinya *global dimming* berpengaruh terhadap penurunan produksi gandum sekitar 0,6 – 8,9% setiap 1⁰C penurunan suhu. Korelasi antara penurunan radiasi matahari dan penurunan hasil tanam memiliki korelasi positif. Sehingga, vegetasi tumbuhan pada umumnya bisa lebih cepat mati dan kemungkinan kegagalan dalam produksi pangan lebih besar. Di sisi lain, Stanhill dan Coen (2001) menegaskan terjadinya *global dimming* karena adanya aerosol di angkasa dapat mempengaruhi siklus karbon. Semakin rendah intensitas radiasi sinar matahari

dalam proses fotosintesis, maka akan berdampak pada asimilasi karbon pada tanaman.

2.4. Klorofil-a

2.4.1. Klorofil-a dan Fitoplankton

Klorofil-a merupakan pigmen dari fitoplankton yang dapat digunakan sebagai parameter produktivitas perairan dimana fitoplankton merupakan organisme yang melayang serta hanyut dalam air laut atau pola pergerakannya mengikuti pola arus laut (Nybakken, 1992). Fitoplankton dapat ditemukan di lapisan laut baik massa air laut di permukaan hingga massa air laut dalam dengan syarat intensitas cahaya matahari masih bisa menembus untuk proses fotosintesis fitoplankton tersebut (Nontji, 2002).

Klorofil-a digunakan oleh fitoplankton untuk proses fotosintesis. Klorofil-a merupakan salah satu jenis pigmen terbesar yang terdapat di dalam fitoplankton. Selain itu, fitoplankton juga dilengkapi dengan beberapa pigmen yang mampu mengabsorpsi sinar-sinar dalam bentuk spektral.

2.4.2. Faktor yang Mempengaruhi Keberadaan Klorofil-a

Secara umum keberadaan fitoplankton di suatu perairan dipengaruhi oleh beberapa faktor sebagai berikut:

1. Suhu

Suhu air laut merupakan salah satu faktor dasar yang sangat penting dan berpengaruh terhadap kehidupan banyak organisme di laut. Hal ini dikarenakan suhu mampu mempengaruhi aktivitas metabolisme maupun proses lain pada suatu organisme (Hutabarat dan Evans, 1985).

Peranan suhu juga dijelaskan oleh Nontji (2006), suhu mampu mempengaruhi proses fotosintesis baik maupun tidak langsung. Keterpengaruhannya proses fotosintesis oleh suhu tidak lain dikarenakan suhu merupakan katalis dalam proses reaksi fotosintesis. Pengaruh suhu secara tidak

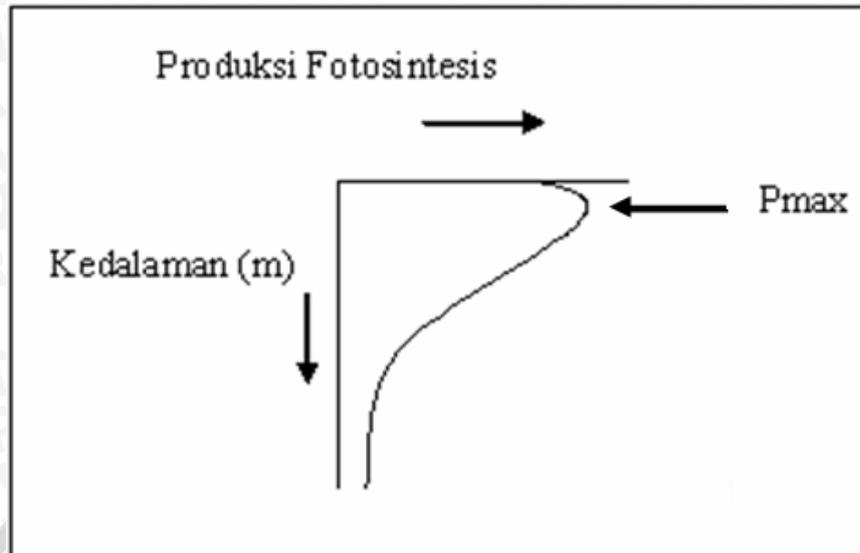
langsung diketahui ketika suhu mampu menjadi determinan struktur hidrolis suatu perairan dimana fitoplankton berada. Fitoplankton mampu berkembang secara optimal pada kisaran suhu antara 20 °C – 30 °C atau biasanya pada suhu sekitar 25 °C.

2. Cahaya

Cahaya sebagai sebuah spektrum radiasi matahari memiliki peran penting terhadap perkembangan suatu organisme. Cahaya memiliki pengaruh terbesar secara tidak langsung yaitu sebagai sumber energi untuk proses fotosintesis. Selain itu, cahaya juga berperan penting terhadap perpindahan atau migrasi hewan laut (Romimohtarto dan Juwana, 2001).

Dalam mekanisme untuk bertahan hidup, kebanyakan organisme harus bertahan pada zona fotik (zona tembus cahaya), dimana energi radiasi cahaya matahari masih mampu menjangkau suatu zona sehingga memungkinkan terjadinya proses reaksi fotosintesis (Basmi, 1995). Peranan cahaya diperkuat oleh Nybakken (1992), fotosintesis fitoplankton sangat tergantung pada ketersediaan cahaya. Laju reaksi fotosintesis fitoplankton pada tingkat intensitas cahaya sedang merupakan fungsi linier dari intensitas cahaya, akan tetapi di permukaan perairan dimana intensitas cahaya tinggi umumnya spesies fitoplankton mempertahankan fotosintesis pada tingkat tertentu atau bahkan produktivitas fitoplankton tersebut menurun. Proses terjadinya fotosintesis secara maksimal di daerah tropis umumnya tidak terjadi di permukaan. Akan tetapi, proses maksimum justru terjadi di rentang kedalaman sekitar 5-30 meter seperti

Gambar 4:



Gambar 4 Distribusi vertikal fotosintesis fitoplankton di kolom perairan (Barnes dan Hughes, 1988)

3. Arus

Arus sebagai komponen hidro oseanografi memiliki peran penting dalam distribusi berbagai parameter fisika dan kimia di suatu perairan. Arus memiliki peran sentral dan menjadi faktor penentu keberadaan dan distribusi organisme laut. Fitoplankton memiliki kemampuan gerak yang sangat terbatas, sehingga pergerakannya sangat dipengaruhi keadaan lingkungan sekitarnya atau selalu terbawa arus.

Pengaruh arus dijelaskan oleh Wyrski (1961) dimana arus yang dipengaruhi oleh pergerakan angin yang berhembus di atasnya, dalam hal ini adalah angin muson. Angin muson bergerak ke arah tertentu dan menyebabkan terjadinya perubahan musim yaitu musim barat, musim, timur, dan pancaroba. Kondisi tersebut mempengaruhi persebaran dan konsentrasi fitoplankton di suatu perairan (Pratama *et al.*, 2015)

4. Nutrien

Salah satu komponen utama dalam persebaran fitoplankton dan persebaran konsentrasi klorofil-a adalah nutrien. Nybakken (1992) menyebutkan konsentrasi klorofil-a di kawasan pantai dan pesisir lebih besar

karena adanya suplai nutrisi melalui aliran *runoff* sungai dari daratan, sedangkan di lautan lepas tidak ada suplai nutrisi. Akan tetapi, di banyak tempat lain masih ditemukan konsentrasi klorofil-a yang tinggi. Hal ini karena adanya *upwelling* atau penaikan massa air laut yang membawa nutrisi sehingga mampu menyuburkan perairan.

2.5. Suhu Permukaan Laut (SPL)

Suhu permukaan laut (SPL) merupakan salah satu faktor yang penting bagi kehidupan organisme di lautan, karena suhu mempengaruhi aktivitas metabolisme maupun perkembangbiakan dari organisme-organisme tersebut. Fluktuasi suhu permukaan laut (SPL) ditentukan oleh intensitas pemanasan matahari sebagai faktor determinan, suhu permukaan laut (SPL) berubah sesuai dengan perubahan intensitas penyinaran matahari (Ayu *et al.*, 2010).

Klorofil-a dan *global dimming* diasumsikan berhubungan pada tingkat perubahan suhu permukaan laut (SPL). Dewi dan Susandi (2005) menjelaskan adanya *global dimming* akan sangat berpengaruh terhadap perubahan suhu di bumi. Keberadaan fenomena *global dimming* mampu berdampak terhadap penurunan suhu di suatu wilayah karena refleksi radiasi matahari oleh aerosol yang ada di atmosfer. Penurunan temperatur global di permukaan bumi akan berdampak pada klorofil-a yang diwakili oleh fitoplankton.

Suhu permukaan laut ditentukan oleh pemanasan matahari. Intensitas radiasi matahari senantiasa berubah sehingga SPL akan berubah sesuai dengan perubahan intensitas penyinaran matahari. Perubahan SPL dapat terjadi kurun waktu harian, musiman, tahunan, dan jangka panjang. Suhu dapat mempengaruhi proses fotosintesis di laut baik secara langsung maupun tidak langsung. Suhu yang tinggi secara langsung dapat menyebabkan naiknya laju reaksi yang terjadi pada suatu perairan, sedangkan naiknya suhu secara tidak

langsung berdampak kepada berubahnya struktur hidrologi kolom perairan dalam kerapatan air yang mempengaruhi distribusi fitoplankton (Zulkarnaen, 2009).

2.6. EOF (*Empirical Orthogonal Function*)

Empirical Orthogonal Function (EOF) adalah teknik atau metode yang bertujuan untuk menemukan pola baru suatu variabel yang mengambil varian dengan energi terbesar yang diamati melalui kombinasi linier dari variabel tersebut. Analisis EOF sering digunakan untuk mempelajari *mode* spasial variabilitas bagaimana suatu variabel berubah dalam suatu waktu. Pada statistik, analisis EOF juga disebut PCA (*Principle Component Analysis*). EOF digunakan dengan menghitung nilai *eigenvalues* dan *eigenvector* (Shea, 2016).

Hananchi (2004) menejaskan analisis EOF memiliki keunggulan. Keunggulan analisis EOF adalah dalam analisis iklim mampu menganalisis data dalam *mode* temporal dan spasial. Selain itu, analisis EOF mampu mendekomposisikan ulang suatu matriks data dalam skalam besar sehingga bisa dianalisis untuk mendapatkan nilai energi terbesar dalam suatu matriks. Dalam hal ini, EOF mampu membuat matriks kompleks menjadi sebuah struktur yang lebih sederhana.

2.7. *Wavelet*

Analisis *wavelet* adalah fungsi matematis yang digunakan untuk mewakili data observasi sehingga data tersebut mampu dianalisis fenomenanya berdasarkan keterulangan periode. *Wavelet analysis* merupakan sebuah metode yang digunakan untuk melihat suatu fenomena ekstrem (*extreme event*). Umumnya *wavelet analysis* digunakan untuk melihat waktu terjadinya *El Niño* dan *La Niña*. *Wavelet analysis* juga digunakan untuk melakukan analisis *time-frequency*. Transformasi *Wavelet analysis* digunakan untuk mendeteksi fenomena *non-stationary* (WWF, 2010).

Konsep *wavelet analysis* telah menjadi metode yang biasa digunakan untuk melihat variasi energi lokal dalam bentuk *time series*. Dengan mendekomposisikan ulang data *time series*, *wavelet analysis* mampu menyajikan variabilitas *mode* dominan dan bagaimana *mode* variasi dalam suatu waktu. Analisis *wavelet* merupakan analisis yang didasarkan pada pengembangan dari *Fourier analysis*. Analisis *wavelet* mampu melihat transformasi suatu variabel dengan mendekomposisi suatu fungsi. Dengan konsep tersebut, *wavelet* mampu memecahkan kesulitan yang tidak dapat diproses menggunakan *Fourier analysis* (Daniel dan Yamamoto, 1994).



BAB III

METODOLOGI

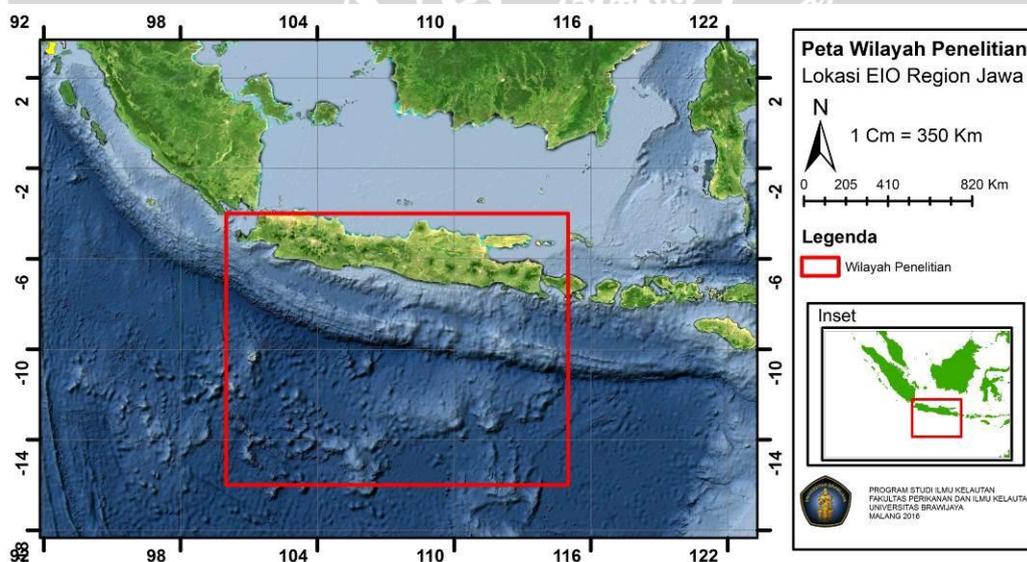
3.1. Waktu dan Lokasi Penelitian Skripsi

3.1.1. Waktu

Penelitian skripsi ini dilaksanakan pada bulan April hingga Mei 2016. Kegiatan yang dilakukan adalah pengambilan data dan pengolahan data *net flux* radiasi matahari, suhu permukaan laut (SPL), dan klorofil-a di Perairan Selatan Jawa.

3.1.2. Lokasi

Lokasi penelitian skripsi difokuskan pada perairan Selatan Jawa. Penelitian skripsi ini dilakukan di NeoNET (*Nusantara Earth Observation Network*) BPPT (Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi) Jakarta dan pengolahan data dilakukan di laboratorium Penginderaan Jauh dan Pemetaan Ilmu Kelautan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Brawijaya.



Gambar 5 Peta Lokasi Penelitian

3.2. Alat dan Bahan Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian skripsi ini dideskripsikan berdasarkan Tabel 1:

Tabel 1 Alat-alat yang digunakan dalam penelitian

No	Alat	Spesifikasi	Fungsi
1.	Laptop	Laptop spesifikasi minimal RAM 1Gb, HD 500Gb	Melakukan pengolahan data
2.	Microsoft Excel	Microsoft Excel 2007	Melakukan pengolahan data mentah
3.	ArcGIS	ArcGIS 9.3	Melakukan pengolahan <i>layout</i> peta
4.	Surfer	Surfer 11	Membuat peta kontur
5.	SEADAS	SEADAS 7.3	Mereprojeksi citra satelit Aqua MODIS
6.	Matlab	Matlab R2008B	Pemrograman EOF dan <i>Wavelet</i>

Bahan yang digunakan dalam penelitian skripsi ini dideskripsikan pada

Tabel 2:

Tabel 2 Bahan yang digunakan dalam penelitian

No	Nama Bahan	Fungsi	Sumber Bahan
1.	Citra satelit CERES	Mendapatkan data <i>net flux</i> radiasi permukaan	http://ceres-tool.larc.nasa.gov/order/tool/jsp/EBAFSFCSelection.jsp#
2.	Citra sateli Aqua MODIS	Mendapatkan data suhu permukaan laut dan klorofil-a	http://oceancolor.gsfc.nasa.gov/cms/

3.3. Tahapan Penelitian

Terdapat beberapa tahapan dalam penelitian skripsi tentang efek *net flux* radiasi matahari terhadap persebaran klorofil-a di sepanjang perairan Selatan Jawa. Tahapan dari penelitian tersebut adalah sebagai berikut:

3.3.1. Pengambilan Data

1. Data Net flux Radiasi Matahari

Data *net flux* radiasi matahari dapat diunduh dari CERES (*Cloud and the Earth's Radiant Energi System*). Data diunduh melalui situs: <https://ceres-tool.larc.nasa.gov/ord-tool/jsp/EBAFSFCSelection.jsp>. Terdapat banyak pilihan data yang bisa diakses di CERES. Data yang dipilih adalah *surface fluxes* bagian *net total flux all sky*, selanjutnya data diatur resolusi spasial berdasarkan wilayah ($1^{\circ} \times 1^{\circ}$ *global grid*) antara -4.5N hingga -15S dan 105W hingga 115E dan resolusi temporal *monthly mean*. Selanjutnya, data diproses dengan memilih rentang waktu selama 10 tahun dari tahun 2006 – 2015 dan diproses dengan memasukan alamat *e-mail* lalu mengklik *get data* untuk mendapatkan data.

Data satelit CERES dapat diunduh dalam bentuk **nc* atau divisualisasikan dengan *visualize data* dalam bentuk data ASCII, GeoTIFF, bahkan dalam bentuk anomalinnya yang akan dipotong melalui *clipping* di ArcGIS sesuai wilayah yang diinginkan. Data yang sudah melalui proses *clipping* diekspor dalam bentuk **csv* untuk diproses dengan EOF dan *wavelet*.

2. Data klorofil-a

Data klorofil-a diunduh berdasarkan data citra satelit Aqua MODIS pada situs NASA: <http://oceancolor.gsfc.nasa.gov/cms/>. Data yang dipilih adalah data *level 3 browser* dengan format **nc* (*netCDF*). Pada level 3, data ditemukan terdapat standar dalam beberapa pilihan. Sensor dan produk yang dipilih adalah *NPP VIIRS Chlorophyll Concentration, OCI Algorithm*. Karena produk tersebut adalah produk dengan perbaikan dan penyempurnaan dari algoritma OCx. Selanjutnya, data klorofil-a diatur waktu dalam tipe *monthly* (bulanan), resolusi 4 km. Akan ada banyak pilihan terkait data klorofil-a. Data yang diunduh disesuaikan dengan data yang diinginkan berdasarkan waktu pengambilan. Data

yang diunduh adalah data mulai tahun 2006 – 2015 secara berurutan masing-masing bulan. Diunduh data dengan label SMI HDF.

3. Data Suhu Permukaan Laut (SPL)

Data suhu permukaan laut (SPL) didapat secara gratis dengan mengunduh data citra satelit Aqua MODIS pada situs NASA: <http://oceancolor.gsfc.nasa.gov/cms/> data yang dipilih adalah data *level 3 browser* dengan format **nc (netCDF)*, data SPL (Suhu Permukaan Laut) merupakan produk yang berdampingan dengan data klorofil. Sensor dan produk yang dipilih untuk SPL adalah *Aqua MODIS Sea Surface Temperatur (11 miu day time)* dengan waktu pengambilan data *monthly*, resolusi satelit 4 km. Data yang diunduh disesuaikan dengan data yang diinginkan berdasarkan waktu pengambilan. Data yang diunduh adalah data mulai tahun 2006 – 2015 secara berurutan masing-masing bulan. Diunduh data dengan label SMI HDF.

3.3.2. Proses Analisis Data

1. Analisis Data *Net Flux* Radiasi Matahari

Analisis data *net flux* radiasi matahari didapatkan dari satelit NASA melalui CERES (*Cloud and the Earth's Radiant Energi System*) yang dapat diunduh secara gratis dan dimodelkan secara otomatis oleh NASA. Segmen data didapatkan dari *Surface Flux*. Untuk menentukan tren radiasi matahari yang diterima permukaan bumi, variabel data yang dipilih adalah *net total flux* dengan *all sky condition* dan statistik pengukuran dalam *monthly mean* (pengukuran rata-rata bulanan). Data *net flux* diproses dengan mengatur dan menentukan lokasi pengambilan data. Pengambilan data dimulai pada -4.5N hingga -15S dan 105W hingga 115E. Penentuan waktu diatur pada *time range* dengan data seri waktu dari tahun 2006 hingga 2015.

Data *net flux* diolah dengan membandingkan waktu dalam rentang 10 tahun pada dua musim yang berbeda. Bulan pengambilan data adalah semua

bulan dengan Februari dan September sebagai musim hujan dan kemarau (Roespandi, 2015: BMKG). Data yang diunduh adalah data file dengan format *GeoTIFF.

Data *net flux* radiasi matahari diproses dengan menggunakan perangkat lunak ArcGIS. Perangkat lunak ArcGIS 9.3 memungkinkan untuk memilih variabel yang ada. Data diproses dengan melakukan *cropping* (pemotongan) untuk memilih wilayah sesuai dengan wilayah kajian dan dilakukan setelah semua variabel dimasukkan. Data *net flux* radiasi matahari dieskspor menjadi format yang mampu dibaca oleh *spreadsheet* atau *Microsoft Excel*. Data dianalisis berdasarkan tren yang ada. Data yang didapatkan disortasi, dipilah, dirata-rata setiap bulan, dicari nilai maksimal, dan nilai minimal dalam suatu bulan selama 10 tahun dari tahun 2006 – 2015.

Data kompilasi selama 10 tahun dianalisis dengan mencari nilai *net flux* radiasi matahari anomali. Data selanjutnya dimodelkan dalam bentuk grafik atau diagram untuk melihat tren yang ada. Tren selama sepuluh tahun antara musim hujan, musim kemarau, peralihan 1, dan peralihan 2 masing-masing akan memberikan gambaran fenomena apa yang sedang terjadi pada masa itu. Selanjutnya, data dianalisis dengan dengan metode EOF dan *wavelet*.

2. Analisis Data Klorofil-a

Pengambilan data klorofil-a pada satelit Aqua MODIS dilakukan pada dua macam rentang waktu sebagai data *time series* pada tahun 2006 hingga 2015. Data diambil pada semua bulan dalam *time series* terutama musim hujan dan musim kemarau. Hal ini disesuaikan dengan data *net flux* radiasi matahari yang diambil dan diselaraskan. Rentang waktu 10 tahun diambil dengan membandingkan beberapa kondisi yang berbeda.

Konsentrasi klorofil-a diproses dengan perangkat lunak SEADAS 4.5.7 untuk dilakukan proses reprojeksi dan dikonversi menjadi GeoTIFF. Pengolahan

selanjutnya dilakukan dengan perangkat lunak ArcGIS 9.3 untuk proses *clipping* sesuai dengan wilayah yang diamati dan diekspor dalam bentuk **csv*. Format **csv* dimasukkan ke dalam *Microsoft Excel* untuk diolah dalam bentuk angka dan dimodelkan.

Data klorofil-a dianalisis dalam bentuk per *time series* yang telah diklip, kemudian dibuat perubahannya dan diproyeksikan dalam *Microsoft Excel*. Data dimodelkan berdasarkan tren yang ada menurut bulan dan tahun yang diambil. Pengambilan dilakukan selama sepuluh tahun dari tahun 2006 hingga 2015. Data dari *Microsoft Excel* diolah dengan perangkat lunak Matlab R2008b untuk dianalisis dengan metode EOF (*Empirical Orthogonal Function*) dan *wavelet*.

3. Analisis data Suhu Permukaan Laut (SPL)

Pengambilan data SPL pada satelit Aqua MODIS dilakukan pada dua macam rentang waktu sebagai data *time series* pada tahun 2006 hingga 2015. Data diambil pada semua bulan terutama musim hujan dan musim kemarau. Hal ini disesuaikan dengan data *net flux* radiasi matahari dan data klorofil-a yang diambil dan diselaraskan. Rentang waktu 10 tahun diambil dengan membandingkan beberapa kondisi yang berbeda pada setiap bulan yang ada yaitu dari bulan Januari hingga bulan Desember.

Konsentrasi SPL pada suatu perairan diestimasi dengan pendekatan menggunakan citra dari satelit Aqua MODIS level 3 diproses dengan perangkat lunak SEADAS 4.5.7 untuk dilakukan proses reprojeksi dan dikonversi menjadi GeoTIFF. Pengolahan selanjutnya dilakukan dengan perangkat lunak ArcGIS 9.3 untuk proses *clipping* sesuai dengan wilayah yang diamati dan diekspor dalam bentuk **csv*. Format **csv* dimasukkan ke dalam *Microsoft Excel* untuk diolah dalam bentuk angka dan dimodelkan.

Analisis data dilakukan dalam bentuk per *time series* yang telah diklip, kemudian di buat perubahannya dan diproyeksikan dalam *Microsoft Excel*. Data

dari *Microsoft Excel* diolah dengan perangkat lunak *Matlab R2008b* untuk dianalisis menggunakan metode EOF (*Empirical Orthogonal Function*) dan *wavelet*.

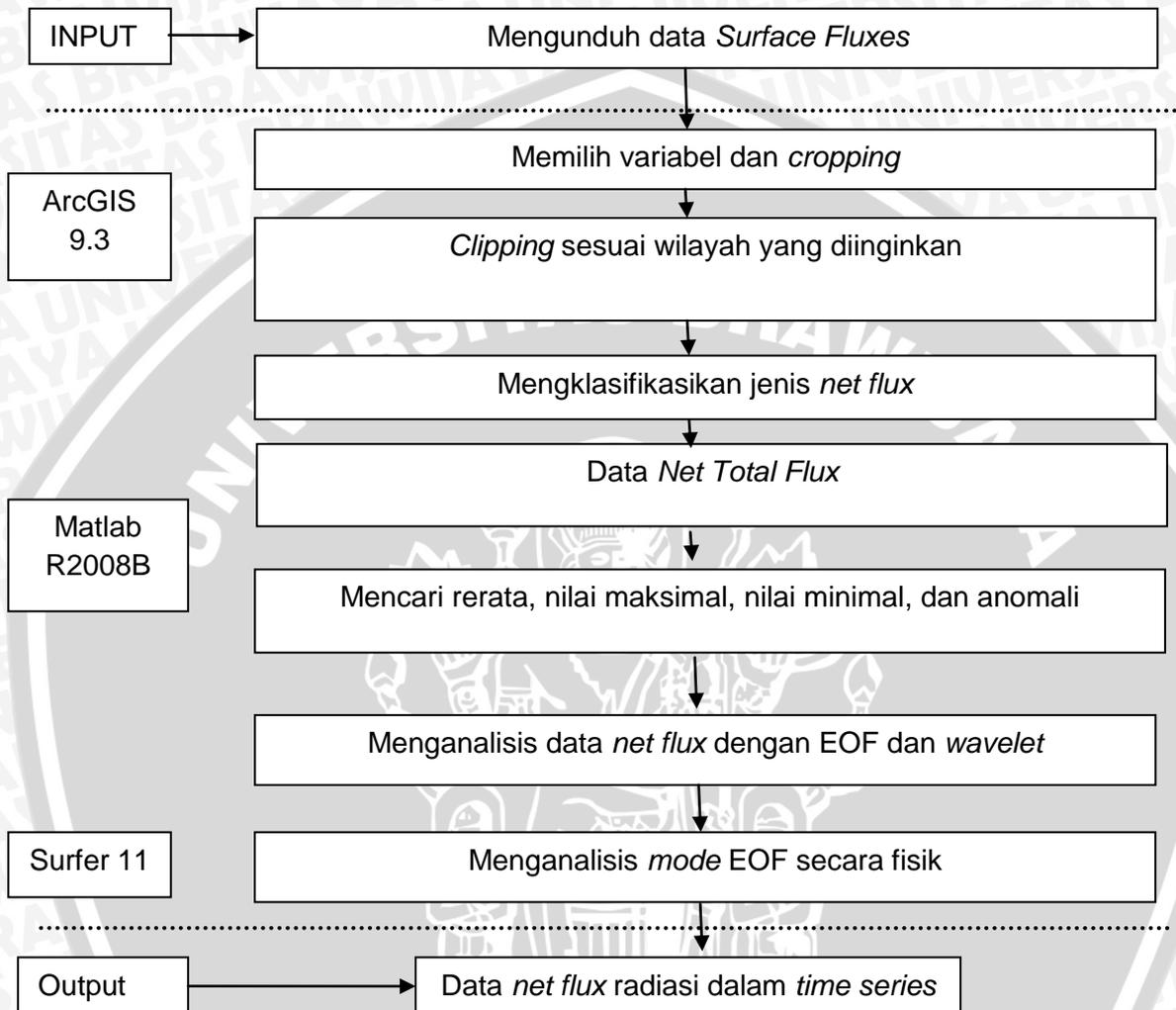
3.3.3. Pembuatan Peta Sebaran *Net flux* Radiasi, Klorofil-a, dan SPL

Data citra yang berformat *.geotiff kemudian diolah dengan *ArcGIS 9.3* menggunakan peta *template* Perairan Selatan Jawa. Hal-hal yang dilakukan pada proses pembuatan peta antara lain memasukkan *Legenda*, *Skala*, *Judul Peta*, *keterangan Peta* dan *Grid* pada peta. Setelah semua tahap sudah selesai dilakukan, peta sebaran klorofil-a dan SPL di *export* dan diubah formatnya dalam bentuk *.JPG kemudian disimpan di tempat yang diinginkan.

Analisis EOF menghasilkan beberapa *mode* yang diurutkan berdasarkan energy yang terbesar menuju terkecil dari *mode-1*, *mode-2*, *mode-3*, dan *mode-4*. Data EOF menghasilkan data spasial dan data temporal. Data yang digunakan adalah data dengan energi terbesar yaitu *mode-1* dan *mode-2*. Data spasial hasil EOF diolah menggunakan perangkat lunak *Surfer 11* sesuai dengan koordinat yang ada. Data *mode-1* dan *mode-2* menunjukkan kondisi secara fisik dari EOF sebagai energi terbesar secara spasial diambil dari *mode-1* dan *mode-2*.

3.3.4. Diagram Alir Proses Pengolahan Data *Net flux* Radiasi Matahari

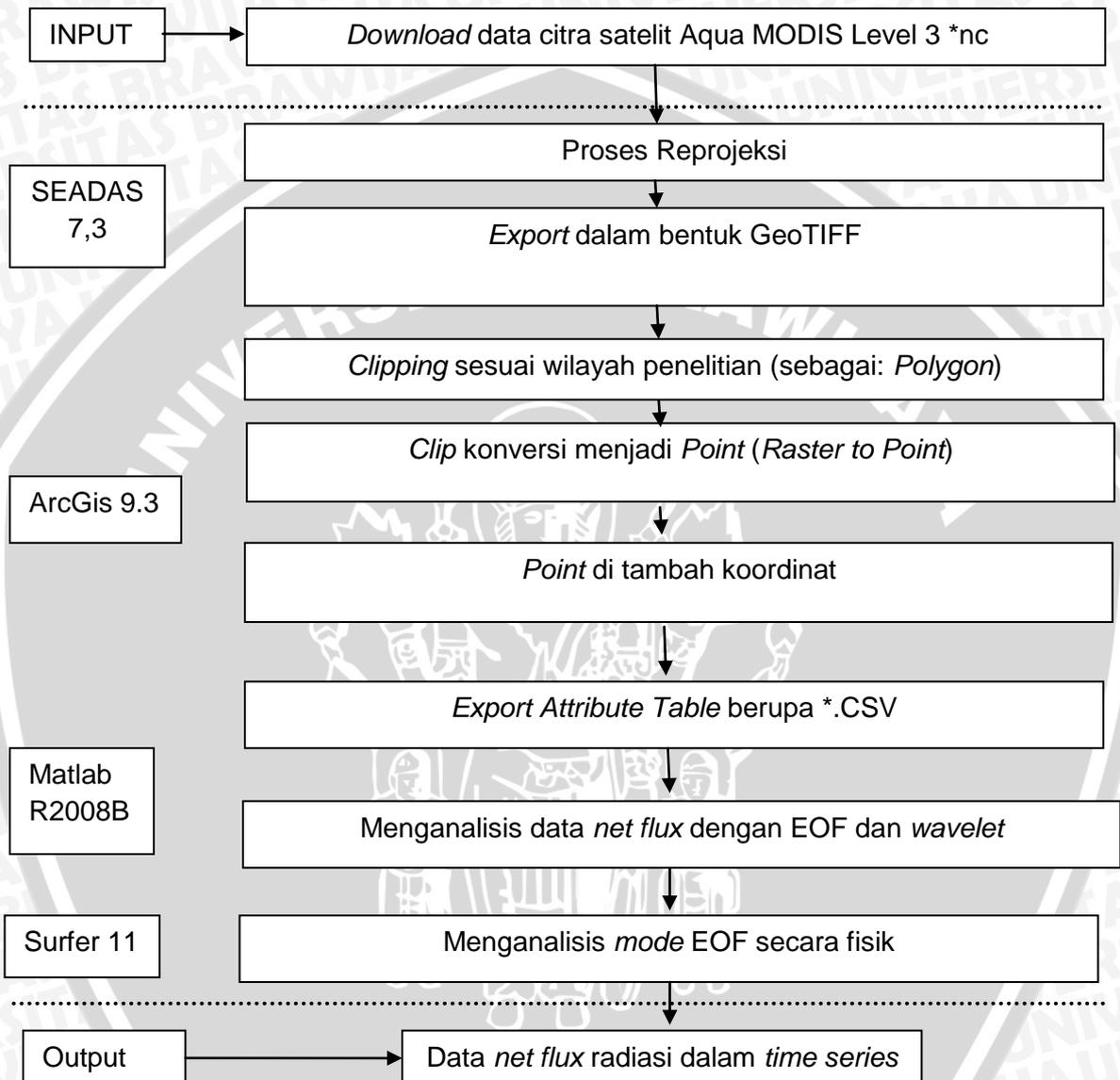
Diagram alir proses pengolahan data *net flux* radiasi matahari adalah seperti yang terdapat pada Gambar 6:



Gambar 6 Proses Pengolahan *Net flux* Radiasi Matahari

3.3.5. Diagram Alir Proses Pengolahan Citra Aqua MODIS

Proses pengolahan data klorofil-a dan SPL dari citra Aqua MODIS adalah seperti Gambar 7:



Gambar 7 Diagram Alir Proses Pengolahan Data Citra Aqua MODIS

3.4. *Empirical Orthogonal Function (EOF) dan Wavelet Analysis*

3.4.1. *Empirical Orthogonal Function (EOF)*

Hananchi (2004) menjelaskan EOF merupakan metode yang sering digunakan dalam proses analisis riset di bidang iklim yang secara umum memiliki rumus dasar yang sebagai berikut:

$$\Sigma = \frac{1}{n-1} X'^T X'$$

Rumus tersebut berisi kovarian antara pasangan *point grid*. Tujuan EOF adalah untuk menemukan kombinasi linier dari semua variabel yang dianalisis. Hal itu juga untuk menemukan arah $a = (a_1, \dots, a_p)^T$ seperti halnya $X'a$ yang memiliki variabilitas maksimal. Varian $X'a$ dapat dilihat sebagai berikut:

$$\text{Var}(X'a) = \frac{1}{n-1} \|X'a\|^2 = \frac{1}{n-1} (x'a)^T (x'a) = a^T \Sigma a$$

Secara teknis, analisis EOF ditunjukkan dengan memasukan korelasi matriks menjadi *eigenvalue / eigenvector analysis*. Hal ini menggunakan set luas dari rumus linier. Setiap rumus EOF yang muncul menjelaskan prosentase total varian dari semua *grid* dalam bentuk *time series*. Prosentase ini menunjukkan nilai maksimal yang ditunjukkan dengan EOF *mode-1* sebagai varian terbesar, dan EOF *mode-2* dan selanjutnya sebagai energi varian yang semakin kecil. Dengan kemampuan ini EOF mampu menganalisis data secara spasial dan temporal (Dipo *et al.*, 2011).

3.4.2. *Wavelet Analysis*

Transformasi *wavelet analysis* dijelaskan lebih rinci oleh Torrence dan Compo (1999) sebagai berikut:

$$\psi_0(\eta) = \pi^{-1/4} e^{i\omega\eta} e^{-\eta^2/2}$$

Rumus *wavelet analysis* di atas secara umum digunakan untuk *wavelet* baik *orthogonal* ataupun *nonorthogonal*. Selanjutnya, transformasi *wavelet*

secara kontinyu dari deretan x_n dijelaskan dengan skala dan hasil penjabaran rumus sebagai berikut:

$$W_n(s) = \sum_{n'=0}^{N-1} x_{n'} \psi^* \left[\frac{(n' - n)\delta t}{s} \right]$$

Dimana tanda (*) mengindikasikan konjugasi kompleks. Dengan memberikan variasi skala *wavelet* dan menerjemahkan sepanjang indeks waktu n , salah satu dapat mengkonstruksikan sebuah hasil gambar dari beberapa macam amplitudo.

3.5. Validasi Data

Data yang didapatkan dari satelit diproses dengan melakukan validasi. Validasi dilakukan untuk melihat validitas suatu data. Uji statistik yang digunakan adalah uji validitas dan uji reliabilitas. Uji validitas dan reliabilitas sesuai dengan yang dilakukan Sugiyono (2009) dilakukan dengan mengambil sampel data acuan validasi dan data yang diuji. Data diproses dengan melakukan analisis korelasi antara dua data dan dibandingkan dengan nilai signifikan r pada tabel r baik 5% dan 1%. Apabila data lebih besar dari nilai signifikan r , maka data termasuk valid dan harus diuji reliabilitasnya. Uji reliabilitas dilakukan untuk melihat representasi data sampel dalam suatu mewakili keseluruhan data. Uji validitas diproses dengan *reliability test* dengan melihat *alpha cronbach*. Nilai *alpha cronbach* memiliki ketentuan sebagai berikut:

Aplha > 0,90 maka reliabilitas sempurna

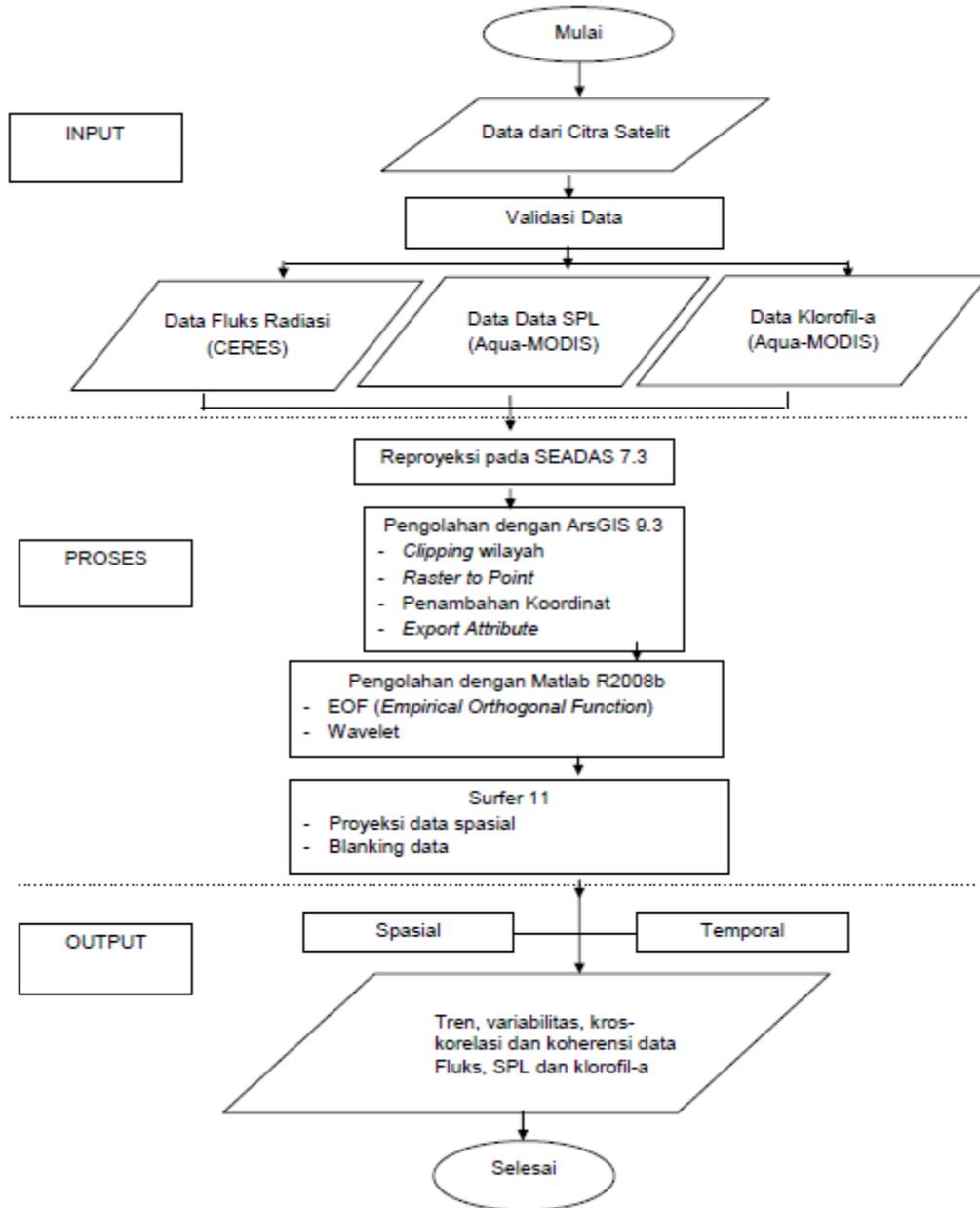
Aplha > 0,70 – 0,90 maka reliabilitas tinggi

Aplha > 0,50 – 0,70 maka reliabilitas sedang

Aplha < 0,50 maka reliabilitas rendah

3.5. Prosedur Penelitian

Tahap-tahap yang dilakukan dalam penelitian skripsi ini adalah seperti pada Gambar 8:



Gambar 8 Prosedur Penelitian

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil

4.1.1. Validasi Data

1. Net Flux Radiasi Matahari

Acuan validasi *net flux* radiasi matahari didapatkan dari AeroNET dengan stasiun pengukuran *in situ* di Palangkaraya. Jumlah data yang ada adalah 28. Dengan nilai signifikan r adalah 5% adalah 0,374 dan 1% adalah 0,478. Hasil korelasi data *in situ* dan data satelit adalah:

Tabel 3 Tabel korelasi *net flux* radiasi matahari

Correlations			
		SAT	IN
SAT	Pearson Correlation	1	.502 **
	Sig. (2-tailed)		.006
	N	28	28
IN	Pearson Correlation	.502 **	1
	Sig. (2-tailed)	.006	
	N	28	28

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Nilai korelasi adalah 0,502. Nilai ini lebih besar daripada nilai signifikan r 5% dan 1%. Maka dilanjutkan dengan uji reliabilitas sebagai berikut:

Tabel 4 Tabel uji reliabilitas *net flux* radasi matahari

Reliability Statistics		
Cronbach's Alpha	Cronbach's Alpha Based on Standardized Items	N of Items
.510	.669	2

Nilai *alpha cronbach net flux* radiasi matahari 0,51 berada diantara 0,50 – 0,70 yang menunjukkan reliabilitas sedang. Hal ini berarti data satelit bisa menggantikan data pengukuran *in situ*.

2. Suhu Permukaan Laut (SPL)

Acuan validasi *net flux* radiasi matahari didapatkan dari RAMA dengan stasiun pengukuran *in situ* di Samudra Hindia. Jumlah data yang ada adalah 23. Dengan nilai signifikan r adalah 5% adalah 0,413 dan 1% adalah 0,526. Hasil korelasi data *in situ* dan data satelit adalah:

Tabel 5 Tabel hasil korelasi SPL

Correlations			
		SAT	IN
SAT	Pearson Correlation	1	.529**
	Sig. (2-tailed)		.009
	N	23	23
IN	Pearson Correlation	.529**	1
	Sig. (2-tailed)	.009	
	N	23	23

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Nilai korelasi adalah 0,529. Nilai ini lebih besar daripada nilai signifikan r 5% dan 1%. Maka dilanjutkan dengan uji reliabilitas sebagai berikut:

Tabel 6 Tabel hasil reliabilitas SPL

Reliability Statistics		
Cronbach's Alpha	Cronbach's Alpha Based on Standardized Items	N of Items
.683	.692	2

Nilai *alpha cronbach* SPL 0,683 berada diantara 0,50 – 0,70 yang menunjukkan reliabilitas sedang. Hal ini berarti data satelit bisa menggantikan data pengukuran *in situ*.

3. Klorofil-a

Acuan validasi klorofil-a didapatkan dari WOD (*World Ocean Data*) dengan stasiun pengukuran *in situ* di Samudra Hindia. Jumlah data yang ada adalah 24. Dengan nilai signifikan r adalah 5% adalah 0,404 dan 1% adalah 0,515. Hasil korelasi data *in situ* dan data satelit adalah:

Tabel 7 Tabel hasil korelasi klorofil-a

Correlations			
SAT	Pearson Correlation	1	** .521
	Sig. (2-tailed)		.009
	N	24	24
IN	Pearson Correlation	** .521	1
	Sig. (2-tailed)	.009	
	N	24	24

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Nilai korelasi adalah 0,521. Nilai ini lebih besar daripada nilai signifikan r 5% dan 1%. Maka dilanjutkan dengan uji reliabilitas sebagai berikut:

Tabel 8 Tabel hasil reliabilitas

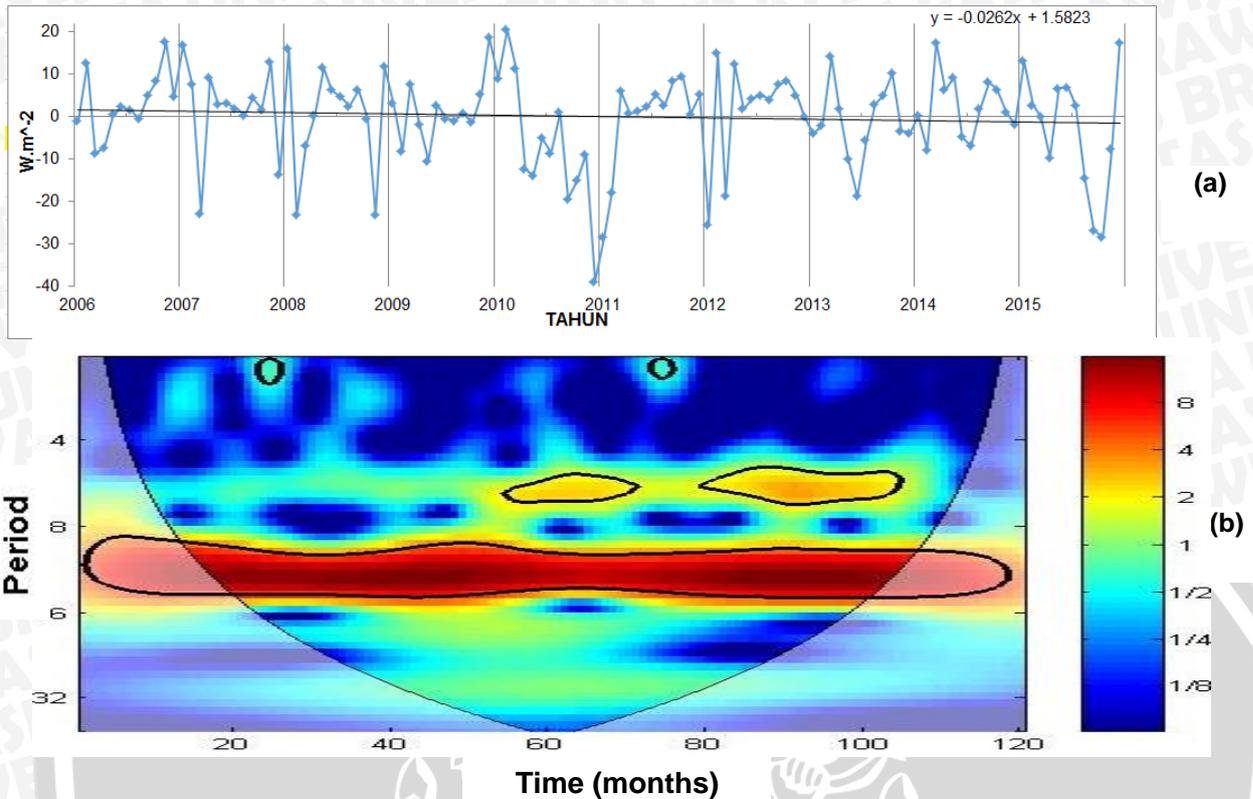
Reliability Statistics		
Cronbach's Alpha	Cronbach's Alpha Based on Standardized Items	N of Items
.673	.685	2

Nilai *alpha cronbach* klorofil-a 0,673 berada diantara 0,50 – 0,70 yang menunjukkan reliabilitas sedang. Hal ini berarti data satelit bisa menggantikan data pengukuran *in situ*.

4.1.2. Tren dan Dinamika *Net Flux* Radiasi Matahari di Perairan Selatan Jawa

1. Tren dan *Wavelet Net Flux* Radiasi Matahari di Perairan Selatan Jawa

Net flux (Q_{NET}) radiasi matahari yang masuk ke permukaan bumi mengalami dinamika yang memberikan pengaruh terhadap proses di bumi. Berkurangnya *net flux* radiasi matahari terjadi karena penumpukan aerosol di kawasan industri dapat dibuktikan terjadinya dengan menganalisis anomali *net flux* radiasi matahari dan melihat keterulangan periode melalui Gambar 9:



Gambar 9 Dinamika *net flux* di Perairan Selatan Jawa (a) anomali *net flux* 2006-2015, (b) *wavelet analysis net flux* radiasi matahari

Gambar 9 diolah berdasarkan data *net flux* radiasi matahari (Lampiran 1) menjelaskan tren *net flux* radiasi matahari mengalami penurunan yang tidak signifikan yang memiliki nilai persamaan regresi $y = -0,0262x + 1,5823$. Fluktuasi radiasi matahari yang masuk ke bumi selama periode tersebut memiliki nilai rerata $172,14 W m^{-2}$ dengan nilai *net flux* terbesar adalah $216,36 W m^{-2}$ pada November 2006, dan nilai terendah di Perairan Selatan Jawa adalah $109,47 W m^{-2}$ pada Juni 2013.

Analisis lebih jauh dilakukan untuk membuktikan terjadinya *global dimming*, selain data secara *time series* sepuluh tahun data *net flux* radiasi matahari juga dilihat berdasarkan pembagian musim yaitu musim barat, peralihan 1, musim timur, dan musim peralihan 2. Sartimbul (2010) menjelaskan musim barat yang mewakili musim penghujan terdiri dari bulan Desember, Januari, dan

Februari. Musim peralihan satu terdiri dari Maret, April, dan Mei. Musim timur yang mewakili musim kemarau terdiri dari Juni, Juli, dan Agustus. Musim peralihan dua terdiri dari September, Oktober, November. Anomali nilai *net flux* radiasi matahari berdasarkan musim dapat dilihat pada Gambar 10.

Musim barat sebagai musim penghujan pada Gambar 10 (a) menunjukkan penurunan anomali yang tidak signifikan ditunjukkan dengan nilai negatif dari persamaan $y = -0,1102x + 1,708$. Data *net flux* radiasi matahari musim barat di Perairan Selatan Jawa berdasarkan Gambar 11 (a) menunjukkan nilai rata-rata sebesar $190,53 \text{ W m}^{-2}$ dengan nilai terendah sebesar $150,57 \text{ W m}^{-2}$ terjadi pada bulan Desember 2010 dan nilai maksimal $210,15 \text{ W m}^{-2}$ terjadi pada bulan Januari 2007.

Musim peralihan 1 memberikan tren data yang berbeda ditunjukkan dengan nilai positif dari persamaan $y = 2,968x - 5,6007$. Tren musim peralihan 1 selama sepuluh tahun dari tahun 2006-2015 mengalami kenaikan seperti pada Gambar 10 (b). Data 10 tahun musim peralihan 1 berdasar Gambar 11 (b) menunjukkan dengan nilai rata-rata sebesar $160,20 \text{ W m}^{-2}$ dengan nilai terendah sebesar $129,03 \text{ W m}^{-2}$ terjadi pada bulan Mei tahun 2010 dan nilai maksimal $198,01 \text{ W m}^{-2}$ terjadi pada bulan Maret 2014. Anomali *net flux* radiasi matahari pada musim timur dilihat pada Gambar 10 (c). Musim timur sebagai representasi musim kemarau menunjukkan penurunan ditunjukkan dengan nilai negatif dari persamaan $y = -0,1972x + 3,0561$. Data yang diolah menurut Gambar 11 (c) menunjukkan nilai rata-rata *net flux* radiasi matahari di Perairan Selatan Jawa adalah $141,73 \text{ W m}^{-2}$, nilai terendah yang terjadi adalah $109,47 \text{ W m}^{-2}$ terjadi pada bulan Juni 2013, dan nilai maksimal yang terjadi selama masa tersebut adalah $165,52 \text{ W m}^{-2}$ terjadi pada bulan Agustus 2012. Gambar 10 (d) menjelaskan anomali *net flux* radiasi matahari pada musim peralihan 2. Musim

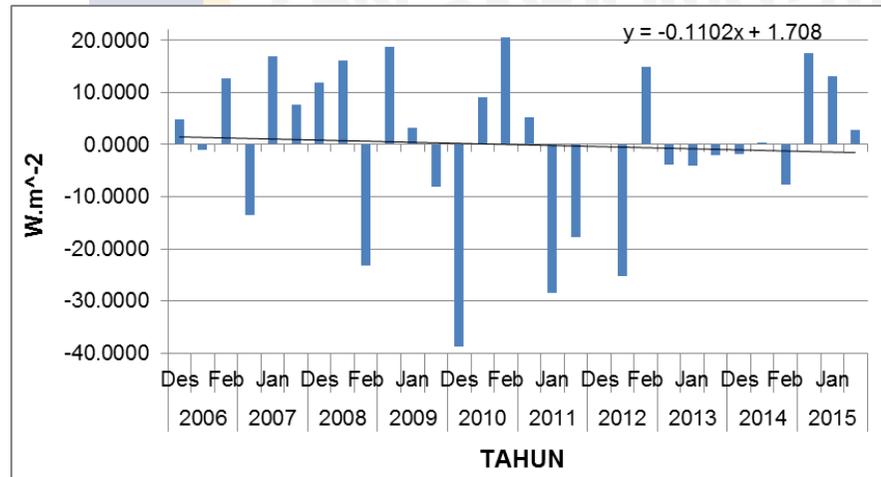
peralihan 2 menunjukkan penurunan *net flux* radiasi matahari yang besar ditunjukkan dengan nilai negatif dari persamaan $y = -0,4084x + 6,3295$. Berdasar Gambar 11 (d), musim peralihan 2 memiliki nilai rata-rata $192,11 \text{ W m}^{-2}$, nilai terendah sebesar $159,65 \text{ W m}^{-2}$ terjadi pada September 2015, dan nilai tertinggi adalah $216,36 \text{ W m}^{-2}$ terjadi pada bulan November 2006.

Net flux radiasi Perairan Selatan Jawa menunjukkan periode diantara 8 - 16 bulan ditandai dengan warna merah di dalam kerucut. Hal tersebut berarti radiasi matahari di Perairan Selatan Jawa memiliki periode condong tahunan (*annual*). Penyinaran radiasi matahari di Selatan Jawa juga kuat sepanjang tahun dari tahun 2006-2015 ditunjukkan energi besar sejajar sumbu x. Artinya, *net flux* radiasi matahari di Perairan Selatan Jawa memiliki periode keterulangan fenomena tahunan dan kuat sepanjang tahun.

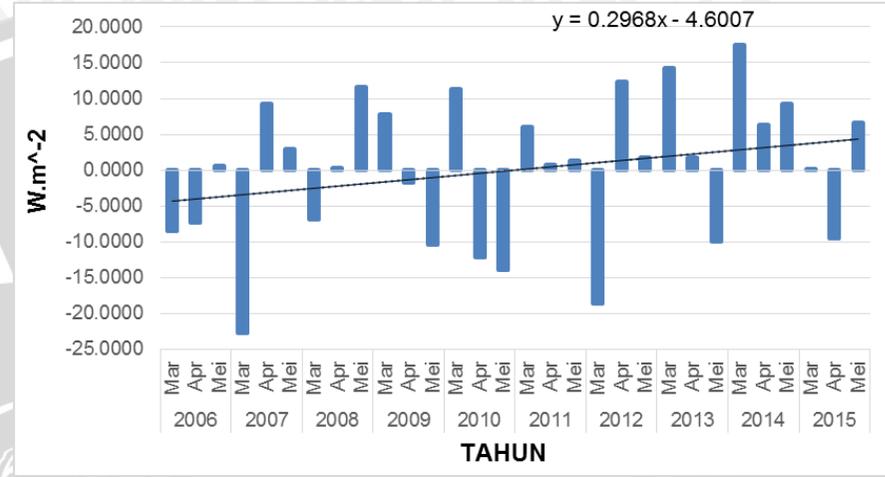
2. EOF *Net Flux* Solar Radiation di Perairan Selatan Jawa

Karakteristik *net flux* radiasi matahari sangat dinamis. Untuk mengetahui karakteristik secara spesifik dari *net flux solar radiation* baik secara spasial dan temporal dapat dijelaskan dengan metode EOF (*Empirical Orthogonal Function*). Variabilitas secara temporal data selama sepuluh tahun di Perairan Selatan Jawa masing-masing bulan dari tahun 2006-2015 dapat dilihat pada Gambar 12 dalam beberapa *mode*.

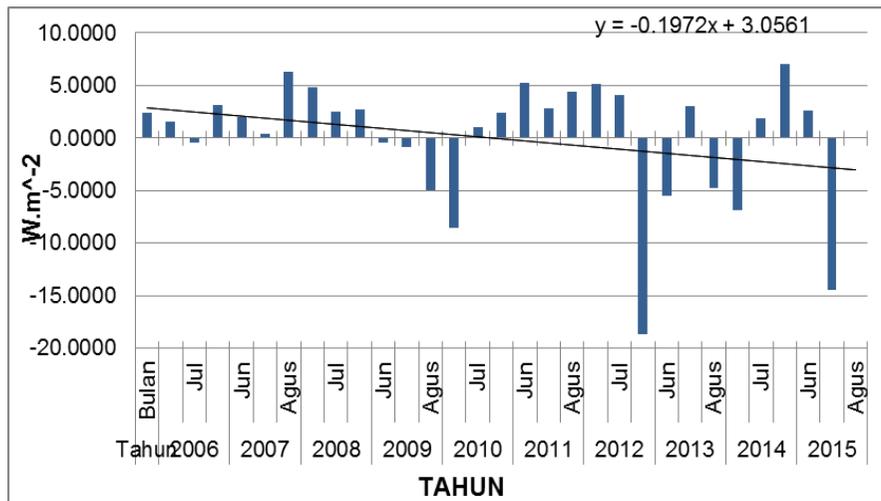
Gambar 12 menunjukkan EOF-1 sebagai *mode-1* dengan nilai *variance of net flux* adalah 76,6% yang merepresentasikan pengaruh musim. Hal ini merupakan energi terbesar dari EOF *mode-1* disusul oleh *mode-2* dengan nilai 11,9%. Hasil proyeksi dari EOF tidak hanya dilihat secara temporal tetapi secara spasial untuk membandingkan kondisi yang ada. Nilai *mode-1 net flux* radiasi matahari yang merupakan energi terbesar diambil dan dimodelkan menggunakan perangkat lunak Sufer sebagai Gambar 13 (a).



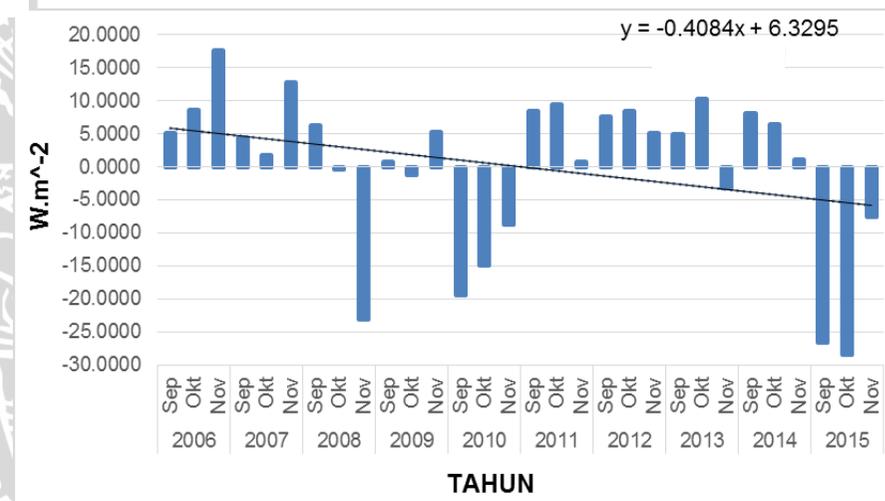
(a)



(b)

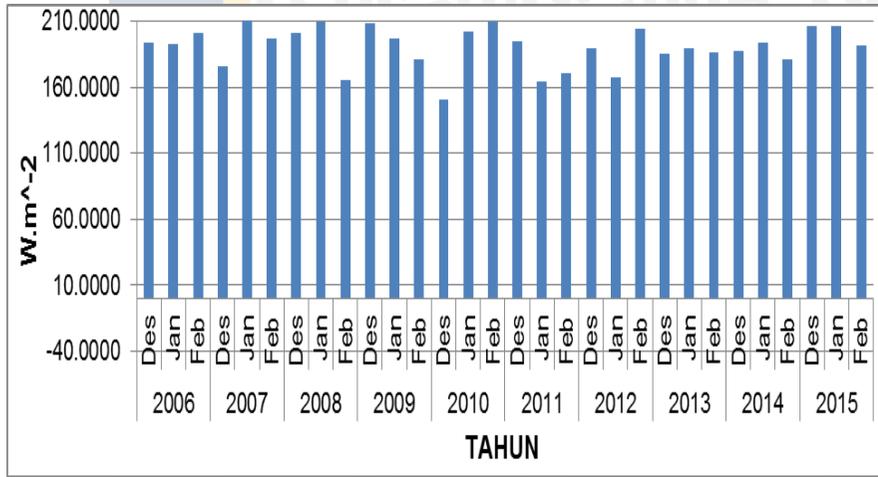


(c)

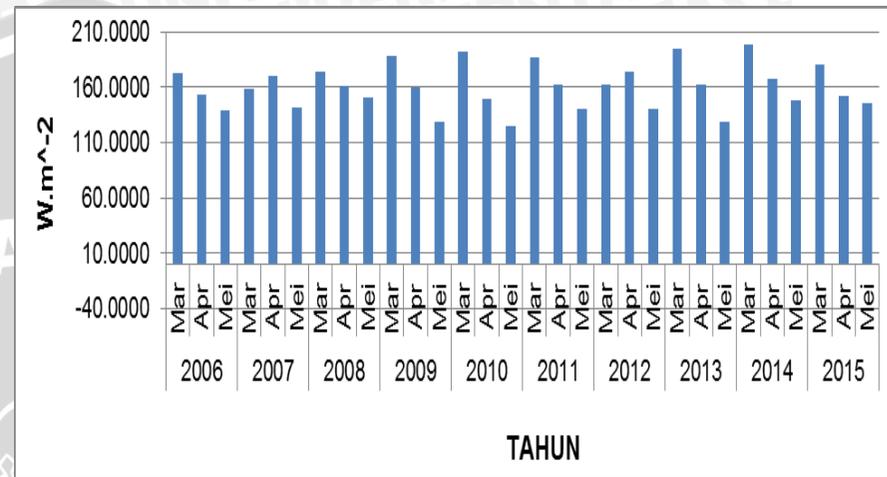


(d)

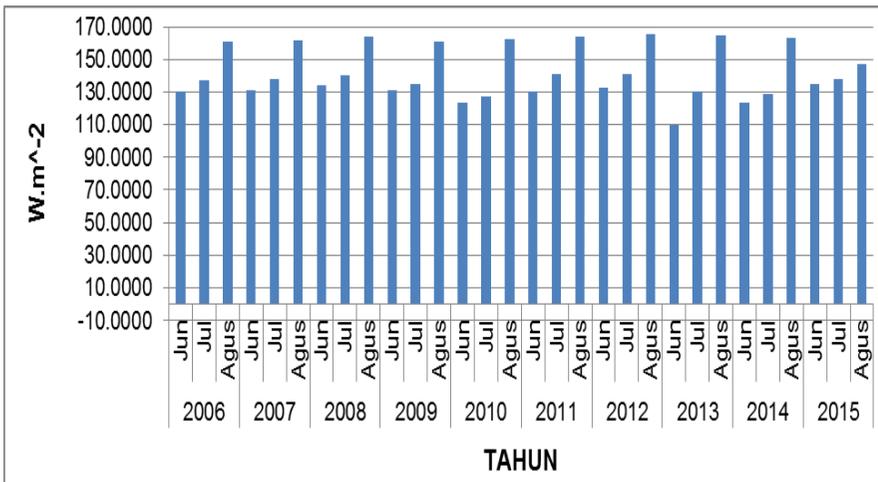
Gambar 10 Anomali *net flux* berdasarkan musim (a) musim barat, (b) musim peralihan 1, (c) musim timur, (d) musim peralihan 2 di Perairan Selatan Jawa 2006-2015



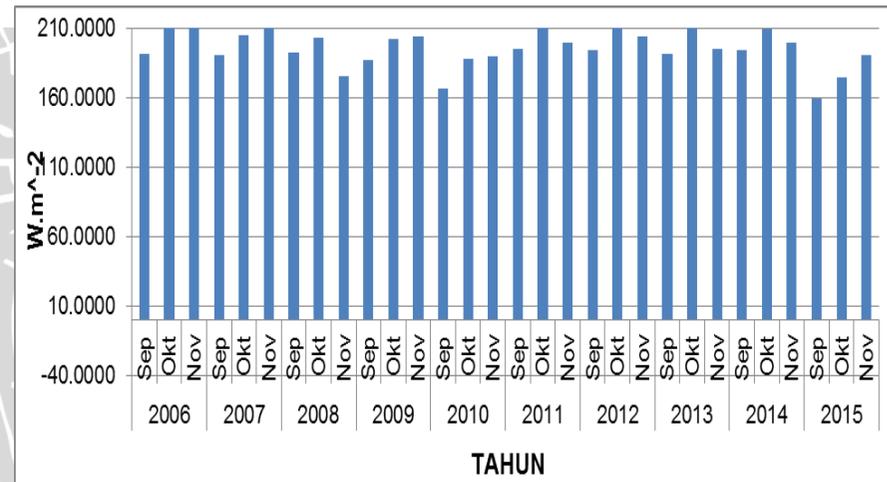
(a)



(b)

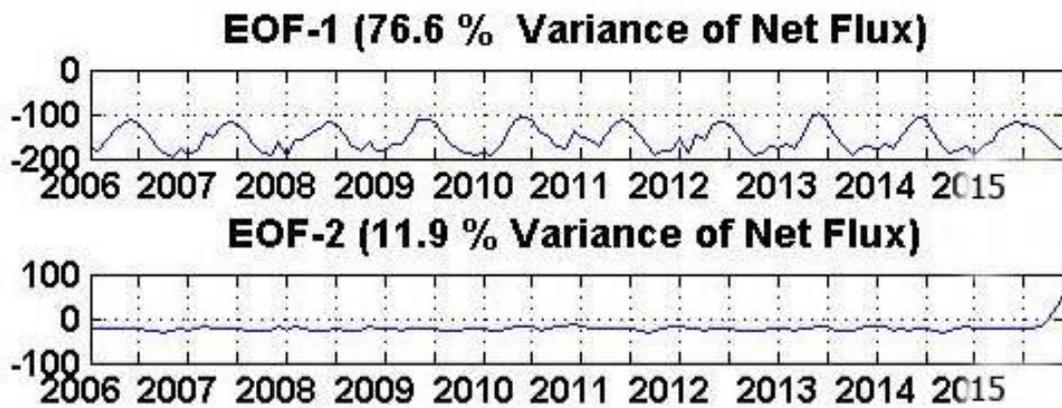


(c)

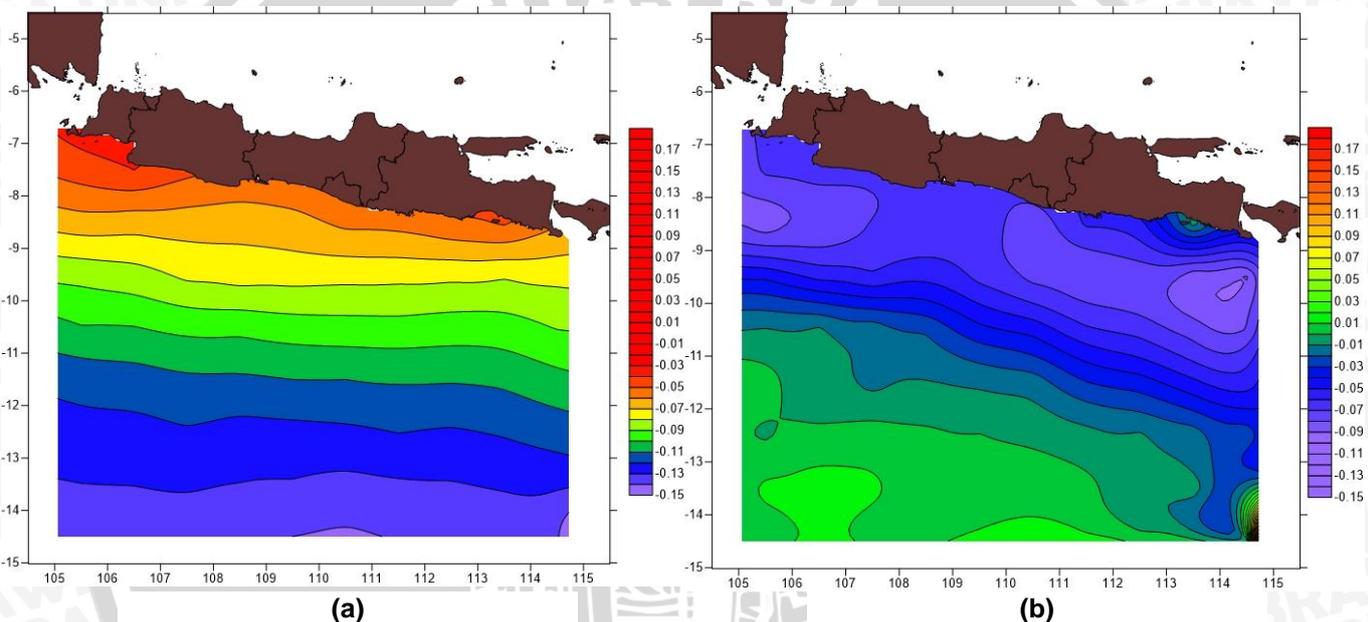


(d)

Gambar 11 Sebaran *net flux* berdasarkan musim (a) musim barat, (b) musim peralihan 1, (c) musim timur, (d) musim peralihan 2 di Perairan Selatan Jawa 2006-2015



Gambar 12 Hasil temporal EOF *Net Flux Solar Radiation*



Gambar 13 EOF spasial *net flux* radiasi matahari di Perairan Selatan Jawa (a) EOF *mode-1*, (b) *mode-2*

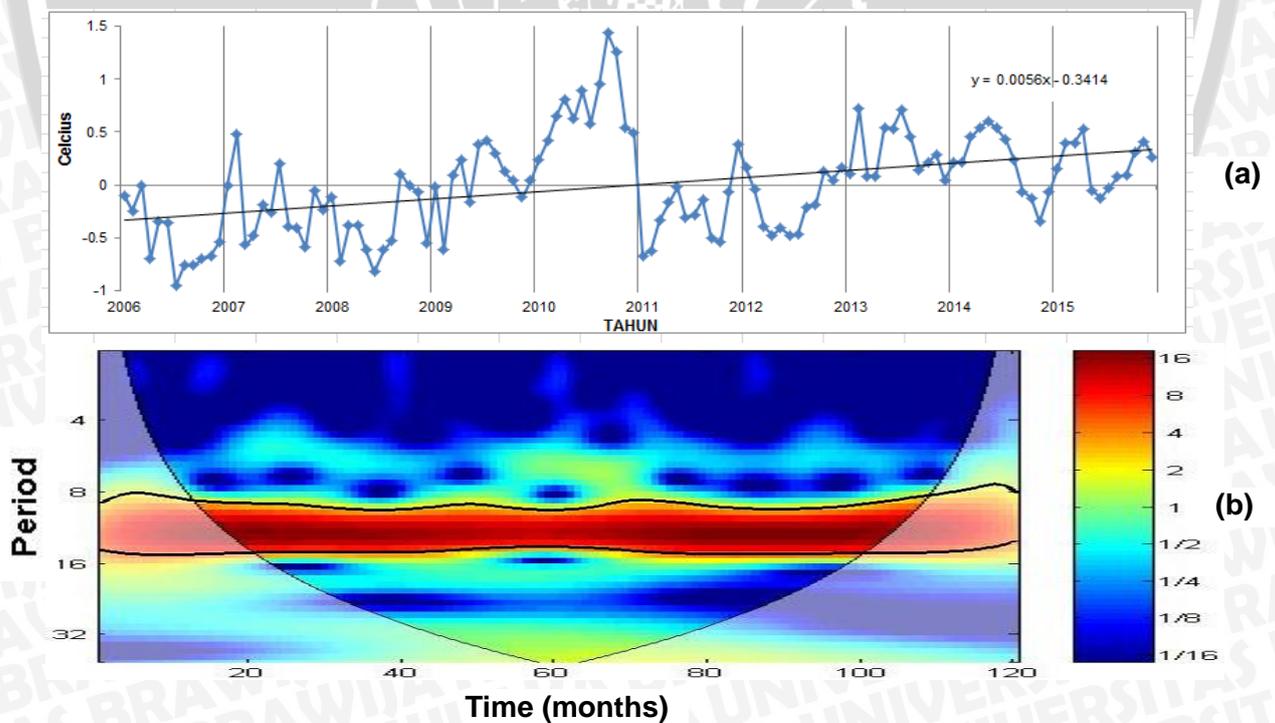
Variabilitas *net flux* radiasi matahari di Perairan Selatan Jawa berkisar antara -0,15 hingga 0,17 yang berarti *net flux* radiasi matahari di Selatan Jawa memiliki variabilitas yang tinggi pada siklus musiman (*seasonal*). Kondisi energi terbesar dari *mode-1* sebesar 76,6% digambarkan dengan nilai ekstrem yang terjadi di kawasan sepanjang pesisir Selatan Jawa dengan nilai -0,07 hingga 0,17 dan di daerah laut lepas dengan nilai -0,11 hingga -0,15. Kawasan tersebut memiliki variabilitas yang cenderung lebih tinggi.

Variabilitas juga dapat dilihat dari *mode-2* yang dilihat pada Gambar 13 (b). *Mode-2* dengan nilai 11,9% terdistribusi di kawasan pesisir (*coastal*). Nilai ekstrem yang ada adalah -0,03 hingga -0,15 yang menandakan daerah tersebut memiliki variabilitas yang lebih tinggi dibanding yang lainnya. Secara umum rentang nilai *mode-2* EOF spasial adalah antara -0,15 hingga 0,17. *Mode-2* menunjukkan siklus *inter-annual* memiliki pola spasial yang kurang bervariasi dibandingkan dengan *mode-1*.

4.1.2. Tren dan Dinamika Suhu Permukaan Laut (SPL) di Perairan Selatan Jawa

1. Tren dan *Wavelet* Suhu Permukaan Laut (SPL) di Perairan Selatan Jawa

Suhu permukaan laut (SPL) di Perairan Selatan Jawa selama sepuluh tahun periode 2006 – 2015 mengalami fluktuasi yang dilihat dari hasil anomali dan keterungan periode. Hasil anomali dan hasil *wavelet* suhu permukaan laut di Perairan Selatan Jawa selama sepuluh tahun dari tahun 2006-2015 dapat dilihat sebagai Gambar 14:



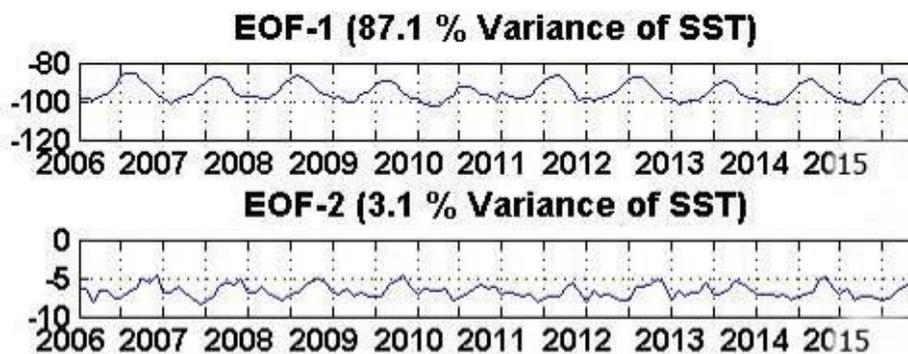
Gambar 14 Dinamika SPL di Perairan Selatan Jawa (a) anomali SPL 2006-2015, (b) *wavelet analysis* SPL radiasi matahari

Gambar 14 menjelaskan tren suhu permukaan laut mengalami kenaikan yang ditunjukkan oleh nilai positif pada pola regresi linier yang ada adalah $y = 0,05x - 0,341$. Suhu permukaan laut selama periode 2006-2015 di Perairan Selatan Jawa memiliki nilai rerata $27,94^{\circ}\text{C}$. Nilai suhu permukaan laut terbesar sepanjang sepuluh tahun adalah $30,09^{\circ}\text{C}$ pada bulan September 2010, dan nilai terendah di Perairan Selatan Jawa adalah $25,32^{\circ}\text{C}$ pada September 2006. Suhu permukaan laut (SPL) di Perairan Selatan Jawa memiliki keterulangan fenomena condong tahunan dan memiliki energi varian terbesar sepanjang bulan dari tahun 2006-2015.

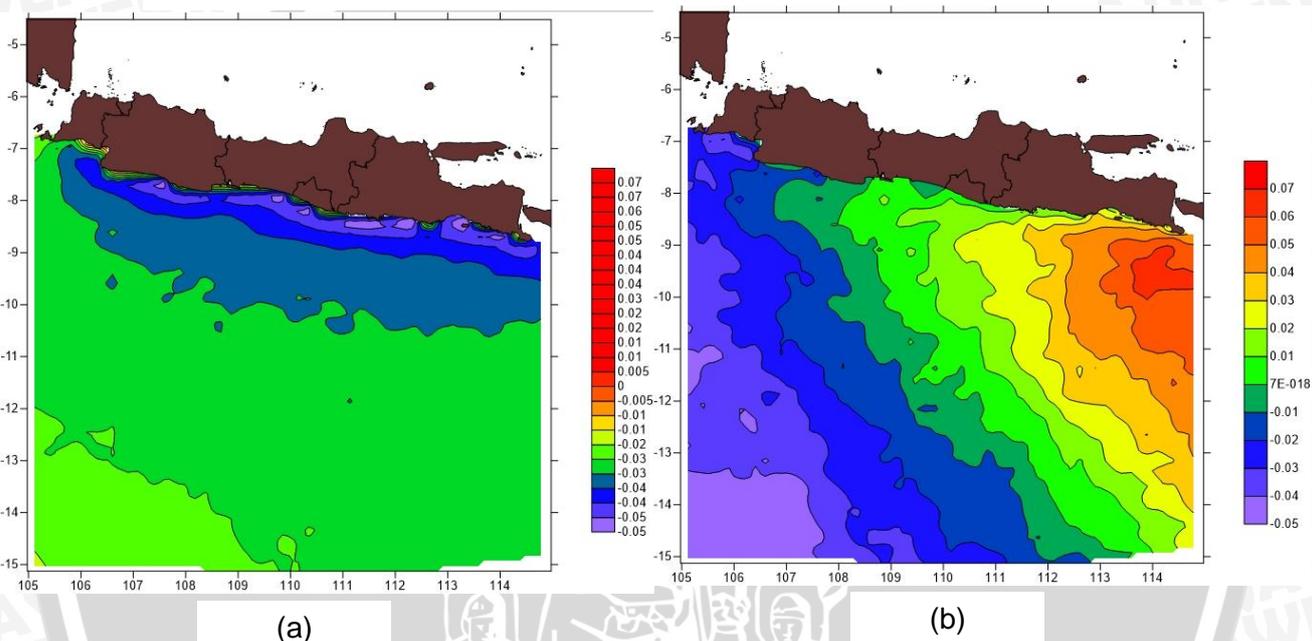
2. EOF Suhu Permukaan Laut di Perairan Selatan Jawa

Suhu permukaan laut memiliki karakteristik yang dinamis. Karakteristik suhu permukaan laut baik secara spasial dan temporal dijelaskan dengan metode EOF (*Empirical Orthogonal Function*). Hasil analisis data selama sepuluh tahun di Perairan Selatan Jawa menggunakan EOF dari tahun 2006-2015 dapat dilihat pada Gambar 15 dalam beberapa *mode*.

Gambar 15 menunjukkan EOF-1 sebagai *mode-1* memiliki nilai *variance of SST* sebesar 87,1% merupakan varian yang dipengaruhi oleh musim. EOF-1 merupakan energi terbesar dari EOF disusul oleh *mode-2* dengan nilai 3,1% yang merupakan varian akibat fenomena *inter-annual*. Data dari *mode* tertinggi *mode-1* dan *mode-2* diproyeksikan dan didapatkan hasil seperti Gambar 16. Nilai variabilitas SPL ekstrem terjadi di pesisir (*coastal*) nilai yang berada antara -0,05 hingga -0,04. Nilai varian suhu permukaan laut di Perairan Selatan Jawa secara umum untuk EOF *mode-1* secara spasial adalah -0,05 hingga 0,07. *Mode-2* EOF suhu permukaan laut di Perairan Selatan Jawa memiliki energi 3,1% memiliki nilai -0,05 hingga 0,02. EOF *mode-2* memiliki kontur fisik mendekati tegak lurus dengan *coastal area*. Nilai yang ekstrem terjadi pada -0,05 hingga -0,03 di wilayah barat dan 0,04 hingga 0,07 di wilayah timur.



Gambar 15 Hasil temporal EOF Suhu Permukaan Laut (SPL)

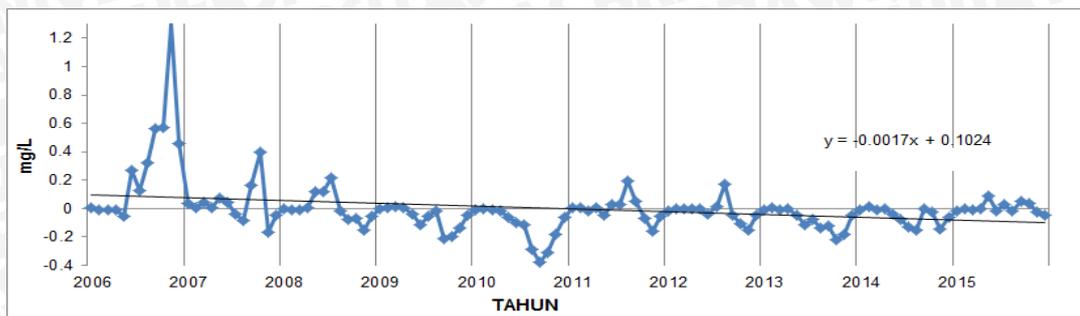


Gambar 16 EOF spasial SPL di Perairan Selatan Jawa (a) EOF mode-1, (b) mode-2

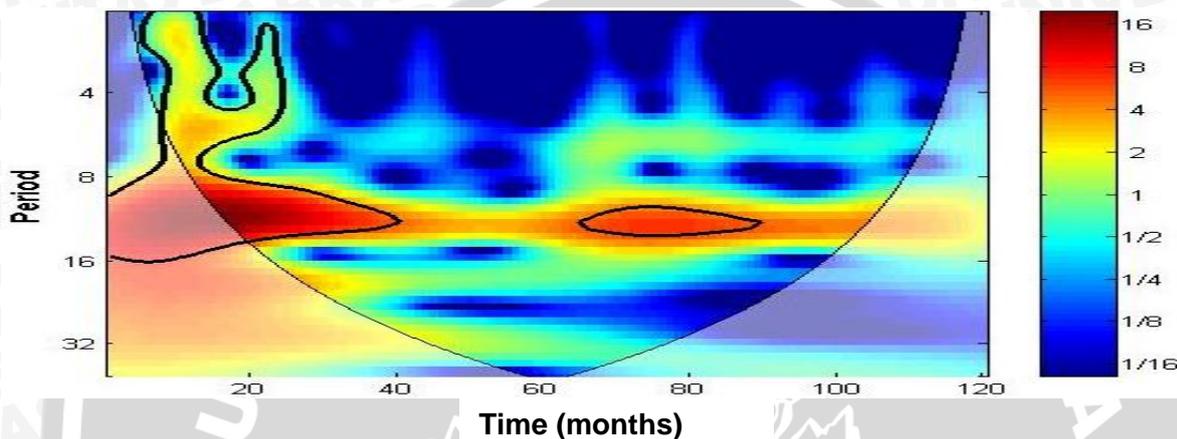
4.1.3. Tren dan Dinamika Klorofil-a di Perairan Selatan Jawa di Perairan Selatan Jawa

1. Tren Klorofil-a di Perairan Selatan Jawa

Klorofil-a di Perairan Selatan Jawa selama sepuluh tahun periode 2006 – 2015 mengalami fluktuasi. Fluktuasi terjadi dilihat dari hasil anomali. Hasil anomali klorofil-a di Perairan Selatan Jawa dapat dilihat sebagai Gambar 17:



(a)



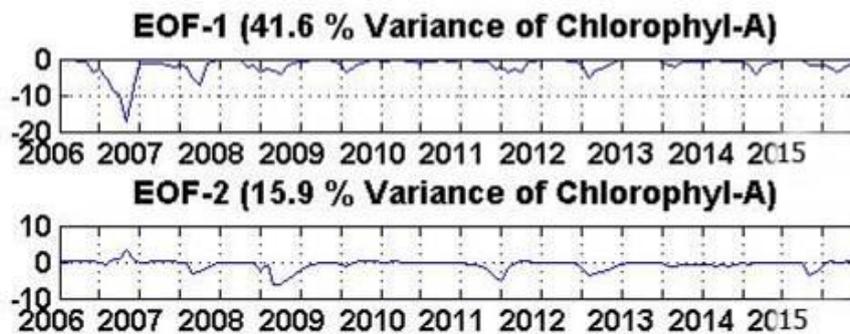
(b)

Gambar 17 Dinamika klorofil-a di Perairan Selatan Jawa (a) anomali klorofil-a 2006-2015, (b) *wavelet analysis* klorofil-a

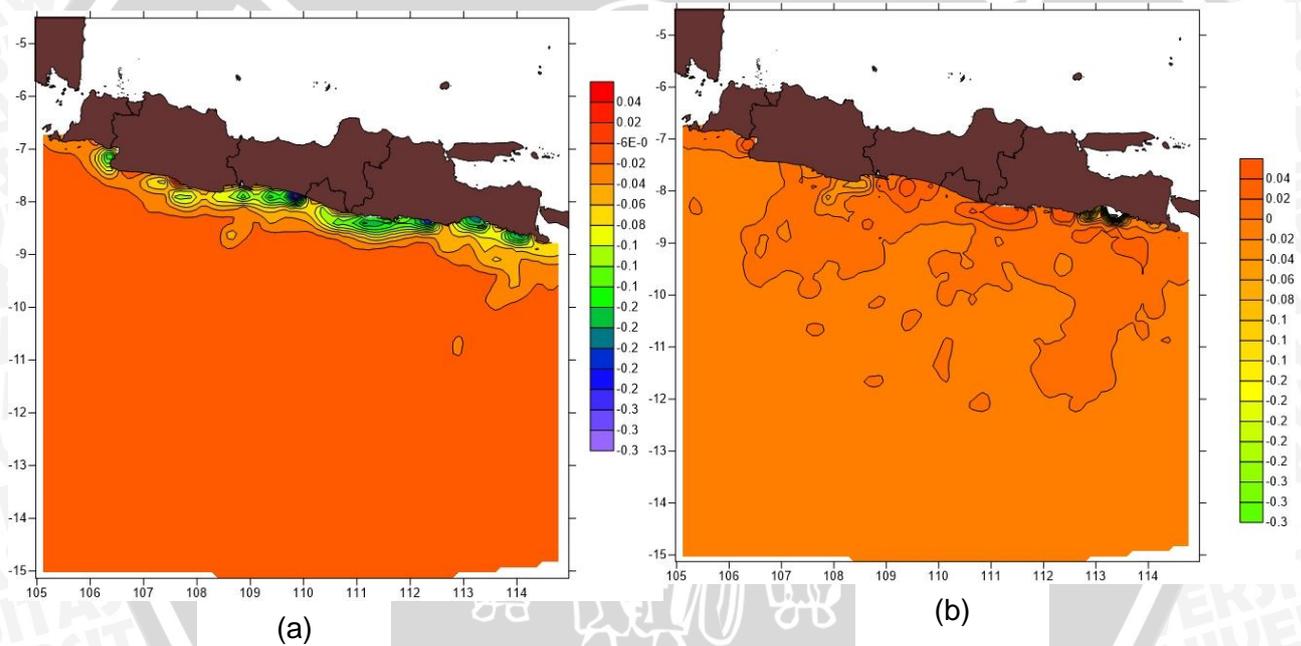
Gambar 17 (a) merupakan pengolahan dari data klorofil-a (Lampiran 3) yang menunjukkan tren klorofil-a menurun terlihat dari nilai negatif dari pola regresi $y = -0,0017x + 0,1024$. Fluktuasi klorofil-a selama periode 2006-2015 di Perairan Selatan Jawa memiliki nilai rerata 0,27 mg/L. Nilai klorofil-a terbesar sepanjang sepuluh tahun adalah 1,6 mg/L pada bulan November 2006, dan nilai terendah di Perairan Selatan Jawa adalah 0,09 mg/L pada Desember 2010. Selain mengalami proses penurunan, klorofil-a di Perairan Selatan Jawa memiliki pola periode fenomena condong tahunan dengan energi terbesar antara bulan ke-0 hingga 40 (2006-2009) dan bulan ke-60 hingga 80 (2010-2012) seperti Gambar 17 (b).

2. EOF Klorofil-a di Perairan Selatan Jawa di Perairan Selatan Jawa

Data klorofil-a selama sepuluh tahun mulai dari tahun 2006-2015 dianalisis dengan EOF terdapat pada Gambar 18:



Gambar 18 Hasil temporal EOF Klorofil-a



Gambar 19 EOF spasial klorofil-a (a) EOF mode-1, (b) mode-2

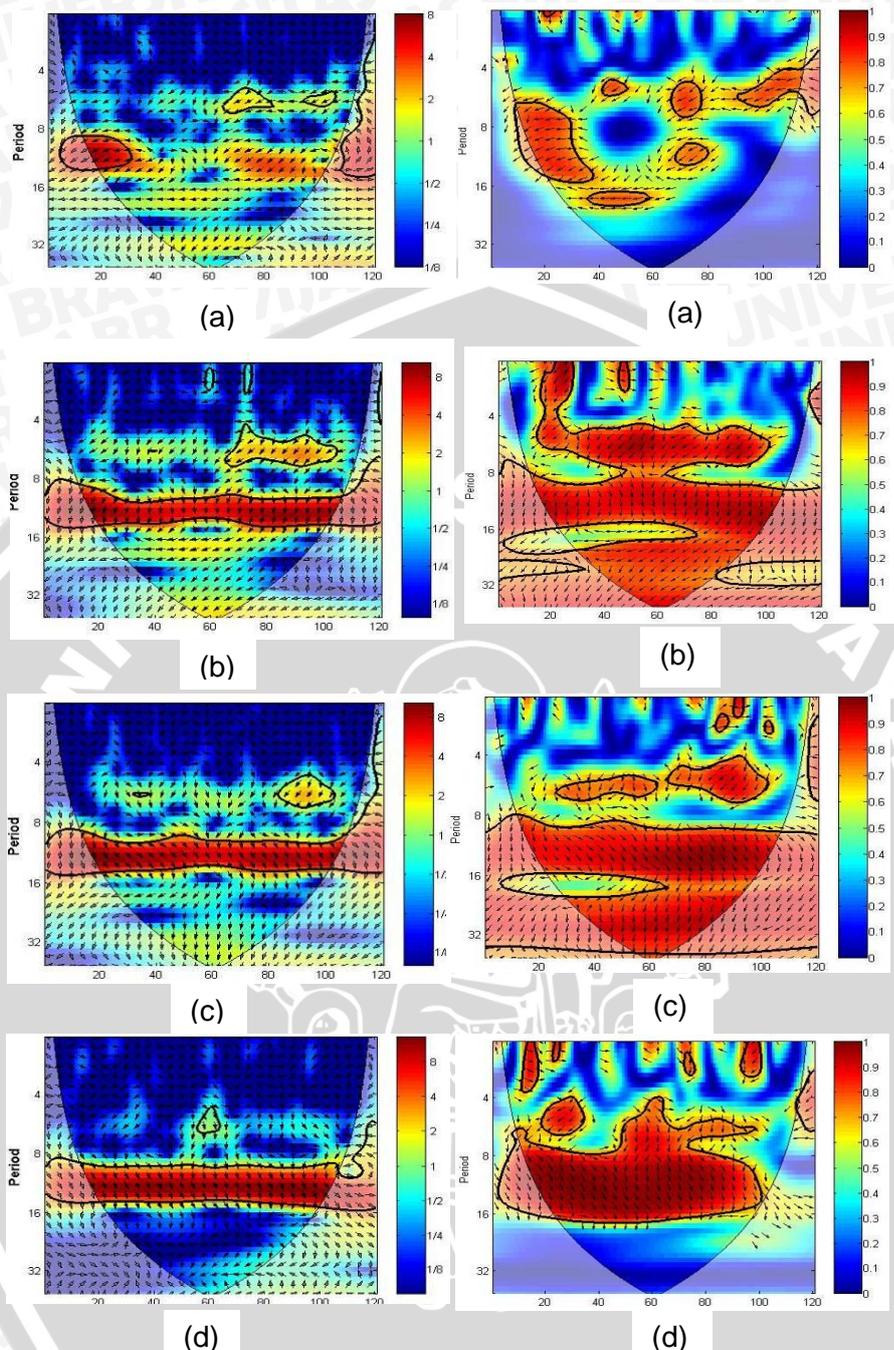
Hasil temporal EOF klorofil-a di Perairan Selatan Jawa terbagi menjadi dua *mode*. *Mode* tersebut dibagi berdasarkan besar energi varian yang terjadi. *Mode-1* memiliki energi terbesar yaitu 41,6%, didapatkan energi kedua terbesar *mode-2* memiliki energi varian 15,9%. Data EOF klorofil-a temporal dibandingkan dengan data yang diolah secara spasial dari EOF. Data klorofil selama sepuluh

tahun dari tahun 2006-2015 yang diolah menggunakan EOF secara fisik setelah diproyeksikan menggunakan Surfer 11 adalah seperti pada Gambar 19 (a).

Mode-1 EOF spasial memiliki energi varian terbesar klorofil-a di Perairan Selatan Jawa sebesar 41,6%. *Mode-1* memiliki nilai yang ekstrem berkisar antara -0,3 hingga 0,04. Nilai ekstrem yang dominan berada di daerah pesisir (*coastal area*). Di pesisir nilai yang muncul memiliki rentang -0,2 hingga -0,04. Data hasil analisis *mode-1* sebagai *mode* terbesar untuk klorofil-a didukung oleh hasil EOF spasial klorofil-a *mode-2*. Hasil EOF *mode-2* untuk klorofil-a dapat dilihat pada Gambar 19 (b). *Mode-2* memiliki energi varian sebesar 15,9%. Energi tersebut dibandingkan secara spasial dengan *mode-2* yang diolah dengan Surfer. Nilai ekstrem yang paling dominan adalah pada daerah pesisir atau perairan dekat pantai. Rentang nilai yang muncul di daerah dekat pantai adalah -0,08 hingga 0,04.

4.1.4. Kros-korelasi dan Koherensi *Net Flux* Radiasi Matahari dan Suhu Permukaan Laut di Perairan Selatan Jawa

Kros-korelasi dilakukan dengan menganalisis empat titik terpilih terdiri dari tiga di wilayah pesisir (*coastal*) dan satu di daerah laut lepas sesuai dengan titik *wavelet* untuk melihat siklus fenomena. Kros-korelasi melihat hubungan secara nyata dari *net flux* radiasi matahari dan suhu permukaan laut dengan mengambil energi terbesar dari masing-masing variabel. Kros-korelasi dilakukan dilanjutkan dengan uji koherensi. Kros-korelasi tidak cukup untuk melihat hubungan antara *net flux* radiasi matahari dan suhu permukaan laut, perlu uji koherensi untuk melihat konsistensi hubungan antara *net flux* radiasi matahari dan suhu permukaan laut. Kros-korelasi dan koherensi empat titik tersebut dapat dilihat pada Gambar 20:



Gambar 20 Kros-Korelasi dan Koherensi *net flux* radiasi matahari dan SPL di Perairan Selatan Jawa a) titik 1, b) titik 2, c) titik 3, dan d) titik 4. Sumbu x merupakan jumlah bulan selama 10 tahun, sumbu y merupakan perulangan

Hubungan *net flux* radiasi matahari dan suhu permukaan laut pada titik 1 koordinat 105,5 dan -7,5 terlihat pada Gambar 20 (a) dimana wilayah yang menunjukkan energi terbesar dari data 10 tahun didapat hasil periode tahunan antara bulan ke-20 dan ke-40 (tahun 2007-2009). Energi besar juga terjadi di luar kurva yaitu pada bulan ke-120 (tahun 2015) dengan pola antara 4 hingga 16

bulanan. Hubungan ini diperjelas dengan koherensi yang terjadi antara bulan ke-20 dan ke-40 (tahun 2007-2009) dengan pola tahunan, konsistensi juga terjadi pada bulan ke-100 hingga ke-120 (tahun 2013-2015). Hubungan ini memiliki nilai korelasi di dalam kurva lebih dari 95%. Hal ini diperkuat dengan anak panah yang rata-rata menunjukkan arah yang sama yaitu 270° atau $\frac{3}{4}$ lingkaran yang menunjukkan hubungan ini memiliki beda fase (*phase lag*) antara *net flux* radiasi matahari dan suhu permukaan laut. Beda fase antara *net flux* radiasi matahari dan suhu permukaan laut di titik 1 adalah $\frac{3}{4}$ dari 30 hari yaitu 22,5 hari. Artinya, *net flux* radiasi matahari memiliki fase 22,5 hari mendahului suhu permukaan laut, setelah 22,5 hari baru suhu permukaan laut terpengaruh oleh *net flux* radiasi matahari.

Titik 2 dijelaskan Gambar 20 (b) yang menggambarkan energi besar antara *net flux* radiasi matahari dan suhu permukaan laut pada koordinat 109,5 dan -8,5 terjadi dengan pola tahunan dan terjadi sepanjang bulan dari tahun 2006-2015. Konsistensi hubungan *net flux* radiasi matahari dan suhu permukaan laut pada titik 2 memiliki konsistensi yang sangat besar terjadi sepanjang bulan, sepanjang tahun. Hubungan ini memiliki nilai korelasi di dalam kurva lebih dari 95% dengan beda fase 180° atau $\frac{1}{2}$ lingkaran yaitu 15 hari.

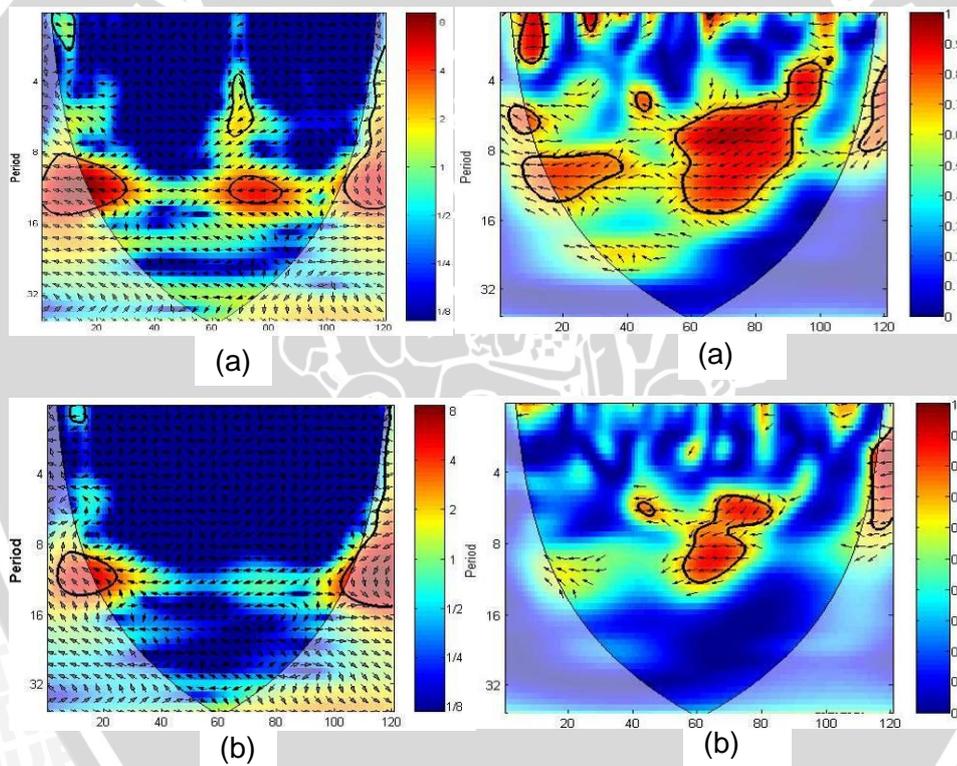
Titik 3 dijelaskan Gambar 20 (c) yang menggambarkan energi besar antara *net flux* radiasi matahari dan suhu permukaan laut pada koordinat 112,5 dan -8,5 terjadi dengan pola tahunan dan terjadi sepanjang bulan. Konsistensi hubungan *net flux* radiasi matahari dan suhu permukaan laut pada titik 3 memiliki konsistensi yang sangat besar terjadi sepanjang bulan, sepanjang tahun, dengan pola setiap 8 hingga 32 bulanan dengan beda fase 135° atau 0,375 lingkaran atau 11,25 hari.

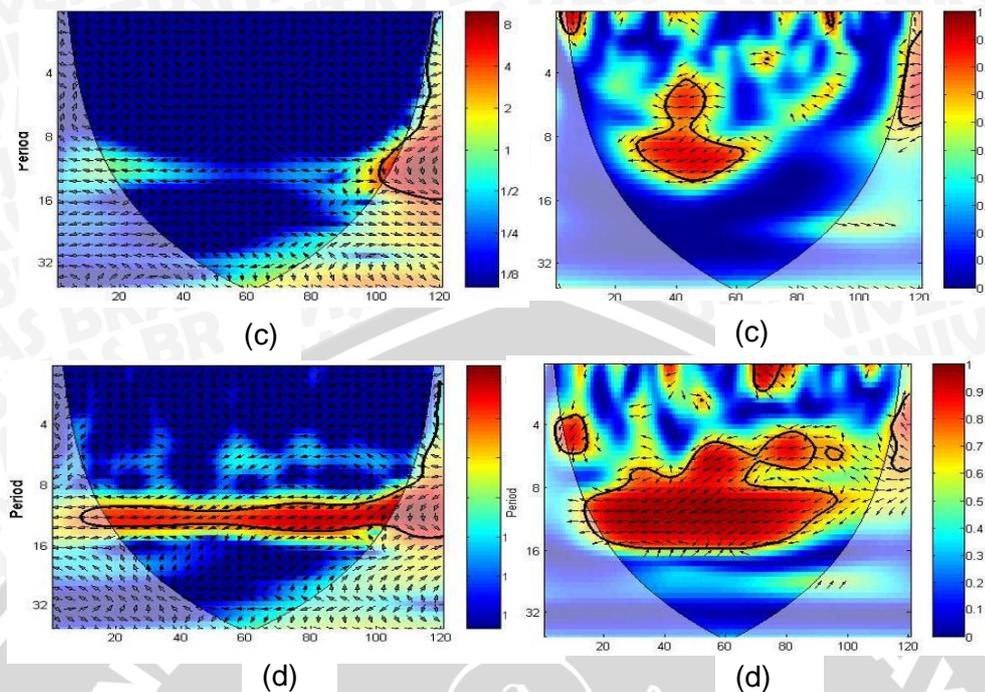
Titik 4 dijelaskan Gambar 20 (d) yang menggambarkan energi besar antara *net flux* radiasi matahari dan suhu permukaan laut pada koordinat 110,5

dan -12,5 terjadi dengan pola tahunan dan terjadi sepanjang bulan juga dari tahun 2006 - 2015. Konsistensi hubungan *net flux* radiasi matahari dan suhu permukaan laut pada titik 4 memiliki konsistensi yang sangat besar terjadi hingga bulan ke-100, dengan pola tahunan. Hubungan ini memiliki nilai korelasi di dalam kurva lebih dari 95% dengan beda fase 180° atau 0,5 lingkaran yaitu 15 hari.

4.1.5. Kros-korelasi dan Koherensi Suhu Permukaan Laut (SPL) dan Klorofil-a di Perairan Selatan Jawa

Suhu permukaan laut dan klorofil-a di Perairan Selatan Jawa memiliki kros-korelasi dan koherensi seperti Gambar 21:





Gambar 21 Kros-Korelasi dan Koherensi SPL dan klorofil-a di Perairan Selatan Jawa a) titik 1, b) titik 2, c) titik 3, dan d) titik 4. Sumbu x merupakan jumlah bulan selama 10 tahun, sumbu y merupakan perulangan periode

Hubungan suhu permukaan laut dan klorofil-a pada titik 1 menunjukkan energi terbesar terdapat pola tahunan antara bulan ke-20 hingga a ke-40 (tahun 2007-2009) dengan pola tahunan, terdapat juga antara bulan ke-60 hingga a ke-80 (tahun 2010-2012) dengan pola tahunan, dan diluar kurva pada bulan ke-120 (tahun 2015). Hubungan ini memiliki konsistensi pada bulan bulan ke-20 hingga ke-40 (2007-2009), hubungan kuat juga terjadi pada bulan ke-60 hingga a ke-80 (tahun 2010-2012) di dalam kurva dengan pola masing-masing berupa tahunan. Hubungan ini memiliki beda fase sebesar 270° atau $\frac{3}{4}$ lingkaran yaitu 22,5 hari.

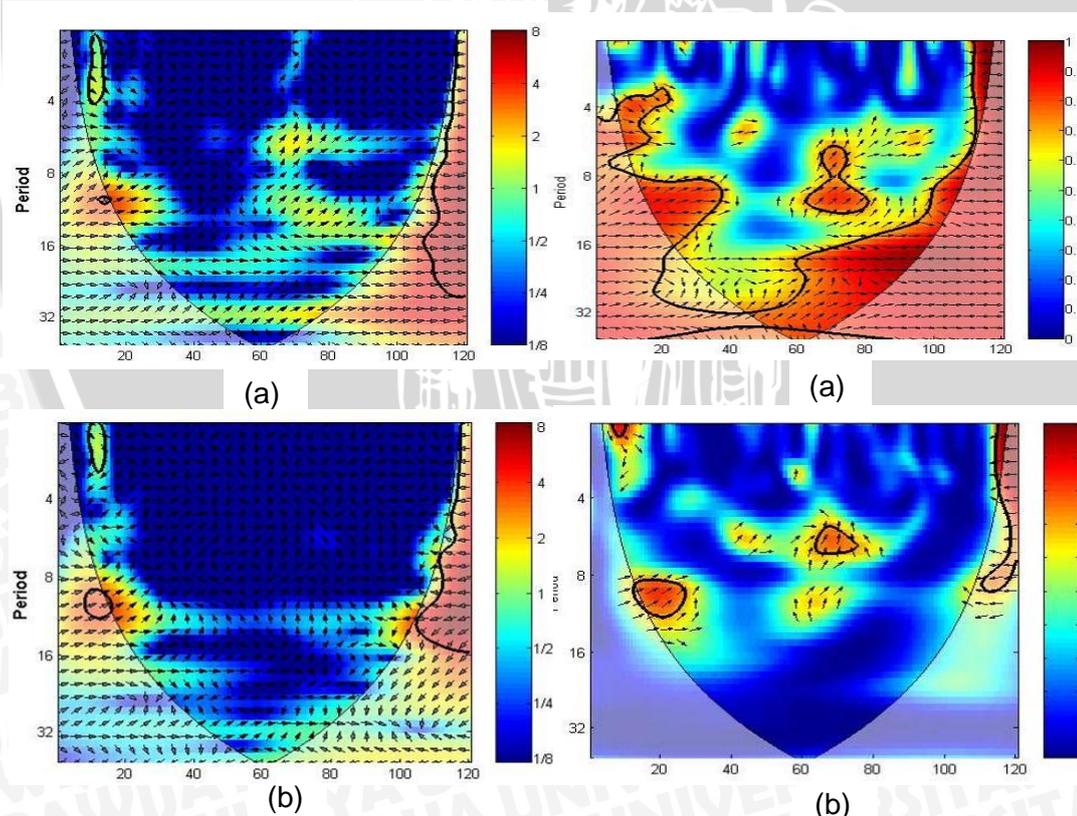
Titik 2 memiliki pola tahunan dan terjadi pada bulan ke-20 (tahun 2007) dan juga ke-120 (tahun 2015) dengan pola empat bulanan hingga tahunan. terjadi antara bulan ke-120, hubungan kuat juga terjadi pada bulan ke-60 (tahun 2010) hingga a ke-80 (tahun 2012) di dalam kurva dengan korelasi 95% dan beda fase 270° atau $\frac{3}{4}$ lingkaran yaitu 22,5 hari. Titik 3 dijelaskan Gambar 24 (c) dimana SPL dan klorofil-a memiliki pola tahunan dan terjadi pada bulan ke-100

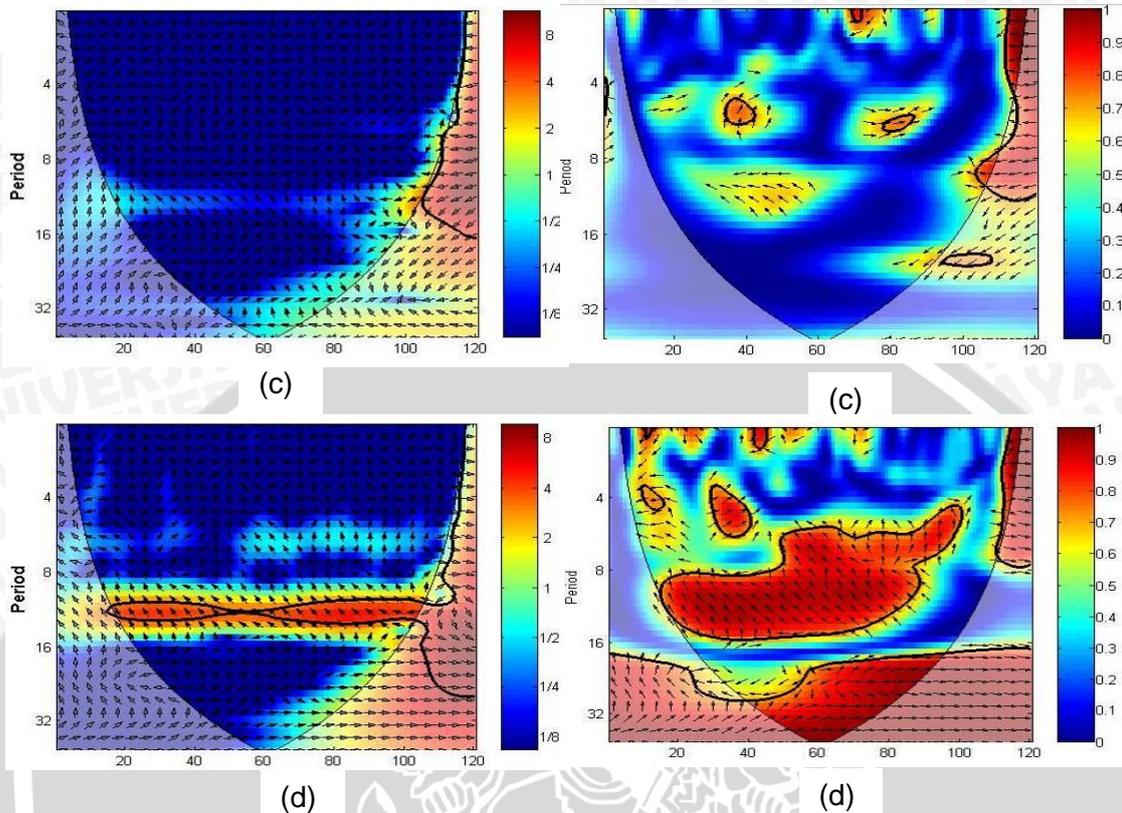
hingga bulan ke-120 (tahun 2013-2015). Beda fase yang terjadi pada titik 3 adalah 225° atau 0,625 lingkaran yaitu 18,75 hari. Titik 4 dijelaskan Gambar 24 (d) memiliki pola tahunan dan energi besar terjadi sepanjang bulan dari tahun 2006-2015. Hubungan secara konsisten terjadi pada bulan ke-20 hingga bulan ke-100 (tahun 2007-2013). Hubungan ini memiliki beda fase (*phase lag*) 270° atau $\frac{3}{4}$ lingkaran yaitu 22,5 hari.

4.1.6. Kros-korelasi dan koherensi *Net Flux* Radiasi Matahari dan Klorofli-a di Perairan Selatan Jawa

1. Kros-korelasi

Kros-korelasi dan koherensi *net flux* radiasi matahari total (*net flux solar radiation*) dan klorofil-a di Perairan Selatan Jawa dilakukan dengan menganalisis empat titik juga. Kros-korelasi empat titik tersebut dapat dilihat pada Gambar 22:





Gambar 22 Kros-korelasi dan koherensi *net flux* radiasi matahari dan klorofil-a di Perairan Selatan Jawa a) titik 1, b) titik 2, c) titik 3, dan d) titik 4. Sumbu x merupakan jumlah bulan selama 10 tahun, sumbu y merupakan perulangan

Hubungan *net flux* radiasi matahari dan klorofil-a pada titik 1 terlihat pada Gambar 22 (a) dimana wilayah yang menunjukkan energi terbesar dengan pola tahunan antara bulan ke-120 (tahun 2015). Konsistensi hubungan terjadi sepanjang tahun dengan beda fase 90° atau $\frac{1}{4}$ lingkaran yaitu 7,5 hari. Titik 2 terjadi secara dominan dengan pola tahunan pada bulan ke-120 (tahun 2015). Konsistensi hubungan pada titik 2 yang sangat besar terjadi di bulan ke-20 (tahun 2007), antara bulan ke-60 hingga ke-80 (tahun 2010-2011), dan bulan ke-120 (tahun 2015) dengan pola tahunan. Beda fase yang terjadi pada titik 2 270° atau $\frac{3}{4}$ lingkaran yaitu 22,5 hari.

Titik 3 dijelaskan Gambar 22 (c) dimana energi besar terjadi dengan pola dominan tahunan dan terjadi pada bulan ke-120 (tahun 2015). Konsistensi hubungan *net flux* radiasi matahari dan klorofil-a pada titik 3 memiliki konsistensi

yang sangat besar di bulan ke-120 juga (tahun 2015) dengan beda fase yaitu 270° atau $\frac{3}{4}$ lingkaran yaitu 22,5 hari. Titik 4 memiliki pola hubungan condong tahunan dan terjadi sepanjang bulan juga dari tahun 2006-2015. Pola ini didukung dengan konsistensi yang besar sepanjang tahun selama kurun waktu tersebut. Beda fase yang terjadi adalah 315° atau 0,875 lingkaran yaitu 26,25 hari.

4.2. Pembahasan

4.2.1. Dinamika *Net Flux* Radiasi Matahari di Perairan Selatan Jawa

Net flux radiasi matahari di Perairan Selatan Jawa mengalami penurunan seperti Gambar 9 (a) tetapi tidak signifikan ditunjukkan dengan nilai persamaan regresi linier negatif. Hal ini menunjukkan di Perairan Selatan Jawa tidak terjadi *global dimming* dengan diperjelas pembagian analisis anomali berdasarkan musim dimana musim peralihan 1 justru mengalami peningkatan. Penurunan *net flux* radiasi matahari yang tidak signifikan disebabkan oleh penumpukan aerosol.

Dari hasil analisis EOF, EOF *mode-1* menjelaskan radiasi matahari dipengaruhi oleh kondisi musim sebesar 76,6% dan memiliki varian terbesar di kawasan pesisir (*coastal*) seperti Gambar 13 (a). Keadaan musim memberikan dampak terhadap ketersediaan awan. Hal ini dijelaskan Yuliatmaja (2009) bahwa faktor yang mempengaruhi penerimaan radiasi matahari oleh permukaan bumi salah satunya adalah pengaruh atmosfer bumi. Radiasi tersebut mampu masuk ke permukaan bumi dengan bergantung kepada awan yang berhubungan langsung dengan kondisi musim selain mamang faktor-faktor lain yang mempengaruhi kondisi atmosfer di bumi.

4.2.2. Dinamika Suhu Permukaan Laut di Perairan Selatan Jawa

Suhu permukaan laut di Perairan Selatan Jawa mengalami peningkatan seperti Gambar 14 (a). Peningkatan SPL ini diikuti dengan penurunan *net flux* radiasi matahari. Hal ini berbanding terbalik dengan teori dimana hubungan suhu

permukaan laut dan *net flux* radiasi matahari berbanding lurus. Hal tersebut membuktikan fenomena penurunan *net flux* radiasi matahari di Perairan Selatan Jawa masih belum berdampak secara signifikan. Fenomena *global warming* masih menjadi penyebab utama naiknya suhu permukaan laut. Fenomena *global warming* yang mempengaruhi suhu permukaan laut dijelaskan oleh Xie *et al* (2009) yang menerangkan bahwa peningkatan CO₂ (gas rumah kaca) menjadi pembangkit utama terjadi *global warming* yang berakibat pada naiknya suhu permukaan laut. *Global warming* telah menjadi ancaman bagi biota laut khususnya terumbu karang yang mengalami *bleaching* (pemutihan) akibat kenaikan suhu. Keberadaan fenomena *global dimming* sebagai fenomena yang harusnya menjadi pemicu adanya *global cooling* pendinginan global masih belum memberikan efek secara global. Shah (2005) menyebutkan saat ini *global dimming* masih belum memberikan bukti nyata dampaknya. Saat ini *global dimming* masih menjadi ancaman tersembunyi. Akan tetapi, di masa depan *global dimming* akan menjadi ancaman yang nyata.

EOF suhu permukaan laut di perairan Selatan Jawa memberikan *mode-1* memiliki varian 87,1% yang menunjukkan varian dipengaruhi oleh musim. Kondisi musim berpengaruh terhadap frekuensi terjadinya *upwelling*. Hal ini didukung Deser *et al* (2009) *mode-1* sebagai mode terbesar memberikan varian suhu permukaan laut secara musiman (*seasonal*). Pola pergerakan musim sangat mempengaruhi suhu permukaan laut akibat interaksi secara langsung antara atmosfer bumi dengan lautan melalui fenomena *upwelling*.

4.2.3. Dinamika Klorofil-a di Perairan Selatan Jawa

Klorofil-a mengalami penurunan selama kurun waktu 10 tahun. Suhu permukaan laut secara umum menjadi faktor yang mempengaruhi konsentrasi klorofil-a, dan suhu permukaan laut dipengaruhi oleh fluks radiasi matahari. Dinamika klorofil-a selanjutnya dilihat dari analisis EOF dimana 41,6%

dipengaruhi oleh musim. Varian musiman klorofil-a dilihat secara spasial berdasarkan Gambar 19 (a). Hal ini didukung oleh Xu *et al* (2011) yang menjelaskan analisis klorofil-a dengan EOF menunjukkan energi terbesar untuk varian klorofil-a dipengaruhi oleh musim. Pola pergerakan musim menjadikan klorofil-a menjadi dinamis juga. Dinamika musim berdampak terhdap kondisi yang ada di laut. Kondisi laut yang berinteraksi dengan amosfer membuat klorofil-a menjadi dimanis juga karena musim juga mempengaruhi suhu permukaan laut dan kesuburan perairan. Selanjutnya, *mode-2* menunjukkan energi yang lebih kecil pada klorofil-a menunjukkan pengaruh *inter-annual*. Fenomena seperti ENSO membuat suhu permukaan laut menjadi berubah yang berakibat berubahnya konsentrasi klorofil-a juga.

4.2.4. Hubungan *Net Flux* Radiasi Matahari dan Suhu Permukaan Laut (SPL) di Perairan Selatan Jawa

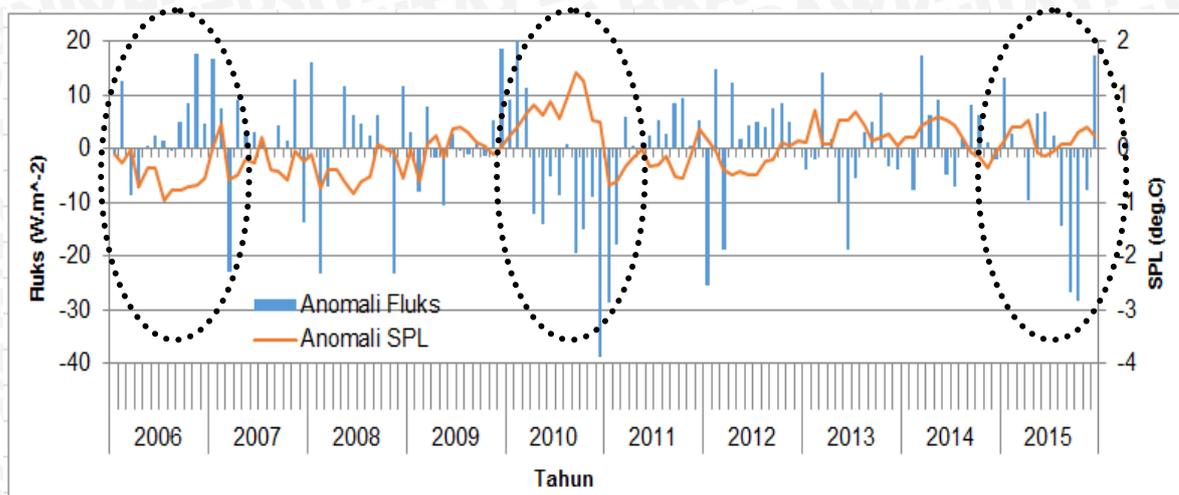
Hubungan *net flux* radiasi matahari dan suhu permukaan laut dijelaskan oleh Takeshige *et al* (2013) yang menjelaskan *net flux* radiasi matahari memberikan pengaruh terhadap tren jangka panjang suhu permukaan laut. *Net flux* radiasi matahari yang memancarkan energi panas (*heating* energi) dalam bentuk foton memberikan radiasi terhadap bumi dan memberikan dampak terhadap suhu permukaan laut baik langsung maupun tidak langsung berupa fenomena iklim yang terjadi.

Hubungan dilihat dari analisis kros-korelasi dan koherensi. Analisis tersebut menunjukkan hubungan yang kuat di semua titik dengan pola hubungan condong kuat sepanjang tahun. Hal ini sesuai dengan Kurniawan (2006) yang menjelaskan hubungan *net flux* radiasi matahari dan suhu permukaan laut memiliki pengaruh yang besar. Hubungan terjadi dengan berubahnya irradiansi 1 W m^{-2} berpengaruh terhadap signifikasi suhu sekitar $0,045 - 0,05^{\circ}\text{C}$. Hal ini membuktikan *net flux* radiasi matahari mempengaruhi suhu permukaan yang ada

di bumi. Hubungan kuat sepanjang tahun antara *net flux* radiasi matahari dan SPL di Perairan Selatan Jawa menunjukkan terjadi transfer energi dari partikel foton radiasi matahari yang membawa *heating energy* menyentuh permukaan bumi memberikan terhadap partikel air di laut sehingga berdampak terhadap suhu permukaan laut.

Selain itu, hubungan *net flux* radiasi matahari dan suhu permukaan laut memiliki koherensi yang tinggi. Koherensi yang terjadi antara *net flux* radiasi matahari dan suhu permukaan laut dijelaskan oleh Sengupta *et al* (2001) yang menjelaskan negatif dan positifnya anomali suhu permukaan laut disebabkan oleh fluktuasi *net flux* radiasi matahari di permukaan yang bergerak mengikuti arah konveksi. Seperti koherensi dari suhu permukaan laut, *net flux* radiasi matahari di permukaan juga menyebabkan interaksi antara atmosfer dan permukaan laut. Koherensi yang terjadi mampu menunjukkan beda fase yang terjadi antara *net flux* radiasi matahari yang ada di Perairan Selatan Jawa. Balbeid *et al* (2015) menunjukkan beda fase yang terjadi antara *net flux* radiasi matahari di Perairan Selatan Jawa adalah minimal 9,5 hari dan koheren dengan periode tahunan. Artinya, suhu permukaan laut mengalami keterlambatan selama 9,5 hari setelah *net flux* radiasi matahari.

Pola hubungan *net flux* radiasi matahari dan suhu permukaan laut di Perairan Selatan Jawa selama sepuluh tahun dari tahun 2006-2015 dilihat dari kombinasi tren antara *net flux* radiasi dan suhu permukaan laut seperti Gambar 23.



Gambar 23 Hubungan *net flux* radiasi matahari dan SPL di Selatan Jawa

Gambar 23 menjelaskan anomali *net flux* radiasi matahari terjadi di Perairan Selatan Jawa menunjukkan penurunan yang tidak signifikan. Data selama sepuluh tahun menunjukkan fenomena *global dimming* tidak terjadi di Perairan Selatan Jawa. Hal ini menunjukkan penumpukan aerosol di kawasan Perairan Selatan Jawa masih dalam batas normal sehingga tidak menyebabkan *global dimming*. Dewani (2012) menjelaskan lebih lanjut aerosol yang ada di sekitar wilayah Indonesia Barat ditunjukkan dengan AOD (*Aerosol Optical Depth*) 0.14 – 0.25 yang menunjukkan aerosol di bawah 2 berarti merepresentasikan jumlahnya yang rendah di kolom atmosfer sehingga proses *dimming* kecil dan visibilitas tinggi.

Hubungan yang signifikan antara *net flux* radiasi matahari dan suhu permukaan laut juga terlihat pada tahun 2006, 2010, dan 2015. Fenomena iklim yang terjadi ketika tahun 2006 adalah *El Niño* kategori lemah, 2010 *La Niña*, dan 2015 merupakan *El Niño* kuat. Secara umum, peningkatan suhu permukaan laut disertai dengan peningkatan *net flux* radiasi matahari, begitu juga sebaliknya. Tren anomali suhu permukaan laut sangat dipengaruhi oleh musim dan fenomena *inter-annual* begitu juga *net flux* radiasi matahari. Yuliatmaja (2009) menjelaskan bahwa faktor yang mempengaruhi penerimaan radiasi matahari

oleh permukaan bumi salah satunya adalah pengaruh atmosfer bumi. Radiasi tersebut mampu masuk ke permukaan bumi dengan bergantung kepada awan yang berhubungan langsung dengan kondisi musim selain mamang faktor-faktor lain yang mempengaruhi kondisi atmosfer di bumi termasuk fenomena iklim termasuk *El Niño*, *La Niña*, dan fenomena lainnya.

Tahun 2006 dan 2015 merupakan tahun terjadinya fenomena *El Niño* membuat *net flux* radiasi mengamali penurunan. Fenomena *El Niño* di Indonesia mengakibatkan fase dalam bulan tertentu mejadi kemarau panjang yang mengakibatkan kebakaran hutan yang berakibat peningkatan jumlah aerosol di atmosfer. Jumlah konsentrasi aerosol yang terdeteksi adalah di atas ambang 0,4 yang berarti sangat berkabut dengan nilai AOD (*Aerosol Optical Depth*) 1-2. Aerosol tersebut berkondensasi dengan awan yang menyebabkan awan menjadi lebih gelap. Sehingga, jumlah aerosol yang tinggi menghalangi penetrasi radiasi matahari yang masuk ke permukaan bumi lewat kabut maupun awan. Selain itu, aerosol mampu mengabsorbsi radiasi matahari dan merefleksikan kembali ke angkasa (PSTA LAPAN, 2015). Penurunan *net flux* radiasi matahari ini bersamaan dengan penurunan suhu permukaan laut juga akibat fenomena *El Niño*.

Tahun 2010 merupakan fenomena *La Niña* terjadi penurunan suhu permukaan laut di kawasan Pasifik Timur dan peningkatan suhu permukaan laut di kawasan Pasifik Barat. Tren anomali *net flux* radiasi matahari justru mengalami peningkatan dan diikuti oleh tren penurunan secara signifikan. Saputra (2013) menjelaskan fenomena tersebut merupakan akibat dari pola penyimpangan curah hujan yang terjadi akibat *La Niña*. Tristiana (2012) menjelaskan pada tahun 2010 terjadi fenomena *La Niña* yang menyebabkan cuaca ekstrem pada musim barat 2010. Terjadinya *La Niña* 2010 menyebabkan terjadinya curah hujan yang melebihi batasan normalnya. Terjadinya hujan melebihi normal juga didukung

dengan penumpukan awan di kawasan Perairan Selatan Jawa. Sehingga, penetrasi cahaya dan radiasi matahari yang mencapai permukaan bumi menjadi berkurang karena tumpukan awan dan kondensasi hujan yang ada.

4.2.2. Hubungan Suhu Permukaan Laut dan Klorofil-a di Perairan Selatan Jawa

Hubungan antara suhu permukaan laut dan klorofil-a dijelaskan oleh Kunarso *et al* (2011) yang menjelaskan variabilitas klorofil-a sangat dipengaruhi oleh suhu permukaan laut dimana kedua variabel tersebut sangat berpengaruh terhadap hasil tangkapan. Suhu mempengaruhi persebaran klorofil-a, hal ini terjadi karena suhu menjadi pemicu laju metabolisme dan mempengaruhi proses fotosintesis (Nontji, 2006). Penurunan suhu permukaan laut diikuti oleh kenaikan jumlah konsentrasi klorofil-a di Perairan Selatan Jawa. Hubungan berbanding terbalik ini dijelaskan Inaku (2011) dimana suhu permukaan laut berbanding terbalik terjadi karena adanya fenomena *upwelling* yang utamanya terjadi di kawasan pesisir (*coastal*). Terjadinya *upwelling* menyebabkan pengadukan yang berdampak terhadap menurunnya suhu perairan sehingga saat suhu turun diimbangi dengan naiknya konsentrasi klorofil-a akibat meningkatnya kesuburan di suatu perairan.

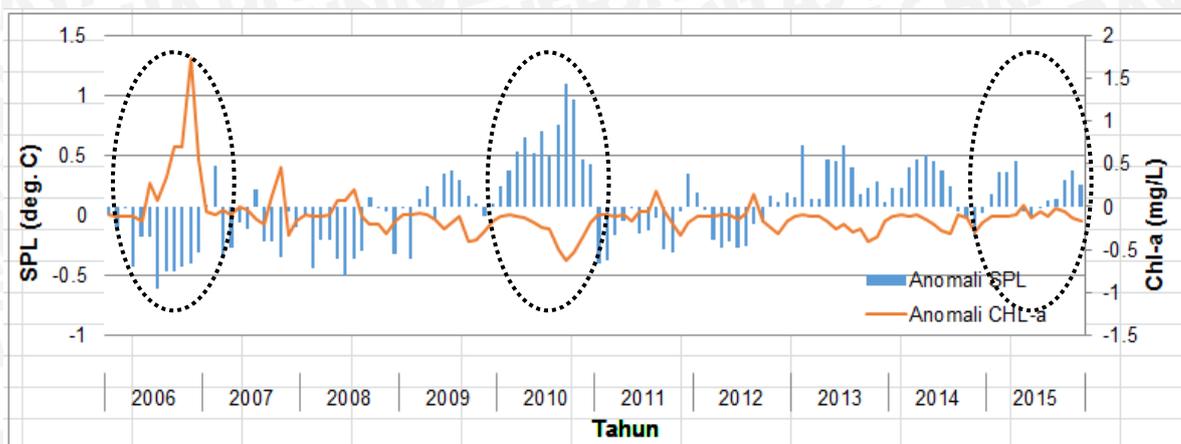
Hubungan suhu permukaan laut dan klorofil-a dilihat dari analisis kros-korelasi dan koherensi memiliki hubungan yang kuat di semua titik. Pola kros-korelasi antara suhu permukaan laut dan klorofil-a di Perairan Selatan Jawa cenderung menunjukkan energi hubungan yang besar pada pola tahunan dengan terjadinya pada tahun 2006 dan 2015 kecuali pada titik 4 yang menunjukkan hubungan kuat sepanjang tahun dengan pola tahunan. Hal ini menunjukkan suhu permukaan laut memiliki hubungan yang erat dengan dengan keberadaan klorofil-a dengan pola tahunan (*annual*). Hal ini sesuai dengan Syahdan (2015) yang menyebutkan suhu permukaan laut berpengaruh langsung

terhadap fluktuasi klorofil-a berpola hubungan dengan periode condong tahunan. Dimana suhu permukaan laut dan klorofil-a memiliki pola pembentukan spasial yang tinggi yang menunjukkan nilai varian yang tinggi juga.

Pola hubungan suhu permukaan laut dan klorofil-a didukung dengan hasil koherensi sesuai dengan Balbeid *et al* (2015) menyebutkan koherensi diperlukan untuk melihat keeratan antarvariabel yaitu antara suhu permukaan laut dan klorofil-a. Kadmaer (2013) menjelaskan transformasi *wavelet* melihat koherensi antara suhu permukaan laut dan klorofil-a memiliki energi terbesar tahunan. Terdiri dari suhu permukaan laut dominan memiliki variabilitas tahunan dan klorofil-a juga memiliki variabilitas tahunan. Hubungan antara suhu permukaan laut dan klorofil-a sangat koheren. Fase yang antara suhu permukaan laut dan klorofil-a dijelaskan oleh Feng dan Zhu (2012) beda fase antara suhu permukaan laut dan klorofil-a rata-rata adalah kurang lebih 180° yang berarti 15 hari. Hal ini bisa fluktuatif tergantung kondisi lokasi. Untuk kondisi *intra-seasonal*, Tang *et al* (2014) menjelaskan beda fase untuk kondisi *intra-seasonal* terjadi puncaknya pada 32 hingga 64 hari.

Pola hubungan suhu permukaan laut dan klorofil-a di Perairan Selatan Jawa selama sepuluh tahun dari tahun 2006-2015 dilihat dari kombinasi tren antara suhu permukaan laut dan klorofil-a seperti Gambar 24. Terlihat pada Gambar 24, tren fluktuasi klorofil-a selama sepuluh tahun berbanding terbalik dengan tren fluktuasi suhu permukaan laut. Penurunan suhu permukaan laut diikuti oleh peningkatan konsentrasi klorofil-a, dan peningkatan suhu permukaan laut diikuti oleh penurunan konsentrasi klorofil-a. Hubungan yang signifikan suhu permukaan laut dan klorofil-a terlihat pada tahun 2006, 2010, dan 2015. klorofil-a di Perairan Selatan Jawa tahun 2006 mengalami peningkatan yang tinggi dibanding dengan tahun lainnya. Peningkatan konsentrasi klorofil-a tahun 2006

diikuti dengan penurunan suhu permukaan laut. Hal ini menunjukkan adanya fenomena iklim yang terjadi.



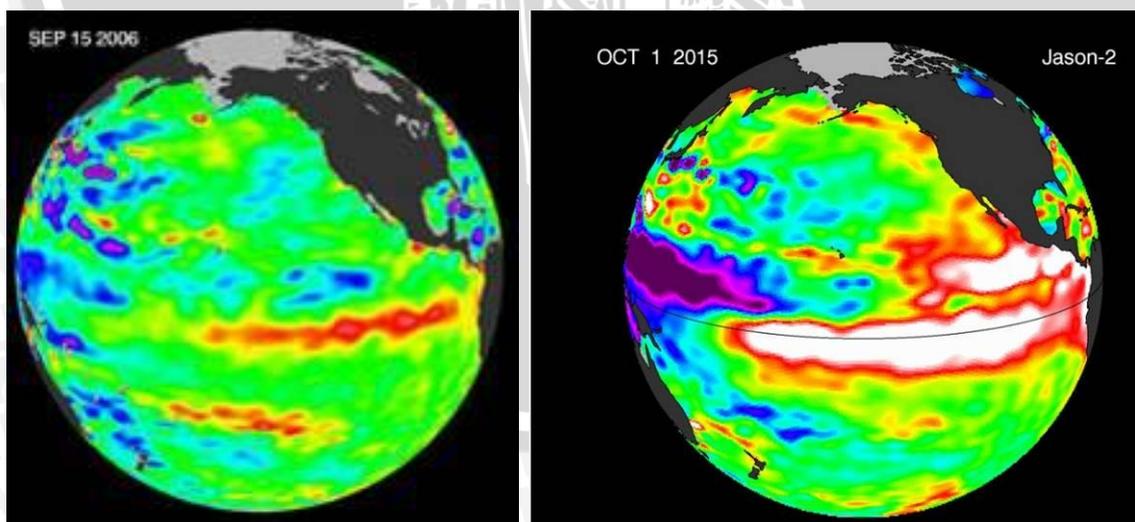
Gambar 24 Hubungan SPL dan klorofil-a di Selatan Jawa

Astuti (2008) menerangkan tahun 2006 terjadi fenomena *El Niño* kategori lemah yang berakibat pada kenaikan konsentrasi klorofil-a pada tahun 2006. Terjadinya fenomena *El Niño* ditandai dengan naiknya suhu permukaan laut di kawasan Pasifik Timur dan turunnya suhu permukaan laut di Pasifik Barat. Sartimbul (2010) menjelaskan fenomena *El Niño* tahun 2006 menyebabkan penurunan suhu di Selatan Jawa dan disertai dengan naiknya frekuensi *upwelling*. Sehingga, terjadi peningkatan nutrisi perairan yang membuat kelimpahan klorofil-a besar. Selain *El Niño*, pada tahun 2006 juga terjadi fenomena serupa di kawasan Samudera Hindia dan Afrika yaitu IODM (*Indian Ocean Dipole Mode*) positif yang menyebabkan tren suhu permukaan laut menurun di Samudera Hindia dan meningkat di kawasan Afrika sehingga menyebabkan *upwelling* di Perairan Selatan Jawa menyebabkan kelimpahan klorofil-a tinggi.

Tahun 2010 memiliki fenomena yang berbeda, terlihat dari Gambar 24 tren suhu permukaan laut di Perairan Selatan Jawa mengalami peningkatan dan diikuti dengan turunnya konsentrasi klorofil-a. Peningkatan suhu permukaan laut di Perairan Selatan Jawa tahun 2010 menurut Saputra (2013) menjelaskan

terjadinya fenomena *La Niña* di kawasan Pasifik Timur. Peningkatan suhu di Perairan Selatan Jawa disertai dengan penurunan suhu permukaan laut di Pasifik Timur. Sehingga, di kawasan Pasifik Barat termasuk di Perairan Selatan Jawa tidak terjadi *upwelling*. Ketika tidak terjadi *upwelling*, maka kesuburan perairan menjadi rendah akibat tidak terjadi pengadukan nutrien. Hal ini berakibat pada menurunnya konsentrasi klorofil-a di Perairan Selatan Jawa.

Tahun 2015, menurut NASA (2015) menyebutkan telah terjadi fenomena *El Niño* yang menyerupai tahun 1997-1998. *El Niño* tahun 2015 merupakan *El Niño* kategori kuat yang mendekati fenomena tahun 1997-1998. Fenomena *El Niño* tahun 2015 diasumsikan memiliki dampak yang meluas tidak hanya di sekitar ekuator, akan tetapi hingga ke belahan bumi bagian utara. Tren suhu permukaan laut berdasarkan Gambar 24 mengalami penurunan tetapi tidak signifikan dan disertai dengan peningkatan klorofil-a yang tidak signifikan. Tahun 2015 merupakan *El Niño* kuat dibandingkan dengan tahun 2006 yang merupakan *El Niño* lemah. Perbandingan antara *El Niño* tahun 2006 dan 2015 dapat dilihat sebagai Gambar 25.



Gambar 25 Visualisasi *El Niño* 2006 dan 2015 (NASA, 2015)

El Niño 2015 dilaporkan Varotos *et al.* (2016) merupakan *El Niño* yang terkuat yang pernah didata semenjak tahun 1997-1998 yang memiliki dampak yang lebih besar dibandingkan tahun 2006. Terjadi peningkatan suhu permukaan laut di kawasan Pasifik Timur. Akan tetapi, tren suhu permukaan laut di Perairan Selatan Jawa tahun 2015 menunjukkan penurunan yang tidak signifikan dibandingkan dengan tahun 2006. Hal ini juga disertai dengan tren klorofil-a di Perairan Selatan Jawa. Tahun 2006 memiliki tren klorofil-a yang tinggi karena terjadi *El Niño* yang berakibat pada terjadinya *upwelling*. Hal tersebut menjelaskan *El Niño* 2015 tidak berdampak secara signifikan dengan tidak meningkatnya frekuensi *upwelling* di Perairan Selatan Jawa.

El Niño 2015 memberikan dampak yang berbeda dibandingkan dengan *El Niño* yang lain. Rogerio (2016) menjelaskan *El Niño* 2015 memiliki pengaruh besar di kawasan Afrika Barat, Afrika Timur (Sudan dan Etiopia), Amerika Tengah, Selatan Afrika, dan sedikit kawasan Asia Tenggara. Dampak yang terjadi di kawasan Asia Tenggara dirasakan pada bulan Juli-November 2015. Escape (2015) menjelaskan dampak *El Niño* 2015 di Indonesia terjadi di kawasan Timur Indonesia. Melihat dari persebaran dampak *El Niño* 2015, kawasan Perairan Selatan Jawa tidak terlalu terpengaruh dengan adanya fenomena tersebut.

4.2.3. Hubungan Net Flux Radiasi Matahari dan Klorofil-a di Perairan Selatan Jawa

Hubungan antara *net flux* radiasi matahari dan klorofil-a dijelaskan oleh Arrohmah (2007) dimana *net flux* radiasi matahari memegang peran sentral dalam proses fotosintesis. Fitoplankton yang diwakili klorofil-a sebagai organisme yang berfotosintesis mendapatkan pengaruh dari *net flux* radiasi matahari karena energi matahari berperan katalisator dalam proses tersebut. Gitelson *et al* (2006) menyebutkan komponen yang ada di dalam *net flux* radiasi matahari salah

satunya adalah PAR (*Photosynthetic Active Radiation*). Fitoplankton dan organisme mikro yang lain menggunakan PAR yang memiliki panjang spektrum gelombang terbaik untuk proses fotosintesis yaitu 400 – 700 nm. Panjang gelombang dengan rentang tersebut dikategorikan ke dalam cahaya tampak (*visible light*).

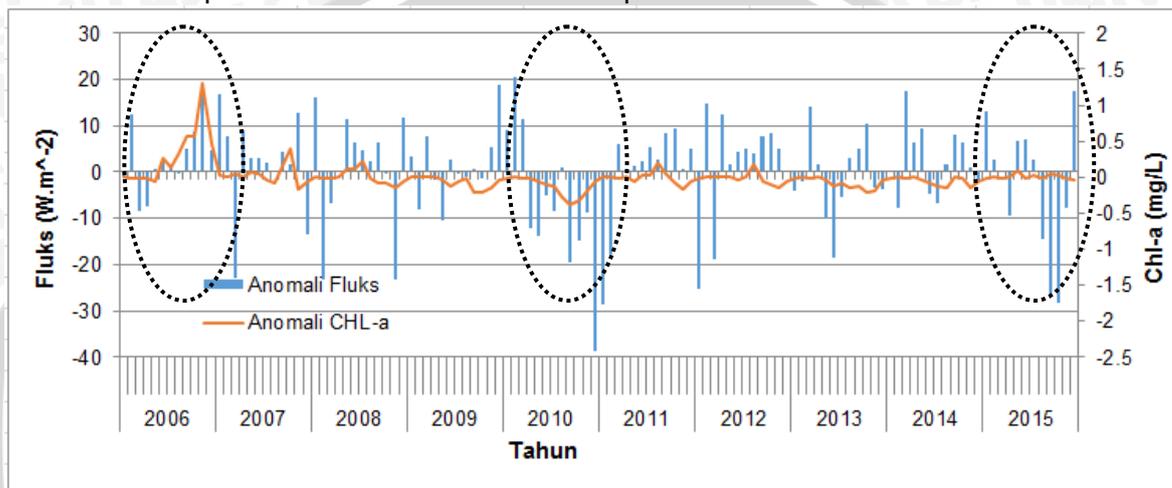
Hubungan secara tidak langsung juga terjadi dengan proses *net flux* radiasi matahari yang memberi pengaruh terhadap suhu permukaan laut, dan suhu permukaan laut memberi pengaruh terhadap klorofil-a. *Net flux* radiasi matahari secara langsung mempengaruhi suhu permukaan laut melalui interaksi yang ada. Selanjutnya, suhu permukaan laut akan mempengaruhi konsentrasi klorofil-a. Hubungan antara *net flux* radiasi matahari dan klorofil-a dapat dilihat seperti Gambar 26. Tren antara *net flux* radiasi matahari dan klorofil-a mengalami hubungan terbalik, dimana penurunan *net flux* radiasi matahari diikuti oleh tren kenaikan klorofil-a. Hubungan yang menjelaskan adalah dengan skema skema *net flux* radiasi matahari-suhu permukaan laut-klorofil-a.

Kros-korelasi menunjukkan area dengan energi yang tinggi antara dua parameter yaitu antara *net flux* radiasi matahari dan klorofil-a lebih jauh dijelaskan oleh Alcantara *et al* (2011) yang menyebutkan *net flux* radiasi matahari berpengaruh terhadap fluktuasi klorofil-a berpola hubungan dengan periode 8 hingga 12 bulan condong tahunan. Dimana *net flux* radiasi matahari dan klorofil-a memiliki pola pembentukan spasial yang tinggi yang menunjukkan nilai varian yang tinggi juga.

Uji koherensi untuk melihat konsistensi hubungan antara dua *time series* pada setiap frekuensi antara *net flux* radiasi matahari dan klorofil-a dilihat pada Osorio *et al* (2013) yang menjelaskan hubungan antara *net flux* radiasi matahari dan klorofil-a di dalam kurva (*cone*) adalah 95%. Beda fase yang terjadi antara *net flux* radiasi matahari dan klorofil-a adalah sefase dengan periode tahunan.

Phase lag dalam sefase menandakan antara *net flux* radiasi matahari dan klorofil-a tidak anti-korelasi. Artinya, hubungan antara *net flux* radiasi matahari di Perairan Selatan Jawa memang mempengaruhi keberadaan klorofil-a.

Pola hubungan suhu permukaan laut dan klorofil-a di Perairan Selatan Jawa selama sepuluh tahun dari tahun 2006-2015 dilihat dari kombinasi tren antara suhu permukaan laut dan klorofil-a seperti Gambar 26:



Gambar 26 Hubungan *net flux* radiasi matahari dan klorofil-a di Selatan Jawa

Pada Gambar 26, tren penurunan *net flux* radiasi matahari diikuti oleh peningkatan konsentrasi klorofil-a, dan *net flux* radiasi matahari diikuti oleh penurunan konsentrasi klorofil-a. Hubungan yang signifikan *net flux* radiasi matahari dan klorofil-a terlihat pada tahun 2006, 2010, dan 2015. klorofil-a di Perairan Selatan Jawa tahun 2006 mengalami peningkatan yang tinggi dibanding dengan tahun lainnya. Peningkatan konsentrasi klorofil-a tahun 2006 diikuti dengan penurunan *net flux* radiasi matahari. Hal ini menunjukkan adanya fenomena iklim yang terjadi.

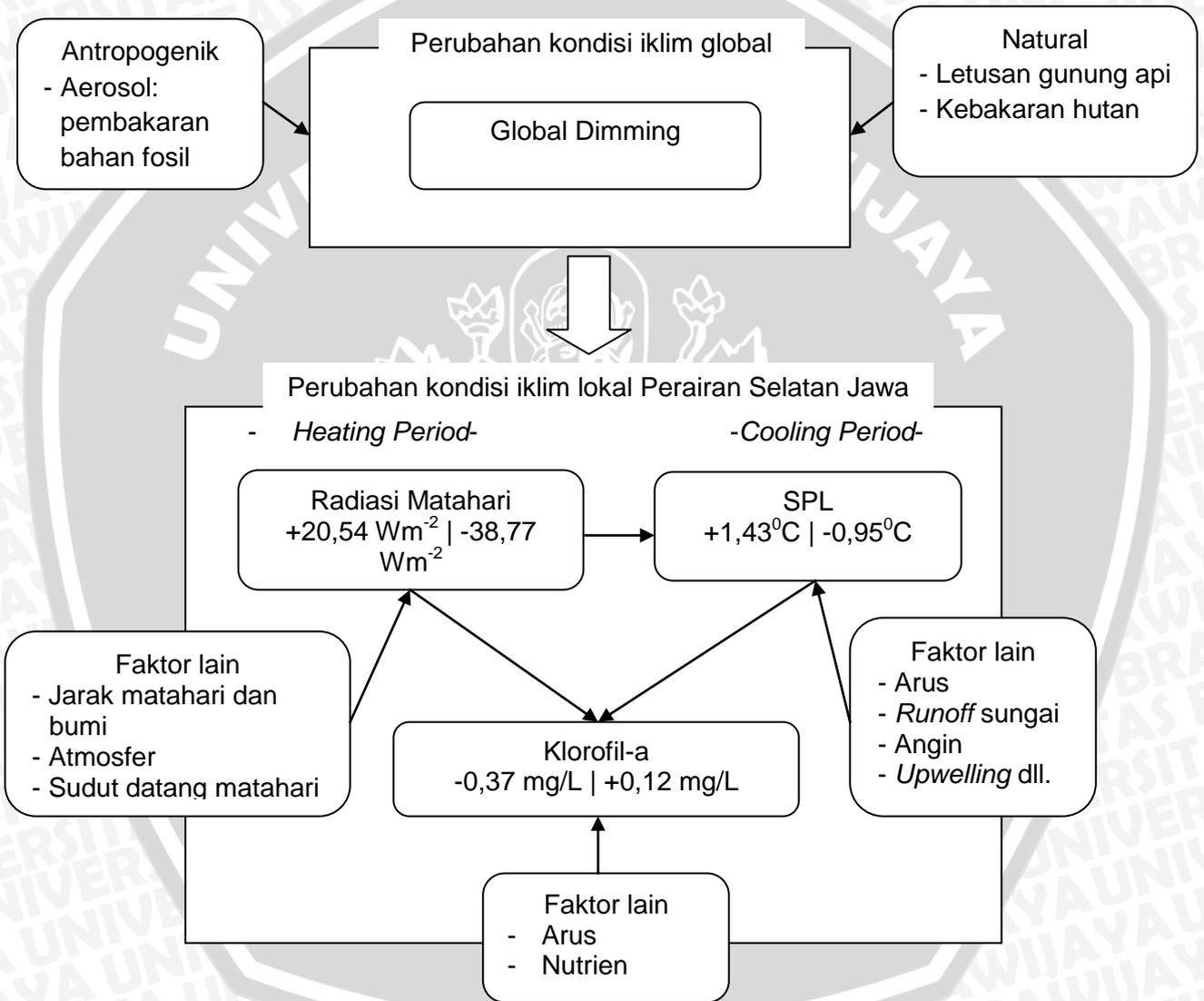
Tahun 2006 yang merupakan tahun terjadinya *El Niño* menunjukkan tren klorofil-a yang tinggi dibanding tahun yang lainnya disertai dengan penurunan *net flux* radiasi matahari begitu juga ketika terjadi fenomena *El Niño* 2015 maupun *La Niña* 2010. Padahal, dalam radiasi matahari memiliki PAR (*Photosyntetical Active*

Radiation) yang digunakan dalam proses fotosintesis. *Net flux* radiasi matahari justru memiliki tren selaras dengan suhu permukaan laut. Hal ini menunjukkan proses yang mendominasi terhadap konsentrasi klorofil-a adalah suhu permukaan laut melalui *upwelling*. PAR (*Photosyntetical Active Radiation*) memiliki pengaruh langsung dan merupakan elemen penting. Akan tetapi, keberadaan PAR sebagai bagian dari proses fotosintesis memiliki nilai optimum. Monteith (1972) menjelaskan penggunaan radiasi matahari dalam proses fotosintesis adalah 45% dari total *net flux* radiasi matahari dengan kondisi matahari berada lebih dari 30° di atas horizon dengan *mode* absorpsi sebesar 20% yaitu sebesar $3,6 \times 10^{-19}$ J.



4.3. Skema Dampak Perubahan Kondisi Iklim Global

Variabel yang dianalisis berupa *net flux* radiasi matahari, suhu permukaan laut, dan klorofil-a di Perairan Selatan Jawa memiliki hubungan erat satu sama lain ditunjukkan dengan hasil analisis EOF untuk mengetahui varian dan polanya serta *wavelet* untuk periode, kros-korelasi, dan koherensi. Skema perubahan iklim yang terjadi adalah sebagai Gambar 27:



Gambar 27 Skema dampak terjadinya *global dimming* terhadap kondisi Perairan Selatan Jawa (Modifikasi dari Takeshige *et al.*, 2013)

Skema perubahan iklim di Perairan Selatan Jawa menjelaskan fenomena *global dimming* yang terjadi akibat penumpukan aerosol terjadi secara natural dan akibat antropogenik. Secara natural aerosol berasal dari letusan gunung berapi dan kebakaran hutan. Dari sisi antropogenik aerosol berasal dari pembakaran bahan fosil dari kendaraan dan jelaga dari industri. Keberadaan aerosol ini memiliki dampak terhadap perubahan iklim yang ada.

Selama kurun waktu 10 tahun dari 2006-2015 Perairan Selatan Jawa memiliki fase hangat (*heating period*) dan fase pendinginan (*cooling period*). Fase tersebut dianalisis dari anomali SPL dimana *heating period* terjadi peningkatan SPL sebesar $1,43^{\circ}\text{C}$ yang diikuti dengan penambahan *net flux* radiasi matahari sebesar $20,54 \text{ Wm}^{-2}$ dan diikuti penurunan klorofil-a sebesar $0,37 \text{ mg/L}$. Sebaliknya, fase *cooling period* terjadi penurunan SPL sebesar $0,95^{\circ}\text{C}$ yang diikuti penurunan *net flux* radiasi matahari sebesar $38,77 \text{ Wm}^{-2}$ dan diikuti peningkatan konsentrasi klorofil-a sebesar $0,12 \text{ mg/L}$. Hal ini menunjukkan ketiga variabel tersebut memiliki pengaruh satu sama lain selain adanya pengaruh eksternal lain dari seperti jarak matahari dan bumi, kondisi atmosfer, dan sudut datang matahari untuk *net flux* radiasi matahari. Selain faktor radiasi matahari, SPL juga dipengaruhi oleh arus, *runoff* sungai, angin, dan *upwelling* dan selain SPL dan *upwelling*, klorofil-a dipengaruhi oleh arus dan nutrisi.

BAB VI

KESIMPULAN

6.1. Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat ditarik dari penelitian dengan judul *Net Flux Solar Radiation* dan Pengaruhnya terhadap Suhu Permukaan Laut (SPL) serta Ketersediaan Klorofil-a di Perairan Selatan Jawa adalah sebagai berikut:

1. *Net flux* radiasi matahari di Perairan Selatan Jawa selama sepuluh tahun secara umum mengalami penurunan dibuktikan dengan nilai persamaan regresi $y = -0,026x + 1.582$, dengan nilai rerata $172,14 \text{ Wm}^{-2}$, nilai maksimal $216,36 \text{ Wm}^{-2}$, dan nilai minimal $109,47 \text{ Wm}^{-2}$, tetapi tidak terkategori sebagai *global dimming*. Berdasarkan anomali musiman, semua musim mengalami tren penurunan kecuali musim peralihan satu yang justru mengalami tren peningkatan
2. Variabilitas tertinggi ditunjukkan oleh nilai ekstrem dari analisis EOF menunjukkan bahwa *net flux* radiasi matahari, suhu permukaan laut, dan klorofil-a memiliki variabilitas tertinggi di kawasan pesisir (*coastal*)
3. Kros-korelasi dan koherensi *net flux* radiasi matahari dan SPL memiliki hubungan yang kuat 95% di dalam kurva dengan periode condong tahunan terjadi sepanjang tahun di semua titik, Kros-korelasi dan koherensi SPL dan klorofil-a memiliki hubungan kuat 95% condong tahunan tidak terjadi sepanjang tahun di semua titik, dan Kros-korelasi dan koherensi *net flux* radiasi matahari dan klorofil-a menunjukkan hubungan kuat 95% terjadi sepanjang tahun dan condong tahunan pada titik 1 dan titik 4.

6.2. Saran

Fenomena perubahan iklim secara global menyebabkan dampak baik secara global dan secara lokal. Terjadinya *global dimming* yang disebabkan oleh penambahan aerosol di atmosfer disebabkan oleh antropogenik membuat permasalahan dan ancaman baru bagi kehidupan. Klorofil-a adalah satu indikator kecil yang terpengaruh. Dapat dipastikan apabila ancaman ini tetap berlanjut, maka berbagai masalah lain akan muncul. Saran yang dapat diberikan adalah mengubah pola hidup menjadi *green lifestyle* pola dan gaya hidup ramah lingkungan dengan mengurangi emisi serta pembakaran. Saran untuk penelitian selanjutnya adalah penambahan variabel aerosol untuk memperjelas kondisi *global dimming* yang ada, dan meneliti dampak terhadap jumlah tangkapan di Perairan Selatan Jawa.



DAFTAR PUSTAKA

- Ahren, C. 2009. Ninth Edition Meteorology Today: An Introduction to Weather, Climate, and the Environment. Brooks/Cole, Cengage Learning.
- Alcantara, E. 2011. Environmental Factors Associated with Long-term Change in Chlorophyll-a Concentration in the Amazon Floodplain. Biogeoscience Discuss: Copernicus Publication.
- Andi. 2013. Perancangan Sistem Monitoring Intensitas Radiasi Matahari. Tanjung Pinang. Universitas Maritim Raja Ali Haji Lib.
- Arrohmah, 2007. Studi karakteristik klorofil daun sebagai material photodetector organik. Skripsi. Surakarta: Fisika MIPA UNS.
- Ayu, D. B. S. 2010. Studi Perubahan Suhu Permukaan Laut Menggunakan Satelit Aqua MODIS Jurnal Geomatika.. Institut Teknologi Sepuluh Nopember Publication.
- Barnes, R. S. 1988. An Introduction to Marine Ecology. Second edition. London: Blackwell Scientific Publications.
- Basmi, J. 1995. Planktonologi (Produksi Primer). Bogor: Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Institut Pertanian Bogor.
- Belbeid N, A. K. 2015. Respon Suhu Permukaan Laut (SPL) dan Klorofil-A terhadap Madden Julian Oscillation (MJO) di Laut Indonesia. Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis, Vol. 7 No.2.
- Daniel Lee, Yamamoto, A. 1994. Wavelet Analysis: Theory and Application. Hewlett-Packard Journal.
- Deser, C. A. 2009. Sea Surface Temperature Variability: Pattern and Mechanism. Annual Reviews of Marine Science.
- Dewani, N. (2012). Distribusi Tipe Aerosol di Indonesia Bagian Barat Menggunakan Data Modis-Aqua dan Omi-Aira. Meteorological Journal.
- Dipo P, F. S. 2011. Karakteristik Oseanografi Fisik di Perairan Samudra Hindia Timur Saat Fenomena Indian Ocean Dipole (IOD) Fase Positif Tahun 1994/1995, 1997/1998 dan 2006/2007. Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan.
- Escap. 2015. El Niño 2015/2016 Impact Outlook and Policy Implication. UNDP. United Nation ESCAPE RIMES Science and Policy Knowledge Series.
- Feng J, Z. L. 2012. Changing Trends and Relationship Between Global Ocean Chlorophyll and Sea Surface Temperature. Elsevier, Vol 13.

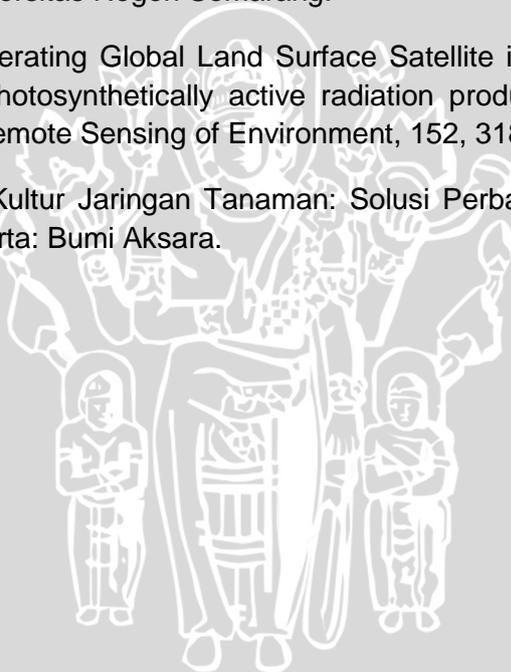
- Gitelson, A. A. 2006. Relationship between gross primary production and chlorophyll content in crops: Implications for the synoptic monitoring of vegetation productivity. *Geophysical Research Letters*.
- Hananchi, A. 2004. *Primer for EOF Analysis of Climate Data*. UK: University of Reading.
- Hutabarat, S. d. 1985. *Pengantar Oseanografi*. Jakarta: UI Press.
- Ikhsan, R. 2005. Penyebab Penurunan Produksi Ikan Bilih (*Mystacoleucus padangensis* Bleker) di Danai Singkarak. *Environmental Journal*.
- Inaku, D. 2011. Analisis Pola Sebaran dan Perkembangan Area Upwelling di Bagian Selatan Perairan Makassar. Thesis.
- Isnary, N. 2012. Pemanfaatan Data Angin dari Model GFS untuk Prediksi Tinggi Gelombang (Wind-Waves) Menggunakan Model Wavewatch-III (Studi Kasus di Selat Sunda). *Jurnal Meteorologi*.
- Johan, Y. 2008. Fluktuasi Intensitas Radiasi Matahari pada Kawasan Padat Polusi dan Hijau Kota Solok. Thesis.
- Kadmaer, Y. 2013. Variability of Chlorophyll-a and Some Oceanographic Parameter in Related with Monsoon, ENSO and IOD at the Banda Sea. Thesis.
- Kemili. P. dan Putri, M. 2012. Pengaruh Durasi dan Intensitas Upwelling Berdasarkan Anomali Suhu Permukaan Laut terhadap Variabilitas Produktivitas Primer di Perairan Indonesia. *Jurnal Ilmu Kelautan Tropis*.
- Kunarso, H. Nining S., Mulyono, B. 2011. Variabilitas Suhu dan Klorofil-a di Daerah Upwelling pada Variasi Kejadian ENSO dan IOD di Perairan Selatan Jawa sampai Timor. *Jurnal Ilmu Kelautan*.
- Kurniawan, R. 2006. Analisis Periodikitas Suhu dan Tekanan Paras Muka Laut di Indonesia dan Hubungannya dengan Aktivitas Matahari. *Jurnal Geofisika dan Meteorologi*.
- LAPAN, P. 2015. Kontribusi Asap dari Kalimantan Menuju Jakarta dan Bandung Analisis Peningkatan Aerosol di Atmosfer Bandung dan Jakarta. Retrieved Mei 24, 2016, from (<http://psta.lapan.go.id/index.php/subblog/read/2015/176/Kontribusi-Asap-dari-Kalimantan-Menuju-Jakarta-dan-Bandung-Analisis-Peningkatan-Aerosol-di-Atmosfer-Bandung-dan-Jakarta>)
- Liu, J. H. 2015. Change in the Relationship between Solar Radiation and Sunshine Duration in Large Cities of China. *Journal of Energy*.

- Maulidani, S. I. 2015. Analisis Pola dan Intensitas Curah Hujan Berdasarkan Data Observasi dan Satelit Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) 3B42 V7 di Makassar. *Jurnal Sains dan Pendidikan Fisika*.
- Monteith, J. 1972. Solar Radiation and Productivity in Tropical Ecosystem. *Ecological Paper, Vol. Soc. 92*, 254-62.
- Mudzakir, A. 2003. Analisis Potensi dan Upaya Pengembangan Sumberdaya Perikanan Jawa Tengah. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*.
- Nababan, B. d. 2012. Variabilitas Konsentrasi Klorofil-a dan Suhu Permukaan Laut di Perairan Natuna. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis, Vol. 4*.
- NASA. 2015, Juni 14. NASA Studying 2015 El Niño Event as Never Before. Retrieved Juni 22, 2016, from [http://www. nasa.gov/ feature/](http://www.nasa.gov/feature/)
- Nontji, A. 2002. Laut Nusantara. Jakarta: Penerbit Djambatan.
- Nontji, A. 2006. Tiada Kehidupan Di Bumi Tanpa Keberadaan Plankton. Jakarta: P2O LIPI.
- Nybakken, J. 1992. Biologi Laut: Suatu Pendekatan Ekologis. Jakarta: Gramedia.
- Osorio, J. M. 2013. Relationship Between Solar Radiation and Dimethylsulfide Concentration Using in Situ Data for Pristine Wilayah of the Southern Hemisphere. *Environmetal Paper, Volume 52(issue 4)*.
- Pratama, G. W. 2015. Keterkaitan Kondisi Parameter fisika dan Kimia Perairan dengan Distribusi Klorofil-a di Perairan Barat Sumatera. *Omni-Akuatika, Vol. XIV* , 33-43.
- Prawirowardoyo, S. 1996. Meteorologi. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Purba, M. N. 1992. Variasi Suhu Permukaan Laut Yang Diukur Dengan Satelit NOAA dan Kaitannya Dengan Proses Upwelling di Perairan Selatan Jawa. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Purba, N. 2014. Variabilitas Angin dan Gelombang Laut Sebagai Energi Terbarukan di Pantai Selatan Jawa Barat. *Jurnal Akuatika, Vol. V*.
- Putri, I. 2009. Pengaruh Intensitas Cahaya Matahari terhadap Pertumbuhan Jenis Shoren pravifolia dan Shorea leprosula dalam Teknik TPTI Intensif (Studi Kasus di Areal IUPJL-HA PT. Sarpatim Kalimantan Tengah). Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Ramanathan, V. 2007. Global Dimming by Air Pollution and Global Warming by Greenhouse Gases: Global and Wilayahal Perspective.
- Realclimate. 2005. Global Dimming? Retrieved Februari 14, 2016, from (<http://www.realclimate.org/index.php/archives/2005/01/global-dimming/>)

- Rodriguez, D. S. 2007. The Limit to Wheat Water-Use efficiency in Eastern Australia, I. Gradient in the Radiation Environment and Atmospheric Demand. . Aust J. Agric.
- Roespandi. 2015. Analisis Musim Kemarau dan Musim Penghujan. Tangerang Selatan: BMKG.
- Rogério, C. C. 2016. On the Progress of the 2015-2016 El Niño Event. Atmos Chem Phys, Vol.16, Copernicus Publication.
- Romimohtarto, K. d. 2001. Biologi Laut (Ilmu pengetahuan tentang biota laut). Jakarta: Djambatan.
- Rosana, N. dan Prasita. 2015. Potensi dan Tingkat Pemafaatan Ikan sebagai Dasar Pengembangan Sektor Perikanan di Selatan Jawa Timur. Jurnal Kelautan.
- Saputra, J. 2013. Analisis Dampak Anomali Iklim La-Nina 2010 pada Kebun Percobaan Balai Penelitian Sembawa, Sumatera Selatan. Palembang: Balai Penelitian Sembawa, Pusat Penelitian Karet.
- Sartimbul, A. Nakata, H., Rohadi, E., Yusuf, B,. 2010. Variation in Chlorophyll-a Concentration and the Impact on Sardinella lemuru Catches in Bali Strait, Indonesia. Progress in Oceanography, 87 (2010) 168-174.
- Sengupta, D. G. 2001. Coherent Intraseasonal Oscillation of Ocean and Atmosphere during the Asian Summer Monsoon. Geophysical Research Letter, Vol.0.
- Shah, A. 2005. Global Dimming. Retrieved Mei 26, 2016, from <http://www.globalissues.org/article/529/global-dimming>
- Shea, D. (2016). *Empirical Orthogonal Function (EOF) Analysis and Rotated EOF Analysis*. Retrieved Juni 30, 2016, from <https://climatedataguide.ucar.edu/climate-data-tools-and-analysis/empirical-orthogonal-function-eof-analysis-and-rotated-eof-analysis>
- Stanhill, G. a. 2001. Global dimming a review of the evidence for a widespread and significant reduction in global radiation with discussion of its probable causes and possible agricultural consequences. Agric. For Meteorology, 107, 255–278.
- Sugiyono. 2009. Metode Penelitian Kuantitatif dan Kualitatif. Bandung: CV.Afabeta.
- Sunarto. 2008. Peran Cahaya dalam Proses Produksi di Laut. Jurnal Meteorologi.

- Susatya, E. P. 2011. Pengukuran Radiasi Matahari Manfaatkan Sensor Suhu LM35. Prosiding Seminar Nasional Sains dan Pendidikan UKSW. Salatiga: Universitas Kristen Satya Wacana.
- Susilo, S. B. 2000. Penginderaan Jauh Kelautan Terapan. Bogor: Penerbit Institut Pertanian Bogor.
- Syahdan, M. 2015. Pola Spasial dan Variabilitas Temporal Data Satelit Multisensor Hubungannya dengan Distribusi Ikan Pelagis Kecil di Selat Makassar-Laut Jawa. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*.
- Syamsudin, F. 2005. Global Dimming dan Masa Depan Perubahan Iklim di Indonesia. Jakarta: BPPT.
- Takehige, A. T. 2013. Long Term Trends in Sea Surface Temperature in Coastal Waer in Relation to Large-Scale Climate Change: A Case Study in Omura Bay, Japan. *Continental Shelf Research*, 66 73-82.
- Tang, S. L. 2014. Seasonal and Intraseasonal Variability of Surface Chlorophyll-a Concentration in the South of China Sea. *Marine Science Journal*, Volume 17(issue 3).
- Taringan, A. d. 2005. Analisis Refraksi Gelombang pada Pantai. *Jurnal Teknik Sinetrika*, Vol.4.
- Torrence, C. dan Compo. 1999. A Practical Guide to Wavelet Analysis, *Bulletin of the American Meteorological Society*. 79, 1:61–78.
- Tristiana, S. 2012. Pengaruh El Niño Modoki terhadap Curah Hujan di Indonesia. *Jurnal Meteorologi*.
- Varotos, C. C. 2016. On the Progress of the 2015-2016 El Niño Event. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 16 2007-2011.
- Widyastuti, R. H. 2010. Permodelan Pola Arus Laut Permukaan di Perairan Indonesia Menggunakan Satelit Altimetri Jason-1. *Jurnal Teknik Kelautan*.
- Wild, M. G. 2005. From dimming to brightening: decadal changes in solar radiation at earth's surface. *Science*, 308, 847–85.
- Wilopo, M. 2005. Karakteristik Oseanografi di Perairan Barat Sumatera dan Selatan Jawa-Sumbawa dari Data Satelit Multi Sensor.
- Winanto, T. S. 2009. Pengaruh Suhu dan Salinitas Terhadap Respon Fisionlogi Larva Tiram Mutiara *Pinctada maxima* (Jameson). *Jurnal Biologi Indonesia*, Vol.6.
- WWF. 2010. Kajian Risiko dan Adaptasi terhadap Perubahan Iklim Pulau Lombok Provinsi Nusa Tenggara Barat. WWF Indonesia.

- Wyrcki, K. 1961. Physical Oceography of South East Asia Waters. Naga Report, Vol 2.
- Xie, S. C. 2009. Global Warming Pattern Formation: Sea Surface Temperature and Rainfal. Journal of Climate.
- Xu, Y. R. 2011. Seasonal Variability of Chlorophyll a in the Mid-Atlantic Bight. Continental Shelf Research.
- Yang, X. A. 2013. Quantifying the Interactive Impacts of Global Dimming and Warming on Wheat Yield and Water Used in China. Agricultural and Forest Meteorological Journal.
- Yuliatmaja, M. 2009. Kajian Lama Penyinaran Matahari dan Intensitas Radiasi Matahari terhadap Pergerakan Radiasi Semu Mataharis Saat Solstice di Semarang (Studi Kasus Badang meteorologi dan Geofisika Stasiun Klimatologi Semarang pada Bulan Juni dan September tahun 2005-2007). Semarang: Universitas Negeri Semarang.
- Zhao, X. Z. 2014. Generating Global Land Surface Satellite incident shortwave radiation and photosynthetically active radiation products from multiple satellite data. Remote Sensing of Environment, 152, 318–332.
- Zulkarnaen, D. 2009. Kultur Jaringan Tanaman: Solusi Perbanyak Tanaman Budi daya. Jakarta: Bumi Aksara.



LAMPIRAN

Lampiran 1 Data *Net Flux* Radiasi Matahari di Perairan Selatan Jawa ($W.m^{-2}$)

DATA NET FLUX RADIASI MATAHARI												
Bulan/Tahun	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agu	Sep	Okt	Nov	Des
2006	192.2992	201.5646	172.0421	153.7446	139.4939	130.4997	137.2025	160.9279	191.4093	211.9253	216.3655	194.0953
2007	210.1543	196.6742	157.8141	170.3212	141.9039	131.2596	137.6711	161.8493	190.7614	205.0001	211.6121	175.7453
2008	209.4377	165.7795	173.7093	161.4425	150.5087	134.4141	140.4744	163.9276	192.6286	202.8785	175.6561	201.1847
2009	196.4975	180.9571	188.3732	159.4404	128.5430	130.8991	135.2330	160.5380	187.0896	202.0060	204.0231	208.0905
2010	202.3416	209.4966	191.9021	148.9181	125.0391	123.1482	127.1057	162.4762	166.9106	188.3911	189.8881	150.5789
2011	164.8470	171.1905	186.6456	161.8770	140.2890	130.5153	140.9063	164.2414	194.8083	212.8409	199.4590	194.5681
2012	167.9712	203.9202	161.8767	173.5113	140.7175	132.5457	140.8491	165.5286	193.9709	211.8396	203.8815	189.3574
2013	189.3354	186.9532	194.7728	162.9393	128.9045	109.4713	130.1764	164.4364	191.2499	213.6195	195.4229	185.5459
2014	193.6197	181.2227	198.0170	167.4278	148.2227	123.4028	128.8038	163.2434	194.4426	209.7359	199.8946	187.4577
2015	206.4603	191.7370	180.6183	151.5359	145.6108	135.1728	138.2765	146.9419	159.6531	174.8941	191.1491	206.9115
Rata-Rata Bulanan	193.2964	188.9496	180.5771	161.1158	138.9233	128.1329	135.6699	161.4111	186.2924	203.3131	198.7352	189.3535

Lampiran 2 Data SPL di Perairan Selatan Jawa (°C)

DATA SPL SELATAN JAWA

Bulan/Tahun	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agu	Sep	Okt	Nov	Des
2006	28.68283	28.99082	29.40307	28.57724	28.26729	27.32177	25.65466	25.34417	25.32167	26.18611	27.2924	28.21359
2007	28.78321	29.71948	28.84097	28.79535	28.42427	27.41199	26.81027	25.70846	25.67224	26.29493	27.9083	28.52405
2008	28.6726	28.51039	29.02455	28.89892	27.99714	26.85876	25.99454	25.58284	26.18758	26.87315	27.8953	28.20566
2009	28.77029	28.61949	29.49473	29.51337	28.45337	28.05636	27.02525	26.41136	26.2053	26.92735	27.84449	28.80012
2010	29.02487	29.64995	30.05669	30.09242	29.23515	28.56584	27.18569	27.05922	27.51994	28.13844	28.50693	29.2481
2011	28.1112	28.61662	29.07138	29.11204	28.59406	27.36558	26.32705	25.9685	25.5804	26.34026	27.8942	29.13659
2012	28.94404	29.19435	29.01221	28.80609	28.20369	27.20019	26.14203	25.89583	25.89583	27.01642	28.00841	28.92033
2013	28.89317	29.95629	29.49041	29.36	29.15782	28.2092	27.31515	26.56233	26.22271	27.09675	28.25103	28.80725
2014	29.00089	29.45516	29.86216	29.81949	29.21568	28.21359	27.03647	26.34034	26.02194	26.76177	27.61401	28.6905
2015	28.93604	29.63472	29.80799	29.80548	28.56004	27.55384	26.57925	26.18667	26.17825	27.19369	28.37155	29.01972
Rerata Bulanan	28.78191	29.23473	29.40642	29.27804	28.61085	27.67571	26.60704	26.10597	26.08059	26.88289	27.95866	28.75659

Lampiran 3 Data Klorofil-a di Perairan Selatan Jawa (mg/L)

DATA KLOROFIL-A SELATAN JAWA

Bulan/Tahun	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agu	Sep	Okt	Nov	Des
2006	0.117769	0.101826	0.110643	0.121348	0.13906	0.547289	0.496628	0.847079	1.103368	1.011792	1.601218	0.622683
2007	0.150329	0.117888	0.162462	0.137756	0.262592	0.325462	0.331636	0.4419	0.698803	0.832325	0.13304	0.112674
2008	0.111912	0.102147	0.110216	0.132563	0.313053	0.397034	0.583588	0.50768	0.462458	0.367361	0.147451	0.109351
2009	0.111521	0.117772	0.128916	0.133959	0.155841	0.166363	0.311161	0.509044	0.324729	0.237743	0.165279	0.117193
2010	0.107913	0.112915	0.11278	0.112838	0.134042	0.180451	0.254946	0.237872	0.157903	0.126297	0.115884	0.097229
2011	0.121472	0.117643	0.104769	0.133268	0.142349	0.307429	0.394185	0.719347	0.586542	0.366198	0.138722	0.106767
2012	0.099392	0.109466	0.115195	0.130334	0.192356	0.239842	0.379755	0.692043	0.48894	0.330472	0.148046	0.113694
2013	0.108039	0.118651	0.110039	0.125178	0.144494	0.162725	0.288781	0.385983	0.417451	0.217513	0.118099	0.11843
2014	0.104055	0.124102	0.11022	0.129934	0.15202	0.205965	0.24169	0.370065	0.536285	0.411356	0.15948	0.101297
2015	0.100885	0.110987	0.107696	0.128175	0.277719	0.264355	0.398662	0.506807	0.592015	0.471447	0.279321	0.115475
Rerata Bulanan	0.113329	0.11334	0.117294	0.128535	0.191353	0.279691	0.368103	0.521782	0.536849	0.437251	0.300654	0.161479

SURAT KETERANGAN TELAH MELAKUKAN PENELITIAN



BADAN PENGKAJIAN DAN PENERAPAN TEKNOLOGI

Jalan M.H. Thamrin No. 8, Jakarta 10340
Telepon (021) 3168200-8244, Faksimile 390.4837, Website http://www.bppt.go.id

SURAT KETERANGAN

Nomor : B- *cfb* /TPSA/PTPSW/S.Ket/SA00/04/2016

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Ir. Yudi Anantasena, M. Sc
NIP : 196504251991121002
Jabatan : Direktur Pusat Teknologi Pengembangan Sumberdaya Wilayah (PTPSW) –
Teknologi Pengembangan Sumberdaya Alam (TPSA) – Badan Pengkajian
dan Penerapan Teknologi (BPPT)
Alamat : Kantor Pusat : Jl. M.H. Thamrin No.8 Jakarta Pusat
Telp./Fax.: 021 – 3169703 / 31924255
Laboratorium: Geotech – BPPT
Gedung 820 lantai 2 Kawasan Puspiptek – Serpong
Telp./ Fax.: 021 – 75791381 ext. 4044 / 021 – 75791401

Dengan ini menerangkan bahwa:

Nama : Ikber Sallim Al Asyari
NIM : 125080600111016
Prodi/Jurusan : Ilmu Kelautan
Fakultas : Perikanan dan Ilmu Kelautan
Universitas : Brawijaya - Malang

Telah melakukan kegiatan penelitian di Pusat Teknologi Pengembangan Sumberdaya Wilayah (PTPSW) – Teknologi Pengembangan Sumberdaya Alam (TPSA) – Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT), dari tanggal 6 s.d. 29 April 2016, dengan topik penelitian: Analisis Aliran Total Radiasi Matahari (*Net Flux Solar Radiation*) dan Hubungannya terhadap Suhu Permukaan Laut dan Klorofil-a di Perairan Selatan Jawa, di bawah bimbingan staf Peneliti utama kami Sdr. Dr. Fadli Syamsudin.

Selama kegiatan penelitian, mahasiswa tersebut telah melaksanakan tugas dengan baik. Harapan kami semoga hasil penelitian tersebut dapat dikembangkan lebih lanjut.

Demikian surat keterangan ini dibuat untuk dapat digunakan sebagaimana mestinya.

Jakarta, 28 April 2016



Direktur, Pusat Teknologi Pengembangan Sumberdaya Wilayah

Direktur,

Yudi Anantasena
Yudi Anantasena, M. Sc
NIP. 196504251991121002

Tembusan Yth.:

1. Deputi Kepala BPPT Bidang TPSA
2. Arsip

FOTO KEGIATAN PENELITIAN



Foto 1 Presentasi Riset di Puspitek BPPT Serpong

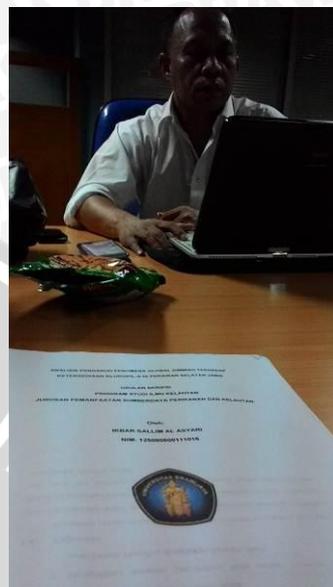


Foto 2 Bimbingan Riset



Foto 3 Foto Bersama Pembimbing Lapangan