

**ANALISIS HUBUNGAN SUHU PERMUKAAN LAUT (SPL), TEKATAN
UDARA DAN KECEPATAN ANGIN TERHADAP KEKUATAN DAN
MASA HIDUP SIKLON TROPIS DI PERAIRAN SELATAN JAWA
DAN SEKITARNYA**

SKRIPSI

PROGRAM STUDI ILMU KELAUTAN

**JURUSAN PEMANFAATAN SUMBERDAYA PERIKANAN DAN
KELAUTAN**

Oleh:

JEFRI TRI SUSANTO

115080601111058



FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

MALANG

2015

**ANALISIS HUBUNGAN SUHU PERMUKAAN LAUT (SPL), TEKATAN
UDARA DAN KECEPATAN ANGIN TERHADAP KEKUATAN DAN
MASA HIDUP SIKLON TROPIS DI PERAIRAN SELATAN JAWA
DAN SEKITARNYA**

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

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Meraih Gelar Sarjana
Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan
Universitas Brawijaya**

Oleh:

JEFRI TRI SUSANTO

115080601111058



**FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA**

MALANG

2015

LEMBAR PENGESAHAN

**ANALISIS HUBUNGAN SUHU PERMUKAAN LAUT (SPL), TEKANAN DAN
KECEPATAN ANGIN TERHADAP KEKUATAN DAN MASA HIDUP SIKLON
TROPIS DI PERAIRAN SELATAN JAWA DAN SEKITARNYA**

Oleh:

JEFRI TRI SUSANTO

115080601111058

telah dipertahankan di depan Penguji
pada tanggal 22 Juni 2015
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Dosen Penguji I

(Dr. Eng. Abu Bakar S, S.Pi, MT)

NIP.19780717 200502 1 004

Tanggal :

Dosen Penguji II

(Oktyas Muzaky Lutfi, ST, M.Sc)

NIP.19791031 200801 1 007

Tanggal :

Menyetujui,

Dosen Pembimbing I

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

NIP. 19680901 199403 2 001

Tanggal :

Dosen Pembimbing II

(Nurin Hidayati, ST, M.Sc)

NIP. 19781102 200502 2 001

Tanggal :

Mengetahui,

Ketua Jurusan

(Dr.Ir. Daduk Setyohadi, MP)

NIP. 196306081987031003

Tanggal :

ORISINALITAS SKRIPSI

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

Apabila di kemudian hari dapat dibuktikan bahwa skripsi ini adalah hasil plagiasi, maka saya bersedia menerima sanksi atas tindakan tersebut.

Malang, 8 Juni 2015

Penulis



UCAPAN TERIMA KASIH

Dalam penyelesaian Laporan penelitian skripsi ini penulis mendapatkan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dalam kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

- 1) Ibunda tercinta yang selalu selalu memberikan dukungan dan mendo'akan anak-anaknya.
- 2) Ibu Ir. Aida Satimbul, M.Sc, Ph.D, selaku Dosen Pembimbing I yang telah memberikan arahan dan bimbingan selama melakukan penelitian.
- 3) Ibu Nurin Hidayati, ST, M.Sc, selaku Dosen PA sekaligus Dosen Pembimbing II yang telah menyempatkan waktunya untuk membimbing saya
- 4) Teman-teman kontrakan yang menjadi keluarga di Malang dan Bapak Pambangun yang juga memberikan dukungan.
- 5) Serat teman-teman IK 2011 dan semua pihak yang telah banyak membantu dalam menyusun laporan ini.

Penulis menyadari masih terdapat banyak kekurangan dan kesalahan yang perlu dibenahi. Oleh karena itu, penulis mengharapkan adanya masukan berupa kritik dan saran konstrutif dari para pembaca. Akhir kata penulis ucapkan terima kasih dan semoga penelitian ini dapat membantu dan bermanfaat bagi yang membacanya.

Malang, 8 Juni 2015

Penulis

RINGKASAN

Jefri Tri Susanto. 115080601111058. Analisis Hubungan Suhu Permukaan Laut (SPL), Tekanan Udara dan Kecepatan Angin Terhadap Kekuatan dan Masa Hidup Siklon Tropis di Perairan Selatan Jawa dan Sekitarnya. Di bawah bimbingan **Ir. Aida Sartimbul, M.Sc, Ph.D** dan **Nurin Hidayati, ST, M.Sc.**

Akhir-akhir ini kondisi suhu di seluruh dunia mengalami peningkatan akibat adanya perubahan iklim, tidak terkecuali Suhu Permukaan Laut (SPL). SPL merupakan parameter yang penting dalam suatu perairan. Perubahan sedikit pada SPL akan berdampak besar pada lingkungan, seperti pada kejadian siklon tropis. Siklon tropis merupakan sebuah badai sirkuler dengan skala yang besar diameternya mencapai 155 km dan kecepatan angin mencapai 93 km/jam. SPL yang tinggi merupakan salah satu penyebab terbentuknya siklon tropis. Selain itu juga disebabkan tekanan yang rendah dan kecepatan angin maksimum pada saat terjadi siklon tropis. Perairan selatan Jawa merupakan salah satu titik tumbuh siklon tropis di bagian selatan Samudera Hindia (*Southern Hemisphere*), sehingga dampaknya akan sangat besar terhadap wilayah Indonesia, khususnya bagian selatan.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui variasi SPL, tekanan udara dan kecepatan angin di perairan selatan Jawa dan sekitarnya mulai tahun 2002 hingga 2014; Mengetahui karakteristik siklon tropis di perairan selatan Jawa selama tahun 2002 hingga 2014 dan Mengetahui hubungan SPL, tekanan udara dan kecepatan angin dengan kejadian siklon tropis.

Hasil penelitian menunjukkan kondisi SPL, tekanan udara dan kecepatan angin di perairan selatan Jawa dan sekitarnya dari Juli 2002 hingga Desember 2014 sangat bervariasi, dimana pada tahun 2006 dan 2010 SPL dan tekanan menunjukkan pola yang menyimpang akibat pengaruh perubahan iklim ENSO dan IOD. Siklon tropis selama periode pengamatan terjadi sebanyak 29 kali dengan skala kekuatan terbesar adalah siklon kategori 5. Selama periode pengamatan intensitas kekuatan siklon mengalami peningkatan, sedangkan masa hidup (*lifetime*) siklon tropis mengalami penurunan dan terbanyak terjadi pada musim barat hingga peralihan I. Hasil uji korelasi dan regresi pada masing-masing parameter menunjukkan pengaruh dan hubungan yang kuat pada skala kekuatan siklon. Sedangkan pada masa hidup siklon, korelasi dan regresi yang kuat pada parameter tekanan udara minimum dan kecepatan angin maksimum.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas berkat dan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan penelitian Skripsi yang berjudul **“Analisis Hubungan Suhu Permukaan Laut (SPL), Tekanan Udara dan Kecepatan Angin Terhadap Kekuatan dan Masa Hidup Siklon Tropis di Perairan Selatan Jawa dan Sekitarnya”** dengan lancar.

Di dalam tulisan ini, disajikan pokok-pokok bahasan dari penelitian yang dilakukan Penulis meliputi latar belakang, metode, maupun hasil dari penelitian ini. Tujuannya agar hasil dari penelitian ini dapat dipaparkan dengan rapi, rinci dan dapat dipelajari dan bermanfaat bagi siapa pun yang membacanya. Sehingga apa yang dilakukan Penulis melalui penelitian ini dapat digunakan sebagai rujukan atau pun hal lain.

Dalam penyelesaian Laporan ini Penulis mendapatkan bantuan dari berbagai pihak yang membuat laporan ini bisa diselesaikan dengan sebaik-baiknya sehingga kendala-kendala yang dihadapi dapat diselesaikan dengan mudah dan cepat. Namun Penulis menyadari masih terdapat banyak kekurangan dan kesalahan yang perlu dibenahi. Oleh karena itu, Penulis mengharapkan adanya masukan berupa kritik dan saran konstrutif dari para pembaca. Akhir kata Penulis ucapkan terima kasih dan semoga Laporan penelitian skripsi ini dapat membantu dan bermanfaat bagi yang membacanya.

Malang, 8 Juni 2015

Penulis

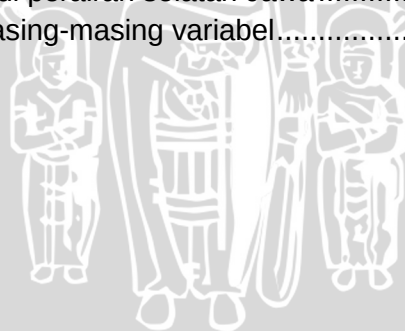
DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
ORISINALITAS SKRIPSI	ii
UCAPAN TERIMA KASIH.....	iii
RINGKASAN.....	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR LAMPIRAN	xi
1. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Batasan Masalah.....	3
1.4. Tujuan Penelitian.....	4
1.5. Kegunaan Penelitian	4
2. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Suhu Permukaan Laut (SPL).....	5
2.2. Tekanan Udara.....	8
2.3. Angin.....	9
2.4. Siklon Tropis	10
2.4.1. Pengertian Siklon Tropis.....	10
2.4.2. Dasar Penamaan Siklon Tropis	13
2.4.3. Syarat Terjadinya Siklon Tropis	14
2.4.4. Mekanisme Pembentukan dan Kategori Kekuatan Siklon Tropis ..	16
2.4.5. Dampak Kejadian Siklon Tropis.....	19
2.5. Hubungan antara SPL, Tekanan udara dan Kecepatan dengan Siklon Tropis	20
2.6. Penginderaan Jauh	22
2.7. Penelitian-penelitian Sebelumnya	26
3. METODOLOGI PENELITIAN	28
3.1. Waktu dan Tempat	28
3.2. Data dan Peralatan Penelitian	29

3.3. Pengumpulan Data.....	30
3.4. Pengolahan Data.....	31
3.5. Analisis Data	32
3.6. Alur Penelitian	36
4. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	37
4.1. Variasi SPL	37
4.1.1. Variasi SPL Tahun 2002-2014.....	37
4.1.2. Variasi SPL Berdasarkan Musim	40
4.2. Variasi Tekanan Udara Permukaan.....	43
4.2.1. Variasi Tekanan Udara Tahun 2002 hingga 2014.....	43
4.2.2. Variasi Tekanan Udara Berdasarkan Musim.....	46
4.3. Hubungan Anomali Tekanan dengan Anomali SPL	49
4.4. Variasi Kecepatan Angin	50
4.4.1. Variasi Kecepatan Angin Tahun 2002-2014.....	51
4.4.2. Variasi Kecepatan Angin Berdasarkan Musim	54
4.5. Hubungan Anomali Kecepatan Angin dengan Anomali SPL	58
4.6. Karakteristik Siklon Tropis perairan Selatan Jawa	60
4.6.1. Kejadian Siklon Tropis di Wilayah Selatan Jawa 2002 hingga 2014 60	
4.6.2. Masa Hidup dan Kekuatan Siklon Tropis	62
4.6.3. Frekuensi Kejadian Siklon Tropis	64
4.6.4. Pemetaan Kejadian Siklon Tropis di Wilayah Kajian (Perairan Selatan Jawa	66
4.7. Hubungan SPL, Tekanan Udara dan Kecepatan Angin Terhadap Kejadian Siklon Tropis	67
4.7.1. Keeratan Hubungan Masing-masing Parameter dengan Kekuatan dan Masa Hidup Siklon Tropis	67
4.7.2. Pengaruh Masing-masing Parameter dengan Kekuatan dan Masa Hidup Siklon Tropis.....	69
5. KESIMPULAN DAN SARAN.....	75
5.1. Kesimpulan	75
5.2. Saran	76
DAFTAR PUSTAKA.....	77
LAMPIRAN.....	81

DAFTAR TABEL

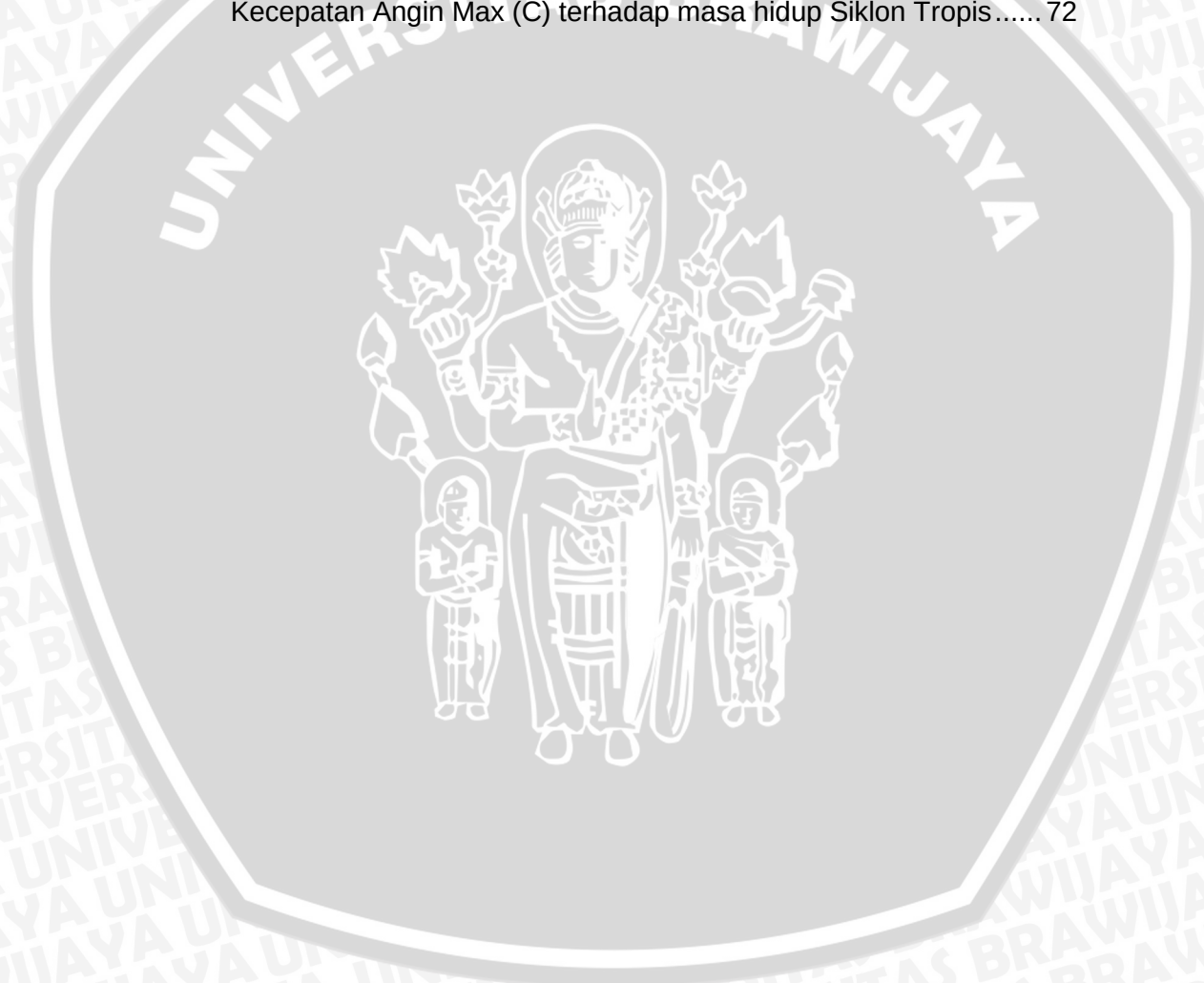
Tabel 2. Wilayah pertumbuhan siklon tropis di Dunia.....	13
Tabel 3. Skala Saffir-Simpson untuk mengukur kekuatan Siklon Tropis.....	18
Tabel 4. Skala Kekuatan Saffir-Simpson.....	20
Tabel 5. Spesifikasi Band MODIS.....	26
Tabel 6. Data Penelitian.....	29
Tabel 7. Peralatan Penelitian.....	29
Tabel 8. Data Input-Output Penelitian.....	30
Tabel 9. Variasi SPL Juli 2002 - Desember 2014 (°C).....	39
Tabel 10. Nilai anomali SPL selatan Jawa pada periode Juli 2002-Desember 2014 (°C).....	40
Tabel 11. Nilai Rata-rata SPL berdasarkan musim tahun 2002-2014.....	43
Tabel 12. Indeks nilai tekanan udara selama periode Juli 2002 hingga Desember 2014 (milibar).....	46
Tabel 13. Anomali tekanan udara selama Juli 2002 hingga Desember 2014 wilaah perairan selatan Jawa (dalam milibar).....	46
Tabel 14. Nilai tekanan udara rata-rata bulan selama tahun 2002-2014.....	49
Tabel 15. Indeks kecepatan angin selama bulan Juli 2002 hingga Desember 2014 di perairan selatan Jawa.....	53
Tabel 16. Indeks anomali kecepatan angin periode bulan Juli 2002 hingga Desember 2014 di perairan selatan Jawa.....	54
Tabel 17. Tabel kecepatan angin rata-rata bulanan selama tahun 2002-2014...	58
Tabel 18. Tabel data kejadian siklon tropis selama periode Juli 2002 hingga Desember 2014 di perairan selatan Jawa.....	61
Tabel 19. Hasil Korelasi masing-masing variabel.....	68



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Suhu Permukaan Laut Dunia	5
Gambar 2. Posisi Matahari berdasarkan pergantian musim	7
Gambar 3. Contoh pola tekanan udara global untuk bulan Januari	9
Gambar 4. Pola sirkulasi angin global	9
Gambar 5. Struktur siklon tropis	12
Gambar 6. Penyebutan badai siklon di berbagai belahan dunia	14
Gambar 7. Depresi Tropis (Pustekkom Bogor, 2005)	16
Gambar 8. Badai Tropis (Pustekkom Bogor, 2005)	17
Gambar 9. Siklon Tropis (Pustekkom Bogor, 2005)	17
Gambar 10. Perbandingan skala kekuatan dan Dampak yang ditimbulkan oleh siklon tropis	18
Gambar 11. Gelombang badai (<i>strom surge</i>) di daerah pesisir akibat pengaruh siklon tropis	19
Gambar 12. Macam-macam wahana penginderaan jauh ketinggian	23
Gambar 13. Satelit Aqua	24
Gambar 14. Peta Lokasi Penelitian	28
Gambar 15. Diagram Alir Penelitian	36
Gambar 16. Variasi SPL <i>time series</i> Periode Juli 2002 hingga Desember 2014	38
Gambar 17. Grafik Anomali SPL selama bulan Juli 2002 hingga Desember 2014	38
Gambar 18. Variasi SPL pada saat musim barat, musim peralihan I, musim timur dan musim peralihan II	41
Gambar 19. Rata-rata SPL Musiman selama periode 2002-2014	42
Gambar 20. Variasi tekanan udara bulan Juli 2002 hingga Desember 2014 wilayah perairan selatan Jawa	44
Gambar 21. Anomali tekanan udara selama periode tahun 2002-2014 di wilayah perairan selatan Jawa	45
Gambar 22. Variasi musiman tekanan udara perairan selatan Jawa	47
Gambar 23. Variasi musiman tekanan udara berdasarkan nilai rata-rata bulan tahun Juli 2002-Desember 2014	49
Gambar 24. Hubungan anomali SPL dengan anomali tekanan udara wilayah perairan selatan Jawa pada periode Juli 2002 hingga Desember 2014	50
Gambar 25. Grafik kecepatan angin perairan selatan Jawa pada bulan Juli 2002 hingga Desember 2014	51
Gambar 26. Anomali kecepatan angin selama periode Juli 2002 hingga Desember 2014 di wilayah perairan selatan Jawa	52
Gambar 27. Variasi kecepatan angin berdasarkan musim barat, musim peralihan I, musim timur dan musim peralihan II	56
Gambar 28. Kecepatan angin rata-rata semua bulan secara musim selama periode bulan Juli 2002 hingga Desember 2014	57
Gambar 29. Hubungan anomali SPL dengan anomali kecepatan angin wilayah perairan selatan Jawa periode Juli 2002 hingga Desember 2014 ..	59

Gambar 30. Grafik masa hidup siklon tropis selama periode 2002-2014 perairan selatan Jawa	62
Gambar 31. Grafik skala kekuatan siklon tropis selama periode 2002-2014 perairan selatan Jawa	63
Gambar 32. Frekuensi Kejadian tiap tahun selama tahun 2002-2014 di wilayah perairan selatan Jawa	65
Gambar 33. Grafik kejadian siklon tropis berdasarkan bulan dan musim di wilayah perairan selatan Jawa tahun 2002-2014.....	66
Gambar 34. Lokasi bertumbuhnya siklon tropis perairan selatan Jawa pada periode Juli 2002 hingga Desember 2014	66
Gambar 35. Grafik Scatter Hubungan SPL (A), Tekanan Udara Min (B) dan Kecepatan Angin Max (C) terhadap Kekuatan Siklon Tropis	70
Gambar 36. Grafik Scatter Hubungan SPL (A), Tekanan Udara Min (B) dan Kecepatan Angin Max (C) terhadap masa hidup Siklon Tropis	72



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Peta lokasi siklon tropis tiap tahun (2002 hingga 2014).....	81
Lampiran 2. Data variabel analisis statistik	83
Lampiran 3. Skala Beaufort (BOM, 1999)	84
Lampiran 4. <i>Track</i> Kejadian Siklon Tropis wilayah Samudera Hindia Selatan Tahun 2002 hingga 2014 (Unisys, 2015).....	86



1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Suhu Permukaan Laut (SPL) merupakan parameter fisika yang sangat penting dalam kaitannya dengan iklim yang biasanya digunakan untuk memonitor fenomena perubahan iklim. SPL merupakan hasil dari interaksi kelembaman panas di laut dengan atmosfer melalui pertukaran energi turbulensi dan radiasi di permukaan laut (Deser *et al.*, 2010). Variasi SPL di suatu perairan sangat beragam bergantung lokasi dan faktor yang mempengaruhinya. Menurut Donguy dan Meyers (1996), variasi SPL wilayah sekitar Jawa secara normal akan menghangat sekitar 29°C pada bulan Maret-Juni dan turun sekitar 28°C pada bulan Juli-Oktober.

Akhir-akhir ini SPL di belahan dunia banyak mengalami gangguan dan mengindikasikan kondisi yang tidak normal. Sebagai contoh menurut NASA (2011), pada peta global, kondisi SPL bulan Mei 2006 mengalami banyak anomali. Pada bulan tersebut suhu sangat bervariasi dan berbeda dari bulan Mei lainnya di tahun-tahun sebelumnya. Hal tersebut merupakan dampak dari adanya perubahan iklim yang akhir-akhir ini menjadi isu penting dan secara langsung maupun tidak langsung juga akan mempengaruhi kondisi lingkungan sekitarnya, salah satunya adalah kejadian siklon tropis.

Siklon tropis merupakan sebuah badai sirkuler yang memiliki kecepatan angin mencapai 93 km/jam pada pusatnya dan dengan diameter mencapai 155 km. Salah satu faktor pembentuk siklon tropis adalah adanya SPL cukup panas sekitar $>26^{\circ}\text{C}$ ditambah pengaruh gaya *coriolis* yang kuat yang berada di wilayah tropis (Tjasyono, 2004). Menurut penelitian Knutson *et al.* (2010), intensitas siklon tropis mengalami kenaikan sebesar 2-11% secara global pada abad ke-21 ini, walaupun frekuensinya mengalami penurunan.

Siklon tropis memiliki dampak yang sangat besar dan mengakibatkan kerusakan fatal bagi wilayah yang terkena, bahkan wilayah yang jauh pun dapat terpengaruh. Seperti pada berita AntaraNews (2013), kasus *Typhoon Haiyan* yang pusat lintasannya berada pada lintang sekitar 10° LU (Filipina) mengakibatkan dampak nyata hingga ke kota Jakarta (hujan lebat) dan Selat Sunda (gelombang tinggi sampai mengganggu pelayaran penyeberangan). Hal tersebut akan lebih fatal bila siklon tropis terjadi di wilayah selatan Indonesia, khususnya selatan Pulau Jawa.

Selain SPL, tekanan udara yang rendah dapat memicu daerah tujuan angin yang kemudian berkumpul ke pusat tekanan rendah tersebut. Semakin tinggi perbedaan tekanan antara pusat dengan daerah lain, maka kecepatan angin yang terbentuk pun akan semakin kuat. Hal tersebut akan juga ditambah dengan banyaknya uap air dan kelembaban yang tinggi akibat tingginya suhu disekitarnya dan menjadi sumber kekuatan yang akan membentuk sebuah badai (Yoshimura dan Sugi, 2005).

Wilayah perairan selatan Jawa merupakan perairan yang terletak di antara wilayah Indonesia dan Australia dengan batas geografis di sebelah utara adalah Pulau Jawa, sebelah selatan adalah daratan Australia, sebelah barat adalah Samudera Hindia dan sebelah timur adalah Laut Timor. Perairan tersebut berhubungan langsung dengan Samudera Hindia sehingga mempunyai dinamika oseanografi yang kompleks. Perairan selatan Jawa ini juga merupakan salah satu tempat bertumbuhnya siklon tropis di Samudera Hindia bagian selatan (BMKG, 2009), sehingga menarik untuk diamati terkait hubungan antara SPL, tekanan udara dan kecepatan angin dengan adanya siklon tropis di perairan tersebut. Selain itu, penelitian sebelumnya mengenai hubungan SPL, tekanan udara dan kecepatan angin terhadap siklon tropis dengan periode waktu yang lama di Indonesia belum banyak dilakukan. Hal tersebut penting, melihat berbagai

perubahan-perubahan alam yang terjadi akhir-akhir ini akibat dampak perubahan iklim yang semakin intens. Sehingga berdasarkan latar belakang tersebut perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan pembaharuan data hingga data terbaru untuk mengetahui kondisi suhu, tekanan dan kecepatan angin kaitannya terhadap kekuatan dan masa hidup siklon tropis yang terjadi.

1.2. Rumusan Masalah

Masalah utama yang menjadi dasar pemikiran dalam penelitian ini yaitu berkaitan dengan adanya fenomena siklon tropis yang syarat pembentuknya adalah suhu tinggi di wilayah permukaan laut dan tekanan udara yang rendah di sekitar titik dimana kecepatan angin berkumpul. Akhir-akhir ini, akibat perubahan iklim membuat suhu menjadi lebih bervariasi. Sehingga rumusan masalah yang dapat diambil adalah:

1. Bagaimana variasi SPL, tekanan udara dan kecepatan angin selama tahun 2002–2014?
2. Bagaimana karakteristik siklon tropis di perairan selatan Jawa selama periode waktu 2002-2014?
3. Bagaimana hubungan SPL, tekanan udara dan kecepatan angin terhadap kekuatan dan masa hidup siklon tropis?

1.3. Batasan Masalah

Penelitian ini hanya melakukan kajian terhadap kejadian siklon yang telah terjadi dan tidak melakukan prediksi di masa depan. Selain itu, wilayah kajian juga terbatas pada perairan selatan Jawa dan sekitarnya, bukan seluruh wilayah Samudera Hindia.

1.4. Tujuan Penelitian

Berdasarkan uraian di atas, tujuan penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui variasi SPL, tekanan udara dan kecepatan angin di perairan selatan Jawa dan sekitarnya mulai tahun 2002 hingga 2014
2. Untuk mengetahui karakteristik siklon tropis di perairan selatan Jawa selama tahun 2002 hingga 2014
3. Untuk mengetahui hubungan SPL, tekanan udara dan kecepatan angin terhadap kekuatan dan masa hidup siklon tropis.

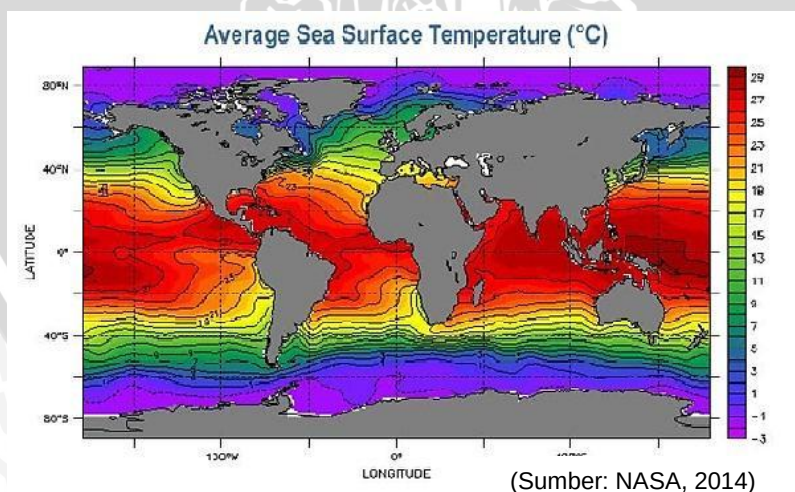
1.5. Kegunaan Penelitian

Kegunaan dari penelitian ini adalah dapat digunakan sebagai bahan dan informasi mengenai karakteristik SPL, tekanan udara, kecepatan angin dan siklon tropis, serta hubungannya, khususnya untuk wilayah perairan selatan Pulau Jawa. Sekaligus menambah wawasan baru, sehingga dapat bermanfaat untuk penelitian lebih lanjut oleh siapa saja baik dari pihak akademisi, peneliti, atau pihak-pihak yang berkepentingan.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Suhu Permukaan Laut (SPL)

Suhu merupakan besaran fisika yang dinyatakan dengan besarnya hawa panas dalam suatu benda. Radiasi matahari, posisi matahari, letak geografis, musim, kondisi awan, dan interkasi antara udara dan air merupakan faktor yang dapat mempengaruhi suhu dalam suatu perairan (Burhanuddin, 2011). SPL adalah parameter fisika yang sangat penting dalam kaitannya dengan iklim yang biasanya digunakan untuk memonitor fenomena perubahan iklim. SPL merupakan energi yang berasal dari pertukaran energi turbulensi dan radiasi dari atmosfer ke permukaan laut (Deser *et al.*, 2010). SPL juga merupakan salah satu faktor yang penting bagi kehidupan organisme di lautan, karena suhu mempengaruhi aktivitas metabolisme maupun perkembangbiakan dari organisme-organisme tersebut sekaligus bisa digunakan untuk menentukan kualitas suatu perairan (Anggreyni *et al.*, 2011). Tampilan kondisi rata-rata SPL secara global untuk tahun 1912 dapat dilihat pada Gambar 1.

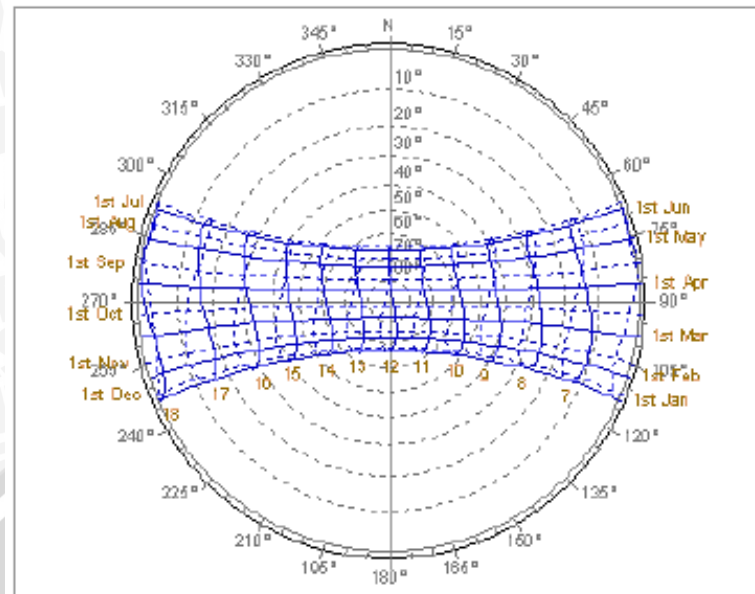


Gambar 1. Suhu Permukaan Laut Dunia

SPL sangat dipengaruhi oleh lama penyinaran sinar matahari. Di dekat ekuator, matahari dapat menyinari sepanjang hari daripada di daerah lintang tinggi

atau sub tropis sehingga suhu permukaan laut di ekuator jauh lebih tinggi dibandingkan dengan suhu permukaan yang ada di daerah lintang rendah. Buranuddin (2011) mengatakan bahwa suhu permukaan laut bergantung pada beberapa faktor seperti evaporasi, presipitasi, kecepatan angin, intensitas cahaya matahari, dan faktor-faktor fisika yang mungkin terjadi di dalam kolom air.

Secara horizontal perairan Indonesia umumnya memiliki suhu antara 26°C – 29°C . Sedangkan secara vertikal sebaran suhu di Indonesia terbagi dalam tiga lapis yaitu Lapisan *epilimnion* atau lapisan hangat dan berubah secara perlahan, Lapisan termoklin yang berubah dengan cepat dan lapisan *hipolimnion* dimana suhu konstan (Burhanuddin, 2011). Menurut Wyrтки (1961), kondisi lapisan permukaan laut pada perairan tropis adalah hangat dan mempunyai variasi suhu tahunan yang kecil, tetapi variasi suhu hariannya tinggi. Sedangkan, variasi suhu rata-rata tahunan lebih kecil dari 2°C di daerah equator, namun beberapa tempat seperti di Laut Banda, Laut Arafura, Laut Timor dan selatan Jawa mempunyai variasi yang lebih besar yaitu 3°C – 4°C dibanding wilayah lainnya. Sedangkan menurut Karif (2011), variasi suhu permukaan laut di Indonesia berkisar antara $0,2^{\circ}\text{C}$ – $0,3^{\circ}\text{C}$. Dia menjelaskan bahwa hal tersebut dikarenakan posisi matahari dan masa air di lintang tinggi. Pada saat musim monsun barat, perairan barat Indonesia mengalami kenaikan suhu antara 20°C – 30°C , sedangkan perairan timur Indonesia lebih rendah. Hal itu dikarenakan posisi matahari pada saat musim monsun barat berada pada posisi yang paling rendah yaitu $23,5^{\circ}\text{LS}$ tepatnya pada bulan Desember. Tampilan posisi matahari pada saat musim barat maupun timur dapat dilihat pada Gambar 2.



(Sumber: Karif, 2011)

Gambar 2. Posisi Matahari berdasarkan pergantian musim

Anomali Suhu Permukaan Laut (SST Anomaly)

Anomali adalah kejadian ketika sesuatu terjadi secara berbeda ketika saat normal. Anomali SPL adalah besar perbedaan suhu perairan pada lokasi tertentu dengan waktu tertentu pada saat normal di lokasi yang sama (NASA, 2011). Anomali SPL di Samudera Hindia disebabkan oleh adanya IOD (*Indian Ocean Dipole*) yang membedakan suhu antara di bagian barat Samudera Hindia (Afrika) dengan sebelah timur (Selatan Jawa), dimana ketika perairan dekat Afrika mengalami *Dipole* positif yang menandakan suhu sangat tinggi dibandingkan perairan timur (selatan Jawa) yang bersuhu lebih rendah karena *Dipole* negatif (Saji *et al.*, 1999).

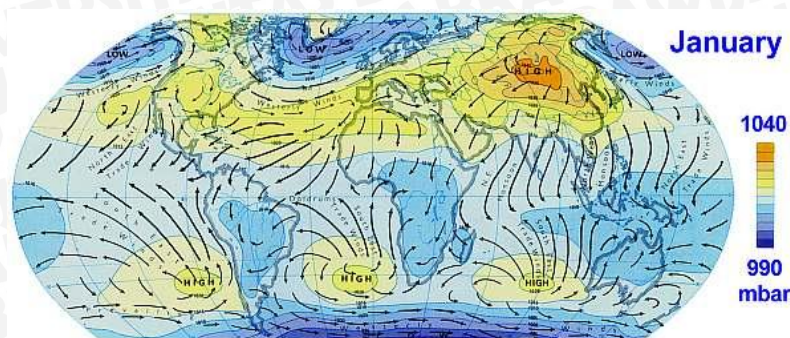
Untuk mengukur SPL, selain dengan cara konvensional atau secara *in situ*, suhu permukaan laut juga dapat diamati dengan menggunakan teknik penginderaan jauh. Estimasi hasil penginderaan jauh banyak dipengaruhi oleh faktor sensor, proses kalibrasi, koreksi geometrik, algoritma, dan prosedur pengolahan data (Karif, 2011).

2.2. Tekanan Udara

Tekanan merupakan besaran skalar dan bukan besaran vektor karena tidak memiliki arah. Tekanan adalah gaya persatuan luas, dimana semakin luas area tempat Gaya bekerja, tekanan akan semakin rendah. Sedangkan tekanan atmosfer merupakan tekanan yang diberikan oleh atmosfer bumi dimana nilai sebenarnya bergantung pada lokasi, suhu dan kondisi cuaca yang biasanya diukur dengan menggunakan barometer air raksa (James, 2008).

Menurut Munson *et al.* (2004), dalam kaitannya dengan satuan, tekanan memiliki berbagai variasi satuan yang digunakan. Tekanan memiliki satuan atm, mmHg, Psi, Bar dan Pascal. Dimana dalam 1 atm sama dengan 760 mmHg yang setara dengan 14,7 Psi dan sama dengan 1013 milibar. Sedangkan untuk tekanan udara, satuan yang sering digunakan adalah milibar.

Tekanan merupakan faktor yang sangat erat hubungannya dalam kaitannya dengan kejadian siklon tropis,. Hal ini dikarenakan siklon tropis merupakan sebuah sistem tekanan rendah yang diakibatkan oleh perbedaan suhu yang tinggi di sekitarnya (Krishna dan Rao, 2010). Selain diakibatkan oleh tekanan udara pada area lokal yang sangat rendah, perbedaan tekanan secara global seperti akibat perbedaan musim juga dapat mempengaruhi kejadian siklon tropis (Ardiansyah dan Dupe, 2012), dimana pada BBU (Bumi Belahan Utara), siklon tropis terjadi pada pertengahan tahun yang sedang mengalami musim panas di BBU sehingga tekanannya lebih rendah. Sedangkan pada BBS (Bumi Belahan Selatan), siklon tropis terjadi pada akhir hingga awal tahun yang sedang mengalami musim panas dan bertekanan rendah di BBS (Asrianti *et al.*, 2013). Gambar 3 menampilkan gambaran mengenai tekanan udara dunia untuk bulan Januari 2014.

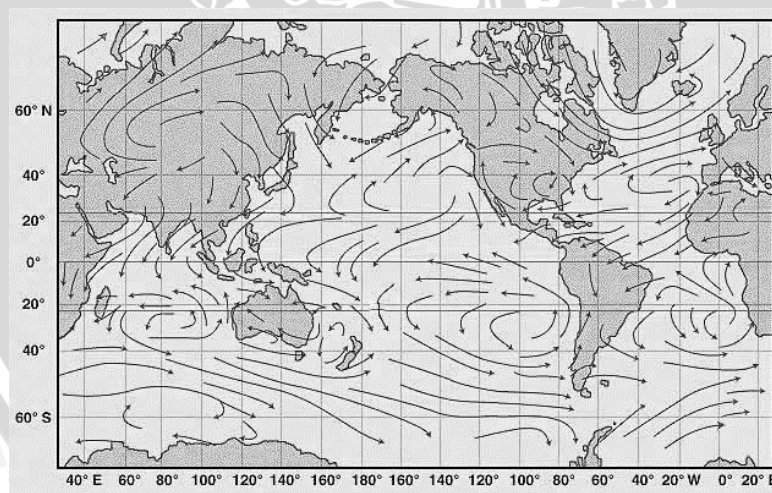


(Sumber: Seafriend.org.nz, 2014)

Gambar 3. Contoh pola tekanan udara global untuk bulan Januari

2.3. Angin

Menurut Santosa dan Mulyanto (2014), angin adalah pergerakan energi yang timbul akibat adanya perbedaan panas dari radiasi sinar matahari yang kemudian menimbulkan perbedaan suhu dan kerapatan dari masa udara di permukaan bumi yang akhirnya menyebabkan perbedaan tekanan dari tempat satu dengan tempat lain dan mengakibatkan udara bergerak. Gambar 4 menampilkan pola umum sirkulasi angin dunia.



(Sumber: studyofplace.terc.edu, 2014)

Gambar 4. Pola sirkulasi angin global

Di daerah tropis angin akan berhembus dari daerah sub tropis menuju ekuator. Hal ini dikarenakan perbedaan suhu di lintang tinggi dengan lintang rendah. Angin ini disebut angin pasat timur laut di BBU (Belahan Bumi Utara) dan

pasat tenggara di BBS (Belahan Bumi Selatan). Keberadaan Indonesia yang terletak di antara dua benua menyebabkan perubahan angin pasat ini menjadi angin muson akibat perubahan posisi matahari yang berganti 6 bulan sekali sesuai musim (Wyrski, 1961).

Pergerakan angin muson dapat mempengaruhi kejadian siklon, termasuk di wilayah Samudera Hindia (Ardiansyah dan Dupe, 2012). Pada saat terjadi siklon tropis, angin merupakan parameter yang tidak bisa diabaikan. Karena siklon sendiri adalah tingkatan angin yang memiliki kecepatan yang kuat. Menurut BOM (1999), kecepatan angin pada dinding pusat siklon tropis dapat mencapai kecepatan 118 km/jam.

2.4. Siklon Tropis

2.4.1. Pengertian Siklon Tropis

Siklon tropis merupakan sebuah badai sirkuler yang memiliki kecepatan angin mencapai 93 km/jam pada pusatnya dengan diameter mencapai 155 km. Salah satu faktor pembentuk siklon tropis adalah adanya SPL cukup tinggi sekitar $>26^{\circ}\text{C}$, tekanan udara yang rendah dan ditambah pengaruh gaya *coriolis* yang kuat yang berada di wilayah tropis (Tjasyono, 2004). Siklon tropis adalah sebuah fenomena badai yang terjadi di laut lepas berupa pusaran angin yang sangat besar dengan disertai petir dan hujan secara tertutup. Badai ini merupakan badai yang hanya terjadi di wilayah perairan tropis hingga sub tropis dengan kelembaban udara yang sangat tinggi. Pergerakan badai siklon tropis akan bergerak menjauhi equator sehingga badai ini jarang sekali terjadi di tengah-tengah equator termasuk di wilayah Indonesia. Badai ini mempunyai luas cakupan hingga sebesar 200 km dengan kecepatan angin mencapai 128 km/ jam dan berlangsung hingga berhari-hari (Pustekkom Bogor, 2005).

Siklon tropis adalah sebuah sistem tekanan rendah non frontal yang mempunyai skala sinoptik dan tumbuh di perairan hangat dengan awan konvektif dan kecepatan angin maksimum mencapai 34 knot. Dengan wilayah yang sering terjadi siklon tropis rata-rata berada di kisaran lintang 10° - 20° (BMKG, 2014) atau paling tidak di atas 5° dengan suhu permukaan laut diatas $26,5^{\circ}$ C bergerak menjauhi ekuator (Mustika, 2008).

Angin kencang dapat terjadi ratusan kilometer dari pusat siklon. Jika kecepatan angin di sekitar pusat mencapai 118 km/jam (hembusan lebih 165 km/jam), maka sistem tersebut menjadi siklon tropis yang parah. Di negara lain hal tersebut dinamakan *Hurricane* atau *Typhoon* (BOM, 1999). Badai siklon tropis dengan angin yang melebihi 64 knot (74 mil / jam) dan beredar berlawanan arah jarum jam sekitar pusat mereka di belahan bumi utara dan searah jarum jam di belahan bumi selatan (Weather World, 1995).

Menurut Pustekkom Bogor (2005), struktur siklon tropis terdiri dari beberapa komponen yaitu:

a) Tekanan Udara Permukaan rendah

Siklon tropis terbentuk di sekitar tekanan udara yang rendah, maka secara pasti tekanan udara di sini sangat rendah.

b) Inti Siklon hangat

Uap air yang naik melepaskan panas sehingga ruang inti akan menghangat.

c) CDO (*Central Dense Overcast*)

Daerah di sekitar inti yang menyerupai pita melingkar.

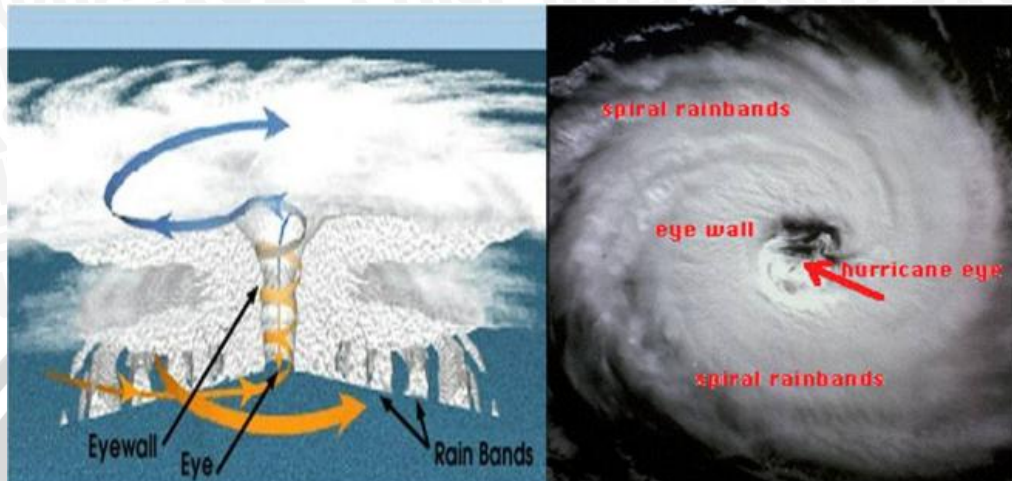
d) Mata Siklon

e) Dinding Mata

Dinding ini yang paling berbahaya karena memiliki kekuatan angin terkuat

f) Aliran Keluar (*Outflow*)

Angin yang keluar pada bagian atas siklon tropis dengan arah berlawanan jarum jam. Sedangkan pada bagian bawah angin akan keluar dengan kuat dan semakin melemah. Lebih jelas dapat dilihat pada Gambar 5.



(Sumber: Weather World, 1995)

Gambar 5. Struktur siklon tropis

BMKG (2014) menjelaskan bahwa kecepatan angin yang paling rendah terdapat di dalam mata siklon yang dikelilingi oleh dinding berdiameter 16km dengan kecepatan angin yang kuat dan memiliki curah hujan yang sangat tinggi. Masa hidup siklon sangat bervariasi antara 3-18 hari tergantung dimana siklon ini akan lewat, karena siklon tropis ini energinya akan terus melemah jika melewati daerah dingin atau bertekanan tinggi maupun di daratan. Perbedaan siklon tropis dengan badai lain yaitu: diperlukan kelembaban dan uap air agar dapat berkembang; siklon tropis terjadi di belahan bumi utara maupun selatan. Di utara putarannya searah jarum jam, sedangkan di selatan berlawanan dengan arah jarum jam; dan datangnya badai dimulai dengan pola perputaran angin tertutup.

BMKG (2009) juga mengemukakan bahwa di dunia ada beberapa daerah yang sering menjadi tempat pertumbuan siklon tropis antara lain dapat dilihat pada Tabel 2. Sedangkan daerah yang sering tumbuh subur mengenai kejadian siklon tropis adalah Samudera Hindia dan wilayah barat Australia.

Tabel 1. Wilayah pertumbuhan siklon tropis di Dunia

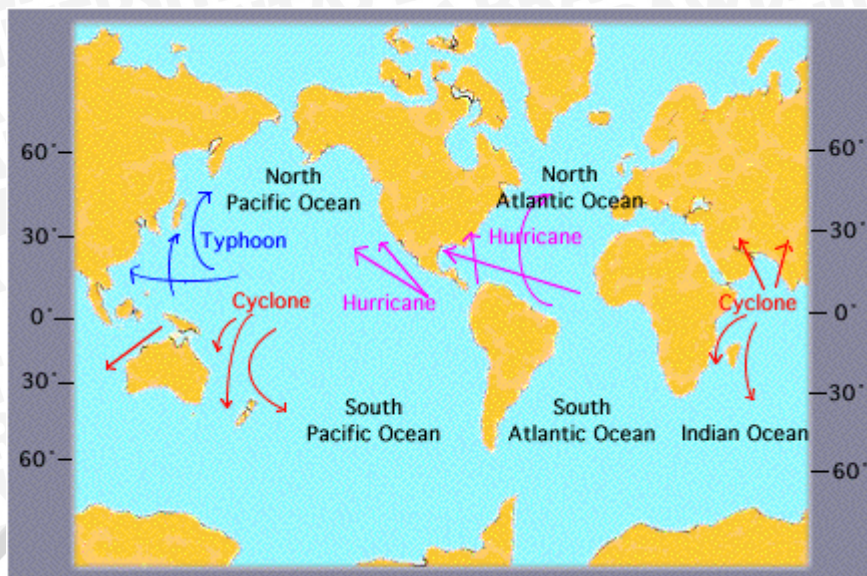
No.	Nama Daerah Pertumbuhan	Luasan Wilayah
1.	Atlantik Utara	Samudera Atlantik Utara, Laut Karibia dan Teluk Meksiko
2.	Pasifik Timur Laut	Amerika Utara hingga 180° BT
3.	Pasifik Barat Laut	Sebelah Barat 180° BT termasuk Laut China Selatan
4.	Hindia Utara	Teluk Benggala dan Laut Arab
5.	Hindia Selatan	Samudera Hindia Selatan sebelah Barat 100° BT
6.	Hindia Tenggara / Australia	Bumi Belahan Selatan 100° – 142° BT
7.	Pasifik Barat Daya / Australia	Bumi Belahan Selatan sebelah Timur 142° BT

(Sumber: BMKG, 2014)

2.4.2. Dasar Penamaan Siklon Tropis

Penamaan pada badai siklon tropis digunakan untuk memudahkan para pakar meteorologi untuk proses identifikasi dan pengamatan pada siklon yang terjadi. Penggunaan nama disusun secara alfabetik yang disusun menjadi enam periode nama yang diulang-ulang selama enam tahun sekali. Setiap wilayah pertumbuhan siklon memiliki aturan dan penamaan yang berbeda-beda. Siklon yang terjadi pertama kali dalam tahun akan diberi nama dengan awal huruf 'A', misal 'Ana' dan selanjutnya akan berlanjut dengan diawali huruf 'B' (WMO, 1999).

Badai-badai seperti *hurricane* disebut dengan nama yang berbeda di berbagai daerah di dunia. Sebagai contoh, nama "*Hurricane*" yang diberikan kepada sistem yang berkembang di atas Atlantik atau Samudera Pasifik timur. Di barat Pasifik Utara dan Filipina, sistem ini disebut "*typhoons*", sementara di India dan Samudra Pasifik Selatan, mereka disebut "*Cyclone* (Siklon)" (Weather World, 1995). Tampilan perbedaan penyebutan siklon dapat dilihat pada Gambar 6.



(Sumber: Weather World, 1995)

Gambar 6. Penyebutan badai siklon di berbagai belahan dunia

Menurut BMKG (2009), badai-badai seperti siklon tropis memiliki nama yang berbeda-beda. Penamaan pada badai ini berbeda dengan masing-masing wilayah. Seperti di Samudra Atlantik dan di sekitar Australia, siklon tropis diberi nama seperti nama manusia. Sedangkan di Samudra Pasifik Barat dan Samudera Hindia Utara, pemberian nama siklon lebih bervariasi, seperti nama tumbuhan, hewan, nama tempat dan nama dewa.

2.4.3. Syarat Terjadinya Siklon Tropis

Menurut Gray (1968), siklon tropis akan terbentuk jika terdapat kondisi-kondisi yang mendukung terjadinya siklon tropis. Berikut adalah kondisi penting agar siklon dapat berkembang:

1. Suhu permukaan di perairan hangat sekitar 26,5°C hingga kedalaman tertentu sekitar 50m.
2. Atmosfer mengalami pendinginan secara cepat
3. Terdapat lapisan basah di troposfer
4. Setidaknya jaraknya sekitar 500 km dari katulistiwa
5. Terdapat gangguan vortisitas dan zona konvergen yang cukup

6. Perpotongan angin (*shear*) di bawah 10 m/s agar tidak terjadi kekacauan dalam pembentukan siklon yang mengganggu proses konveksi

BMKG (2009) juga mengemukakan bahwa pembentukan siklon tropis akan terjadi dengan persyaratan sebagai berikut:

1. SPL minimal 26,5° C sampai pada kedalaman 60 m
2. Ketidakstabilan atmosfer yang membentuk awan Cb, dimana awan tersebut merupakan awan guntur sekaligus penanda wilayah konvektif kuat yang penting dalam perkembangan siklon.
3. Kondisi atmosfer yang lembab pada ketinggian 5 km (atmosfer tengah). Jika kondisi kering siklon tropis akan sulit terbentuk.
4. Jarak antara pusat perkembangan siklon dengan ekuator 500 km. Karena siklon sangat kecil terbentuk di dekat ekuator.
5. Adanya gangguan atmosfer berupa angin yang berputar yang disertai dengan pempunan angin.
6. Perubahan kondisi angin terhadap ketinggian kecil, sehingga badai guntur dapat terbentuk.

Tjasyono (1983) dalam Haryani dan Zubaidah (2012) mengatakan bahwa siklon tropis akan terbentuk jika terdapat 3 syarat sebagai berikut:

- 1) Terdapat konvergensi di permukaan cukup kuat yang menaikkan udara lembab
- 2) Terdapat divergensi pada ketinggian tertentu yang memindahkan udara dan menyebabkan permukaan udara menurun
- 3) Terdapat energi yang cukup untuk mempertahankan sirkulasi udara tersebut.

2.4.4. Mekanisme Pembentukan dan Kategori Kekuatan Siklon Tropis

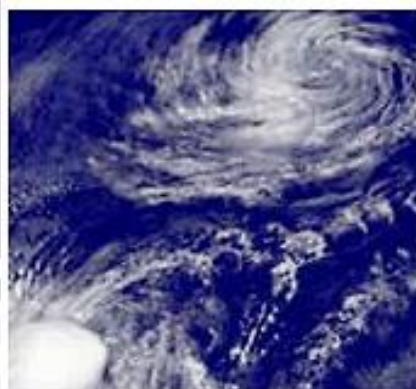
Sebelum menjadi badai siklon tropis, badai ini akan diawali dengan gejala-gejala yang selanjutnya akan berkembang menjadi badai siklon tropis. Seperti yang dijelaskan oleh Mustika (2008), sebelum terjadi siklon tropis akan ada gejala-gejala sebagai berikut:

- a) Mula-mula kecepatan angin akan naik hingga mencapai 20 knot dengan kondisi isobar tertutup akan mengakibatkan depresi tropis.
- b) Kemudian sebelum tumbuh menjadi badai tropis, kecepatan angin akan meningkat menjadi 34-64 knot.
- c) Jika kecepatan angin terus meningkat hingga melebihi 64 knot, maka akhirnya akan berkembang menjadi siklon tropis.

Gambaran mengenai tahapan atau mekanisme pembentukan siklon tropis dijelaskan oleh Pustekkom Bogor (2005):

1) Depresi Tropis (*Tropical Depression*)

Akibat adanya pusat sistem bertekanan rendah mengakibatkan terbentuknya lingkaran awan yang disertai badai petir. Kecepatan dalam badai ini mencapai 17-33 knot dan belum terbentuk pusaran maupun mata siklon. Tampilan depresi tropis dapat dilihat pada Gambar 7.

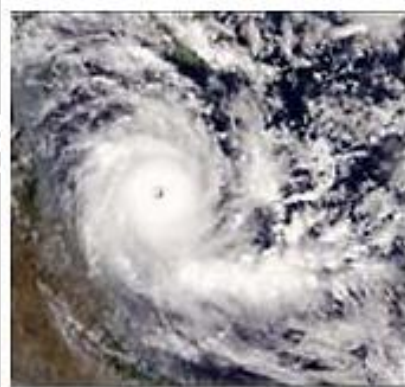


Depresi Tropis

Gambar 7. Depresi Tropis (Sumber: Pustekkom Bogor, 2005)

2) Badai Tropis (*Tropical Storm*)

Fase selanjutnya, badai mulai menampilkan bentuk awan spiral atau melingkar dengan kecepatan angin maksimum antara 17-33 m/s atau 34-63 knot. Pada fase ini badai mulai diberikan nama sesuai dengan daerah dimana badai ini tumbuh. Untuk melihat gambaran Badai Tropis dapat dilihat pada Gambar 8.



Badai Tropis

Gambar 8. Badai Tropis (Sumber: Pustekkom Bogor, 2005)

3) Siklon Tropis (*Tropical Cyclone*)

Akirnya dengan angin yang bergerak melingkar secara kuat dengan kecepatan maksimum melebihi 64 knot, terbentuk badai siklon secara sempurna yang ditandai dengan mulai munculnya mata siklon. Tampilan mengenai siklon tropis dapat dilihat pada Gambar 9.



Hurricane

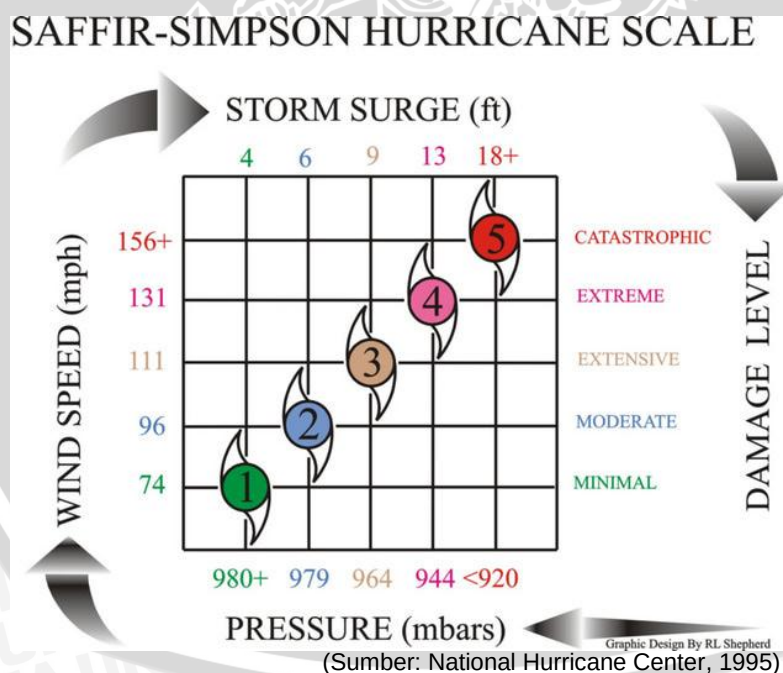
Gambar 9. Siklon Tropis (Sumber: Pustekkom Bogor, 2005)

Menurut *National Hurricane Center* (2005), untuk mengukur skala kekuatan siklon tropis dibuatlah Skala Saffir-Simpson yang dibagi menjadi 5 kategori Tabel 3 dan Gambar 10:

Tabel 2. Skala Saffir-Simpson untuk mengukur kekuatan siklon tropis

Saffir-Simpson Scale for Hurricane Classification				
Strength	Wind Speed (Kts)	Wind Speed (MPH)	Pressure (Millibars)	Pressure
Category 1	64- 82 kts	74- 95 mph	>980 mb	28.94 "Hg
Category 2	83- 95 kts	96-110 mph	965-979 mb	28.50-28.91 "Hg
Category 3	96-113 kts	111-130 mph	945-964 mb	27.91-28.47 "Hg
Category 4	114-135 kts	131-155 mph	920-944 mb	27.17-27.88 "Hg
Category 5	>135 kts	>155 mph	919 mb	27.16 "Hg
Tropical Cyclone Classification				
Tropical Depression		20-34kts		
Tropical Storm		35-63kts		
Hurricane		64+kts or 74+mph		

(Sumber: National Hurricane Center, 1995)



Gambar 10. Perbandingan skala kekuatan dan Dampak yang ditimbulkan oleh siklon tropis

Sedangkan untuk perbandingan skala dapat dilihat pada Skala Beaufort pada Lampiran 3.

2.4.5. Dampak Kejadian Siklon Tropis

Siklon memiliki hembusan angin lebih dari 90 km/jam di sekitar pusat-pusat mereka dan dalam siklon yang besar, hembusan dapat melebihi 280 km/jam. Angin yang sangat kuat dapat menyebabkan kerusakan properti yang luas dan mengubah puing-puing yang ada di udara menjadi rudal berpotensi mematikan. Penting untuk diingat bahwa, selama perjalanan dari pusat siklon atau mata, akan ada jeda sementara di angin, tapi ini akan segera digantikan oleh angin merusak dari arah lain. Selain itu juga menyebabkan hujan deras yang dapat menghasilkan banjir besar, serta gelombang badai (*storm surge*) dengan tinggi 2 hingga 5 meter (BOM, 1999). Tampilan dari *storm surge* dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 11. Gelombang badai (*strom surge*) di daerah pesisir akibat pengaruh siklon tropis

Badai siklon yang berkembang di atas lautan tropis yang hangat dan memiliki angin berkelanjutan lebih dari 64 knot (74 mil / jam). Badai ini mampu menghasilkan angin yang berbahaya, hujan lebat dan banjir, yang semuanya dapat mengakibatkan kerusakan properti yang luar biasa dan hilangnya kehidupan di masyarakat pesisir. Di Amerika, satu contoh badai yang merusak adalah Badai Andrew, yang bertanggung jawab untuk setidaknya 50 orang tewas dan lebih dari \$ 30 miliar dalam kerusakan materi (Weather World, 1995).

Akibat adanya penumpukan energi yang melebihi normal di atmosfer yang dapat mengubah sistem tekanan rendah menjadi badai besar seperti siklon tropis di perairan selatan pulau Jawa, siklon mengakibatkan kondisi atmosfer terganggu dan dalam kondisi yang tidak stabil hingga terjadi cuaca buruk melanda berbagai

daerah. Seperti munculnya Badai Tropis Vince di Samudera Hindia yang terjadi sejak tanggal 12 Januari telah membuat sistem cuaca di Indonesia kacau (BMKG, 2014). Wilayah Indonesia dapat dikatakan hampir bebas dari kejadian siklon tropis karena adanya efek gaya *coriolis* di ekuator (Tjasyono, 2004; Haryani dan Zubaidah, 2012), namun dampak siklon tropis dapat mempengaruhi kondisi cuaca di Indonesia (Haryani dan Zubaidah, 2012).

Berikut dampak kerusakan yang diakibatkan oleh siklon tropis berdasarkan kategorinya / skala kekuatan saffir-simpson menurut BOM (1999):

Tabel 3. Skala Kekuatan Saffir-Simpson

Kategori	Besar tiupan (km/jam)	Efek
Siklon Tropis 1	Kurang dari 125 km/jam Gales	Kerusakan rumah kecil. Kerusakan beberapa tanaman dan pohon. Kapal terseret
Siklon Tropis 2	125 - 164 km/jam Angin merusak	Kerusakan rumah ringan. Kerusakan yang signifikan pada rambu dan pohon. Kerusakan berat pada beberapa tanaman. Listrik padam. Perahu kecil bisa rusak.
Siklon Tropis kuat 3	165 - 224 km/jam Angin sangat merusak	Beberapa atap dan kerusakan struktur rumah. Beberapa gerobak hancur. Listrik padam
Siklon Tropis kuat 4	225 - 279 km/jam Angin sangat merusak	Kerusakan atap dan struktur rumah yang signifikan. Banyak gudang hancur dan tertiuap angin. Puing-puing bangunan di udara yang berbahaya. Padamnya listrik.
Siklon Tropis kuat 5	More than 280 km/jam Angin ekstrim	Sangat berbahaya dengan kehancuran yang luas.

(Sumber: BOM, 1999)

2.5. Hubungan antara SPL, Tekanan udara dan Kecepatan dengan Siklon Tropis

Saat musim barat tepatnya pada bulan Oktober hingga April, di Indonesia pada umumnya sedang mengalami musim barat. Pada saat musim barat ini tekanan udara di Australia lebih rendah daripada di Asia sehingga mengakibatkan angin berhembus menuju Australia. Angin ini disebut angin monsun barat. Angin

ini akan membawa partikel air yang dibawa dari perairan samudera pasifik dan laut cina selatan menuju selatan sehingga Indonesia mengalami musim penghujan. Perbedaan tekanan udara ini disebabkan oleh posisi matahari yang pada musim tersebut lebih condong ke belahan bumi selatan sehingga di Australia memiliki intensitas sinar matahari yang lebih lama dan panas daripada wilayah Asia (Wyrkti, 1961).

Intensitas cahaya matahari yang cukup lama di wilayah selatan tersebut menimbulkan perairan cukup panas. Hal ini juga menimbulkan kenaikan suhu permukaan laut di wilayah tersebut. Adanya kenaikan suhu permukaan laut, kelembaban udara yang tinggi dan curah hujan yang tinggi akan dapat menimbulkan adanya badai di tengah laut. Ini karena kenaikan suhu permukaan laut akan membuat sebuah titik yang memiliki tekanan yang rendah daripada wilayah di sekitarnya (BMKG, 2014). Itulah kenapa siklon tropis di selatan Jawa banyak terjadi pada musim barat. Seperti diuraikan sebelumnya bahwa tekanan yang rendah akan membuat masa udara dapat bergerak dari tekanan tinggi menuju tekanan yang rendah tersebut (Haryani dan Zubaidah, 2012). Sehingga jika kenaikan suhu ini akan terus berlangsung lama dan semakin membesar, maka akan menimbulkan titik tujuan angin yang berasal dari berbagai arah dengan dibarengi oleh kondisi atmosfer yang memiliki masa air yang banyak dan hangat akan membentuk sebuah badai dengan intensitas kekuatan yang tinggi. Badai laut ini akan berkembang dari depresi biasa kemudian menjadi badai tropis dan akhirnya menjadi siklon tropis yang mampu merusak segala yang dilaluinya.

Peningkatan frekuensi siklon tropis yang hebat akhir-akhir ini sangat berhubungan dengan suhu permukaan laut sebagai respon dari adanya perubahan iklim. Suhu permukaan laut yang lebih tinggi umumnya dapat menimbulkan kenaikan uap air di atmosfer, kemudian menciptakan energi statis basah seperti menjadi bahan bakar. Lingkungan termodinamika yang bersekala

besar menjadi lebih menguntungkan terhadap terwujudnya siklon tropis sebagaimana berubahnya sirkulasi atmosfer, pengaruh terhadap stabilitas atmosfer dan perubahan arah angin (Krishna dan Rao, 2010).

2.6. Penginderaan Jauh

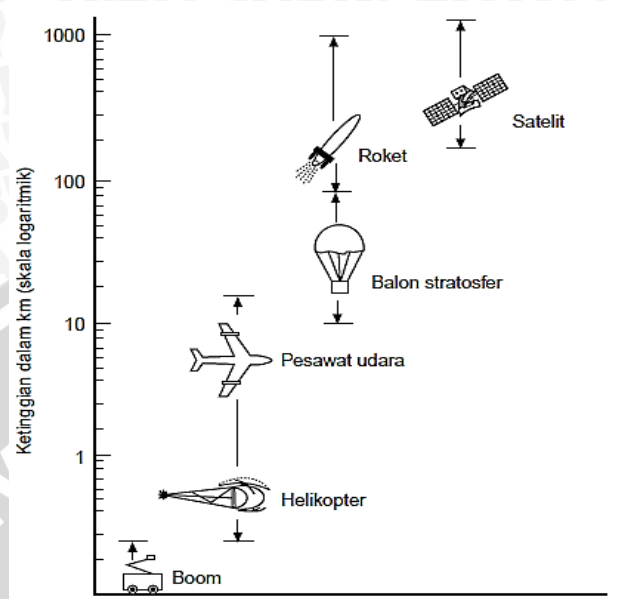
Penginderaan jauh merupakan ilmu dan seni yang digunakan untuk mendapatkan informasi mengenai suatu obyek, wilayah atau gejala dengan cara melakukan analisa pada data yang diperoleh dari suatu alat tanpa kontak langsung dengan obyek yang akan dikaji maupun diamati (Lillesand dan Kiefer, 1990).

Menurut Hartono (2010) untuk memahami konsep penginderaan jauh harus memahami mengenai konsep resolusi yang sangat menentukan kualitas dan setiap rinci obyek yang dipantau. Sistem penginderaan jauh memiliki beberapa resolusi yaitu:

- 1) Resolusi spasial yaitu rincian data obyek dari sistem penginderaan jauh berbentuk ukuran obyek terkecil atau disebut pixel (*picture element*).
- 2) Resolusi spektral yaitu besar kecilnya spektrum gelombang elektromagnetik yang digunakan dalam penginderaan jauh.
- 3) Resolusi temporal yaitu banyaknya perekaman ulang oleh sistem penginderaan jauh pada obyek yang sama. Semakin sering maka semakin bagus dan dapat menutupi titik yang tidak terpantau sebelumnya.
- 4) Resolusi radiometrik yaitu menunjukkan kekuatan sinyal yang sampai pada obyek.

Hasil observasi dari penginderaan jauh disebut citra, yaitu gambaran yang tampak dari suatu objek yang telah diamati sebagai hasil liputan atau rekaman dari sensor yang diletakkan pada wahana pembawa sensor untuk melakukan proses

penginderaan jauh. Wahana tersebut dapat berupa balon udara, pesawat terbang, satelit atau wahana lainnya dapat dilihat pada Gambar 12 (Meurah, 1995).



(Sumber: Meurah, 1995)

Gambar 12. Macam-macam wahana penginderaan jauh berdasarkan ketinggian

Hartono (2010) mengatakan bahwa kemajuan teknologi pada penginderaan jauh dengan menggunakan sistem satelit dapat menghasilkan citra yang mempunyai resolusi spasial (berdasarkan ukuran pixel), resolusi spektral (berdasarkan panjang gelombang), dan resolusi temporal yang cukup tinggi. Sehingga hal tersebut mampu memberikan kemudahan dan sangat membantu dalam melakukan kegiatan penginderaan jauh seperti pemetaan, pemantauan maupun memodelkan suatu wilayah dengan sangat mudah dan efisien dibandingkan dengan cara konvensional.

Aqua MODIS

Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) merupakan instrumen kunci dari satelit Terra (EOS AM) dan Aqua (EOS PM). Orbit dari satelit Terra mengelilingi bumi berdasarkan waktu sehingga saat lewat dari utara ke

selatan dan tiba di equator di pagi hari, sedangkan satelit Aqua lewat dari selatan ke utara hingga melewati equator pada siang hari. Keduanya mengamati seluruh permukaan bumi membutuhkan waktu 1–2 hari, memperoleh data dalam 36 band spektral atau dikelompokkan dalam panjang gelombang. MODIS memainkan peranan penting dalam pengembangan validasi, global, model sistem bumi interaktif yang dapat memprediksi perubahan global dengan cukup akurat untuk membantu pemerintah dalam pembuatan keputusan mengenai perubahan lingkungan (NASA, 2014).

Aqua MODIS merupakan satelit yang sering digunakan dalam rangka pengamatan, penelitian, dan untuk menganalisa lahan, lautan maupun atmosfer bumi beserta masing-masing interaksinya. MODIS memiliki keunggulan dalam mengamati seluruh permukaan bumi dalam waktu yang cukup cepat yaitu 1 – 2 hari dengan luas pengamatan mencapai 2300 km dan resolusi spasial yang tinggi yaitu 250 – 1000 dengan 3 band (Rastermaps.com, 2014). Tampilan satelit Aqua MODIS dapat dilihat pada Gambar 13.



(Sumber: NASA, 2014)

Gambar 13. Satelit Aqua

Satelit Aqua mempunyai spesifikasi fungsi untuk mengamati keadaan di bumi seperti siklus air mulai dari samudera, evaporasi, awan, presipitasi, kelembaban tanah, es dan salju. Sedangkan objek yang diukur adalah

aerosol, tutupan tumbuan, plankton, *Total Suspended Solid* (TSS) dan suhu (Karif, 2011). Satelit Aqua memiliki spesifikasi sebagai berikut (NASA, 2014):

Karakteristik Orbit

Sikronisasi matahari

Melewati ekuator	: 1:30 PM, dari utara ke selatan
Inklansi	: 98°
Ketinggian	: 705 km
Periode	: 99 menit
Tingkat kesalahan	: 0,0015

Statistik Peluncuran

Wahana	: <i>Two-stage Delta II 7920-10L</i> dengan 9 tali pengikat pada roket
Site	: <i>SLC-2W, Range barat, Vandenberg Air Force Base, California</i>
Tanggal Peluncuran	: 4 Mei 2002 pukul 2.55 AM
Jendela	: 1335 – 1345 LMST

Statistik Vital

Berat	: 2934 kg
Tenaga	: 4860 watt
Ukuranmuatan	: 2,7 m x 2,5 m x 6,5 m
Ukuran badan	: 4,8 m x 16,7 m x 8 m
Masa hidup	: 6 tahun

Hasil citra dari satelit Aqua disebut dengan Citra Aqua MODIS. Citra Aqua dapat digunakan untuk penelitian-penelitian yang ada di sektor kelautan maupun perikanan. Misalnya untuk mengamati daerah upwelling, distribusi klorofil-a, suhu permukaan laut dan memprediksi daerah penangkapan ikan. Sedangkan berikut adalah spesifikasi MODIS menurut NASA (2014):

Orbit	: 705 km, 10:30 a.m. descending node (Terra) or 1:30 p.m. ascending node (Aqua), sun-synchronous, near-polar, ircular
Kecepatan scan	: 20,3 rpm, cross track
Dimensi	: 2330 km (cross track) by 10 km (along track at nadir)
Teleskop	: 17,78 cm diam. off-axis, afocal (collimated), with intermediate field stop
Ukuran	: 1,0 x 1,6 x 1,0 m
Berat	: 228,7 kg
Tenaga	: 162,5 W (rata-rata sekali orbit)
Kecepatan data	: 10,6 Mbps (aktu siang); 6,1 Mbps (rata-rata orbit)
Quantization	: 12 bits

Resolusi spasial : 250 m (bands 1-2)
 500 m (bands 3-7)
 1000 m (bands 8-36)

Masa hidup : 6 tahun

Sedangkan berikut adalah spesifikasi band atau saluran pada sensor MODIS menurut NASA (2014):

Tabel 4. Spesifikasi Band MODIS

Primary Use	Band	Bandwidth (μm)	Spectral Radiance (W/m^2)	Required NE[Δ]T(K)
Surface/Cloud Temperature	20	3,660 - 3.840	0,45(300K)	0,05
	21	3,929 - 3.989	2,38(335K)	2,00
	22	3,929 - 3.989	0,67(300K)	0,07
	23	4,020 - 4.080	0,79(300K)	0,07
Atmospheric Temperature	24	4,433 - 4.498	0,17(250K)	0,25
	25	4,482 - 4.549	0,59(275K)	0,25
Cirrus Clouds Water Vapor	26	1,360 - 1.390	6,00	150(SNR)
	27	6,535 - 6.895	1,16(240K)	0,25
	28	7,175 - 7.475	2,18(250K)	0,25
Cloud Properties	29	8,400 - 8.700	9,58(300K)	0,05
Ozone	30	9,580 - 9.880	3,69(250K)	0,25
Surface/Cloud Temperature	31	10,780 – 11,280	9,55(300K)	0,05
	32	11,770 – 12,270	8,94(300K)	0,05
Cloud Top Altitude	33	13,185 – 13,485	4,52(260K)	0,25
	34	13,485 – 13,785	3,76(250K)	0,25
	35	13,785 – 14,085	3,11(240K)	0,25
	36	14,085 – 14,385	2,08(220K)	0,35

(Sumber: NASA, 2014)

2.7. Penelitian-penelitian Sebelumnya

Siklon tropis di negara lain, terutama negara yang dekat dengan lokasi bertumbuhnya siklon tropis telah banyak dilakukan penelitian. Gray (1968) melakukan penelitian mengenai Fenomena badai siklon tropis secara global. Hasil penelitiannya adalah mengenai faktor seperti siklon tumbuh di atas lintang 20° , pertumbuhan siklon dipengaruhi oleh Ekman atau konvergensi angin secara vertikal yang menyebabkan awan kumulus naik dan menimbulkan perputaran awan.

Selanjutnya Whitney dan Hobgood (1997) melakukan penelitian mengenai hubungan SPL dengan intensitas maksimum dari kejadian siklon tropis yang hasilnya bahwa SPL bukan faktor utama dalam kaitannya dengan intensitas siklon.

Hal yang sama dilakukan oleh Dare dan McBride (2011) dengan meneliti pengaruh suhu terhadap siklon tropis yang dikaitkan dengan fenomena *upwelling*, dimana suhu dapat mempengaruhi intensitas siklon tropis. Sebelumnya Camargo dan Sobel (2005) melakukan penelitian mengenai hubungan siklon tropis dengan ENSO. Hasilnya ENSO mempengaruhi *Accumulated Cyclone Energy (ACE)* yang akhirnya berpengaruh pada masa hidup siklon.

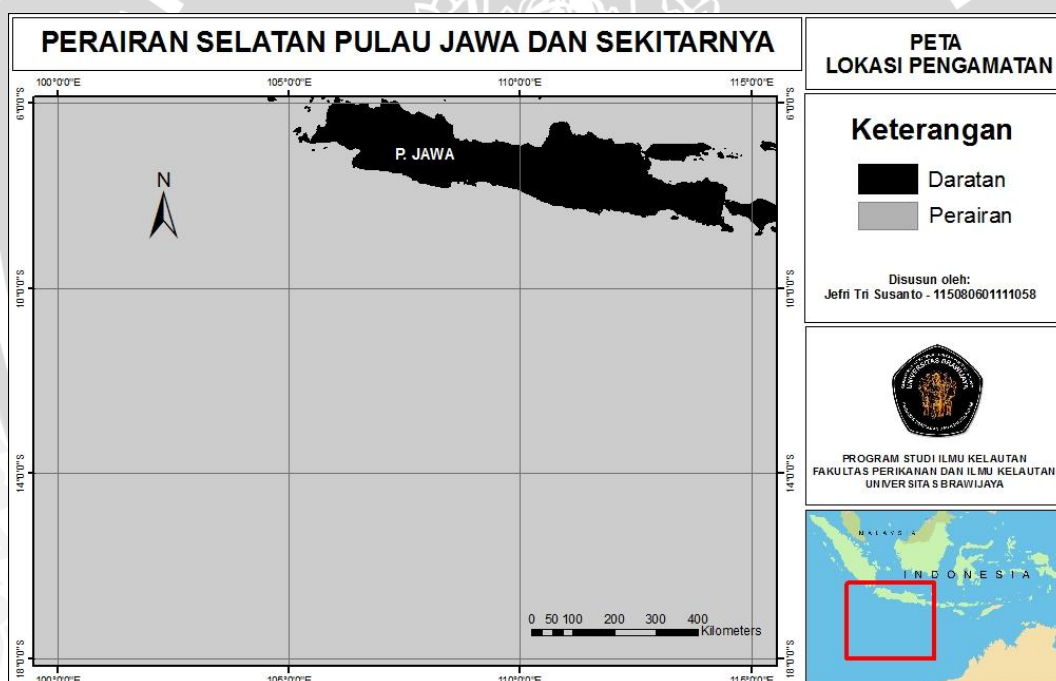
Knutson *et al.* (2010), melakukan penelitian mengenai pengaruh perubahan iklim dalam kaitannya dengan kejadian siklon tropis dan melakukan permodelan. Hasilnya, intensitas kekuatan siklon tropis mengalami peningkatan, sedangkan frekuensi kejadian tidak mengalami peningkatan. Penelitian hampir sama di Asia dilakukan Krishna dan Rao (2010) dari Andhra University India yang melakukan penelitian mengenai pengaruh pemanasan global terhadap siklon tropis dan variabilitas muson. Hasilnya, akibat pengaruh pemanasan global yang berpengaruh pada musim panas di India dan menyebabkan aktivitas siklon meningkat.

Di Indonesia, penelitian mengenai siklon tropis kebanyakan mengambil topik studi kasus pada beberapa kejadian siklon atau menghubungkan kejadian siklon tropis dengan fenomena lain. Sedangkan penelitian mengenai siklon tropis yang dihubungkan dengan parameter-parameter seperti SPL, tekanan udara maupun kecepatan angin secara *time series* dengan jangka periode pengamatan yang panjang belum banyak dilakukan. Seperti penelitian Asrianti *et al.* (2013) mengenai kajian beberapa siklon tropis yang terjadi di sekitar Indonesia berupa energi mekanik yang dihasilkan dan kesimpulan lokasi kejadian. Kemudian Haryani dan Zubaidah (2012) yang melakukan kajian kejadian siklon tropis dengan metode penginderaan jauh. Hal yang sama dilakukan oleh Suryantoro (2008) tentang kajian siklon tropis dengan bantuan satelit TRMM, dan penelitian-penelitian lain mengenai siklon tropis dan dinamikanya.

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan selama bulan Maret hingga April di Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Brawijaya, Malang. Sedangkan lokasi pengamatan yang diambil adalah wilayah perairan selatan Jawa dan sekitarnya. Lokasi ini terletak di antara Pulau Jawa dengan Australia. Pemilihan lokasi penelitian didasarkan pada kondisi perairan yang merupakan salah satu tempat pertumbuhan siklon tropis di bagian selatan samudera Hindia dan berpengaruh terhadap cuaca maupun kondisi Hidrooseanografi di wilayah Indonesia. Peta lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 14.



Gambar 14. Peta Lokasi Penelitian

3.2. Data dan Peralatan Penelitian

Ada pun data penelitian yang digunakan dalam penelitian ini tersaji pada Tabel 5. Sedangkan alat yang digunakan dalam penelitian ini tersaji pada Tabel 6.

Tabel 5. Data Penelitian

No.	Data	Jenis & Fungsi Data
1.	Data SPL MODIS Level 3 komposit bulanan Juli 2002 – Desember 2014 dan data SPL harian sesuai kejadian siklon tropis	Data citra satelit yang didapatkan dari situs NASA http://oceancolor.gsfc.nasa.org untuk mengetahui nilai SPL
2.	Data rekam kejadian siklon tropis Juli 2002 – Desember 2014	Data index siklon yang didapatkan dari situs http://weather.unisys.com/hurricane/index.php untuk mengetahui index siklon
3.	Data tekanan udara 2002-2014	Data yang didapatkan dari situs <i>European Centre for Medium-range Weather Forecasts (ECMWF)</i> untuk melihat tekanan atmosfer di permukaan laut (http://www.ecmwf.int)
4.	Data kecepatan angin 2002-2014	Data yang didapatkan dari situs ECMWF untuk melihat kecepatan angin (http://www.ecmwf.int)
5.	Data basemap kepulauan Indonesia	bahan untuk desain dan layout peta

Tabel 6. Peralatan Penelitian

No.	Alat	Fungsi
1.	Laptop atau komputer dengan spesifikasi RAM diatas 2.00 GB dan Sistem Operasi <i>Windows</i> 7/8 32-bit	Sebagai sarana penunjang dalam pengolahan data dan penyusunan laporan

2.	ENVI 4.8	Software yang digunakan sebagai sarana pengolahan data SPL
3.	ArcGis 9.3	Sebagai sarana untuk desain dan layout peta
4.	Microsoft Office Excel 2007	Sebagai sarana pengolahan data angka
5.	ODV 4	Sebagai sarana untuk mengolah data tekanan udara dan kecepatan angin

Berikut adalah tabel Input dan Output dari data yang dikumpulkan:

Tabel 7. Data Input-Output Penelitian

No.	Input	Proses	Output
1.	Data citra SPL 2002-2014	Pengolahan data	Nilai dan anomali SPL 2002-2014
2.	Data index siklon tropis 2002-2014	Identifikasi	Data rekam siklon tropis berdasarkan lokasi dan waktu pengamatan
3.	Data tekanan udara permukaan	Pengolahan data	Nilai dan anomali tekanan udara
4.	Data kecepatan angin	Pengolahan data	Nilai dan anomali kecepatan angin

3.3. Pengumpulan Data

Pengumpulan data tentang analisis hubungan SPL, tekanan udara dan kecepatan angin terhadap fenomena siklon tropis di perairan selatan Jawa dan sekitarnya dengan cara download. Data yang digunakan merupakan data dari satelit dan tidak mengukur secara langsung di lokasi pengamatan. Data mentah yang dihasilkan dari satelit ini berupa citra (*imagery*) atau rekam gambar yang mendeskripsikan nilai SPL dan didownload dari situs NASA <http://oceancolor.gsfc.nasa.com>, dengan resolusi spasial data tersebut 9 km time series bulanan dari bulan Juli 2002 – Desember 2014 level 3. Sedangkan data

SPL harian sesuai kejadian siklon yang akan digunakan untuk analisis statistik, didownload sesuai aktu kejadian siklon.

Data kejadian siklon tropis didapatkan dari situs <http://weather.unisys.com/hurricane/index.php> berupa index kejadian SPL pada waktu yang sama yang sebelumnya telah disortir berdasarkan wilayah pengamatan. Untuk data variabel Kekuatan siklon yang akan digunakan untuk proses analisis statistik adalah data status atau kategori kekuatan siklon dari skala 1 untuk badai tropis, 2 untuk siklon kategori 1, 3 untuk siklon kategori 2, 4 untuk siklon kategori 3, 5 untuk siklon kategori 4 dan 6 untuk siklon kategori 5. Sedangkan data variabel masa hidup siklon, digunakan data periode kemunculan siklon dari mulai muncul hingga mati yaitu *range* 2 hari sampai 9 hari. Selain itu, untuk memperkuat hasil pengamatan ditambahkan pula data tekanan udara dan data kecepatan angin dengan lokasi dan waktu yang sama dan keduanya didapatkan dari situs *European Centre for Medium-range Weather Forecasts (ECMWF)* <http://www.ecmwf.int>.

Metode observasi dilakukan dengan cara analisis terhadap data dengan terlebih dahulu dilakukan pengolahan data mulai dari pengambilan data SPL, tekanan udara dan kecepatan angin sampai pengolahan data anomali dan kaitannya dengan fenomena siklon tropis di perairan selatan Jawa dan Sekitarnya.

3.4. Pengolahan Data

Setelah semua data yang dibutuhkan telah didapatkan, langkah selanjutnya adalah dilakukan pengolahan data agar didapatkan data matang yang siap dilakukan analisis. Pada data SPL citra satelit, dilakukan ekstrakting menggunakan software *ENVI*, lalu dilakukan pemotongan wilayah sesuai lokasi pengamatan, dimana akan didapatkan data nilai SPL perairan selatan Jawa

selama tahun 2002 hingga 2014 maupun data SPL harian sesuai lokasi kejadian siklon yang selanjutnya dimasukkan ke dalam Excel.

Data tekanan udara dan kecepatan angin yang telah didownload dari ECMWF selama tahun 2002 hingga 2014 dilakukan pengolahan data menggunakan *software* ODV dengan hasil akhir berformat *.txt*. Untuk data tekanan udara dan kecepatan angin yang berformat harian dan sesuai koordinat, dilakukan rata-rata bulanan agar data dapat disesuaikan dengan data SPL yang berformat bulanan juga. Khusus data kecepatan angin, sebelum dilakukan proses rata-rata, terlebih dahulu dilakukan perhitungan pada data komponen U dan V dengan menggunakan rumus:

$$V = \sqrt{u^2 + v^2} \dots\dots\dots(1)$$

Dimana,

V : Kecepatan Angin (m/s)

u dan v : Komponen angin u dan v

Data rekam siklon tropis diperoleh dari Unisys dan dilakukan kontrol data berdasarkan lokasi pengamatan. Lokasi pengamatan berada pada koordinat 7° LS – 18° LS dan 100° BT – 115° BT. Hasil pengolahan data dimasukkan ke dalam Excel agar dapat dilakukan analisis, sedangkan lokasi terjadinya siklon digambarkan ke dalam peta dengan menggunakan *software* ArcGIS sesuai dengan koordinat data dimana ditemukan siklon tropis.

3.5. Analisis Data

Metode analisis yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode deskriptif, yaitu melakukan penelitian terhadap suatu objek kemudian menjelaskan fakta, sifat dan hubungan antar fenomena dari penelitian tersebut secara sistematis, factual dan akurat (Nazir, 2005). Analisis data dilakukan secara digital, visual dan statistik, namun secara penyusunan dilakukan dengan cara *time series*

dan berdasarkan musim. Analisis *time series* digunakan untuk mengetahui variasi dari masing-masing parameter selama tahun 2002 hingga 2014 baik itu berupa nilai asli maupun nilai anomali. Nilai anomali didapatkan dari hasil selisih nilai asli dengan nilai rerata dari semua tahun. Sedangkan analisis berdasarkan musim digunakan untuk mengetahui variasi dari masing-masing parameter berdasarkan musim, yaitu musim barat, musim peralihan I, musim timur dan musim peralihan II. Format musim yang digunakan adalah format musim dari Nontji (2008) yang membagi musim menjadi 3 bulanan. Musim barat dimulai pada bulan Desember hingga Februari, musim peralihan I pada bulan Maret-Mei, musim timur pada bulan Juni-Agustus dan musim peralihan II pada bulan September-November.

Adapun analisis statistik digunakan untuk menghubungkan masing-masing parameter dengan kejadian siklon tropis. Variabel kontrol siklon tropis dalam hal ini adalah Variabel Masa Hidup Siklon dan Variabel Kekuatan Siklon. Sedangkan data variabel bebas dari parameter-parameter adalah Variabel SPL dari citra satelit harian, Variabel Tekanan Udara Permukaan Minimum pada saat terjadi siklon tropis dan Variabel Kecepatan Angin Maksimum pada saat terjadi siklon.

3.3.2.1. Analisis Data Digital

Data SPL, tekanan udara, kecepatan angin dan rekam kejadian siklon tropis yang telah diolah mempunyai nilai angka yang kemudian digunakan dalam proses analisis data digital. Untuk data SPL, tekanan udara dan kecepatan angin dilakukan analisis mengenai karakteristiknya secara *time series* dan musiman dengan memperhatikan besar-kecilnya nilai data. Selain itu, juga dilakukan analisis terkait anomali yang terjadi pada setiap parameter.

Analisis digital terhadap data rekam siklon tropis dilakukan dengan melihat jumlah kejadian pada tiap tahun berupa intensitas kekuatan dan masa hidup, serta frekuensi siklon tropis yang terjadi. Dengan membandingkan masing-masing nilai

dari data SPL, tekanan udara, kecepatan angin dan skala, serta masa hidup kejadian siklon topis yang terjadi pada lokasi yang sama, maka dapat diketahui hubungan keduanya.

3.3.2.2. Analisis Data Secara Visual

Analisis data secara visual yang pertama dilakukan yaitu dengan melihat gambaran karakteristik SPL dari data citra SPL, data tekanan udara, kecepatan angin dan kejadian siklon tropis yang sudah diolah tahun 2002 sampai dengan 2014. Proses analisis visual dimulai dengan melihat pola atau dinamika masing-masing parameter secara visual atau pandangan mata berdasarkan *time series*, musiman dan anomalnya dengan membuat grafik sehingga dapat diketahui perubahan tiap parameter. Untuk data kejadian siklon tropis dilakukan analisis secara visual dengan melihat grafik intensitas dan frekuensi yang telah dibuat untuk melihat naik turunnya kejadian selama periode pengamatan. Selain itu dilakukan juga pembuatan peta lokasi kejadian siklon tropis setiap tahun dan semua tahun untuk mengetahui pada koordinat berapa siklon tropis terjadi di wilayah selatan Jawa.

3.3.2.3. Analisis Statistik

Analisis hubungan SPL, tekanan udara dan kecepatan angin terhadap kekuatan dan masa hidup siklon tropis dilakukan dengan menggunakan analisis statistik untuk menentukan hasil hubungan antara SPL, tekanan udara dan kecepatan angin dengan kekuatan dan masa hidup siklon tropis. Untuk mengetahui hubungan tersebut dilakukan Analisis Regresi Linear sederhana guna mencari nilai Rsquare (R^2). Jika nilai Rsquare mendekati angka 1 atau lebih tinggi dari 0,5, maka dapat dikatakan bahwa variabel uji memiliki pengaruh yang kuat terhadap variabel kontrol. Sedangkan jika nilai Rsquare kecil atau kurang dari 0,5,

maka dapat dikatakan memiliki pengaruh yang lemah atau bahkan tidak berpengaruh. Menurut Sugiyono (2013), rumus analisis regresi linear sederhana adalah :

$$y = a + bx \dots\dots\dots(2)$$

Dimana:

y = Variabel respon atau variabel akibat (dependen)

x = Variabel prediktor atau variabel faktor penyebab (independen)

a = Konstanta

b = Koefisien regresi (kemiringan)

Selain itu, untuk melihat keeratan hubungan digunakan pula statistik korelasi. Koefisien korelasi diberi simbol r . Jika nilai r mendekati ± 1 , maka masing-masing variabel memiliki hubungan keeratan yang kuat. Sedangkan jika nilai r mendekati 0, maka hubungannya sangat lemah. Bentuk hubungan dibagi menjadi 4, yaitu korelasi positif untuk nilai r yang bernilai positif (+) yang berarti berhubungan lurus, korelasi negatif untuk r yang memiliki nilai negatif (-) yang berarti hubungan terbalik, tidak ada korelasi, dan korelasi sempurna. Dengan persamaan sebagai berikut:

$$r = \frac{n\sum X_2Y - \sum X_2 \sum Y}{\sqrt{(n\sum X_2^2 - (\sum X_2)^2)(n\sum Y^2 - (\sum Y)^2)}} \dots\dots\dots(3)$$

dimana:

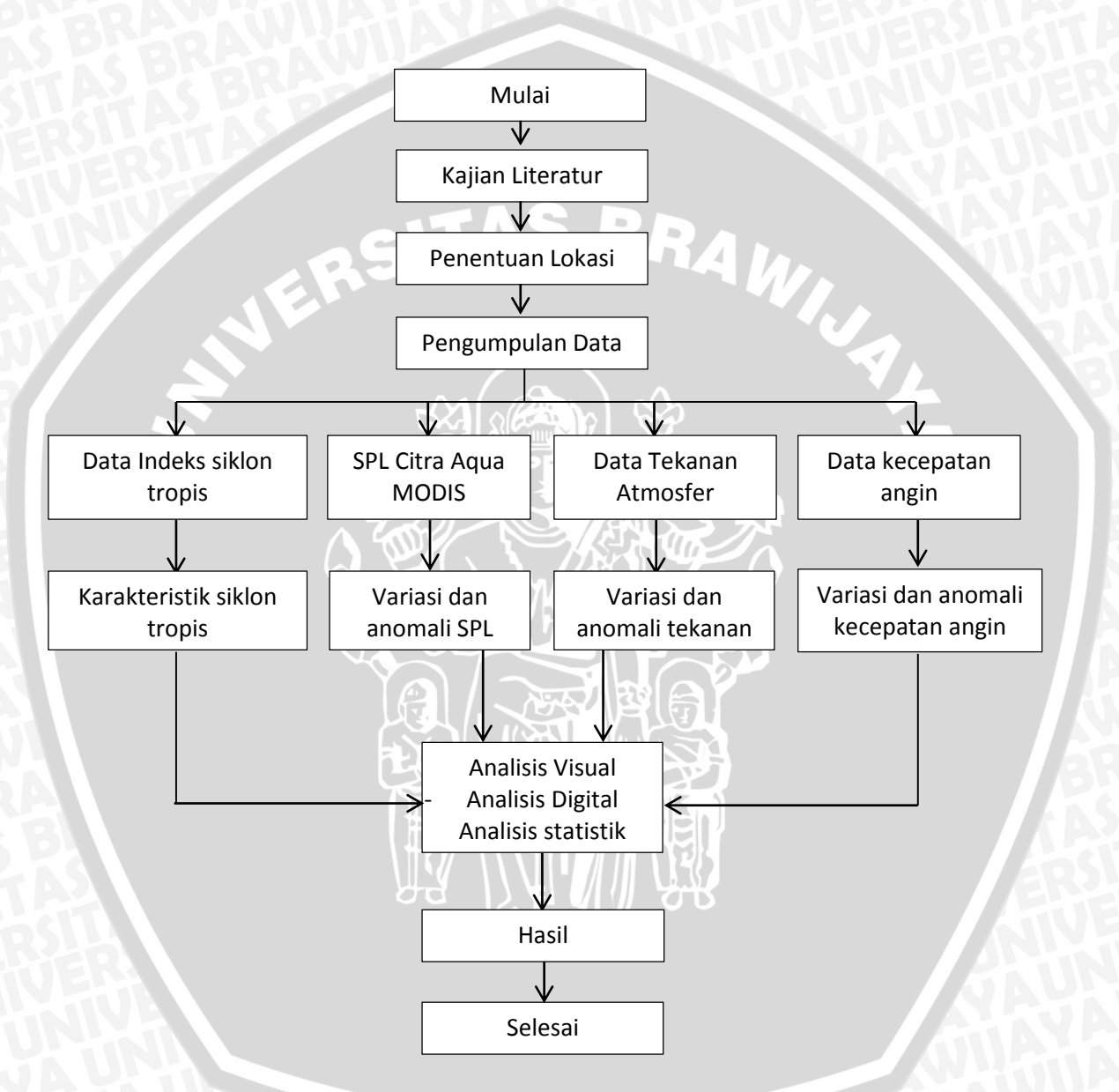
r = koefisiensi korelasi

n = ukuran sampel

X_1, X_2, X, Y = variabel-variabel yang dikorelasikan

3.6. Alur Penelitian

Diagram alir penelitian mengenai Analisis Hubungan SPL, Tekanan Udara dan Kecepatan Angin Terhadap Kekuatan dan Masa Hidup siklon tropis digambarkan pada Gambar 15.



Gambar 15. Diagram Alir Penelitian

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Variasi SPL

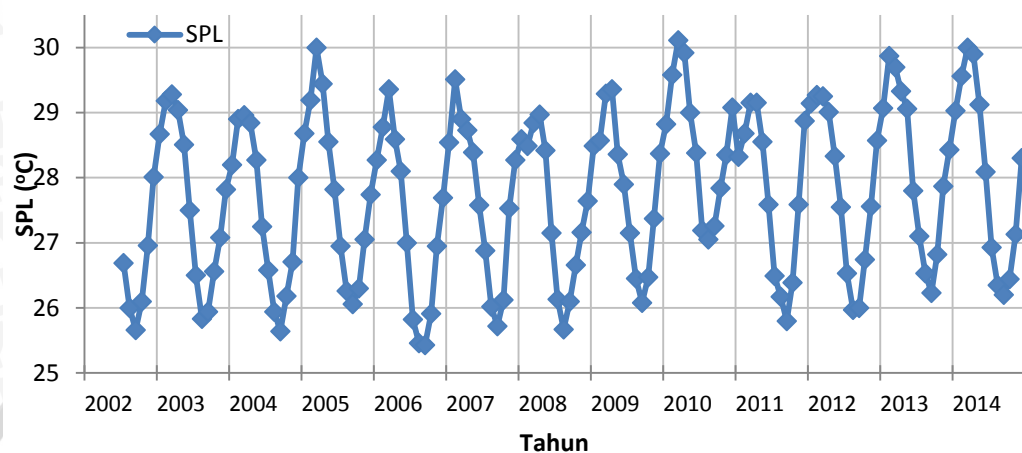
Setelah dilakukan pengolahan data citra satelit Aqua MODIS selama periode Juli 2002 hingga Desember 2014 di wilayah perairan selatan Jawa maka didapatkan data nilai SPL secara bulanan yang kemudian disusun berdasarkan *time series*, berdasarkan variasi musiman dan dicari nilai anomali SPL untuk memudahkan dalam analisis sebaran atau variasi SPL yang terjadi.

4.1.1. Variasi SPL Tahun 2002-2014

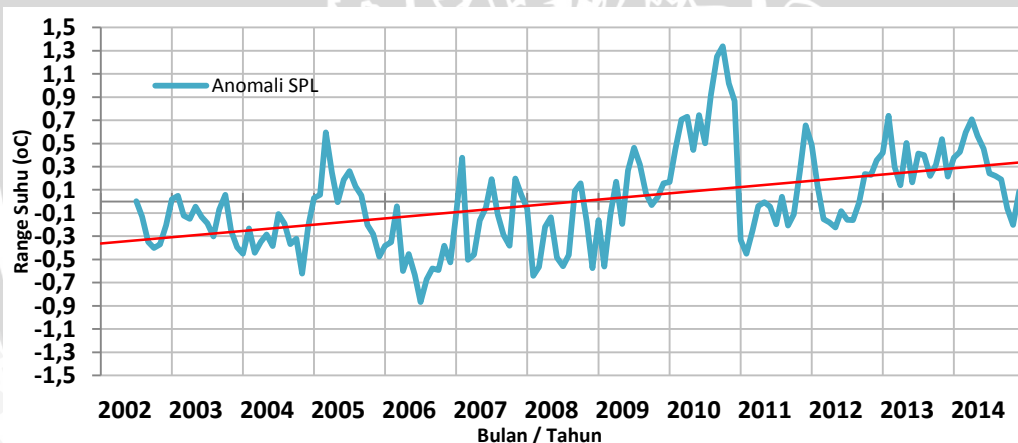
Variasi SPL pada tahun 2002 hingga 2014 mengalami fluktuasi dimana SPL yang rendah terdapat pada bulan Juni, Juli, Agustus, September dan Oktober. Kemudian mengalami kenaikan secara perlahan dari bulan November sampai April, lalu menurun lagi mulai bulan Mei. Pola seperti ini terus berulang dari periode tahun 2002 hingga 2014. Namun hal yang berbeda terjadi pada tahun 2010 dan awal 2011 dimana pada bulan November dan Desember 2010, SPL mengalami peningkatan, lalu pada bulan Januari dan Februari 2011 mengalami penurunan yang cukup mencolok dari tahun-tahun sebelumnya dan meningkat lagi pada bulan Maret dan April 2011. Selanjutnya kembali pada pola seperti sebelumnya. SPL rata-rata terendah terdapat pada bulan September tahun 2006 sebesar $25,43^{\circ}\text{C}$, sedangkan SPL rata-rata tinggi terdapat pada bulan Maret tahun 2010 sebesar $30,11^{\circ}\text{C}$. Secara *time series*, dapat dilihat pada grafik bahwa variasi SPL selama periode 2002 hingga 2014 mengalami tren peningkatan suhu hampir sebesar 1°C , yakni berkisar antara 27° - 28°C . Lebih detail dapat dilihat pada Gambar 16.

Selanjutnya pada Gambar 17 ditampilkan grafik nilai anomali SPL. Pengolahan data anomali SPL digunakan untuk mengetahui penyimpangan nilai

suhu dari batas rata-rata semua tahun sehingga dapat diketahui efek dari perubahan iklim berdasarkan anomali SPL tersebut.



Gambar 16. Variasi SPL time series Periode Juli 2002 hingga Desember 2014



Gambar 17. Grafik Anomali SPL selama bulan Juli 2002 hingga Desember 2014

Berdasarkan grafik pada Gambar 17, dapat dilihat bahwa anomali SPL yang sangat mencolok terdapat pada tahun 2005, 2006 dan 2010. Pada tahun 2005 anomali SPL mengalami kenaikan yang tinggi dibandingkan dengan tahun sebelumnya. Kemudian pada pertengahan tahun 2005 anomali mengalami penurunan hingga titik terendahnya terdapat pada tahun 2006. Anomali SPL pada bulan Juli tahun 2006 merupakan anomali SPL negatif yang paling rendah dari

semua tahun dengan nilai $-0,87^{\circ}\text{C}$. Sedangkan pada tahun 2010, anomali SPL mengalami peningkatan seiring meningkatnya suhu pada tahun tersebut yang mengakibatkan lonjakan anomali secara signifikan yaitu terdapat pada bulan Oktober dengan nilai $1,34^{\circ}\text{C}$. Menurut Behera *et al.* (2008) dalam Fadholi (2013) pada tahun 2006 terjadi El Nino di Samudera Pasifik, sedangkan di Samudera Hindia terjadi IOD+ yang kuat. Hal tersebut diduga menjadi penyebab mengapa suhu di perairan Samudera Hindia khususna selatan Jawa memiliki suhu paling rendah. Sedangkan pada tahun 2010 terjadi La Nina dan IOD- sehingga menyebabkan suhu sangat tinggi di Samudera Hindia (Saji *et al.*, 1999; Mulyanti, 2012).

Tabel 8 menunjukkan detail nilai SPL selama tahun 2002 hingga tahun 2014. Blok warna biru menunjukkan nilai terendah dan blok warna merah menunjukkan SPL tertinggi. Hal ini menandakan bahwa kisaran SPL rata-rata di wilayah perairan selatan Jawa sebesar $25,43^{\circ}\text{C} - 30,11^{\circ}\text{C}$ pada bulan Juli 2002 hingga Desember 2014.

Tabel 8. Variasi SPL ($^{\circ}\text{C}$) Juli 2002 hingga Desember 2014

Tahun/Bulan	JAN	FEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGU	SEP	OKT	NOV	DES
2002							26,69	26,00	25,66	26,10	26,96	28,01
2003	28,67	29,18	29,28	29,04	28,51	27,50	26,50	25,83	25,94	26,56	27,08	27,82
2004	28,20	28,90	28,96	28,84	28,27	27,25	26,58	25,94	25,64	26,18	26,71	28,00
2005	28,68	29,19	30,00	29,44	28,55	27,82	26,95	26,26	26,06	26,30	27,05	27,74
2006	28,27	28,78	29,36	28,59	28,10	27,00	25,82	25,46	25,43	25,91	26,95	27,69
2007	28,54	29,51	28,90	28,73	28,39	27,58	26,88	26,02	25,72	26,12	27,53	28,27
2008	28,59	28,49	28,84	28,97	28,42	27,15	26,13	25,67	26,10	26,66	27,16	27,64
2009	28,49	28,57	29,29	29,36	28,36	27,90	27,15	26,45	26,08	26,47	27,37	28,37
2010	28,82	29,58	30,11	29,92	29,00	28,38	27,19	27,05	27,26	27,84	28,35	29,08
2011	28,32	28,68	29,15	29,15	28,55	27,59	26,49	26,17	25,80	26,39	27,59	28,87
2012	29,14	29,27	29,25	29,01	28,33	27,55	26,53	25,97	26,00	26,74	27,56	28,57
2013	29,07	29,87	29,70	29,33	29,06	27,80	27,10	26,53	26,23	26,82	27,87	28,43
2014	29,03	29,56	30,00	29,90	29,12	28,09	26,93	26,35	26,20	26,44	27,13	28,30

Tabel 9 menunjukkan detail nilai anomali SPL tahun 2002 hingga 2014. Blok warna biru menunjukkan nilai anomali terendah, sedangkan blok warna merah menunjukkan anomali terendah.

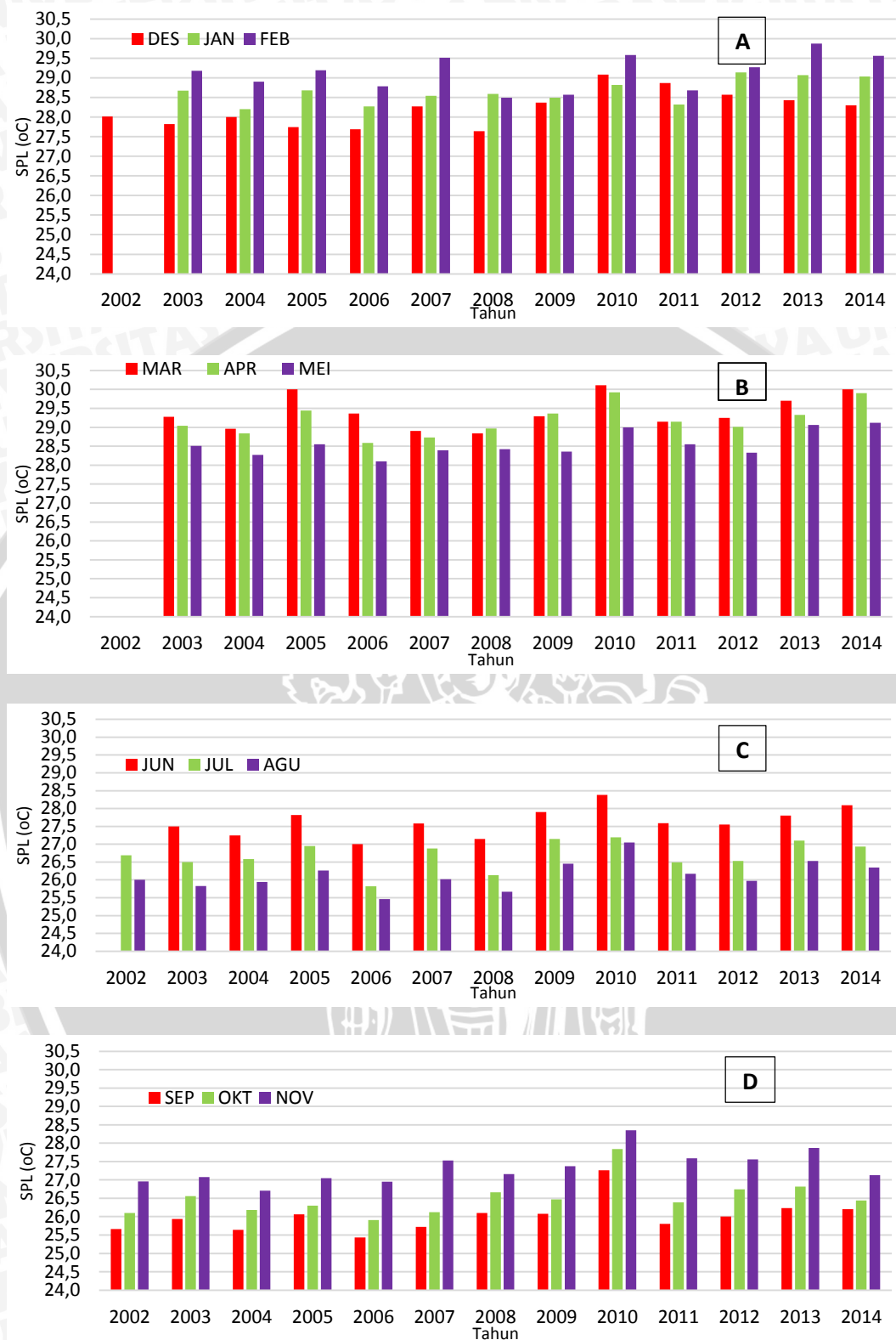
Tabel 9. Nilai anomali SPL ($^{\circ}\text{C}$) selatan Jawa pada periode Juli 2002 hingga Desember 2014

Tahun/Bulan	JAN	FEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGU	SEP	OKT	NOV	DES
2002							0,00	-0,13	-0,35	-0,40	-0,37	-0,20
2003	0,02	0,05	-0,12	-0,15	-0,05	-0,13	-0,19	-0,30	-0,07	0,06	-0,25	-0,39
2004	-0,45	-0,23	-0,44	-0,35	-0,29	-0,38	-0,11	-0,19	-0,37	-0,32	-0,62	-0,21
2005	0,03	0,06	0,60	0,25	-0,01	0,19	0,26	0,13	0,05	-0,20	-0,28	-0,47
2006	-0,38	-0,35	-0,04	-0,60	-0,46	-0,63	-0,87	-0,67	-0,58	-0,59	-0,38	-0,52
2007	-0,11	0,38	-0,50	-0,46	-0,17	-0,05	0,19	-0,11	-0,29	-0,38	0,20	0,06
2008	-0,06	-0,64	-0,56	-0,22	-0,14	-0,48	-0,56	-0,46	0,09	0,16	-0,17	-0,57
2009	-0,16	-0,56	-0,11	0,17	-0,20	0,27	0,46	0,32	0,07	-0,03	0,04	0,16
2010	0,17	0,45	0,71	0,73	0,44	0,75	0,50	0,92	1,25	1,34	1,02	0,87
2011	-0,33	-0,45	-0,25	-0,04	-0,01	-0,04	-0,20	0,04	-0,21	-0,11	0,26	0,66
2012	0,49	0,14	-0,15	-0,18	-0,23	-0,08	-0,16	-0,16	-0,01	0,24	0,23	0,36
2013	0,42	0,74	0,30	0,14	0,50	0,17	0,41	0,40	0,22	0,32	0,54	0,22
2014	0,38	0,43	0,60	0,71	0,56	0,46	0,24	0,22	0,19	-0,06	-0,20	0,09

4.1.2. Variasi SPL Berdasarkan Musim

Pengelompokan variasi SPL secara musiman bertujuan untuk mengetahui perbedaan atau variasi SPL pada saat musim-musim yang berbeda, yaitu pada saat musim barat yaitu bulan Desember-Januari-Februari (A), musim peralihan I yaitu bulan Maret-April-Mei (B), musim timur yaitu bulan Juni-Juli-Agustus (C), dan musim peralihan II yaitu bulan September-Oktober-November (D). Untuk mengetahui variasi SPL berdasarkan musim dapat dilihat pada grafik Gambar 18.

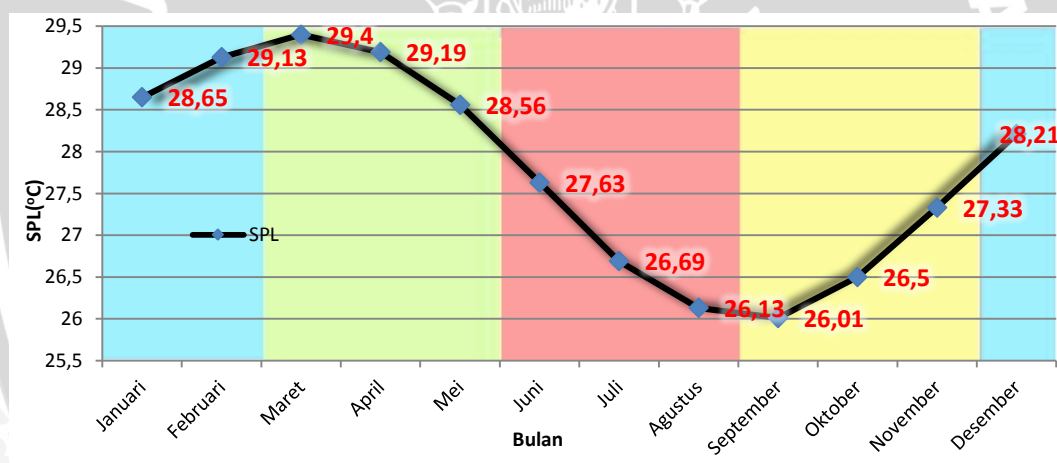
Berdasarkan grafik pada Gambar 18, variasi SPL pada musim barat menunjukkan kisaran SPL antara $27,5^{\circ}\text{C}$ - 30°C . Nilai tertinggi pada musim barat terdapat ada bulan Februari 2013 dengan nilai $29,87^{\circ}\text{C}$, sedangkan terendah pada bulan Desember 2008 dengan nilai $27,64^{\circ}\text{C}$. Pada musim peralihan I, kisaran SPL rata-rata berkisar antara 28°C - $30,5^{\circ}\text{C}$ dengan nilai tertinggi terdapat pada bulan Maret 2010 sebesar $30,11^{\circ}\text{C}$ dan terendah pada bulan Mei 2006 dengan nilai $28,10^{\circ}\text{C}$.



Gambar 18. Variasi SPL pada saat musim barat, musim peralihan I, musim timur dan musim peralihan II

Selanjutnya pada musim timur, kisaran SPL rata-rata sebesar 25°C - $28,5^{\circ}\text{C}$ dengan SPL tertinggi terdapat pada bulan Juni 2010 sebesar $28,38^{\circ}\text{C}$ dan SPL terendah terdapat pada bulan Agustus dengan nilai $25,46^{\circ}\text{C}$. Terakhir pada musim peralihan II, kisaran SPL rata-rata pada musim ini sekitar 25°C - $28,5^{\circ}\text{C}$. SPL tertinggi terdapat pada bulan November 2010 sebesar $28,35^{\circ}\text{C}$ dan SPL terendah terdapat pada bulan September 2006 sebesar $25,43^{\circ}\text{C}$.

Menurut Karif (2011), pada saat musim barat SPL mengalami kenaikan dibanding pada saat musim timur maupun peralihan II, Hal tersebut dikarenakan posisi matahari pada saat musim monsun barat berada pada posisi yang paling rendah yaitu $23,5^{\circ}$ LS tepatnya pada bulan Desember. Sehingga menyebabkan penyinaran matahari lebih intens di Bumi Belahan Selatan (BBS).



Gambar 19. Rata-rata SPL Musiman selama periode 2002-2014

Gambar 19 merupakan grafik rata-rata SPL musiman selama periode Juli 2002 sampai Desember 2014. Blok biru merupakan musim barat yang mewakili bulan Desember hingga Februari, blok hijau merupakan musim peralihan I yang mewakili bulan Maret hingga Mei, blok warna merah untuk musim timur pada bulan Juni hingga Agustus dan blok kuning untuk musim peralihan II pada bulan September hingga November. Nilai SPL rata-rata pada bulan tertentu berdasarkan

musimnya serta pola umum dari SPL pada wilayah pengamatan dapat diketahui dengan menghitung rata-rata nilai SPL menjadi bulanan pada semua tahun.

Tabel 10. Nilai Rata-rata SPL berdasarkan musim tahun 2002 hingga 2014

Musim	Bulan	SPL (°C)
Barat	Januari	28,65
	Februari	29,13
Peralihan I	Maret	29,40
	April	29,19
	Mei	28,56
Timur	Juni	27,63
	Juli	26,69
	Agustus	26,13
Peralihan II	September	26,01
	Oktober	26,50
	November	27,33
Barat	Desember	28,21

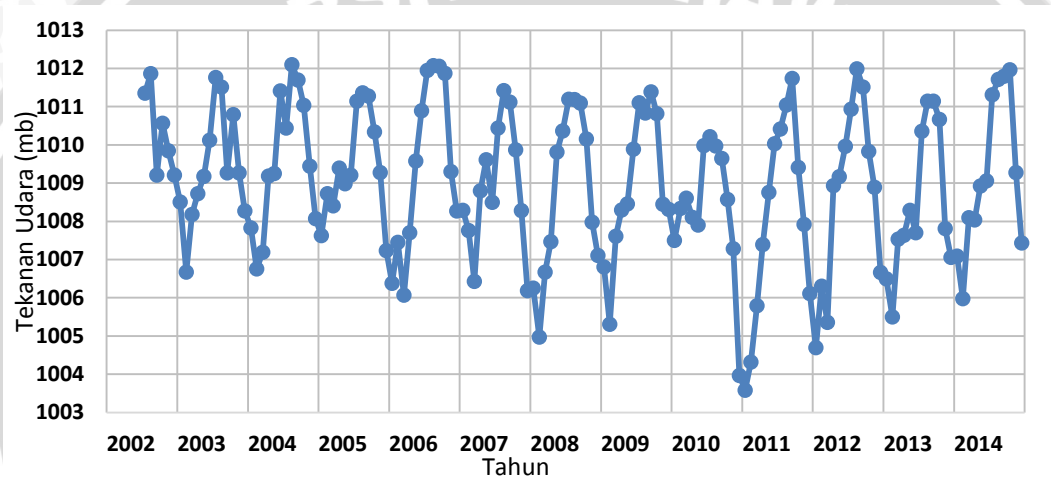
4.2. Variasi Tekanan Udara Permukaan

Data tekanan udara permukaan (*Surface Pressure*) yang diperoleh dari ECMWF dan telah diolah dengan menggunakan ODV kemudian disusun berdasarkan *time series*, berdasarkan musim (barat, peralihan I, timur dan peralihan II), dan dihitung anomalnya. Data ini selanjutnya dibuat grafik untuk mengetahui perubahan dan trennya.

4.2.1. Variasi Tekanan Udara Tahun 2002 hingga 2014

Secara visual, variasi tekanan udara selama tahun 2002 hingga 2014 di wilayah perairan selatan Jawa berdasarkan grafik pada Gambar 20 menunjukkan pola yang fluktuatif. Pada bulan Januari 2011 tekanan udara mengalami penurunan terendah sebesar 1003,59 milibar, sedangkan tekanan tertinggi terdapat pada bulan Agustus tahun 2004 dengan nilai 1012,10 milibar. Dari semua tahun memiliki pola yang sama yaitu tekanan yang rendah pada awal tahun lalu naik hingga pada nilai tertinggi di pertengahan tahun dan kemudian menurun lagi

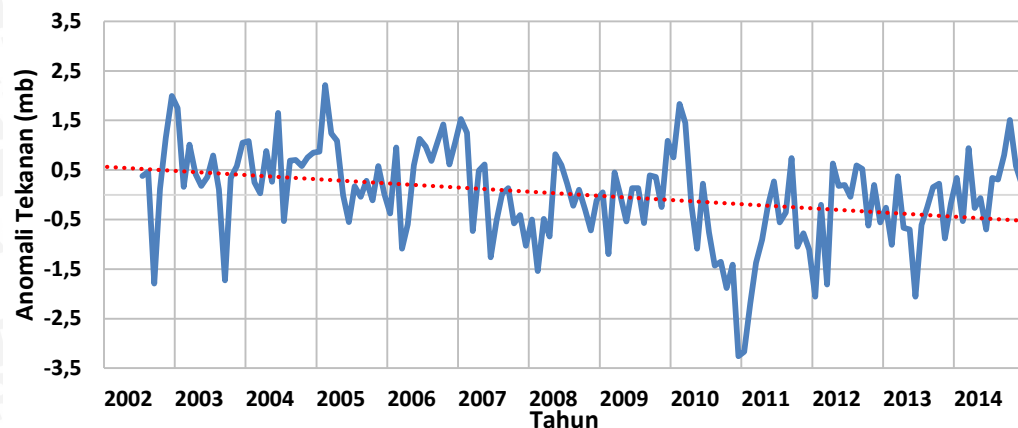
hingga akhir tahun. Perbedaan mencolok terlihat pada tahun 2010 dimana pada awal tahun tersebut, kondisi tekanan yang seharusnya menurut pola umum memiliki nilai yang rendah, pada 2010 hanya terjadi penurunan yang tidak terlalu rendah tetapi pada akhir tahun hingga awal tahun 2011 justru menurun pada batas terendah dari rata-rata semua tahun, begitu pula pada pertengahan 2010 dimana tekanan tidak mengalami peningkatan secara signifikan. Sedangkan secara tren, variasi tekanan udara selama periode pengamatan mengalami penurunan, sebagaimana digambarkan pada grafik Gambar 21.



Gambar 20. Variasi tekanan udara bulan Juli 2002 hingga Desember 2014 wilayah perairan selatan Jawa

Tekanan dan suhu merupakan parameter yang sangat saling berkaitan. Ketika suhu tinggi maka tekanan akan mengalami penurunan. Hal ini dikarenakan suhu membuat masa udara mengalami pemuaian sehingga kerapatannya menjadi rendah. Sedangkan pada saat suhu turun, kerapatan udara mengalami kenaikan (Santosa dan Mulyanto, 2014).

Selanjutnya data tekanan udara diolah untuk mendapatkan nilai anomali tekanan udara. Grafik anomali tekanan udara selama tahun 2002 hingga 2014 dapat dilihat pada Gambar 21.



Gambar 21. Anomali tekanan udara selama periode tahun 2002-2014 di wilayah perairan selatan Jawa

Berdasarkan grafik pada Gambar 21, secara umum anomali tekanan menunjukkan pola yang berfluktuasi. Namun, terlihat penurunan anomali tekanan udara yang signifikan pada tahun 2010 hingga awal 2011. Nilai anomali terendah terdapat pada bulan November 2010 dengan nilai -3,26 milibar. Sedangkan anomali tekanan tertinggi terdapat pada bulan Februari 2005 dengan nilai 2,21 milibar. Secara *time series*, tren anomali tekanan udara selama periode pengamatan mengalami tren negatif atau mengalami penurunan.

Tinggi rendahnya tekanan pada skala global dapat dipengaruhi oleh variasi suhu global akibat perbedaan musim. Selain itu, perbedaan tekanan udara di wilayah Samudera Hindia juga disebabkan oleh adanya fenomena IOD yang terjadi pada tahun 2006, dimana terjadi fenomena IOD+ yaitu tekanan udara di Samudera Hindia Timur, khususnya wilayah selatan Indonesia mengalami peningkatan dibandingkan Samudera Hindia Barat dan pada tahun 2010 terjadi fenomena IOD- atau kebalikan dari tahun 2006 (Saji *et al.*, 1999).

Tabel 12 dan Tabel 13 menampilkan detail nilai tekanan udara dan nilai anomalnya. Blok warna biru menunjukkan nilai terendah, sedangkan blok berwarna merah menunjukkan nilai tekanan udara tertinggi.

Tabel 11. Indeks nilai tekanan udara (milibar) selama periode Juli 2002 hingga Desember 2014

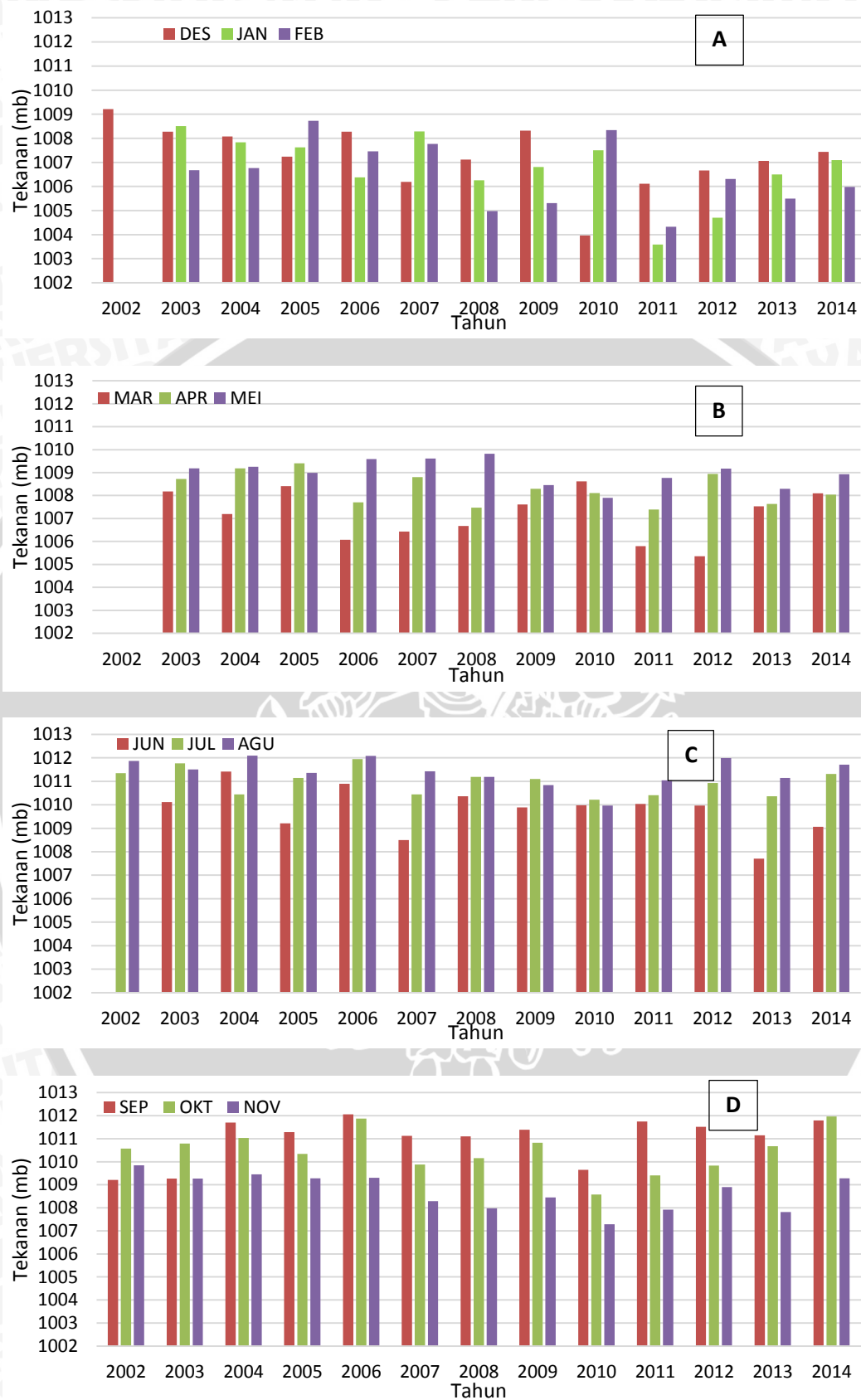
Tahun/Bulan	JAN	FEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGU	SEP	OKT	NOV	DES
2002							1011,35	1011,86	1009,21	1010,57	1009,85	1009,21
2003	1008,51	1006,67	1008,18	1008,73	1009,18	1010,12	1011,76	1011,51	1009,27	1010,79	1009,27	1008,27
2004	1007,83	1006,76	1007,19	1009,19	1009,25	1011,41	1010,45	1012,10	1011,70	1011,04	1009,45	1008,07
2005	1007,63	1008,72	1008,41	1009,40	1008,99	1009,21	1011,14	1011,36	1011,28	1010,34	1009,28	1007,24
2006	1006,38	1007,46	1006,07	1007,70	1009,58	1010,89	1011,95	1012,08	1012,06	1011,87	1009,30	1008,27
2007	1008,29	1007,76	1006,43	1008,80	1009,61	1008,50	1010,44	1011,42	1011,12	1009,88	1008,28	1006,19
2008	1006,26	1004,97	1006,67	1007,47	1009,82	1010,37	1011,19	1011,19	1011,10	1010,16	1007,98	1007,11
2009	1006,81	1005,31	1007,61	1008,30	1008,46	1009,89	1011,10	1010,84	1011,39	1010,82	1008,45	1008,31
2010	1007,51	1008,34	1008,61	1008,11	1007,90	1009,98	1010,22	1009,97	1009,64	1008,58	1007,29	1003,96
2011	1003,59	1004,32	1005,80	1007,40	1008,76	1010,03	1010,42	1011,05	1011,74	1009,41	1007,92	1006,11
2012	1004,70	1006,31	1005,36	1008,94	1009,17	1009,96	1010,93	1011,99	1011,52	1009,83	1008,90	1006,67
2013	1006,50	1005,50	1007,54	1007,64	1008,29	1007,71	1010,36	1011,15	1011,14	1010,67	1007,82	1007,06
2014	1007,09	1005,98	1008,10	1008,04	1008,93	1009,06	1011,32	1011,72	1011,80	1011,96	1009,28	1007,43

Tabel 12. Indeks anomali tekanan udara (milibar) selama Juli 2002 hingga Desember 2014 wilaah perairan selatan Jawa

Tahun/Bulan	JAN	FEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGU	SEP	OKT	NOV	DES
2002							0,38	0,46	-1,79	0,12	1,15	1,99
2003	1,75	0,16	1,01	0,42	0,18	0,36	0,79	0,11	-1,73	0,34	0,58	1,05
2004	1,08	0,25	0,03	0,88	0,26	1,65	-0,53	0,69	0,70	0,58	0,75	0,85
2005	0,87	2,21	1,24	1,09	-0,01	-0,55	0,17	-0,04	0,28	-0,11	0,58	0,01
2006	-0,38	0,95	-1,09	-0,60	0,59	1,13	0,97	0,68	1,06	1,42	0,61	1,05
2007	1,53	1,25	-0,73	0,49	0,61	-1,26	-0,53	0,02	0,13	-0,58	-0,41	-1,03
2008	-0,50	-1,54	-0,49	-0,84	0,82	0,60	0,22	-0,22	0,10	-0,30	-0,72	-0,11
2009	0,05	-1,20	0,45	-0,01	-0,54	0,13	0,13	-0,57	0,39	0,36	-0,25	1,09
2010	0,75	1,83	1,45	-0,20	-1,09	0,22	-0,76	-1,43	-1,35	-1,88	-1,41	-3,26
2011	-3,17	-2,19	-1,37	-0,91	-0,23	0,27	-0,56	-0,36	0,74	-1,05	-0,78	-1,11
2012	-2,06	-0,20	-1,81	0,63	0,18	0,20	-0,04	0,59	0,52	-0,62	0,20	-0,56
2013	-0,26	-1,01	0,37	-0,67	-0,70	-2,06	-0,61	-0,25	0,15	0,22	-0,88	-0,17
2014	0,34	-0,53	0,94	-0,27	-0,07	-0,70	0,34	0,31	0,80	1,51	0,58	0,21

4.2.2. Variasi Tekanan Udara Berdasarkan Musim

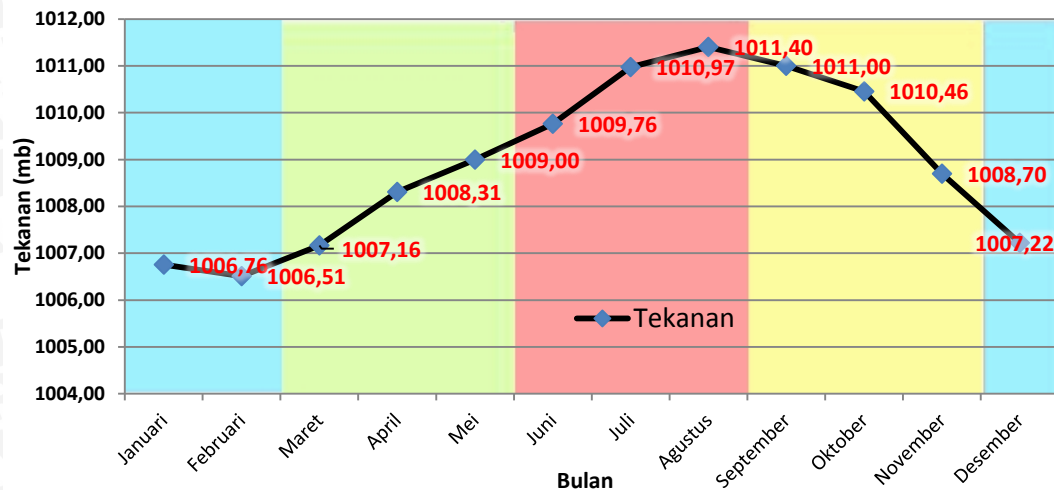
Setelah diketahui variasi tekanan secara *time series*, selanjutnya adalah dilakukan analisis secara musiman. Pembagian musim dibagi menjadi 4 musim yaitu musim barat pada bulan Desember-Januari-Februari (A), musim peralihan I pada bulan Maret-April-Mei (B), musim timur pada bulan Juni-Juli-Agustus (C) dan musim peralihan II pada bulan September-Oktober-November (D). Analisis berdasarkan musim ini akan menghasilkan nilai variasi dan kisaran nilai tekanan tiap musim. Grafik variasi tekanan udara secara musiman dapat dilihat pada Gambar 22.



Gambar 22. Variasi musiman tekanan udara perairan selatan Jawa

Berdasarkan Gambar 22, dapat dilihat bahwa variasi tekanan udara pada musim barat berkisar antara 1003 hingga 1009 milibar. Nilai terendah adalah 1003,59 milibar pada bulan Januari 2011 dan tertinggi pada bulan Desember 2002 sebesar 1009,21 milibar. Pada musim peralihan I, kisaran tekanan udara berada pada nilai 1005 hingga 1010 milibar dengan tekanan terendah pada bulan Maret 2012 dengan nilai 1005,36 milibar dan tekanan tertinggi pada bulan Mei 2008 dengan nilai 1009,82 milibar. Sedangkan pada musim timur tekanan udara berkisar antara 1007-1013 milibar dengan nilai tekanan terendah terdapat pada bulan Juni 2013 dengan nilai 1007,71 milibar dan tekanan tertinggi sebesar 1012,10 milibar pada bulan Agustus 2004. Dan pada musim peralihan II, tekanan udara berkisar pada nilai 1007 hingga 1012 milibar. Tekanan terendah pada bulan November dengan nilai 1007,29 milibar dan tekanan tertinggi pada bulan September dengan nilai 1012,06 milibar.

Gambar 23 menunjukkan grafik variasi musiman tekanan udara berdasarkan nilai rata-rata bulanan semua tahun sehingga didapatkan pola umum tekanan tiap tahun. Berdasarkan grafik tersebut terlihat bahwa saat memasuki musim barat hingga musim peralihan I, tekanan udara mengalami penurunan. Sedangkan pada saat memasuki musim timur dan peralihan II, tekanan mengalami kenaikan. Hal ini merupakan dampak dari naik dan turunnya suhu pada saat yang sama dimana ketika suhu mengalami peningkatan, tekanan akan menunjukkan penurunan. Menurut Karif (2011), pada saat musim barat matahari berada pada posisi yang paling rendah yaitu $23,5^{\circ}$ LS tepatnya pada bulan Desember. Sehingga menyebabkan penyinaran matahari lebih intens yang berakibat pada penurunan tekanan ke tingkat yang lebih rendah pada Belahan Bumi Selatan (BBS) dibandingkan pada Belahan Bumi Utara (BBU).



Gambar 23. Variasi musiman tekanan udara berdasarkan nilai rata-rata bulan tahun Juli 2002 hingga Desember 2014

Sedangkan untuk melihat kisaran rata-rata tekanan tiap bulan berdasarkan grafik tersebut dapat dilihat pada Tabel 13.

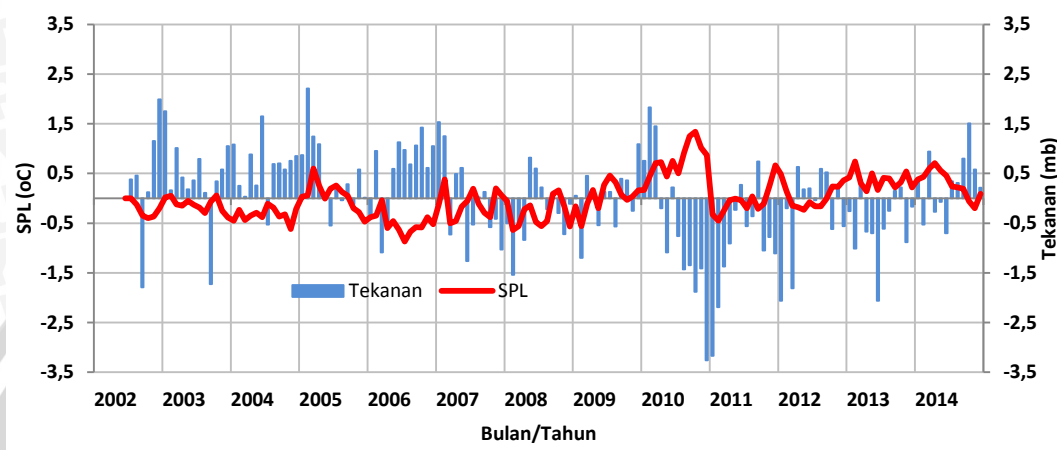
Tabel 13. Nilai tekanan udara rata-rata bulan selama tahun 2002 hingga 2014

Musim	Bulan	Tekanan (mb)
Barat	Januari	1006,76
	Februari	1006,51
Peralihan I	Maret	1007,16
	April	1008,31
	Mei	1009,00
Timur	Juni	1009,76
	Juli	1010,97
	Agustus	1011,40
Peralihan II	September	1011,00
	Oktober	1010,46
	November	1008,70
Barat	Desember	1007,22

4.3. Hubungan Anomali Tekanan dengan Anomali SPL

Berdasarkan grafik pada Gambar 24, hubungan anomali SPL dengan anomali tekanan memiliki hubungan yang berbanding terbalik. Ketika anomali SPL mengalami kenaikan, sebaliknya anomali tekanan mengalami penurunan. Namun kenaikan dan penurunan pada nilai anomali tekanan terjadi lebih tinggi dibanding yang terjadi pada anomali SPL. Nilai anomali tertinggi pada tekanan tidak lebih

dari 1,5 mb sedangkan pada anomali tekanan memiliki nilai tertinggi hampir mencapai 3,5 mb. Hal yang berbeda terlihat pada tahun 2007 hingga pertengahan tahun 2009, dimana pada waktu tersebut baik nilai anomali SPL maupun anomali tekanan berada pada nilai yang sama-sama negatif.



Gambar 24. Hubungan anomali SPL dengan anomali tekanan udara wilayah perairan selatan Jawa pada periode Juli 2002 hingga Desember 2014

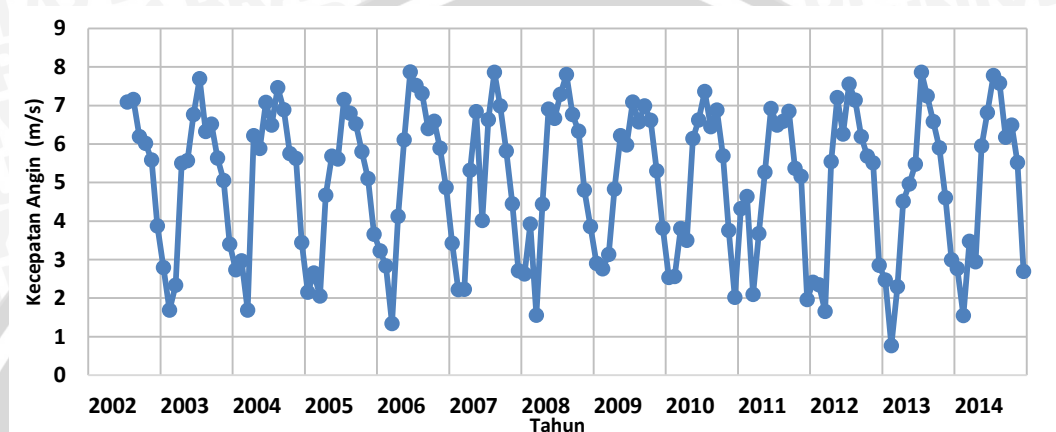
Grafik tersebut telah membuktikan bahwa SPL dan tekanan udara merupakan dua parameter yang saling berkaitan dan saling mempengaruhi. Kenaikan suhu pada saat musim barat dan penurunan pada saat musim timur diikuti dengan naiknya tekanan udara pada saat SPL naik dan sebaliknya. Begitu pula dengan fenomena ENSO maupun IOD yang menyebabkan perbedaan tekanan pada saat tahun 2006 yang meningkat dan menurun secara signifikan pada tahun 2010 (Mulyanti, 2012; Saji *et al.*, 1999).

4.4. Variasi Kecepatan Angin

Kecepatan angin merupakan parameter yang berkaitan erat dengan siklon tropis sekaligus dapat mempengaruhi kondisi sebaran suhu di wilayah permukaan air. Berikut adalah hasil pembahasan untuk variasi kecepatan angin.

4.4.1. Variasi Kecepatan Angin Tahun 2002-2014

Kecepatan angin secara *time series* dapat digunakan untuk mengetahui tren dan variasi angin di semua tahun. Dibawah ini akan ditampilkan mengenai grafik dan tabel data kecepatan angin periode Juli 2002 hingga Desember 2014 di wilayah perairan selatan Jawa.

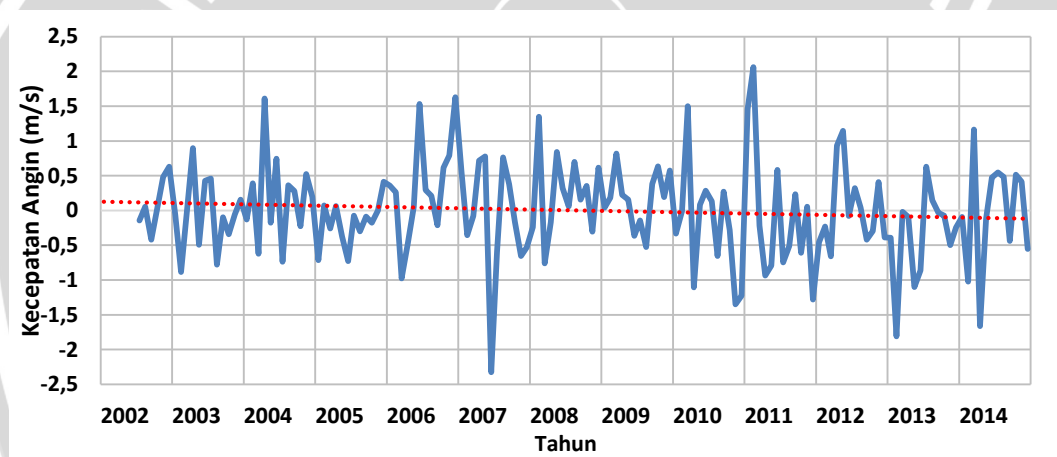


Gambar 25. Grafik kecepatan angin perairan selatan Jawa pada bulan Juli 2002 hingga Desember 2014

Berdasarkan grafik pada Gambar 25 dapat dilihat bahwa kondisi kecepatan angin pada periode pengamatan cenderung konstan atau tidak banyak penyimpangan nilai yang mencolok dalam kurun waktu 12,5 tahun. Nilai kecepatan angin tertinggi yaitu pada bulan Agustus 2007 sebesar 7,86 m/s, sedangkan nilai kecepatan angin terendah yaitu 0,75 m/s pada bulan Februari 2013. Pola yang ditunjukkan tidak banyak menunjukkan perbedaan dari awal hingga akhir pengamatan yaitu mengalami fluktuasi. Perbedaan sedikit terdapat pada pertengahan tahun 2007, awal tahun 2008 dan awal tahun 2011. Pada pertengahan tahun 2007, kecepatan angin yang semula naik pada kecepatan 6,84 m/s pada bulan Mei tiba-tiba menurun menjadi 4,00 m/s pada bulan Juni dan kemudian naik lagi 6,63 m/s pada bulan Juli. Berbeda dengan awal tahun 2008 pada bulan Februari kecepatan meningkat pada kecepatan 3,92 m/s lalu kemudian menurun sebesar 1,55 m/s pada bulan Maret dan naik lagi pada bulan April

sebesar 4,44 m/s. Sedangkan pada awal tahun 2011 kecepatan angin meningkat pada bulan Januari dan Februari masing-masing sebesar 4,32 m/s dan 4,64 m/s yang sebelumnya pada Desember 2010 kecepatan angin hanya sekitar 2,00 m/s dan kemudian pada bulan Maret 2011 mengalami penurunan lagi menjadi 2,10 m/s. Secara *time series* tren kecepatan angin selama periode pengamatan sedikit mengalami penurunan walaupun tidak terlalu terlihat.

Selanjutnya dilakukan analisis kecepatan angin secara *time series* dan musim. Pada sub bab ini ditampilkan grafik dan indeks nilai anomali kecepatan angin selama periode bulan Juli 2002 hingga Desember 2014 di perairan selatan Jawa. Untuk melihat grafik anomali kecepatan angin dapat dilihat Gambar 26.



Gambar 26. Anomali kecepatan angin selama periode Juli 2002 hingga Desember 2014 di wilayah perairan selatan Jawa

Berdasarkan grafik pada Gambar 26, anomali yang terjadi pada kecepatan angin cenderung konstan dan masih berada dalam daerah garis normal. Namun masih pada beberapa bulan terdapat anomaly yang signifikan, yaitu pada pertengahan tahun 2007, tepatnya bulan Juni dimana pada bulan tersebut nilai anomali kecepatan angin berada pada titik terendah sebesar -2,327 m/s, sedangkan pada bulan Februari 2011 anomali mengalami titik tertinggi dengan nilai sebesar 2,062 m/s. Secara *time series*, anomali kecepatan angin

menunjukkan pola yang sedikit berfluktuatif dengan tren yang sedikit menurun hampir sama dengan tren pada data indeks kecepatan angin.

Letak geografis perairan selatan Jawa yang berada dalam kawasan sistem angin muson menyebabkan pola angin yang berfluktuasi berdasarkan musim. Pada saat musim barat, tekanan udara rendah berada di kawasan Australia akibat intensitas cahaya matahari yang lebih tinggi. Sehingga hal ini menyebabkan pergerakan masa udara dari kawasan asia yang bertekanan tinggi dan berangin kencang, sedangkan di kawasan sekitar Indonesia yang bertekanan rendah memiliki angin yang lemah (Dipo *et al.*, 2011). Hal tersebut juga dikemukakan oleh Kunarso *et al.* (2012) bahwa pada saat musim barat hingga peralihan I, kecepatan angin di kawasan selatan Jawa memiliki kecepatan yang rendah yang ditandai dengan tutupan awan yang banyak dibandingkan pada saat musim timur.

Tabel 15 dan 16 menunjukkan indeks nilai kecepatan angin dan anomali kecepatan angin di perairan selatan Jawa Selama bulan Juli 2002 hingga Desember 2014. Kolom warna merah menunjukkan nilai kecepatan angin tertinggi, sedangkan warna biru menunjukkan nilai yang rendah.

Tabel 14. Indeks kecepatan angin selama bulan Juli 2002 hingga Desember 2014 di perairan selatan Jawa

Tahun/Bulan	JAN	FEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGU	SEP	OKT	NOV	DES
2002							7,088	7,155	6,193	6,021	5,586	3,872
2003	2,797	1,692	2,336	5,506	5,570	6,767	7,693	6,323	6,514	5,636	5,050	3,399
2004	2,734	2,967	1,691	6,216	5,885	7,083	6,493	7,461	6,889	5,752	5,627	3,439
2005	2,151	2,650	2,053	4,670	5,689	5,614	7,156	6,802	6,525	5,803	5,104	3,655
2006	3,222	2,835	1,335	4,122	6,110	7,871	7,524	7,313	6,399	6,594	5,895	4,871
2007	3,429	2,219	2,224	5,322	6,840	4,014	6,632	7,864	6,989	5,814	4,450	2,710
2008	2,625	3,920	1,552	4,437	6,905	6,662	7,291	7,800	6,768	6,332	4,801	3,858
2009	2,903	2,758	3,130	4,831	6,216	5,975	7,088	6,577	6,994	6,613	5,301	3,817
2010	2,532	2,563	3,811	3,501	6,142	6,624	7,363	6,449	6,884	5,696	3,755	2,018
2011	4,323	4,637	2,097	3,672	5,269	6,924	6,488	6,589	6,847	5,370	5,159	1,959
2012	2,409	2,341	1,655	5,543	7,209	6,261	7,552	7,143	6,191	5,685	5,514	2,854
2013	2,470	0,764	2,293	4,516	4,961	5,477	7,861	7,248	6,579	5,903	4,607	2,995
2014	2,770	1,551	3,476	2,944	5,947	6,814	7,778	7,581	6,175	6,494	5,520	2,689

Tabel 15. Indeks anomali kecepatan angin periode bulan Juli 2002 hingga Desember 2014 di perairan selatan Jawa

Tahun/Bulan	JAN	FEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGU	SEP	OKT	NOV	DES
2002							-0,14	0,06	-0,42	0,04	0,48	0,63
2003	-0,07	-0,88	0,03	0,90	-0,49	0,43	0,46	-0,78	-0,10	-0,34	-0,06	0,16
2004	-0,13	0,39	-0,61	1,61	-0,18	0,74	-0,74	0,36	0,28	-0,23	0,52	0,20
2005	-0,71	0,08	-0,25	0,06	-0,37	-0,73	-0,08	-0,30	-0,09	-0,18	0,00	0,41
2006	0,36	0,26	-0,97	-0,49	0,05	1,53	0,29	0,21	-0,21	0,62	0,79	1,63
2007	0,57	-0,36	-0,08	0,72	0,78	-2,33	-0,60	0,76	0,38	-0,16	-0,66	-0,53
2008	-0,24	1,35	-0,75	-0,17	0,84	0,32	0,06	0,70	0,16	0,35	-0,30	0,62
2009	0,04	0,18	0,83	0,23	0,15	-0,37	-0,14	-0,52	0,38	0,64	0,20	0,58
2010	-0,33	-0,01	1,51	-1,11	0,08	0,28	0,13	-0,65	0,27	-0,28	-1,35	-1,22
2011	1,46	2,06	-0,21	-0,94	-0,79	0,58	-0,74	-0,51	0,24	-0,61	0,05	-1,28
2012	-0,46	-0,23	-0,65	0,94	1,15	-0,08	0,32	0,04	-0,42	-0,29	0,41	-0,39
2013	-0,39	-1,81	-0,01	-0,09	-1,10	-0,86	0,63	0,15	-0,03	-0,08	-0,50	-0,25
2014	-0,09	-1,02	1,17	-1,66	-0,11	0,47	0,55	0,48	-0,44	0,52	0,42	-0,55

4.4.2. Variasi Kecepatan Angin Berdasarkan Musim

Sub bab ini menampilkan grafik kecepatan angin berdasarkan musim dengan pembagian musim menjadi 4 yaitu musim barat pada bulan Desember-Januari-Februari (A), musim peralihan I pada bulan Maret-April-Mei (B), musim timur pada bulan Juni-Juli-Agustus (C), dan musim peralihan II pada bulan September-Oktober-November (D). Secara teori kecepatan angin akan menunjukkan variasi yang beragam karena masing-masing musim akan memberikan pengaruh yang berbeda-beda. Untuk melihat variasi kecepatan angin berdasarkan musim dapat dilihat pada Gambar 27.

Berdasarkan grafik pada Gambar 27, kecepatan angin pada musim barat berkisar antara 0,7 sampai 5,0 m/s dengan kecepatan angin tertinggi terdapat pada bulan Desember 2006 sebesar 4,87 m/s dan kecepatan terendah pada bulan Februari 2013 sebesar 0,75 m/s. Pada musim peralihan I kecepatan angin berkisar antara 1,00 sampai 7,00 m/s dengan kecepatan tertinggi terdapat pada bulan Mei 2012 sebesar 7,21 m/s dan terendah sebesar 1,33 m/s pada bulan Maret 2006. Sedangkan pada musim timur kecepatan angin berkisar antara 4,00 sampai 7,00 m/s. Kecepatan angin tertinggi terdapat pada bulan Agustus 2007 sebesar 7,86

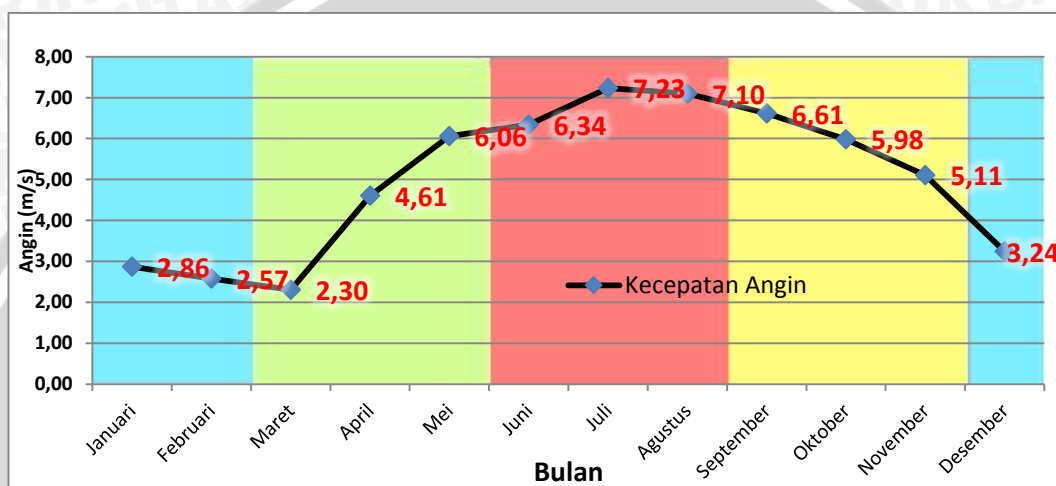
m/s dan terendah pada tahun yang sama sebesar 4,00 m/s. Terakhir pada musim peralihan II kisaran kecepatan angin sebesar 3,00 sampai 7,00 m/s. Kecepatan angin tertinggi terdapat pada bulan September 2009 sebesar 6,99 m/s dan terendah 3,76 m/s pada bulan November 2010.

Menurut Wyrski (1961), pada bulan Desember hingga Februari daerah sekitar Australia secara rata-rata menerima sinar dan bahang atau panas yang lebih tinggi dibandingkan wilayah Asia Tenggara dan Laut Cina Selatan. Hal ini menyebabkan perbedaan tekanan yang tinggi antara kedua wilayah tersebut. Tekanan yang rendah berada di kawasan Australia dan tekanan udara yang rendah berada di kawasan Asia yang menyebabkan bertiupnya angin dari Asia Tenggara dan Laut Cina Selatan (termasuk wilayah kepulauan di Filipina) menuju ke wilayah Australia yang melewati wilayah Benua Maritim Indonesia. Kemudian karena adanya pengaruh dari rotasi bumi, maka angin tersebut akan mengalami pembelokkan ke timur laut hingga utara untuk BBU yang ditandai dengan angin muson timur dan berbelok ke arah barat hingga barat laut untuk BBS yang disebut dengan angin muson barat. Hal tersebut lah yang menyebabkan variasi kecepatan angin pada masing-masing musim.



Gambar 27. Variasi kecepatan angin berdasarkan musim barat, musim peralihan I, musim timur dan musim peralihan II

Selanjutnya, pada Gambar 28 ditampilkan grafik nilai kecepatan angin musiman berdasarkan rata-rata kecepatan angin di semua bulan. Berdasarkan grafik tersebut dapat dilihat bahwa pada musim barat kecepatan angin mengalami penurunan. Kemudian pada bulan April hingga November kecepatan angin pada nilai yang tinggi. Kecepatan angin tertinggi terdapat pada musim timur, sedangkan rata-rata rendah pada bulan Maret.



Gambar 28. Kecepatan angin rata-rata semua bulan secara musim selama periode bulan Juli 2002 hingga Desember 2014

Grafik Gambar 28, blok warna biru menunjukkan musim barat, warna hijau menunjukkan musim peralihan I, warna merah menunjukkan musim timur dan warna kuning menunjukkan musim peralihan II. Pada Tabel 16 ditampilkan nilai rata-rata kecepatan angin dari semua bulan.

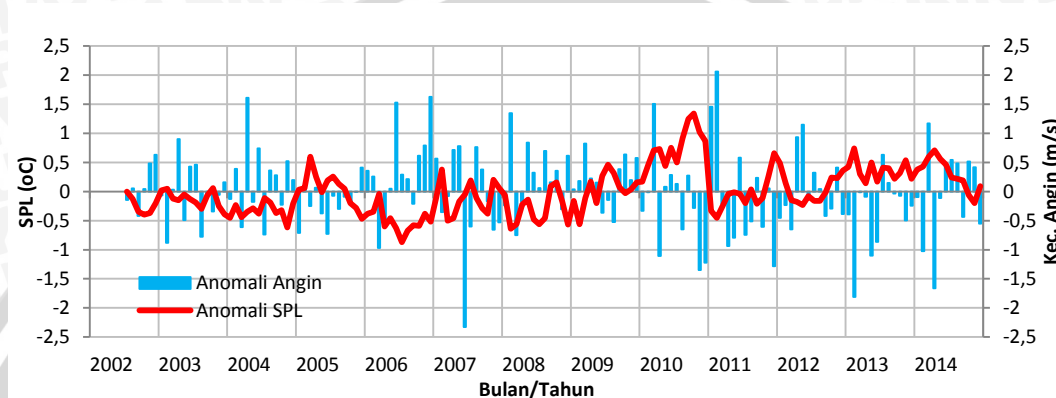
Tabel 16. Tabel kecepatan angin rata-rata bulanan selama tahun 2002-2014

Musim	Bulan	Kec. Angin (m/s)
Barat	Januari	2,86
	Februari	2,57
Peralihan I	Maret	2,30
	April	4,61
	Mei	6,06
Timur	Juni	6,34
	Juli	7,23
	Agustus	7,10
Peralihan II	September	6,61
	Oktober	5,98
	November	5,11
Barat	Desember	3,24

4.5. Hubungan Anomali Kecepatan Angin dengan Anomali SPL

Berdasarkan grafik pada Gambar 29, hubungan anomali SPL dengan anomali kecepatan angin di wilayah perairan selatan Jawa pada periode Juli 2002 hingga Desember 2014 tidak menunjukkan pola yang jelas. Naik turunnya anomali SPL tidak diikuti penurunan atau kenaikan anomali kecepatan angin secara konsisten. Pada saat anomali SPL berada pada fase naik, anomali kecepatan angin cenderung memiliki nilai yang acak, kadang bernilai positif kadang bernilai negatif pada waktu yang sama, begitu pula sebaliknya. Namun secara dominan, hubungan anomali SPL dengan anomali kecepatan angin cenderung berbanding terbalik. Anomali SPL tertinggi terdapat pada tahun 2010 sebesar 2°C , sedangkan anomali kecepatan angin terendah pada tahun 2007 hampir mencapai 2,5 m/s. Pola hubungan yang acak ini diakibatkan karena angin merupakan parameter yang berada di atmosfer. Selain di atas perairan, angin juga akan melewati daratan yang mampu mengubah arah dan kecepatan angin, sedangkan SPL merupakan parameter perairan laut. Hal ini lah yang menyebabkan grafik anomali kecepatan angin berpola lebih acak.

Menurut Kunarso *et al.* (2012), pergerakan masa udara atau yang disebut angin akan mempengaruhi variasi suhu permukaan dalam perairan. Hal ini dikarenakan angin yang berhembus di atas permukaan perairan akan membuat suhu permukaan perairan mengalami penyebaran atau pergeseran sehingga variasi suhu juga akan berubah seiring kecepatan angin meningkat.



Gambar 29. Hubungan anomali SPL dengan anomali kecepatan angin wilayah perairan selatan Jawa periode Juli 2002 hingga Desember 2014

Jika dikaitkan dengan anomali SPL yang merupakan parameter perubahan iklim, sistem angin juga akan terpengaruh oleh adanya fenomena ENSO dan IOD. Pada saat musim El Nino, angin biasanya akan berhembus ke wilayah Samudera Pasifik secara intens yang diakibatkan oleh lapisan termoklin yang mengalami pendangkalan di samudera pasifik timur. Kemudian suhu dalam perairan akan mengakibatkan perbedaan tekanan yang menggerakkan angin ini (Ilahude dan Nontji, 1999). Hal tersebut dapat dilihat pada grafik di tahun 2006, dimana kecepatan angin meningkat secara drastis dan sebaliknya pada tahun 2010 pada saat terjadi La Nina, kecepatan angin mulai menurun secara drastis.

4.6. Karakteristik Siklon Tropis perairan Selatan Jawa

Selama periode tahun 2002 hingga 2014, perairan Selatan Jawa banyak mengalami kejadian siklon dengan intensitas dan frekuensi yang beragam. Berikut hasil pembahasan mengenai kejadian siklon di perairan Samudera Hindia yang telah disortir berdasarkan lokasi kajian (perairan selatan Jawa).

4.6.1. Kejadian Siklon Tropis di Wilayah Selatan Jawa 2002 hingga 2014

Setelah dilakukan kontrol data pada data siklon tropis, selanjutnya dimasukkan ke dalam Excel untuk memudahkan dalam proses analisis berupa nama siklon tropis, waktu yang meliputi tanggal dan tahun kejadian, status siklon (berisi kekuatan atau kategori siklon tropis) dan koordinat kejadian siklon tropis untuk mengetahui lokasi yang sering terjadi siklon. Informasi kejadian siklon tropis dapat dilihat pada Tabel 18.

Jumlah siklon tropis dari tahun 2002 hingga 2014 terjadi sebanyak 29 kejadian di wilayah kajian (Selatan Jawa). Pada pertengahan hingga akhir tahun 2002 tidak terjadi siklon tropis di wilayah kajian, sedangkan tahun yang lain terjadi siklon tropis dengan kisaran kejadian 1 sampai 7 kejadian tiap tahun. Jumlah siklon tropis sebanyak 16 kejadian, sedangkan siklon permulaan (badai tropis) terjadi sebanyak 13 kejadian. Letak terjadinya siklon tropis banyak terjadi pada lintang diatas 12° LS. Sedangkan variasi tekanan udara permukaan minimum sebesar 898 mb dan tertinggi sebesar 997 mb. Kecepatan angin maksimum sebesar 140 knot dan terlemah sebesar 35 knot.

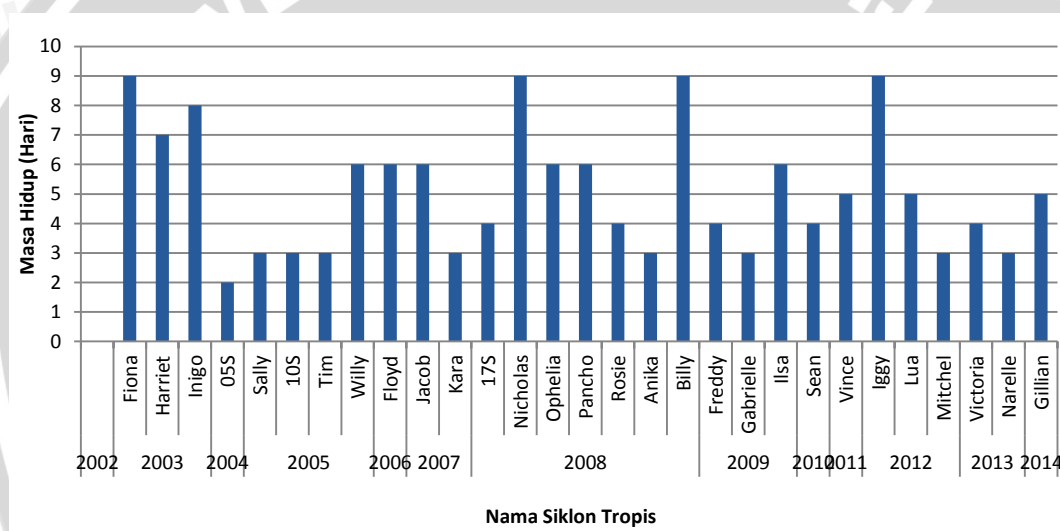
Tabel 17. Tabel data kejadian siklon tropis selama periode Juli 2002 hingga Desember 2014 di perairan selatan Jawa

Tahun	Nama	Kategori	Waktu	Kec. Angin Max (kt)	Tekanan Min (mb)	Koordinat
2002	-	-	-	-	-	-
2003	Siklon FIONA	3	5-13 Februari	115	933	11.80 LS-22 LS 110.80 BT-92.3 BT
	TS HARRIET	Badai	2-8 Maret	35	997	14.10 LS-20.20 LS, 106.70 BT-112.40 BT
	Siklon INIGO	5	1-8 April	140	898	10.00 LS-19.80 LS, 120.30 BT-112.20 BT
2004	TS 05S	Badai	4-5 Desember	35	997	10.90 LS-13.20 LS-109.30 BT-106.8 BT
2005	TS SALLY	Badai	8-10 Januari	40	991	13.90 LS-16.40 LS, 100.20 BT-99.10 BT
	TS 10S	Badai	15-17 Januari	35	997	15.40 LS-15.50 LS, 116.5 BT-107.30 BT
	TS TIM	Badai	23-25 Januari	35	997	16 LS-16.50 LS, 109.5 BT-103.7 BT
	Siklon WILLY	2	9-14 Maret	90	954	13.7 LS-21.7 LS, 118.10 BT-107.5 BT
2006	Siklon FLOYD	3	21-26 Maret	115	927	12.5 LS-20.10 LS, 115.7 BT-112.8 BT
2007	Siklon JACOB	1	7-12 Maret	75	967	12.4 LS-20.8 LS, 107.9 BT-119.4 BT
	Siklon KARA	1	25-27 Maret	80	970	16.6 LS-19.8 LS, 116.5-115-120.4 BT
2008	TS 17S	Badai	7-10 Februari	40	993	16.2 LS-17.7 LS, 105.10 BT-109 BT
	Siklon NICHOLAS	1	12-20 Februari	80	963	15.10 LS-24.4 LS, 120.5 BT-114.2 BT
	Siklon OPHELIA	1	1-6 Maret	65	974	15.3 LS-24.9 LS, 123.2 BT-109.5 BT
	Siklon PANCHO	2	24-29 Maret	95	948	13 LS-25.4 LS, 103.10 BT-111.3 BT
	TS ROSIE	Badai	21-24 April	45	985	10 LS-14.9 LS, 103.7 BT-106.2 BT
	TS ANIKA	Badai	18-20 November	50	978	10.3 LS-15.50 LS, 94.5 BT-105 BT
	Siklon BILLY	3	18-27 Desember	105	941	14.5 LS-15 LS, 128.9 BT-112.7 BT
2009	TS FREDDY	Badai	6-9 Februari	55	982	16 LS-19.3 LS, 113.10 BT-103.5 BT
	TS GABRIELLE	Badai	2-4 Maret	35	996	13.2 LS-16 LS, 105.6 BT-104.9 BT
	Siklon ILSA	3	18-23 Maret	100	948	13.7 LS-18.4 LS, 113.3 BT-92 BT
2010	TS SEAN	Badai	22-25 April	55	978	12.8 LS-17.5 LS, 115.7 BT-111.3 BT
2011	TS VINCE	Badai	12-16 Januari	40	989	15.10 LS-16 LS, 108.3 BT-113.2 BT
2012	Siklon IGGY	1	25 Januari-2 Februari	65	970	16 LS-29.9 LS, 107.8 BT-113.5 BT
	Siklon LUA	2	13-17 Maret	95	930	17.4 LS-21.5 LS, 113.3 BT-120 BT
	TS MITCHELL	Badai	28-30 Desember	45	990	16.3 LS-22.6 LS, 110.7 BT-110 BT
2013	Siklon VICTORIA	1	9-12 April	80	971	11.8 LS-23.1 LS, 102.5 BT-107.2 BT
	Siklon NARELLE	4	10-12 Januari	115	930	12.8 LS-120.5 LS, 12,0 BT-16.4 BT
2014	Siklon GILLIAN	5	21-25 Maret	140	937	9.6 LS-19-6 LS, 108.2 BT-103.9 BT

(Sumber: Unisys, 2015)

4.6.2. Masa Hidup dan Kekuatan Siklon Tropis

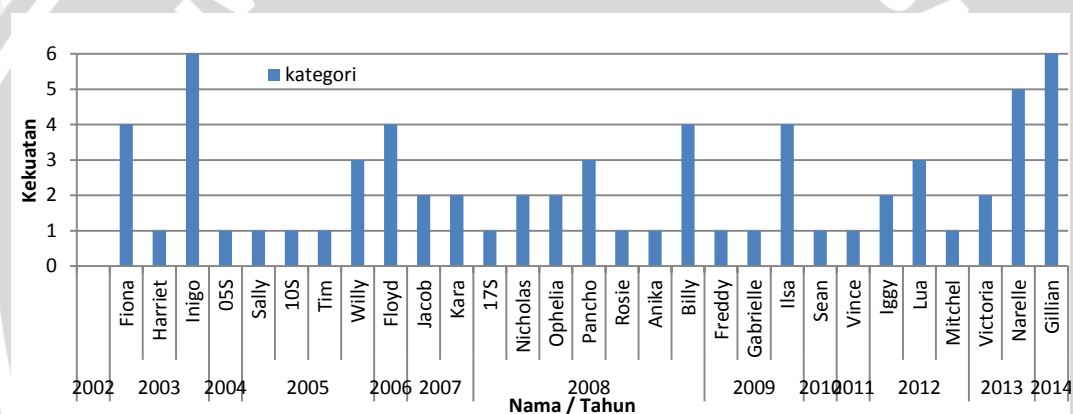
Gambar 30 menampilkan grafik intensitas masa hidup siklon tropis selama tahun 2002 hingga 2014 di wilayah kajian (Selatan Jawa). Berdasarkan grafik tersebut dapat dilihat bahwa kejadian siklon tropis memiliki masa hidup ang bervariasi. Masa hidup terlama terdapat pada tahun 2003 (Fiona dan Inigo), 2008 (Nicholas dan Billy) dan 2012 (Iggy) selama 9 hari. Sedangkan masa hidup terpendek terjadi selama 2 hari pada tahun 2004 (05S). Rata-rata masa hidup semua kejadian adalah 5 hari dengan tren intensitas masa hidup yang terus menurun.



Gambar 30. Grafik masa hidup siklon tropis selama periode 2002-2014 perairan selatan Jawa

Selanjutnya pada Gambar 31 ditampilkan grafik intensitas kekuatan siklon tropis selama tahun 2002 hingga 2014 di wilayah kajian. Untuk melakukan pengkelasan intensitas kekuatan digunakan *range* dari 1 hingga 6, dimana 1 untuk badai tropis (*Tropical storm*), 2 untuk siklon tropis berstatus 1, 3 untuk siklon tropis berstatus 2, 4 untuk siklon tropis berstatus 3, 5 untuk siklon tropis berstatus 4, dan 6 untuk siklon tropis berstatus 5. Skala siklon tropis dapat dilihat pada skala Saffir-Simpson pada Tabel 3.

Berdasarkan grafik tersebut dapat dilihat bahwa intensitas kekuatan siklon tropis memiliki pola flutuasi dimana pada tahun 2003 kekuatan siklon tinggi lalu pada tahun 2004 hingga 2005 kekuatan siklon menurun, pada tahun 2006 hingga 2008 kekuatan siklon naik lagi. Pada tahun 2009 hingga 2012 kekuatan siklon rata-rata rendah dan pada 2013 hingga 2014 mulai naik lagi. Kekuatan siklon terendah yaitu pada saat masih berupa badai tropis dengan nilai kekuatan 1, sedangkan kekuatan tertinggi terdapat pada akhir tahun 2003 dan tahun 2014 dengan nilai 6 yang berarti siklon tropis berstatus 5. Secara *time series*, berdasarkan grafik tren intensitas kekuatan siklon tropis cenderung meningkat.



Gambar 31. Grafik skala kekuatan siklon tropis selama periode 2002 hingga 2014 perairan selatan Jawa

Kenaikan intensitas kekuatan pada siklon tropis yang terjadi di wilayah Samudera Hindia telah banyak diteliti oleh para peneliti dunia. Begitu pula dengan intensitas masa hidup (*Lifetime*) yang mengalami tren penurunan. Menurut Kossin *et al.* (2013), siklon tropis yang terjadi secara global mengalami kenaikan intensitas kekuatan dengan rata-rata pertambahan 1 m/s/dekade. Sedangkan untuk intensitas masa hidup siklon tropis (*Lifetime Maximum Intensity*) untuk wilayah Samudera Pasifik selatan dan Samudera Hindia Selatan sedikit mengalami perubahan, tetapi perubahan yang besar terjadi pada siklon tropis (*Hurricane*) yang terjadi di utara Samudera Atlantik.

4.6.3. Frekuensi Kejadian Siklon Tropis

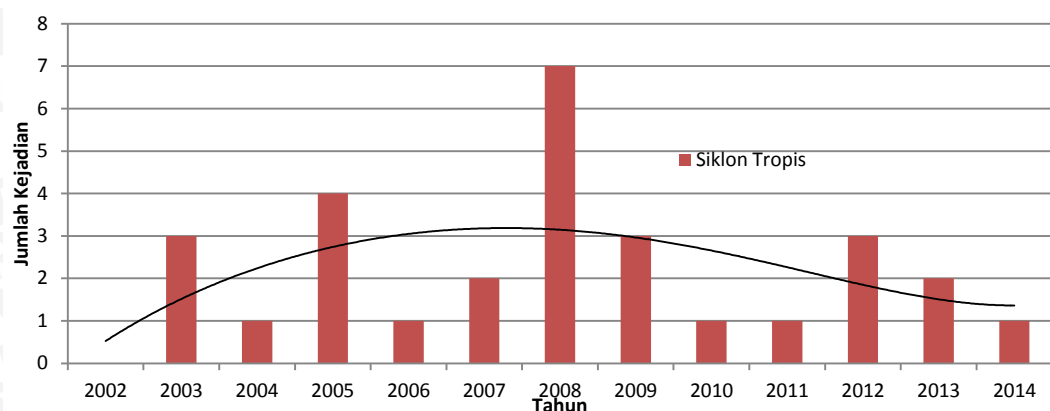
Sub bab ini ditampilkan frekuensi kejadian siklon tropis tiap tahun (Gambar 32) dan frekuensi kejadian siklon tropis berdasarkan bulan (Gambar 33) selama periode tahun 2002 hingga tahun 2014 di wilayah kajian yaitu perairan selatan Jawa.

Berdasarkan grafik pada Gambar 32 dapat dilihat bahwa jumlah kejadian siklon selama periode pengamatan memiliki variasi yang beragam. Tahun dengan jumlah kejadian siklon paling tinggi terdapat pada tahun 2008 dengan total kejadian sebanyak 7 kejadian, sedangkan yang paling sedikit terdapat pada tahun 2004, 2006, 2010, 2011 dan 2014 dengan hanya terjadi 1 kejadian. Pada tahun 2002 tidak terjadi siklon di wilayah kajian.

Dilihat dari peta *best track* siklon tropis pada tahun-tahun tersebut, kejadian siklon memang tidak banyak terjadi pada tahun 2010 maupun pada tahun 2006 di wilayah selatan Jawa. Namun pada wilayah utara (Samudera Pasifik Barat), kejadian siklon tropis terjadi dengan frekuensi yang tinggi. Kecilnya kejadian siklon tropis pada saat fenomena ENSO maupun IOD (2006 dan 2010) di wilayah kajian dibandingkan tahun 2008 yang tidak terdapat fenomena apa pun diduga diakibatkan oleh adanya perubahan distribusi geografi dari kelembapan udara dan vortisitas relatif sebagai kontributor utama. Sedangkan anomali positif dari SPL hanya sebagai kontributor tambahan yang menaikkan kejadian siklon di wilayah barat Australia (Kulesov *et al.*, 2009). Sedangkan menurut Kossin (2013), kejadian siklon tropis juga dipengaruhi oleh variabilitas iklim regional yang menyebabkan masing-masing wilayah akan berbeda kejadiannya, meskipun terkena dampak ENSO yang sama.

Menurut Knutson *et al.* (2010) dalam penelitiannya, frekuensi kejadian siklon tropis untuk skala global diproyeksikan akan mengalami penurunan sebesar

-6 hingga -34% di abad ini. Sedangkan intensitas kekuatan kejadian siklon diproyeksikan mengalami kenaikan sebesar 2 hingga 11%.

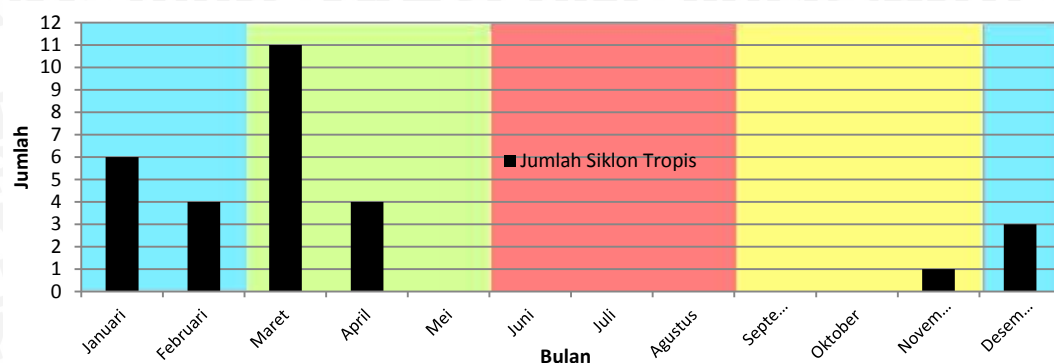


Gambar 32. Frekuensi Kejadian tiap tahun selama tahun 2002-2014 di wilayah perairan selatan Jawa

Selanjutnya berdasarkan grafik pada Gambar 33 dapat dilihat bahwa kejadian siklon tropis banyak terjadi pada bulan Desember hingga April dan sebagian bulan November. Bulan yang paling banyak terjadi siklon adalah bulan Maret dengan total sebanyak 11 kejadian. Pada bulan Januari 6 kejadian, Februari dan April sebanyak 4, Desember sebanyak 3 kejadian, November hanya 1 kejadian dan sisanya tidak terjadi siklon tropis.

Blok warna biru pada grafik Gambar 33 menunjukkan musim barat, warna hijau menunjukkan musim peralihan I, warna merah menunjukkan musim timur dan warna kuning menunjukkan musim peralihan II. Berdasarkan grafik tersebut dapat dilihat pula bahwa siklon tropis di perairan selatan Jawa hampir hanya terjadi pada musim barat hingga peralihan I. Hal tersebut diduga karena pada saat musim-musim tersebut posisi matahari lebih condong pada Belahan Bumi Selatan (BBS) sehingga kondisi SPL mengalami peningkatan yang menjadi salah satu syarat terbentuknya siklon tropis (Karif, 2011). Selain itu menurut Suryantoro (2008), pada musim barat juga banyak terdapat angin muson barat yang terus berhembus hingga kecepatan 5-50 km/jam dan menyebabkan banyak gangguan

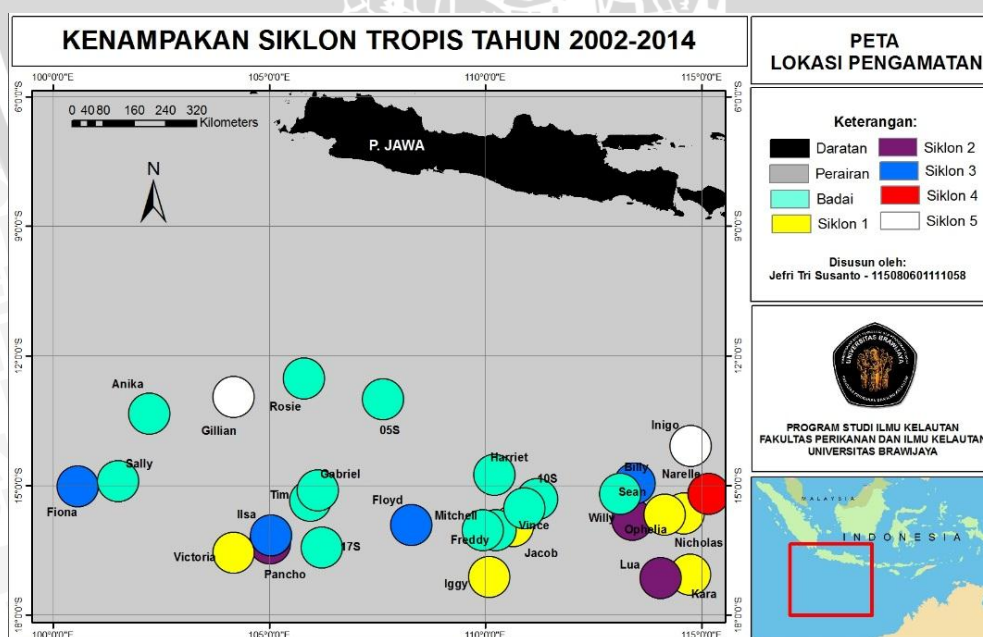
cuaca yang dapat memicu bertumbuhnya badai siklon. Hal ini berkebalikan dengan Belahan Bumi Utara (BBU) dimana siklon tropis terjadi pada pertengahan tahun sekitar Juni hingga September (Asrianti *et al.*, 2013).



Gambar 33. Grafik kejadian siklon tropis berdasarkan bulan dan musim di wilayah perairan selatan Jawa tahun 2002-2014 warna biru (musim barat), warna hijau (musim peralihan I), warna merah (musim timur) dan warna kuning (musim peralihan II)

4.6.4. Pemetaan Kejadian Siklon Tropis di Wilayah Kajian (Perairan Selatan Jawa

Gambar 34 adalah layout kejadian siklon tropis di wilayah perairan Selatan Jawa selama periode Juli 2002 hingga Desember 2014.



Gambar 34. Lokasi bertumbuhnya siklon tropis perairan selatan Jawa pada periode Juli 2002 hingga Desember 2014

Berdasarkan peta tersebut dapat dilihat bahwa kejadian siklon tropis di perairan Selatan Jawa terjadi dengan status siklon yang beragam mulai dari status badai tropis hingga siklon tropis status 5. Pada peta tersebut juga dapat dilihat bahwa secara keseluruhan rata-rata kejadian siklon tropis bertumbuh pada koordinat 12° LS ke atas, sedangkan koordinat bujur hampir terjadi di sepanjang lokasi pengamatan dilakukan. Hal tersebut sesuai dengan penelitian Asrianti *et al.* (2013) yang mengatakan bahwa awal kemunculan siklon tropis tidak terjadi pada lintang di bawah $5,5^{\circ}$ LS karena tidak terdapat gaya *coriolis* yang besar. Selain itu, siklon juga sulit untuk terjadi pada lintang diatas 26° LS karena tidak berada pada zona konvergen (*Inter-tropical Convergence Zone*) dengan lintang terjauh $23,5^{\circ}$ baik di Belahan Bumi Utara (BBU) maupun Belahan Bumi Selatan (BBS). Detail peta lokasi kejadian siklon tropis berdasarkan tahun dapat dilihat pada Lampiran 1.

4.7. Hubungan SPL, Tekanan Udara dan Kecepatan Angin Terhadap Kejadian Siklon Tropis

Data SPL harian, tekanan udara permukaan minimum dan kecepatan angin maksimum yang telah diketahui nilainya dilakukan analisis statistik regresi maupun korelasi dengan kejadian siklon tropis yakni terhadap kekuatan siklon maupun pada masa hidup siklon untuk mengetahui pengaruh dan keeratan hubungannya. Lampiran 2 menampilkan data masing-masing parameter dengan data kekuatan dan masa hidup siklon yang akan digunakan dalam proses analisis.

4.7.1. Keeratan Hubungan Masing-masing Parameter dengan Kekuatan dan Masa Hidup Siklon Tropis

Setelah dilakukan analisis statistik korelasi terhadap masing-masing parameter dengan kekuatan dan masa hidup siklon tropis didapatkan hasil nilai *r* seperti pada Tabel 18.

Tabel 18. Hasil Korelasi masing-masing variabel

<i>Variabel</i>	<i>Kekuatan siklon</i>	<i>Masa Hidup Siklon</i>	<i>SPL</i>	<i>Tekanan Udara Min</i>	<i>Kec. Angin Max</i>
Kekuatan siklon	1				
Masa Hidup Siklon	0,4636	1			
SPL	0,7145	0,3132	1		
Tekanan Udara Min	-0,9288	-0,5342	-0,6929	1	
Kec. Angin Max	0,9647	0,5138	0,6986	-0,9624	1

Berdasarkan Tabel 18 dapat dilihat bahwa nilai korelasi untuk SPL, tekanan udara minimum dan kecepatan angin maksimum dengan kekuatan siklon tropis memiliki korelasi atau hubungan keeratan yang sangat kuat. Untuk korelasi antara SPL dengan kekuatan siklon sebesar 71,45%, korelasi antara tekanan udara minimum dengan kekuatan siklon adalah hubungan terbalik sebesar 92,88% dan korelasi antara kecepatan angin maksimum dengan kekuatan siklon sebesar 96,47%. Hal ini sesuai dengan pernyataan Tjasyono (2004) yang mengatakan bahwa siklon tropis sangat erat hubungannya dengan SPL yang tinggi dan tekanan udara yang rendah. Sedangkan kecepatan angin merupakan turunan dari akibat naiknya intensitas siklon. Menurut Whitney dan Hobgood (1997), SPL merupakan faktor penentu dalam kaitannya dengan pembentukan siklon tropis. Adanya SPL yang tinggi akan mempengaruhi parameter yang lain seperti tekanan udara dan kecepatan angin.

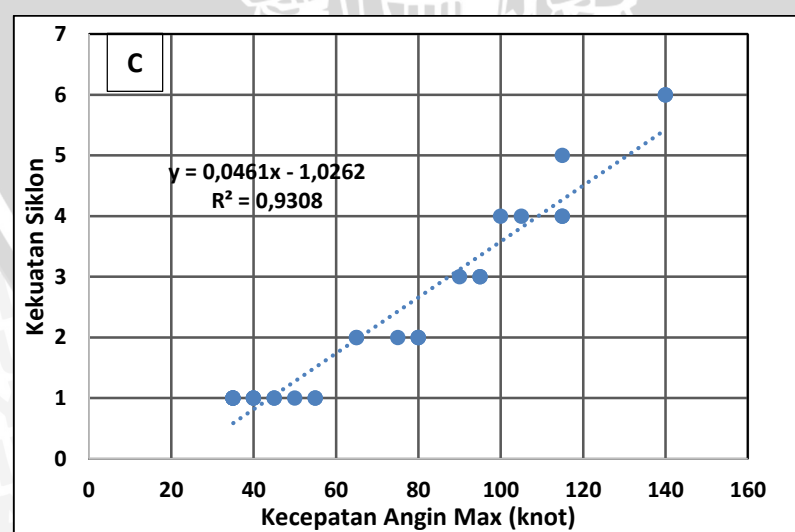
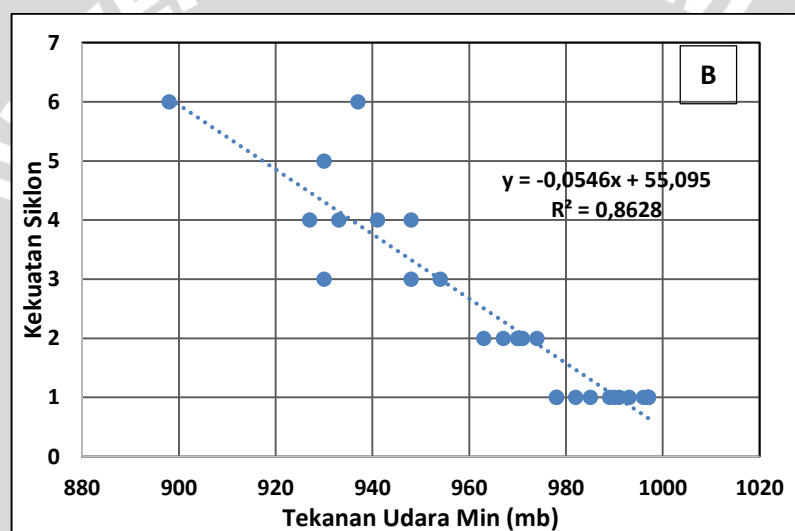
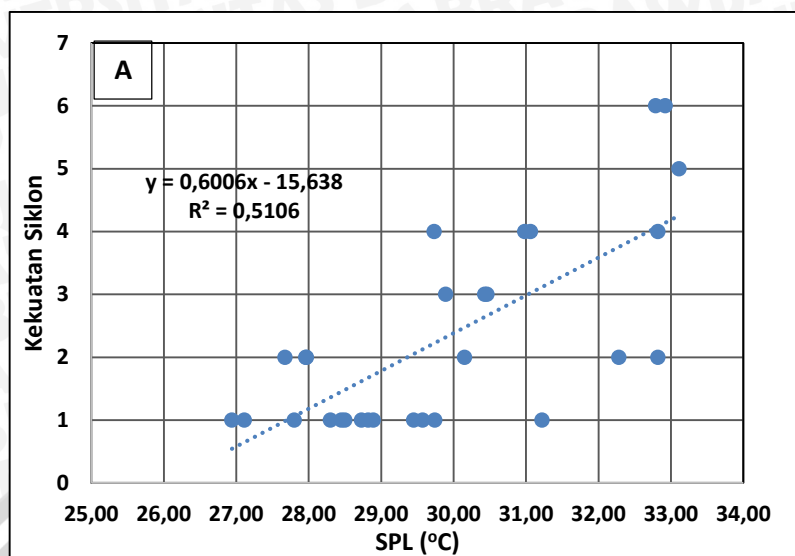
Sedangkan hasil korelasi masing-masing parameter dengan masa hidup siklon tropis menunjukkan korelasi lemah terutama pada parameter SPL dimana nilai r yang didapatkan hanya sebesar 0,3132 yang berarti hubungan keeratannya hanya sebesar 31,32%. Sedangkan untuk parameter tekanan udara minimum dan kecepatan angin maksimum hubungan keeratannya terhadap masa hidup siklon tropis masing-masing berturut-turut 53,42% dan 51,38%.

Hasil korelasi lain yang dapat dilihat di luar tujuan penelitian ini adalah antara SPL, tekanan udara minimum dan kecepatan angin maksimum saling memiliki hubungan keeratan yang cukup tinggi. Hal ini berarti membuktikan bahwa di antara ketiga parameter memang saling berkaitan. Sedangkan korelasi antara kekuatan siklon tropis dengan masa hidup siklon hanya memiliki hubungan yang rendah yaitu 46,36%.

Hasil korelasi dari data SPL kecil mungkin dikarenakan pengaruh citra satelit yang digunakan adalah dari satelit sensor pasif (Aqua MODIS) yang sulit menembus tutupan awan pada saat terjadi siklon, sehingga sulit menentukan nilai SPL yang sesuai. Satelit yang dapat menembus tutupan awan adalah satelit dengan sensor aktif yang memancarkan gelombang elektromagnetik langsung ke objek yang akan diamati, sedangkan satelit sensor pasif seperti Aqua MODIS sifatnya hanya menerima gelombang elektromagnetik yang dihasilkan oleh sinar matahari dan terpantul dari objek.

4.7.2. Pengaruh Masing-masing Parameter dengan Kekuatan dan Masa Hidup Siklon Tropis

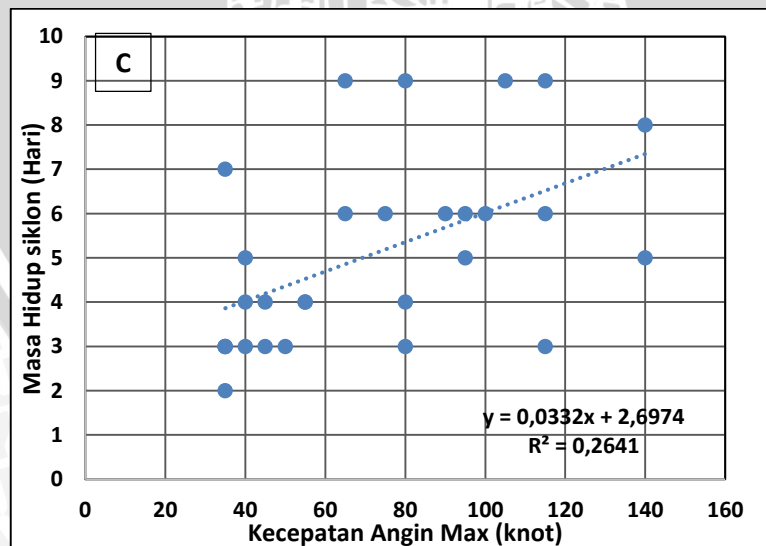
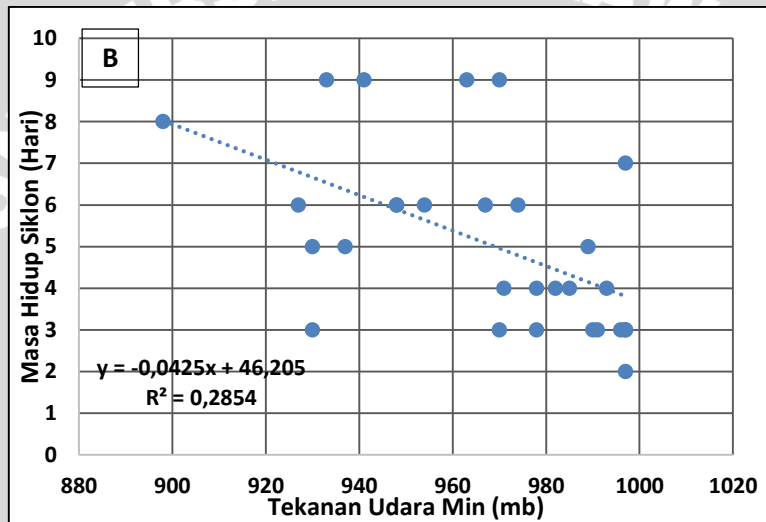
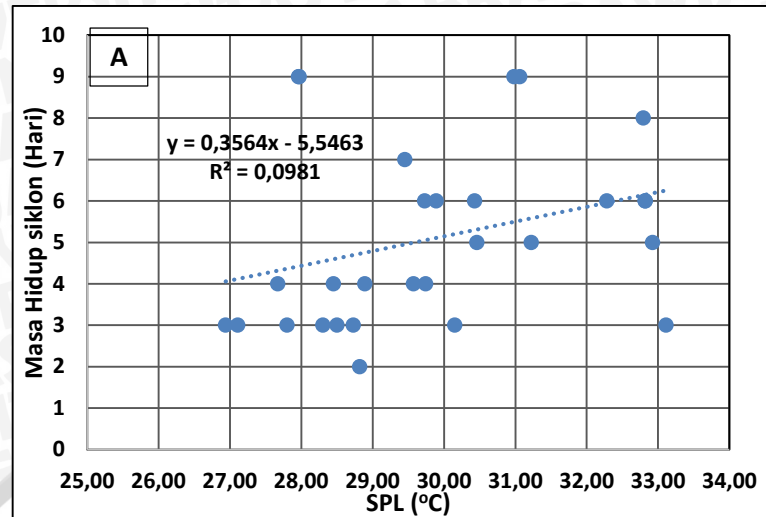
Hasil uji regresi parameter SPL, tekanan udara minimum dan kecepatan angin maksimum terhadap kekuatan dan masa hidup siklon tropis didapatkan hasil yang bervariasi. Untuk pengaruh masing-masing parameter dengan kekuatan siklon dapat dilihat pada Gambar 35.



Gambar 35. Grafik Scatter Hubungan SPL (A), Tekanan Udara Min (B) dan Kecepatan Angin Max (C) terhadap Kekuatan Siklon Tropis

Berdasarkan grafik pada Gambar 35, hasil regresi untuk nilai SPL didapatkan persamaan $y = 0,6006x - 15,638$ dan $R^2 = 0,5106$. Hal ini menandakan bahwa SPL berpengaruh pada kekuatan siklon sebesar 51.06%. Sedangkan untuk tekanan udara permukaan minimum, setelah dilakukan regresi didapatkan persamaan $y = -0,0546x + 55,095$ dan nilai $R^2 = 0,8628$ yang menandakan bahwa pengaruh tekanan udara minimum terhadap skala kekuatan siklon tropis sangat besar (86,28%). Hal yang sama juga dapat dilihat pada hasil regresi kecepatan angin maksimum terhadap kekuatan siklon yang menunjukkan pengaruh yang sangat kuat yaitu sebesar 93,08% dengan persamaan $y = 0,0461x - 1,0262$ dan nilai $R^2 = 0,9308$. Dari hasil tersebut dapat dilihat bahwa SPL memberikan pengaruh yang tidak terlalu besar terhadap kekuatan siklon. Michaels *et al.* (2005) dan Evans (1993) dalam Whitney dan Hobgood (1997) menerangkan dalam penelitian mereka bahwa SPL saja tidak bisa memberikan pengaruh yang kuat terhadap kekuatan badai siklon walaupun mempunyai korelasi atau keeratan yang cukup kuat. Menurutnya, SPL saja belum cukup digunakan sebagai prediktor dan ada faktor lain yang lebih dapat mempengaruhi tingkat kekuatan dari siklon tersebut. Menurut Whitney dan Hobgood (1997), SPL merupakan faktor penentu kejadian siklon tropis, namun bukan faktor utama yang membuat intensitas kekuatan siklon semakin meningkat. Dalam penelitiannya naiknya skala kekuatan siklon tropis dapat dipengaruhi oleh dinamika internal dan faktor lingkungan sekitar seperti tekanan udara permukaan yang sangat rendah, kelembaban udara relatif pada permukaan dan kecepatan angin maksimum, serta menurut Camargo dan Sobel (2005) adanya akumulasi energi potensial siklon.

Selanjutnya hasil regresi SPL, tekanan udara minimum dan kecepatan maksimum terhadap masa hidup siklon didapatkan hasil seperti pada Gambar 36.



Gambar 36. Grafik Scatter Hubungan SPL (A), Tekanan Udara Min (B) dan Kecepatan Angin Max (C) terhadap masa hidup Siklon Tropis

Berdasarkan grafik pada Gambar 36, hasil regresi antara SPL dengan masa hidup siklon tropis didapatkan persamaan $y = 0,3564x - 5,5463$ dengan nilai $R^2 = 0,0981$. Hal tersebut berarti bahwa pengaruh SPL terhadap masa hidup siklon sangat kecil yaitu sebesar 9,81%. Sedangkan hasil regresi tekanan udara permukaan minimum dengan masa hidup siklon tropis sebesar 28,54% dengan persamaan $y = -0,0425x + 46,205$ dan $R^2 = 0,2854$ jauh lebih besar dibanding dengan SPL, namun tetap dalam kategori yang lemah. Hal yang hampir sama ditunjukkan pada hasil regresi antara kecepatan angin maksimum dengan masa hidup siklon tropis yang pengaruhnya sebesar 26,41% dan persamaan $y = 0,0332x + 2,6974$ nilai $R^2 = 0,2641$.

Jika dianalogikan, dengan kecepatan angin maksimum yang tinggi, tekanan udara minimum yang rendah dan SPL yang tinggi mengindikasikan bahwa siklon memiliki kekuatan yang besar, sehingga dengan skala kekuatan yang kuat seharusnya masa hidup siklon juga akan lebih lama. Namun hasil yang didapatkan berbeda. Semua hasil regresi dari parameter-parameter dengan masa hidup siklon menunjukkan hasil yang rendah, dibuktikan juga dengan nilai korelasi antara kekuatan siklon tropis dengan masa hidup siklon yang hanya sebesar 46,36%. Hal tersebut dapat dipengaruhi oleh banyak faktor. Menurut Tjasyono (2004), siklon tropis akan melemah bila bergerak mendekati daratan atau menuju daerah bersuhu rendah. Hal ini akan mempengaruhi masa hidup siklon yang berkurang akibat pasokan energi yang berasal dari uap air akan berkurang bila mendekati daratan atau daerah dingin. Selain itu menurut Whitney dan Hobgood (1997), masa hidup siklon juga dapat dipengaruhi oleh adanya gangguan internal dan faktor lingkungan seperti pergerakan angin secara vertikal yang kuat sehingga dapat mengacaukan pusaran angin siklon. Camargo dan Sobel (2005) mengatakan bahwa masa hidup siklon dapat dipengaruhi oleh fenomena ENSO dan energi kinetik yang terakumulasi dalam pusaran angin. Kossin *et al.* (2013)

menambahkan bahwa intensitas masa hidup siklon tropis juga dipengaruhi oleh variabilitas iklim secara regional, dimana dalam penelitiannya, intensitas masa hidup antara wilayah Samudera Hindia, Pasifik dan Atlantik mengalami perbedaan.



5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

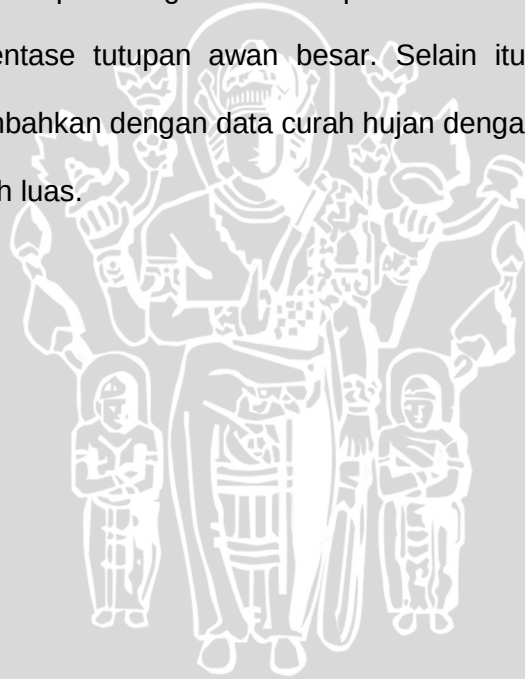
Berdasarkan hasil dan pembahasan pada penelitian ini didapatkan kesimpulan yaitu:

1. Kondisi SPL di perairan selatan Jawa dan sekitarnya dari Juli 2002 hingga Desember 2014 sangat bervariasi. Tahun dengan variasi SPL paling tinggi terdapat pada bulan Maret 2010 dengan nilai yaitu $30,11^{\circ}\text{C}$ dan terendah pada bulan September 2006 dengan nilai $25,43^{\circ}\text{C}$. Untuk variasi tekanan udara tertinggi terdapat pada bulan Agustus 2004 dengan nilai 1012,10 mb dan terendah pada bulan Januari 2007 sebesar 1003,59 mb. Sedangkan kecepatan angin tertinggi yaitu bulan Agustus 2007 sebesar 7,86 m/s dan nilai kecepatan angin terendah yaitu 0,75 m/s pada bulan Februari 2013.
2. Fenomena siklon tropis yang terjadi di perairan selatan Jawa pada periode Juli 2002 hingga Desember 2014 terjadi sebanyak 29 kali dengan skala kekuatan terbesar yaitu siklon tropis berstatus 5. Tren masa hidup siklon tropis selama periode pengamatan mengalami penurunan, tetapi skala kekuatan siklon mengalami peningkatan. Siklon tropis banyak terjadi pada musim barat hingga peralihan 1 terutama pada bulan Maret. Tahun yang paling banyak terjadi siklon tropis adalah tahun 2008, sedangkan pada tahun-tahun ENSO dan IOD, siklon tropis jarang terjadi kecuali di BBU karena perbedaan variabilitas iklim regional.
3. Hubungan keeratan SPL, tekanan udara minimum dan kecepatan angin maksimum terhadap skala kekuatan siklon rata-rata sangat kuat tetapi agak lemah terhadap masa hidup siklon. Sedangkan pengaruh dari masing-masing parameter terhadap kekuatan siklon juga sangat kuat,

kecuali pada nilai parameter SPL yang hanya memberikan pengaruh sebesar 51%. Pengaruh masing-masing parameter terhadap masa hidup siklon memiliki hasil yang sangat lemah, hal ini dikarenakan terdapat banyak faktor internal dan lingkungan yang mempengaruhi lama masa hidup siklon.

5.2. Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, saran yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya adalah data SPL yang digunakan sebaiknya data citra satelit sensor aktif agar dapat mengetahui suhu perairan secara lebih jelas pada kondisi dimana persentase tutupan awan besar. Selain itu, parameter yang digunakan dapat ditambahkan dengan data curah hujan dengan cakupan wilayah pengamatan yang lebih luas.



DAFTAR PUSTAKA

- Anggreyni, D.A.R., B. M. Sukojo, dan L M. Jaelani. 2011. Studi Perubahan Suhu Permukaan Laut Menggunakan Satelit Aqua Modis. *Jurnal Teknik Gematika*. ITS . Surabaya.
- AntaraNews. 2013. Dampak Badai Tropis Terhadap Wilayah Indonesia. <http://www.antaranews.com/berita/408936/dampak-badai-tropis-terhadap-wilayah-indonesia>. Diakses pada tanggal 16 Februari 2015
- Ardiansyah, D. dan Z. L. Dupe. 2012. Hubungan Variabilitas Tahunan Monsun Australia dengan Aktivitas Siklon Tropis di Samudera Hindia. *Jurnal*. ITB: Bandung
- Asrianti, P., A. Bey, dan Y. Ilhamsyah. 2013. Kajian beberapa karakteristik siklon tropis (kasus topan Choi-wan dan Nida di lautan Pasifik Utara bagian barat. *Depik*, **2(3)**: 154-161
- BMKG. 2009. Learn About TC. <http://meteo.bmkg.go.id/siklon/learn>. Diakses pada tanggal 19 Juni 2014
- _____. 2014. Siklon Tropis. <http://meteo.bmkg.go.id/siklon/learn/07/id>. Diakses pada tanggal 19 Juni 2014
- _____. 2014. Cuaca Buruk Dampak Gangguan Siklon Tropis http://www.bmkg.go.id/bmkg_pusat/lain_lain/artikel/CUACA_BURUK_DAMPAK_GANGGUAN_SIKLON_TROPIS.bmkg. Artikel Online. Diakses pada tanggal 13 Juni 2015
- BOM.1999. About Cyclone. <http://www.bom.gov.au/cyclone/about/>. Australia Bureau of Metereology. Diakses pada tanggal 13 Juni 2015
- Burhanuddin, A. I. 2011. *The Sleeping Giant: Potensi dan Permasalahan Kelautan*. Brilian Internasional. Surabaya
- Camargo, S. J. dan A. H. Sobel. 2005. Western North Pacific Tropical Cyclone Intensity and ENSO. *JOURNAL OF CLIMATE* Vol. 18. Columbia University. New York
- Dare, R. A. dan J.L. McBride. 2011. Sea Surface Temper ature Response to Tropical Cyclones. *Monthly Weather Review*, Vol. 139. Bureau of Meteorology. Melbourne
- Deser, C., M. C. Alexander, S. P. Xie, dan A. S. Phillips. 2010. Sea Surface Temperature Variability: Patterns and Mechanisms. *Annu. Rev. Marine. Sci.* **2010.2**:115-143 arjournals.annualreviews.org
- Dipo, P., I. W. Nurjaya dan F. Syamsudin. 2011. Karakteristik Oseanografi Fisik Di Perairan Samudera Hindia Timur Pada Saat Fenomena Indian Ocean Dipole (IOD) Fase Positif Tahun 1994/1995, 1997/1998 Dan

2006/2007. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, **Vol. 3, No. 2**, Hal. 71-84, Desember 2011

Donguy, J. R. dan G. Meyers. 1996. Seasonal Variations of Sea Surface Salinity and Temperature in the Tropical Indian Ocean. *Deep-Sea Research I*, **Vol.43**, No.2, pp.117-138

Fadholi, A. 2013. Studi Dampak El Nino Dan Indian Ocean Dipole (Iod) Terhadap Curah Hujan Di Pangkalpinang. *Issue 1 Vol. 11*, Hal 43-50

Gray, W.M. 1968. A global view of the origin of tropical disturbances and storms. *Mon. Wea. Rev.*, **96**, pp.669-700

Hartono. 2010. Penginderaan Jauh Dan Sistem Informasi Geografi Serta Aplikasinya Di Bidang Pendidikan Dan Pembangunan. *Artikel Seminar Nasional-PJ dan SIG I Tahun 2010*. Pascasarjana UGM. Yogyakarta.

Haryani, S. N. dan A. Zubaidah. 2012. Dinamika Siklon Tropis Di Asia Tenggara Menggunakan Data Penginderaan Jauh. *Jurnal Teknologi No. 324*

Ilahude, A. G. dan A. Nontji. 1999. Oseanografi Indonesia dan Perubahan Iklim Gblal (El Nino dan La Nina). *Lokakarya "Kita dan Perubahan Iklim Global: Kasus El Nino dan La Nina"*. Akademi Ilmu Pengetahuan Indonesia. Jakarta

James, J. 2008. Prinsip-prinsip Sains. Penerbit Erlangga. Jakarta

Karif, I. V. 2011. *Variabilitas Suhu Permukaan Laut Di Laut Jawa Dari Citra Satelit Aqua Modis Dan Terra Modis*. Skripsi Ilmu dan Teknologi Kelautan IPB. Bogor

Knutson, T. R., J. L. McBride., J. Chan, K. Emanuel, G. Holland, C. Landsea, I. Held, J. P. Kossin, A. K. Srivastava, dan M. Sugi. 2010. Tropical cyclones and climate change. *Journal of Nature Geoscience* **3**, 157 - 163 (2010) doi:10.1038/ngeo779

Kossin, J. P., T. L. Olander dan K. R. Knapp. 2013. Trend Analysis with a New Global Record of Tropical Cyclone Intensity. *Jurnal of Climate* **vol.26** 9960-9976

Krishna, K. M. dan S. R. Rao. 2010. Impact of Global Warming on Tropical Cyclones and Monsoons. *Global Warming*, ISBN: 978-953-307-149-7 InTech. Andhra University. India

Kuleshov, Y., F. C. Ming, L. Qi1, I. Chouaibou, C. Hoareau, dan F. Roux. 2009. Tropical cyclone genesis in the Southern Hemisphere and its relationship with the ENSO. *Ann. Geophys.*, **27**, 2523–2538, 2009

Kunarso, S. H., N. Sari, dan Mulyono, 2011. Variabilitas Suhu dan Klorofil-a di Daerah *Upwelling* Pada Variasi Kejadian ENSO dan IOD di Perairan Selatan Jawa sampai Timor. *Jurnal Ilmu Kelautan*, September 2011. **Vol 16 (3)** 171 -180. UNDIP Semarang

- Lillesand dan Kiefer, 1990. *Penginderaan Jauh*. Erlangga. Jakarta
- Meurah. 1995. *Modul Geografi: Penginderaan Jauh*. Erlangga. Jakarta.
- Michaels, P. J., P. C. Knappenberger dan R. E. Davis. 2005. Sea-Surface Temperatures And Tropical Cyclones: Breaking The Paradigm. *Dept. Of Environmental Sciences*. Univ. of Virginia. USA
- Mulyanti, H. 2012. Pengaruh *El Nino-Southern Oscillation* (Enso) Terhadap Curah Hujan Bulanan Pulau Jawa. Skripsi Geografi. UGM: Yogyakarta
- Munson, B. R., D. F. Young dan T. H. Okiishi. 2004. *Mekanika Fluida: Jilid satu Vol. 4*. Penerbit Erlangga: Jakarta
- Mustika, A. 2008. *Karakteristik Siklon Tropis Sekitar Indonesia*. SKRIPSI Geofisika dan Meteorologi. IPB. Bogor
- NASA. 2011. SST Anomaly. http://neo.sci.gsfc.nasa.gov/view.php?datasetId=AMSRE_SSTAn_M. Diakses pada tanggal 15 Februari 2014
- _____. 2014. About MODIS. <http://modis.gsfc.nasa.gov/about/components.php> Diakses pada tanggal 18 Juni 2014.
- _____. 2015. SST Data. <http://oceancolor.gsfc.nasa.gov> diakses pada Maret 2015
- National Hurricane Center. 2005. About Saffir-Simpson Hurricane Wind Scale. <http://www.nhc.noaa.gov/aboutsshws.php> Diakses pada tanggal 14 Juni 2015
- Nazir, M. 2005. *Metode Penelitian*. Ghalia Indonesia. Bogor
- Nontji, A. 2008. *Plankton Laut*. LIPI Press: Jakarta
- Pustekkom Bogor. 2014. Badai Tropis. <http://idkf.bogor.net/yuesbi/e-DU.KU/edukasi.net/Fenomena.Alam/Badai/pendahulu.htm>. Diakses pada tanggal 7 Juni 2014
- Rastermaps.com. 2014. Spesifikasi MODIS. <http://www.rastermaps.com/2014/02/spesifikasi-modis.html>. Diakses pada tanggal 7 Juni 2014.
- Saji, N. H., B. N. Goswami, P. N. Vinayachandran dan T. Yamagata. 1999. A Dipole Mode in the Tropical Indian Ocean. *Nature* **vol. 401**. 360-363, www.nature.com
- Santosa, B. W. A. dan P. I. Mulyanto. 2014. Pemanfaatan Tenaga Angin dan Surya Sebagai Alat Pembangkit Listrik Pada Bagan Perahu. *Jurnal KAPAL*, **Vol. 11**
- Sea Friends. 2015. Wind Circulation. <http://www.seafriends.org.nz/oceano/currents.html>. Diakses 6 Juni 2015
- Study of Place. 2015. Pressure circulation http://studyofplace.terc.edu/ActivityContent/M2_A3_S02b.html. Diakses pada 7 Juni 2015

Sugiyono, 2013. *Statistika Untuk Penelitian*. Alfabeta. Bandung

Suryantoro, A. 2008. Siklon tropis di selatan dan barat daya indonesia dari pemantauan satelit TRMM dan kemungkinan kaitannya dengan gelombang tinggi dan puting beliung. *Majalah Sains dan Teknologi Dirgantara*, Vol.3, No. 1. LAPAN

Triatmodjo, B. 2010. *Metode Numerik*. Betta Offset. Yogyakarta

Tjasyono, B. H. K. 2004. *Klimatologi*. Penerbit ITB. Bandung

Unisys Weather. 2015. Hurricane/Tropical Data. <http://weather.unisys.com/hurricane/> Diakses pada Maret 2015

Wheather World. 1995. Hurricane.
<http://ww2010.atmos.uiuc.edu/%28Gh%29/guides/mtr/hurr/.rxml>.
University of Illinois. Diakses pada tanggal 13 Juni 2015

Whitney, L. D. dan J. S. Hobgood. 1997. The Relationship between Sea Surface Temperatures and Maximum Intensities of Tropical Cyclones in the Eastern North Pacific Ocean. *Journal of Climate*, Vol. 10. Ohio State University. Ohio

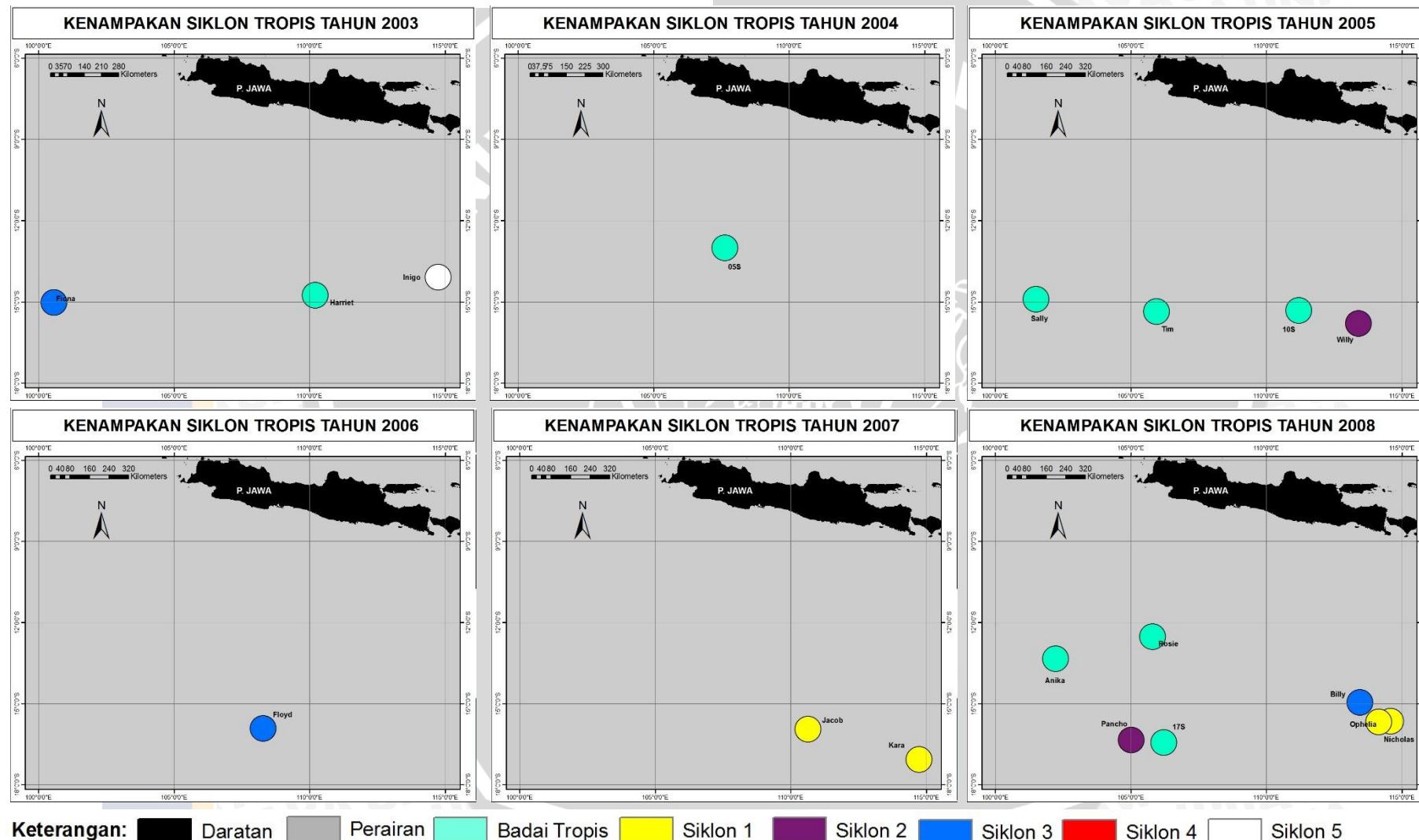
WMO. 1999. Storm Naming. <http://www.wmo.int/pages/prog/www/tcp/Storm-naming.html>. World Metereolgy Organization. Diakses pada tanggal 13 Juni 2015

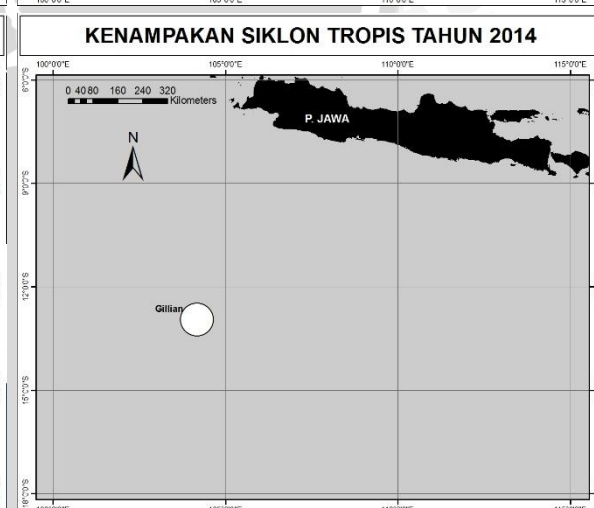
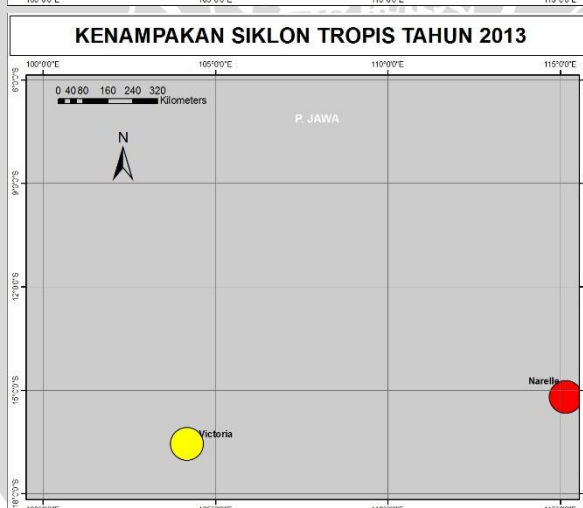
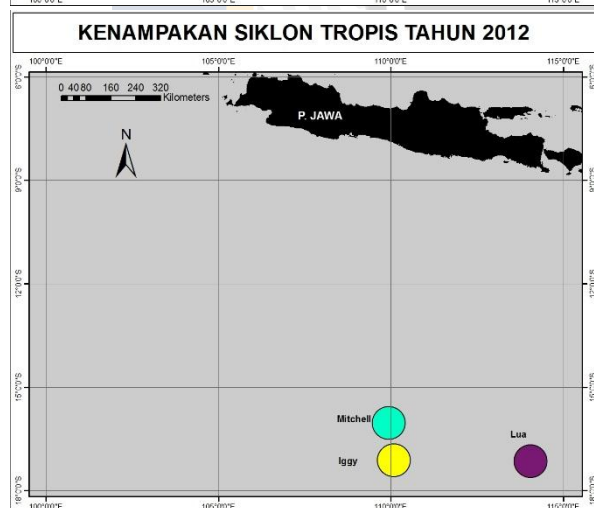
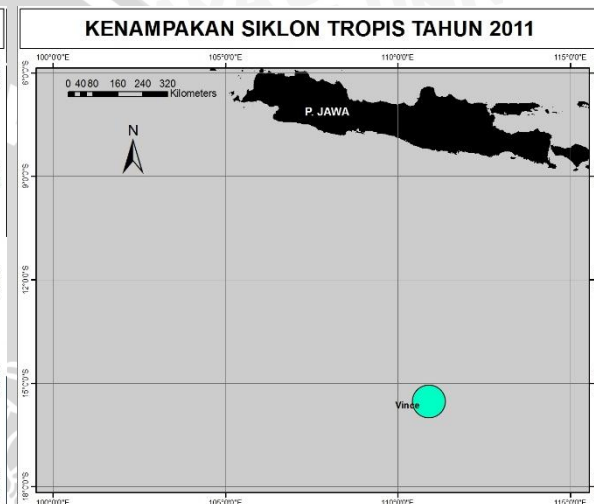
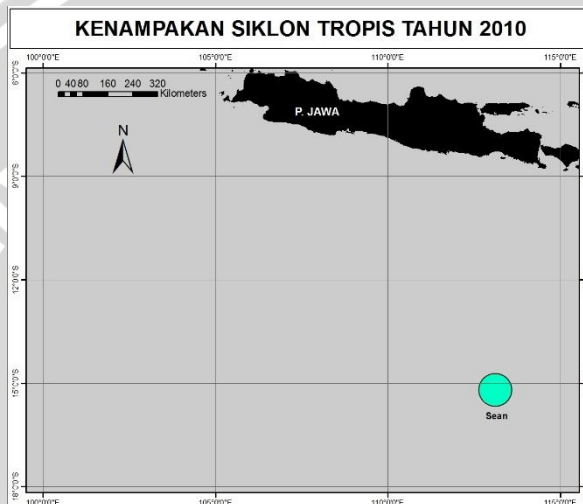
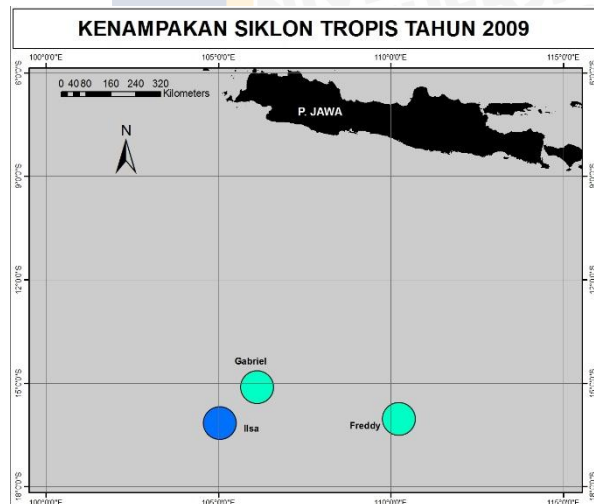
Wyrtki, K. 1961. Physical Oceanography of Southeast Asean Water. Naga Rep Vo. 2. The University of California L Jolla. California. 195p.

Yoshimura, J dan M. Sugi. 2005. Tropical Cyclone Climatology in a High-resolution AGCM: Impacts of SST Warming and CO2 Increase. *SOLA* , 2005, Vol. 1 , 133– 136, doi: 10.2151/sola. 2005–035

LAMPIRAN

Lampiran 1. Peta lokasi siklon tropis tiap tahun (2002 hingga 2014)





Keterangan: Daratan (black), Perairan (grey), Badai Tropis (cyan), Siklon 1 (yellow), Siklon 2 (purple), Siklon 3 (blue), Siklon 4 (red), Siklon 5 (white)

Lampiran 2. Data variabel analisis statistik

Tahun	Kekuatan siklon	Masa Hidup Siklon (Hari)	SPL (°C)	Tekanan Udara Min (mb)	Kec. Angin Max (knot)
2002	-	-	-	-	-
2003	4	9	31,06	933	115
	1	7	29,45	997	35
	6	8	32,79	898	140
2004	1	2	28,82	997	35
2005	1	3	27,11	991	40
	1	3	27,80	997	35
	1	3	26,94	997	35
	3	6	30,43	954	90
2006	4	6	32,82	927	115
2007	2	6	32,82	967	75
	2	3	30,15	970	80
2008	1	4	29,57	993	40
	2	9	27,96	963	80
	2	6	32,28	974	65
	3	6	29,89	948	95
	1	4	28,89	985	45
	1	3	28,73	978	50
	4	9	30,98	941	105
2009	1	4	28,45	982	55
	1	3	28,30	996	35
	4	6	29,73	948	100
2010	1	4	29,74	978	55
2011	1	5	31,22	989	40
2012	2	9	27,97	970	65
	3	5	30,46	930	95
	1	3	28,50	990	45
2013	2	4	27,67	971	80
	5	3	33,11	930	115
2014	6	5	32,92	937	140

Lampiran 3. Skala Beaufort (BOM, 1999)

Beaufort scale		Cyclone category	Average wind speed (knot)	Estimating speed over land	Estimating speed over water
0	Calm		<0.6	Calm, smoke rises vertically.	Sea like mirror
1	Light Air		0.6 - 3	Direction of wind shown by smoke drift, but not by wind vanes.	Ripples with the appearance of scales are formed, but without foam crests
2	Light breeze		3 - 7	Wind felt on face; leaves rustle; ordinary wind vane moved by wind.	Small wavelets, still short, but more pronounced; crests have a glassy appearance and do not break
3	Gentle breeze		7 - 11	Leaves and small twigs in constant motion; wind extends light flag.	Large wavelets; crests begin to break; foam of glassy appearance; perhaps scattered white horses
4	Moderate breeze		11 - 16	Raises dust and loose paper; small branches moved.	Small waves, becoming longer; fairly frequent white horses
5	Fresh breeze		16 - 21	Small trees in leaf begin to sway; crested wavelets form on inland waters.	Moderate waves, taking a more pronounced long form; many white horses are formed (chance of some spray)
6	Strong breeze		21 - 27	Large branches in motion; whistling heard in telegraph wires; umbrellas used with difficulty.	Large waves begin to form; the white foam crests are more extensive everywhere (probably some spray)
7	Near gale		27 - 34	Whole trees in motion; inconvenience felt when walking against the wind.	Sea heaps up and white foam from breaking waves begins to be blown in streaks along the direction of the wind
8	Gale	1	34 - 41	Breaks twigs off trees; generally	Moderately high waves of greater length; edges of

				impedes progress.	crests begin to break into the spindrift; the foam is blown in well-marked streaks along the direction of the wind
9	Strong gale	1	41 - 48	Slight structural damage occurs (chimney pots and slates removed).	High waves; dense streaks of foam along the direction of the wind; crests of waves begin to topple, tumble and roll over; spray may affect visibility
10	Storm	2	48 - 56	Seldom experienced inland; trees uprooted; considerable structural damage occurs.	Very high waves with long overhanging crests; the resulting foam, in great patches, is blown in dense white streaks along the direction of the wind; on the whole, the surface of the sea takes a white appearance; the tumbling of the sea becomes heavy and shock-like; visibility affected
11	Violent storm	2	56 - 64	Very rarely experienced; accompanied by widespread damage.	Exceptionally high waves (small and medium sized ships might be for a time lost to view behind the waves); the sea is completely covered with long white patches of foam lying along the direction of the wind; everywhere the edges of the wave crests are blown into froth; visibility affected
12	Hurricane	3,4,5	>64	Severe and extensive damage.	The air is filled with foam and spray; sea completely white with driving spray; visibility very seriously affected

Lampiran 4. *Track Kejadian Siklon Tropis wilayah Samudera Hindia Selatan Tahun 2002 hingga 2014 (Unisys, 2015)*

