

**VARIASI ARUS DAN SUHU DI JALUR *OUTFLOW* ARUS LINTAS INDONESIA
DALAM KAITANNYA DENGAN *EL-NINO SOUTHERN OSCILLATION* (ENSO)**

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

Oleh :

ANNISA SHAFIRA KINASHIH

NIM. 125080600111055



FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

MALANG

2016

**VARIASI ARUS DAN SUHU DI JALUR *OUTFLOW* ARUS LINTAS INDONESIA
DALAM KAITANNYA DENGAN *EL-NINO SOUTHERN OSCILLATION* (ENSO)**

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

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Meraih Gelar Sarjana Kelautan

di Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan

Universitas Brawijaya

Oleh :

**ANNISA SHAFIRA KINASIH
NIM. 125080600111055**



**FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2016**

SKRIPSI

VARIASI ARUS DAN SUHU DI JALUR *OUTFLOW* ARUS LINTAS INDONESIA
DALAM KAITANNYA DENGAN *EL-NINO SOUTHERN OSCILLATION* (ENSO)

Oleh:

ANNISA SHAFIRA KINASIH
NIM. 125080600111055

Telah dipertahankan di depan penguji
Pada tanggal 25 Juli 2016
Dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Dosen Penguji I



Nurin Hidayati, S.T., M.Sc
NIP. 19781102 200502 2 001

Tanggal: 18 AUG 2016

Menyetujui,
Dosen Pembimbing I



Ir. Aida Sartimbul, M.Sc., Ph.D
NIP. 19680901 199403 2 001

Tanggal: 18 AUG 2016

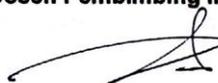
Dosen Penguji II



Dhira Khurniawan S, S.Kel., M.Sc
NIK. 201201 860115 1 001

Tanggal: 18 AUG 2016

Dosen Pembimbing II



Andik Isdianto, S.T., M.T
NIK. 20130982 0928 1 001

Tanggal: 18 AUG 2016



Dr. Ir. Daduk Setyohadi, MP
NIP. 19630608 198703 1 003
Tanggal: 18 AUG



PERNYATAAN ORISINALITAS

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

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

Malang, 25 Juli 2015

Mahasiswa

Annisa Shafira Kinasih

NIM. 125080600111055



UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada beberapa pihak atas dukungan dalam penyusunan Laporan Skripsi ini, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan ini dengan baik. Penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Allah SWT karena atas rahmat dan limpahan kebaikan-Nya penulis dapat menyelesaikan proses rangkaian skripsi ini dengan baik
2. Bapak tercinta (Alm) Hartojo yang telah berbahagia di surga dan Ibu Sri Wiludjeng serta adik M.Rafly Hakim dan segenap keluarga besar Mbah Siniadji yang telah senantiasa memberikan motivasi, semangat dan doa-doa yang tak pernah henti
3. Ibu Ir.Aida Sartimbul, M.Sc, Ph.D dan Bapak Andik Isdianto, ST,MT selaku dosen pembimbing skripsi yang telah meluangkan waktu, memberi motivasi dan dengan sabar memberikan bimbingan selama proses penulisan skripsi
4. Ibu Nurin Hidayati, S.T, M.Sc dan Bapak Dhira Kurniawan S.Kel, M.Sc selaku dosen penguji yang telah memberi masukan dan saran yang membangun
5. Pihak Balai Penelitian dan Observasi Laut yang telah banyak membantu dalam proses penyusunan skripsi ini
6. Teman-teman penggembira hati yang tak pernah lelah memberi semangat : Resky,Ardel,Ayu,Mayang,Tala,Desy,Sony,Yayay,Renardhi,Fugu,Yunita,Herprita, Nevy, Ika,Riris,Cilprilia,Detri dan Teman Kos Puri Bunga 86

Penulis

Annisa Shafira Kinasih

RINGKASAN

ANNISA SHAFIRA KINASIH. Variasi Arus dan Suhu Di Jalur *Outflow* Arus Lintas Indonesia (ARLINDO) Dalam Kaitannya Dengan *El-Nino Southern Oscillation* (ENSO). Dibawah bimbingan **Ir.Aida Sartmbul, M.Sc, Ph.D.** dan **Andik Isdianto, S.T,M.T.**

Arus Lintas Indonesia (Arlindo) merupakan ciri khas sistem arus yang hanya ada di Indonesia. Arlindo dapat mengubah karakteristik air dari Samudera Pasifik. Perubahan karakteristik air tersebut dikarenakan adanya pengaruh dari jalur lintasan air itu sendiri. Selat Lombok merupakan jalur keluar (*outflow*) air dari Samudera Pasifik menuju ke Samudera Hindia. Arlindo yang melalui jalur ini dipengaruhi oleh musim, maupun masukan air tawar di Selat Lombok. Pada Selat Lombok banyak masukan air tawar, kondisi inilah yang menyebabkan terjadinya interaksi antara air tawar dan air laut yang dapat mempengaruhi persebaran suhu, salinitas, dan faktor oseanografi lainnya. Perubahan suhu dapat menyebabkan terjadinya sirkulasi dan stratifikasi air yang dapat mempengaruhi persebaran organisme perairan. Selain itu faktor El-Nino dan La-Nina dapat pula mempengaruhi variasi suhu dan di Selat Lombok. Selat Lombok merupakan selat yang penting baik dalam sisi transportasi karena menghubungkan Pulau Bali dan Pulau Lombok, dan segi perikananannya. Penelitian ini terfokus terhadap dinamika perubahan parameter suhu dan arus akibat adanya fenomena *El-Nino Southern Oscillation* (ENSO).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pada waktu kapan saja terjadi ENSO, mengetahui karakteristik suhu di wilayah kajian, dan untuk mengetahui pola arus di perairan *outflow* Arlindo

Pada penelitian ini menggunakan beberapa data yaitu data suhu dari satelit Aqua-Modis, data suhu dari CTD dan Argo-Float, nilai Index Ocean Dipole (IOD) dan nilai Southern Oscillation Index (SOI). Data suhu dari CTD dan Argo Float digunakan sebagai data pembandingan untuk dilakukan analisa statistik uji-T untuk menguji apakah data suhu dari satelit dapat menggantikan data suhu dari CTD dan Argo Float yang merupakan data suhu yang didapat melalui pengukuran secara langsung. Data nilai SOI dan IOD digunakan untuk mengetahui pengaruh IOD dan ENSO di wilayah kajian.

Hasil dari penelitian ini menunjukkan IOD positif (+) terjadi pada tahun 2006, 2008, 2011, dan 2013. Fenomena IOD negatif (-) berdampak pada meningkatnya nilai SPL di wilayah Indonesia, IOD negatif (-) terjadi pada tahun 2005, 2010, dan 2013. SOI yang bernilai positif menandakan terjadinya *La-Nina*, sebaliknya SOI yang bernilai negatif menandakan terjadinya *El-Nino*. *La-Nina* menyebabkan SPL di wilayah Indonesia mengalami kenaikan SPL, kejadian *La-Nina* terjadi pada tahun 2007, 2010, dan 2013. Sebaliknya, *El-Nino* menyebabkan SPL di wilayah Indonesia mengalami penurunan, kejadian *El-Nino* terjadi pada tahun 2006, 2008, 2011, dan 2014. SPL paling tinggi terjadi di wilayah 1 yang merupakan wilayah Laut Flores dan termasuk wilayah closed sea. SPL paling tinggi di semua wilayah terjadi pada musim barat, dan sebaliknya nilai SPL menjadi rendah pada saat musim timur.

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT, karena atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan penelitian (SKRIPSI) yang berjudul “Variasi Arus dan Suhu Di Jalur *Outflow* Arus Lintas Indonesia (ARLINDO) Dalam Kaitannya Dengan *El-Nino Southern Oscillation*”, ini dengan baik. Penulisan ini merupakan salah satu syarat untuk menyelesaikan studi pada Program Studi Pemanfaatan Sumberdaya Perikanan dan Ilmu Kelautan jurusan Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Brawijaya, Malang.

Laporan ini terbagi dalam 5 Bab, dimana Bab 1 membahas tentang latar belakang dilakukannya penelitian mengenai suhu dan arus di Selat Lombok yang merupakan jalur *outflow* Arlindo. Bab 2 membahas mengenai Tinjauan Pustaka atau referensi yang digunakan dalam penyusunan penulisan laporan. Bab 3 membahas mengenai materi serta metode yang digunakan dalam penelitian. Bab 4 membahas mengenai hasil dari penelitian yang berupa data, gambar, dan analisis terhadap materi penelitian, serta bab 5 membahas tentang kesimpulan serta saran dari penelitian (SKRIPSI) ini.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan laporan ini masih terdapat banyak kekurangan baik dari tulisan maupun sistem penulisannya. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang sifatnya membangun guna memperbaiki penulisan selanjutnya.

Penulis

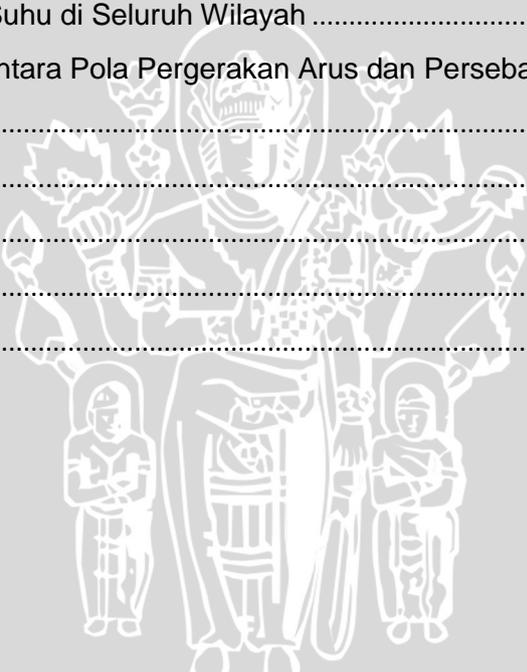
Annisa Shafira Kinasih

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Maksud dan Tujuan.....	4
1.3.1 Maksud.....	4
1.3.2 Tujuan	4
1.4 Tempat dan Waktu	4
2. TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Suhu	6
2.3 Arus.....	6
2.4 Arus Lintas Indonesia	7
2.5 El-Nino Southern Oscillation (ENSO).....	9
2.6 Indian Ocean Dipole (IOD).....	10
2.7 Southern Oscillation Index (SOI).....	11
3. METODOLOGI	13
3.1 Materi Penelitian	13
3.2 Metode Penelitian.....	13
3.2.1 Data Insitu Suhu Selat Lombok.....	13
3.2.2 Data Persebaran Suhu Horizontal dari Satelit Aqua-Modis.....	15
3.2.3 Data Persebaran Suhu dari ARGO-Float	16
3.2.4 Data Arus dari OSCAR.....	16
3.3 Alur Penelitian	17
3.4 Alat dan Bahan.....	20
3.4.1 Alat.....	20

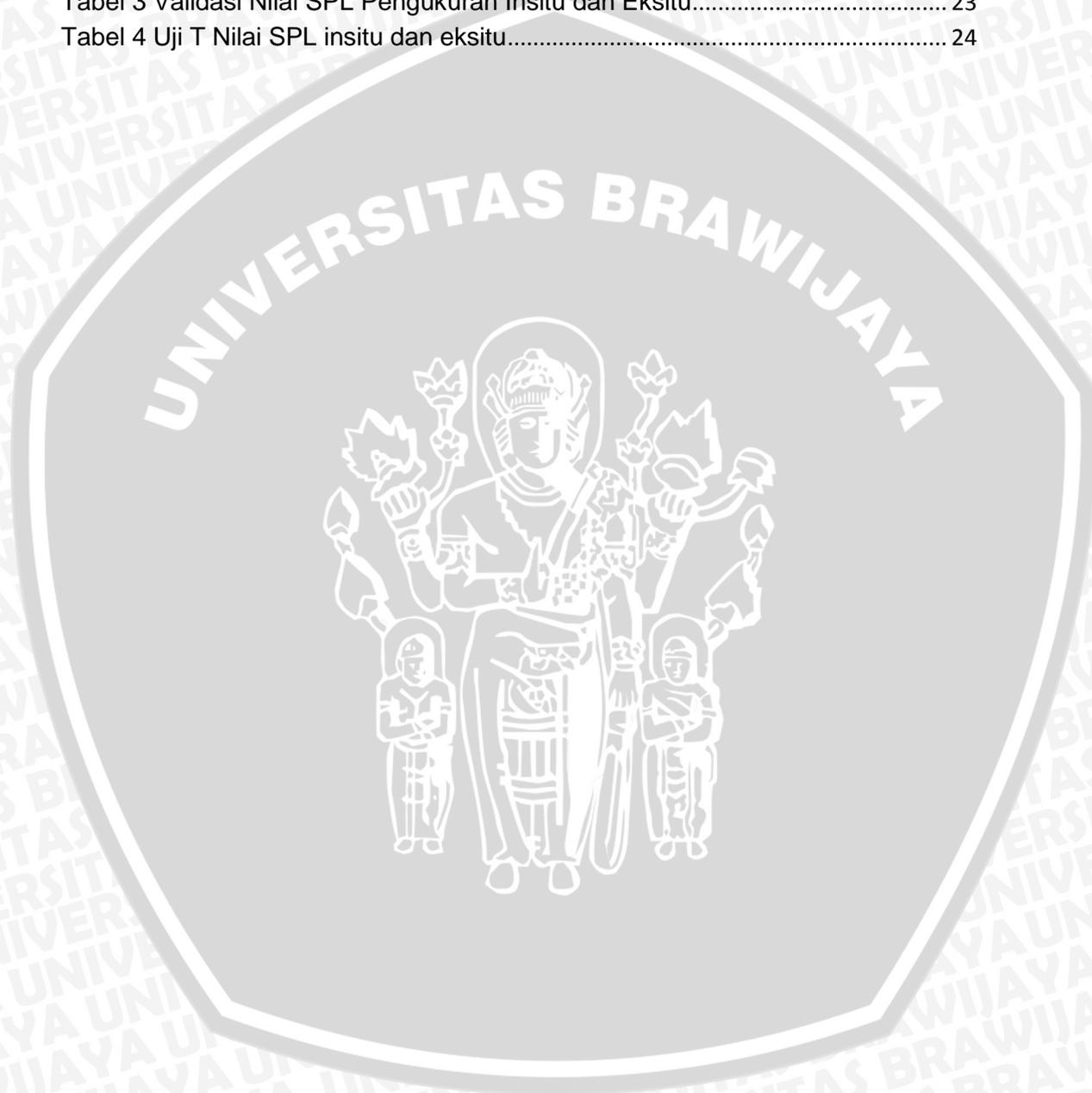


3.4.2 Bahan	20
3.5 Wilayah Kajian	21
4. HASIL DAN PEMBAHASAN	23
4.1 Hasil	23
4.1.1 Uji Validasi Suhu dari <i>Conductivity, Temperature and Depth</i> (CTD), Argo-Float dan Satelit Aqua-MODIS	23
4.1.2 Tren dan Anomali Suhu Permukaan Laut (SPL)	25
4.1.3 Analisis Musiman Suhu Permukaan Laut (SPL)	30
4.2 Pembahasan	35
4.2.1 Hubungan Indian Ocean Dipole (IOD) dan Southern Oscillation Index (SOI) Dengan Perubahan Iklim	35
4.2.2 Hubungan antara SPL dengan IOD dan SOI	38
4.2.3 Perbedaan Suhu di Seluruh Wilayah	47
4.2.4 Hubungan Antara Pola Pergerakan Arus dan Persebaran Suhu	52
5. PENUTUP	64
5.1 Kesimpulan	64
5.2 Saran	65
DAFTAR PUSTAKA	66
LAMPIRAN	68



DAFTAR TABEL

Tabel 1 Tanggal dan Lokasi CTD	14
Tabel 2 Wilayah Kajian Penelitian	21
Tabel 3 Validasi Nilai SPL Pengukuran Insitu dan Eksitu.....	23
Tabel 4 Uji T Nilai SPL insitu dan eksitu.....	24



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Skema IOD Positif dan IOD Negatif	11
Gambar 2 Peta Lokasi CTD	15
Gambar 3 Alur Penelitian	18
Gambar 4 Wilayah Kajian Penelitian yang dibagi menjadi 3 wilayah, yaitu Wilayah 1, wilayah 2, dan wilayah 3	22
Gambar 5 (a) Tren SPL dan (b) Anomali di Wilayah 1 Tahun 2005-2015	26
Gambar 6 (a) Tren dan (b) Anomali SPL di Wilayah 2 Tahun 2005-2015	28
Gambar 7 (a) Tren dan (b) Anomali SPL Di Wilayah 3 tahun 2005-2015	30
Gambar 8 Grafik SPL Musiman di Wilayah 1	31
Gambar 9 Grafik SPL Musiman di Wilayah 2	32
Gambar 10 Grafik SPL Musiman di Wilayah 3	34
Gambar 11 Grafik IOD Tahun 2005-2015	36
Gambar 12 Grafik SOI Tahun 2005-2015	37
Gambar 13 Nilai Anomali SPL, SOI, dan IOD Di Wilayah 1	39
Gambar 14 Nilai Anomali SPL, SOI, dan IOD di Wilayah 2	42
Gambar 15 Nilai Anomali SPL,IOD,dan SOI Di Wilayah 3	45
Gambar 16 Grafik Suhu Permukaan Laut Di Semua Wilayah	48
Gambar 17 SPL Musiman di Seluruh Wilayah	50
Gambar 18 Peta Kontur SPL dan Arah Arus Musim Timur 2006	54
Gambar 19 Peta Kontur SPL dan Arah Arus Musim Timur 2008	55
Gambar 20 Peta Kontur SPL dan Arah Arus Musim Timur 2011	56
Gambar 21 Peta Kontur SPL dan Arah Arus Musim Timur 2014	57
Gambar 22 Peta Kontur SPL dan Arah Arus Musim Barat 2007	60
Gambar 23 Peta Kontur SPL dan Arah Arus Musim Barat 2010	61
Gambar 24 Peta Kontur SPL dan Arah Arus Musim Barat 2013	62



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Suhu Permukaan Laut Wilayah 1	68
Lampiran 2 Suhu Permukaan Laut Wilayah 2	68
Lampiran 3 Suhu Permukaan Laut Wilayah 3	69
Lampiran 4 Contoh Perekaman Data Arus Oleh OSCAR	69
Lampiran 5 Contoh Perekaman Data Aqua-Modis	70



1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perairan Indonesia memiliki jalur dari transfer panas, dan salinitas rendah yang berasal dari Samudera Pasifik yang kemudian menuju ke Samudera Hindia. Faktor geografi yang menyebabkan air dari Samudera Pasifik bergerak melalui perairan Indonesia menuju ke Samudera Hindia Lautan Indonesia merupakan jalur penghubung antara Samudera Pasifik tropis dan Samudera Hindia. Jalur ini tidak sederhana, bukan hanya sebatas celah tunggal di 'dinding', melainkan tersusun atas pola – pola rumit laut dan selat dengan dimensi yang bervariasi. Profil kecepatan dan temperatur/salinitas Arus Lintas Indonesia (Arlindo) mengalami perubahan dalam perjalanannya dari Samudera Pasifik ke Samudera Hindia akibat *sea-air buoyancy* dan perubahan momentum, serta *diapycnal mixing* karena pengaruh topografi dan hilangnya energi pasang-surut (Gordon *et al*, 2008).

Fenomena Arus Lintas Indonesia (Arlindo) menjadi salah satu ciri khas sistem arus di Indonesia. Arlindo merupakan suatu sistem sirkulasi laut di perairan Indonesia dimana terjadi lintasan arus yang membawa massa air di Lautan Pasifik ke Lautan Hindia. Massa air Pasifik tersebut terdiri atas massa air Pasifik Utara dan Pasifik Selatan (Wyrтки, 1961). Arlindo membawa massa air Samudera Pasifik memasuki perairan Indonesia melalui dua jalur, yaitu jalur barat yang masuk melalui Laut Sulawesi lalu ke Selat Makassar, Laut Flores, dan ke Laut Banda. Jalur kedua adalah jalur timur yang melalui Laut Maluku dan Laut Halmahera lalu ke Laut Banda. Jalur kedua adalah jalur timur yang melalui Laut Maluku dan Laut Halmahera lalu ke Laut Banda. Massa air ini akan keluar menuju ke Samudera Hindia aliran yang utama melalui Laut Timor. Jalur keluar



lainnya melalui Selat Ombai (Selat antara Alor dan Timor) serta melalui Selat Lombok (Fieux *et al*, 1996).

Selat Lombok merupakan selat yang memisahkan antara Pulau Bali dan Pulau Lombok. Selat ini merupakan jalur keluar (*outflow*) dari aliran Arlindo. Selat Lombok memiliki peranan penting dalam segi perikanan maupun transportasi. Karakteristik dan dinamika perairan Selat Lombok banyak mendapat pengaruh dari aliran Arus Lintas Indonesia. Selain faktor Arus Lintas Indonesia, karakteristik dan dinamika perairan Selat Lombok banyak mendapat pengaruh dari kejadian *El-Nino Southern Oscillation* (ENSO). ENSO merupakan kejadian yang ditandai dengan meningkatnya atau menurunnya suhu perairan yang jauh dari keadaan normalnya. Terjadinya ENSO terletak di Samudera Pasifik bagian timur (perairan Peru). Meskipun terjadinya ENSO terbilang jauh dari wilayah perairan Indonesia, ENSO memiliki pengaruh pula pada variasi iklim dan cuaca di bagian selatan (Aldrian, 2008).

Faktor-faktor seperti Arlindo dan ENSO inilah yang dapat mempengaruhi karakteristik dan dinamika perairan Selat Lombok. Parameter perairan yang paling terpengaruh oleh adanya aliran Arlindo dan pengaruh ENSO adalah suhu dan arus. Parameter perairan yang berpengaruh tersebut dapat berdampak pula pada faktor perikananannya. Pada saat terjadinya El-Nino, terjadi penurunan volume massa air yang bergerak dari Samudera Pasifik menuju Samudera Hindia. Lebih lanjut, menurut Hadi (2006) kekosongan massa air di wilayah perairan Indonesia tersebut kemudian mendorong munculnya *upwelling*, yakni naiknya massa air laut dalam dengan ciri temperatur rendah, salinitas tinggi, dan kaya akan nutrisi, sehingga meningkatkan jumlah klorofil di perairan Indonesia yang dapat meningkatkan kesuburan perairan.

Selama ini, penelitian mengenai Arus Lintas Indonesia kebanyakan dilakukan di wilayah masuknya aliran Arlindo yaitu di Selat Makassar seperti penelitian yang telah dilakukan oleh Gordon *et al* (1997,2001, 2005,dan 2006). Pada penelitian tersebut diungkapkan bahwa variasi massa air di Selat Makassar dipengaruhi oleh adanya aliran Arlindo dan fenomena El-Nino Southern Oscillation (ENSO). Berdasarkan penelitian tersebut maka, Selat Lombok yang merupakan jalur *outflow* Arlindo juga perlu dilakukan kajian mengenai variasi massa air. Dalam penelitian ini, massa air yang dikaji adalah suhu dan arus yang secara langsung terdampak oleh adanya fenomena *El-Nino Southern Oscillation* (ENSO). Suhu merupakan faktor fisika yang mempunyai pengaruh penting terhadap perubahan iklim. Suhu memiliki korelasi erat dengan arus laut. Seperti yang dikemukakan oleh Sukresno dan Wasa (2006) bahwa suhu dan arus laut berkorelasi positif karena arus di Samudera Pasifik dan Samudera Hindia berperan penting pada persebaran suhu di lautan.

1.2 Rumusan Masalah

Arus Lintas Indonesia (Arlindo) merupakan ciri khas sistem arus yang hanya ada di Indonesia. Arlindo dapat mengubah karakteristik air dari Samudera Pasifik. Perubahan karakteristik air tersebut dikarenakan adanya pengaruh dari jalur lintasan air itu sendiri. Selat Lombok merupakan jalur keluar (*outflow*) air dari Samudera Pasifik menuju ke Samudera Hindia. Arlindo yang melalui jalur ini dipengaruhi oleh musim, maupun masukan air tawar di Selat Lombok. Pada Selat Lombok banyak masukan air tawar, kondisi inilah yang menyebabkan terjadinya interaksi antara air tawar dan air laut yang dapat mempengaruhi persebaran suhu, salinitas, dan faktor oseanografi lainnya. Perubahan suhu dapat menyebabkan terjadinya sirkulasi dan stratifikasi air yang dapat mempengaruhi persebaran organisme perairan. Selain itu faktor El-Nino dan La-

Nina dapat pula mempengaruhi variasi suhu dan di Selat Lombok. Selat Lombok merupakan selat yang penting baik dalam sisi transportasi karena menghubungkan Pulau Bali dan Pulau Lombok, dan segi perikanannya. Penelitian ini terfokus terhadap dinamika perubahan parameter suhu dan arus akibat adanya fenomena *El-Nino Southern Oscillation* (ENSO)

1.3 Maksud dan Tujuan

1.3.1 Maksud

Maksud dari penelitian ini adalah untuk mengetahui dinamika suhu dan arus di Selat Lombok karena adanya pengaruh sebagai jalur keluar dari Arus Lintas Indonesia dan pengaruh dari *El-Nino Southern Oscillation* (ENSO) di wilayah perairan tersebut.

1.3.2 Tujuan

Tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui waktu terjadinya fenomena Indian Ocean Dipole (IOD) di wilayah kajian penelitian
2. Mengetahui waktu terjadinya fenomena *El-Nino Southern Oscillation* (ENSO) di wilayah kajian penelitian
3. Mengetahui persebaran suhu dan pola arus pada saat terjadinya kejadian El-Nino dan La-Nina
4. Mengetahui variasi suhu di masing-masing wilayah kajian

1.4 Tempat dan Waktu

Penelitian ini dimulai dengan pembuatan proposal, pelaksanaan penelitian, dan penyusunan laporan. Penulisan proposal dilaksanakan pada bulan Februari hingga bulan Maret 2016. Penelitian dilaksanakan pada bulan April 2016 sampai

dengan Mei 2016. Rangkaian penelitian dimulai dari penulisan proposal yaitu pada Bulan April 2016, kegiatan penelitian selanjutnya adalah pengumpulan data penelitian. Penyusunan laporan dilaksanakan pada bulan Mei hingga Juni 2016.

Tempat penelitian secara keseluruhan dilaksanakan di Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Brawijaya, Malang



2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Suhu

Suhu adalah besaran fisika yang menyatakan derajat panas suatu zat. Suhu pada suatu perairan dapat dipengaruhi oleh musim, lintang, ketinggian dari permukaan laut, tutupan awan, dan kedalaman air. Kisaran suhu pada perairan tropis adalah 25⁰C-32⁰C. Suhu perairan terutama lapisan permukaan sangat kuat dipengaruhi oleh intensitas cahaya matahari, namun terdapat pula faktor – faktor meteorologis lain yang dapat berpengaruh terhadap variasi SPL (Suhu Permukaan Laut) seperti curah hujan, kecepatan angin, penguapan, suhu udara, kelembaban, dan keadaan awan (Farita, 2006).

Suhu merupakan salah satu parameter oseanografi fisika yang berperan penting dalam siklus perairan. Suhu bervariasi secara spasial dan temporal, yang berdampak pada proses pertumbuhan, kecepatan renang, reproduksi, fenologi, distribusi, rekrutmen, dan mortalitas biota yang hidup di dalamnya, baik biota yang melakukan migrasi maupun biota yang tidak bermigrasi (Sartimbul *et al.*, 2010).

2.3 Arus

Arus merupakan salah satu parameter penting dalam dinamika perairan yang memberikan pengaruh terhadap perubahan wilayah pesisir dan laut. Secara sederhana arus dapat diartikan sebagai sirkulasi massa air dari satu tempat ke tempat lain. Arus berperan aktif dalam mempengaruhi proses – proses biologi, fisika dan kimia dalam ruang dan waktu yang terjadi di pantai dan laut (Trujillo and Thurman, 2008 *dalam* Ismunarti dan Rochadi, 2013). Area laut dan pesisir merupakan suatu daerah yang sangat dinamis dan cepat mengalami perubahan.

Arus merupakan salah satu dinamika perairan yang memberikan pengaruh terhadap perubahan wilayah pesisir dan laut (Stewart, 2002). Secara sederhana arus dapat diartikan sebagai sirkulasi massa air dari satu tempat ke tempat lain. Arus berperan aktif dalam mempengaruhi proses-proses biologi, kimia dan fisika dalam spektrum ruang dan waktu yang terjadi di lautan (Latief, 2002 dalam Ismunarti dan Rochadi, 2013). Data arus sangat diperlukan dalam penentuan tata letak pelabuhan, alur pelayaran dan bangunan pantai, pengelolaan lingkungan laut dan penentuan daerah rekreasi bahari serta budidaya wilayah pesisir.

Arief (1992) menyatakan bahwa arus di Selat Lombok merupakan sistem arus kuat dengan arah yang cenderung ke arah selatan menuju Lautan Hindia. Arus di lapisan atas didominasi oleh frekuensi rendah. Pada lapisan permukaan antara 0-100m dipengaruhi kuat oleh angin musim dan secara vertikal arus paling kuat dijumpai pada lapisan dengan salinitas rendah. Di daerah ini salinitas minimum terjadi pada kedalaman di atas 300m. Sirkulasi pasut yang kuat masih ada pada kedalaman 800m dengan kecenderungan yang sama ke arah selatan.

2.4 Arus Lintas Indonesia

Arus Lintas Indonesia (Arlindo) adalah aliran massa air yang berbentuk arus laut dari Samudera Pasifik menuju Samudera Hindia dan mengalir di bagian laut di kawasan timur kepulauan Indonesia yang terletak di perairan Asia Tenggara, merupakan perairan yang relatif terbuka ke arah Samudera Pasifik namun tertutup terhadap perairan Samudera Hindia. Kondisi tersebut memungkinkan massa air dari Samudera Pasifik secara bebas masuk ke perairan Indonesia dibandingkan dengan massa air Samudera Hindia. Arus ini melewati hamparan pulau-pulau di perairan Indonesia Timur yang mempunyai struktur batimetri yang menunjukkan adanya palung, jeluk, basin laut dan tidak

terhitung kepulauan karang, sehingga arus ini memiliki dinamika dan pergerakan massa air yang kompleks di kawasan tersebut (Cahyaningrum, 2009).

Morey *et al.* (1999) menyatakan bahwa massa air Arlindo berasal dari massa air Pasifik Utara (92%) dan massa air Pasifik Selatan (8%). Massa air perairan Pasifik melintasi kepulauan Indonesia melalui jalur utama yaitu (Gordon *et al.*, 1994) :

1. Jalur barat

Massa air dari Samudera Pasifik utara dibawa menuju ke barat oleh Arus Khatulistiwa Utara (*North Equatorial Current* atau NEC), yang membentuk tiga cabang yaitu :

- a) Ke arah utara yang kemudian menjadi awal dari arus Kuroshio.
- b) Berbelok ke arah timur di sekitar pusaran Mindanao (*Mindanao eddy* atau ME), kemudian menjadi Arus Sakal Khatulistiwa Utara.
- c) *North Equatorial Countercurrent* (NECC), yang menuju arah selatan dan menjadi Arus Mindanao (*Mindanao Current* atau MC) yang kemudian dibawa menuju jalur Arlindo oleh Pusaran Mindanao. Massa air ini masuk melalui Laut Sulawesi menuju Selat Makasar lalu ke Selat Lombok menuju Samudera Hindia. Sebagian lagi, massa air dibelokkan ke arah timur (Laut Flores dan Laut Banda). Dari arah timur, aliran arus terbagi melewati Pintasan Timor serta Selat Ombai lalu ke Laut Sawu. Kedua aliran ini bersama-sama keluar menuju Samudera Hindia.

2. Jalur timur

Massa air dari Pasifik selatan yang masuk ke perairan Indonesia dibawa oleh Arus Pantai Papua (*New Guinea Coastal Current* atau NGCC). Sebagian besar arus ini berbelok arah ke Samudera Pasifik oleh Pusaran Halmahera (HE) dan mengalir bersama Arus Sakal Khatulistiwa Utara (NECC). Sebagian lagi masuk

melalui Laut Halmahera dan Laut Maluku menuju Laut Banda, kemudian bergabung dengan aliran Arlindo dari Selat Makasar. Aliran ini melewati Pintasan Timor serta Selat Ombai terus menuju ke Laut Sawu yang akhirnya menuju Samudera Hindia.

2.5 El-Nino Southern Oscillation (ENSO)

El-Nino Southern Oscillation (ENSO) merupakan interaksi antara atmosfer dan lautan di wilayah tropis Pasifik. Reaksi ini kemudian menghasilkan variasi periode antara dibawah suhu normal maupun diatas suhu normal dan kondisi basah dan kering dalam kurun waktu beberapa tahun. Interaksi tersebut berdampak pada kondisi fisika di lautan. Interaksi antara lautan dan atmosfer di atasnya merupakan kondisi yang terjadi selama El-Nino dan La-Nina. Selama terjadinya El-Nino, tekanan di lautan lebih rendah yaitu di wilayah timur Pasifik dan memiliki tekanan tinggi di wilayah barat Pasifik. Hal sebaliknya terjadi pada saat masa La-Nina. Karena kejadian inilah, tekanan atmosfer di wilayah barat dan timur Pasifik disebut dengan 'Southern Oscillation'. Karena El-Nino dan Southern Oscillation berhubungan, maka dinamai dengan El-Nino Southern Oscillation (ENSO) (LDEO, 2016).

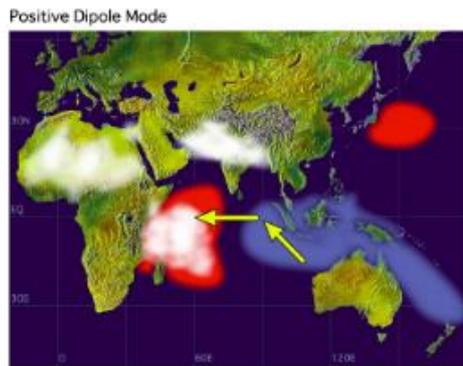
ENSO adalah salah satu fenomena iklim yang ada di bumi. Fenomena ini merupakan salah satu fenomena perubahan sirkulasi atmosfer secara global, perubahan inilah yang mempengaruhi suhu dan curah hujan di seluruh dunia. Meskipun ENSO merupakan fenomena iklim tunggal, ENSO mempunyai 2 frasa yaitu El-Nino, La Nina yang keduanya merupakan fenomena yang dapat merubah kondisi atmosfer dan lautan. El-Nino merupakan pemanasan permukaan laut atau naiknya suhu permukaan laut di wilayah pusat dan timur Samudera Pasifik. Di wilayah Indonesia, curah hujan berkurang sementara di wilayah tropis Pasifik terjadi peningkatan curah hujan. Angin bertekanan rendah

yang apabila pada kondisi normal berhembus dari timur ke barat sepanjang equator, mulai melemah dan berhembus ke arah berlawanan (dari barat ke timur). La-Nina merupakan 'fase dingin; dari permukaan laut, atau menurunnya suhu permukaan laut di pusat dan timur Samudera Pasifik. Di wilayah Indonesia, curah hujan meningkat, sementara di wilayah tropis Pasifik curah hujan menurun. Angin timur normal di wilayah equator menjadi menguat (Michelle, 2014).

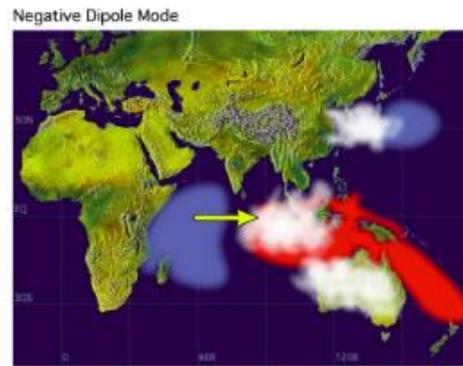
2.6 Indian Ocean Dipole (IOD)

Indian Ocean Dipole merupakan fenomena yang terjadi di wilayah Samudera Hindia. IOD mempunyai karakteristik anomali dinginnya Suhu Permukaan Laut (SPL) di wilayah timur Samudera Hindia dan menghangatnya SPL di samudera Hindia bagian barat. Berhubungan dengan fenomena ini, di wilayah timur Samudera Hindia mengalami fase hangat yang menyebabkan curah hujan meningkat di wilayah Afrika dan musim kering di wilayah Indonesia (JAMSTEC, 2012). Skema dari fenomena IOD dapat dilihat pada Gambar. IOD positif menunjukkan suhu yang dingin di wilayah barat Samudera Hindia (Indonesia) dan suhu yang menghangat di wilayah Afrika. IOD negatif menunjukkan sebaliknya yaitu suhu yang menghangat di wilayah barat Samudera Hindia (Indonesia) dan suhu dingin di wilayah Afrika.

Schematic of a positive IOD event.



Schematic of a negative IOD event.



Sumber Gambar : LDEO Columbia (2015)

Gambar 1 Skema IOD Positif dan IOD Negatif

Indian Ocean Dipole (IOD) merupakan fenomena yang mengakibatkan dua area mengalami perbedaan suhu permukaan laut. IOD merupakan fenomena yang membedakan 2 wilayah yaitu wilayah barat Samudera Hindia dan wilayah timur Samudera Hindia (Indonesia). IOD menguatkan perbedaan iklim di Australia dan wilayah lain yang dikelilingi oleh Samudera Hindia dan perbedaan curah hujan yang signifikan di beberapa wilayah. Seperti ENSO, perubahan gradien suhu di Samudera Hindia menghasilkan perbedaan akan massa udara di atasnya. Secara ilmiah, IOD merupakan fenomena yang terjadi antara interaksi lautan dan atmosfer, seperti halnya dengan ENSO namun IOD terjadi di wilayah Samudera Hindia. IOD positif menggambarkan fenomena El-Nino dan IOD negatif menunjukkan fenomena La-Nina (Bureau of Meteorology Australia Government, 2016).

2.7 Southern Oscillation Index (SOI)

Fenomena ENSO memiliki siklus yang tidak teratur dengan periode antara 2 sampai 7 tahun. Salah satu parameter yang menunjukkan fase ENSO adalah Southern Oscillation Index (SOI). SOI merupakan suatu indeks perbedaan tekanan udara permukaan yang terjadi antara Indonesia dengan Samudera

Pasifik (Philander,1990). Untuk memperoleh nilai dari SOI, akan digunakan nilai tekanan paras laut di Tahiti yang dikurangkan dengan tekanan paras laut di Darwin, kemudian dinormalkan dengan perbedaan Standar Deviasi (Quinn et,al, 1978).

$$SOI = 10 \times \frac{PA \text{ (Tahiti)} - PA \text{ (Darwin)}}{SD \text{ (Pdiff)}}$$

Keterangan :

- SOI = Southern Oscillation Index
- PA (Tahiti) = Anomali tekanan udara di atas Tahiti
- PA (Darwin) = Anomali tekanan udara di atas Darwin
- SD (Pdiff) = Standar deviasi dari perbedaan anomali tekanan udara

SOI berkaitan dengan kekuatan angin pasat tenggara, dimana ketika tekanan paras laut di Darwin lebih besar daripada tekanan paras laut di Tahiti, maka SOI akan bernilai negatif dan angin pasat tenggara di Pasifik melemah. Ketika selisihnya lebih kecil dari negatif (-)1,5 maka periode tersebut mengindikasikan terjadinya fenomena El-Nino. Begitu pula sebaliknya, ketika tekanan paras laut di darwin lebih kecil daripada tekanan paras laut di Tahiti, maka SOI akan bernilai positif dan angin pasat tenggara di Pasifik menguat. Ketika selisihnya lebih besar dari positif (+)1,5 maka periode tersebut mengindikasikan terjadinya fenomena La-nina (Farita, 2006).

3. METODOLOGI

3.1 Materi Penelitian

Materi yang digunakan dalam penelitian adalah data suhu yang didapat dari instrumen *Conductivity, Temperature, and Depth* (CTD). Data suhu tersebut diperoleh dari tim peneliti *ocean modelling* Balai Penelitian dan Observasi Laut (BPOL) yang melakukan pengamatan mengenai Arlindo di Selat Lombok. Data insitu suhu didapat dari perekaman ARGO-Float yang dapat *download* di *website www.usgoadae.org* Selain data yang didapat dari pengamatan secara insitu, pada penelitian ini juga digunakan data dari hasil pengamatan eksitu yaitu data dari satelit. Data suhu didapat dari satelit AQUA MODIS. Data suhu horizontal dapat di unduh dari *website coastwatch.pfeg.noaa.gov/erddap/griddap*. Data arus didapat dari satelit OSCAR (Ocean Surface Current Analysis Real-Time) yang diunduh dari *website podaac.jpl.nasa.gov*.

3.2 Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode kuantitatif. Metode ini adalah metode dengan pengumpulan data yang kemudian di analisis untuk mengetahui persebaran suhu dan arus secara horizontal di perairan Selat Lombok.

3.2.1 Data Insitu Suhu Selat Lombok

Data suhu didapat dari instrumen *Conductivity, Temperature, and Depth* (CTD). Data ini digunakan untuk mengetahui persebaran suhu di Selat Lombok. Data suhu yang didapat adalah data pada penelitian tahun 2014 Data persebaran suhu Selat Lombok dengan format *.txt* dan kemudian dilakukan penyaringan data di Ms.Excel. Data output dari instrumen *Conductivity, Temperature, and Depth* (CTD) merupakan data suhu secara vertikal dari

permukaan hingga kedalaman 800 meter. Pengukuran suhu di Selat Lombok dilakukan pada 13- 14 September 2014. Data suhu dari instrumen CTD digunakan sebagai data pembandingan pada saat dilakukan validasi data suhu eksitu (satelit Aqua-Modis). Data suhu yang dijadikan perbandingan adalah data suhu permukaan, yaitu suhu pada kedalaman 0-20 meter. Untuk lebih jelasnya mengenai titik-titik lokasi CTD dapat dilihat pada Tabel 1 dan Gambar 2

Tabel 1 Tanggal dan Lokasi CTD

No	No Stasiun	Tanggal	Jam (WITA)	Longitude		Latitude	
				Degree	Minute	Degree	Minute
1	Sta 05	13-Sep-14	4:22	115	16.948	-7	51.910
2	Sta 06	13-Sep-14	21:05	116	19.040	-8	3.086
3	Sta 07	14-Sep-14	5:50	115	48.455	-8	26.073
4	Sta 08	14-Sep-14	20:10	115	57.981	-8	25.354
5	Sta 09	15-Sep-14	1:20	115	30.784	-8	36.414
6	Sta 01*	15-Sep-14	23:52	115	46.338	-8	37.839
7	Sta 02*	16-Sep-14	2:00	115	59.207	-8	36.429
8	Sta 10	16-Sep-14	21:48	115	37.509	-9	4.115
9	Sta 11	17-Sep-14	0:27	115	50.624	-8	59.282
10	Sta 12	17-Sep-14	6:30	115	21.829	-8	52.554
11	Sta 04	18-Sep-14	7:30	117	14.930	-6	59.800
12	Sta 03	18-Sep-14	16:25	116	22.007	-6	54.306



Gambar 2 Peta Lokasi CTD

3.2.2 Data Persebaran Suhu Horizontal dari Satelit Aqua-Modis

Data suhu horizontal didapat dari perekaman satelit Aqua-Modis. Data suhu horizontal merupakan data *monthly composite* yang merupakan data perekaman suhu setiap bulan. Data suhu horizontal diunduh dari website ERDDAP yaitu <http://coastwatch.pfeg.noaa.gov/erddap/griddap>. Alasan pemilihan data dari satelit Aqua-Modis adalah karena satelit ini memiliki resolusi yang cukup tinggi dan satelit Aqua-Modis memenuhi titik-titik koordinat di wilayah kajian. Website ERDDAP merupakan website penyedia data perekaman satelit baik suhu, klorofil, dan parameter laut lainnya. Data suhu wilayah perairan Selat Lombok dengan luasan wilayah mulai dari 5° LU- 10°LS dan 113°BT-118°BT. Data suhu diunduh mulai tahun 2005-2015 dengan format *comma separated value* (csv). Setelah proses *download* dilakukan proses penyaringan data numerik di *Microsoft Excel*. Penyaringan data numerik ini dilakukan untuk

memisahkan data sebaran suhu dari wilayah 1 (5°LU - 8.235°LS dan 113°BT - 118°BT), wilayah 2 (8.25°LU - 9°LS dan 113°BT - 118°BT), dan wilayah 3 (9.0125°LU - 10°LS dan 113°BT - 118°BT). Setelah memisahkan data suhu dalam setiap wilayah, langkah selanjutnya adalah memunculkan grafik *time series* (deret waktu) dan anomali suhu yang terjadi selama kurun waktu 11 tahun di masing-masing wilayah.

3.2.3 Data Persebaran Suhu dari ARGO-Float

Data suhu didapat dari www.usgodae.org. Data suhu merupakan data dengan format *.rar* atau *tar.gz*. Data ARGO-Float yang digunakan di perairan Selat Lombok dengan cakupan 5°LU - 10°LS dan 105°BT - 125°BT . Data suhu yang digunakan merupakan data suhu ARGO-Float di jalur *outflow* Arlindo pada tahun 2005-2015. Data mentah dari ARGO-Float merupakan data suhu dari permukaan dari hingga kedalaman 2000 meter. Data yang digunakan dalam penelitian adalah data suhu dari permukaan hingga kedalaman 20 meter. Data persebaran suhu secara horizontal kemudian dijadikan variabel pembading untuk mengetahui apakah data suhu dari pengambilan eksitu dapat digunakan dan dapat menggantikan data persebaran suhu insitu sebagai bahan penelitian.

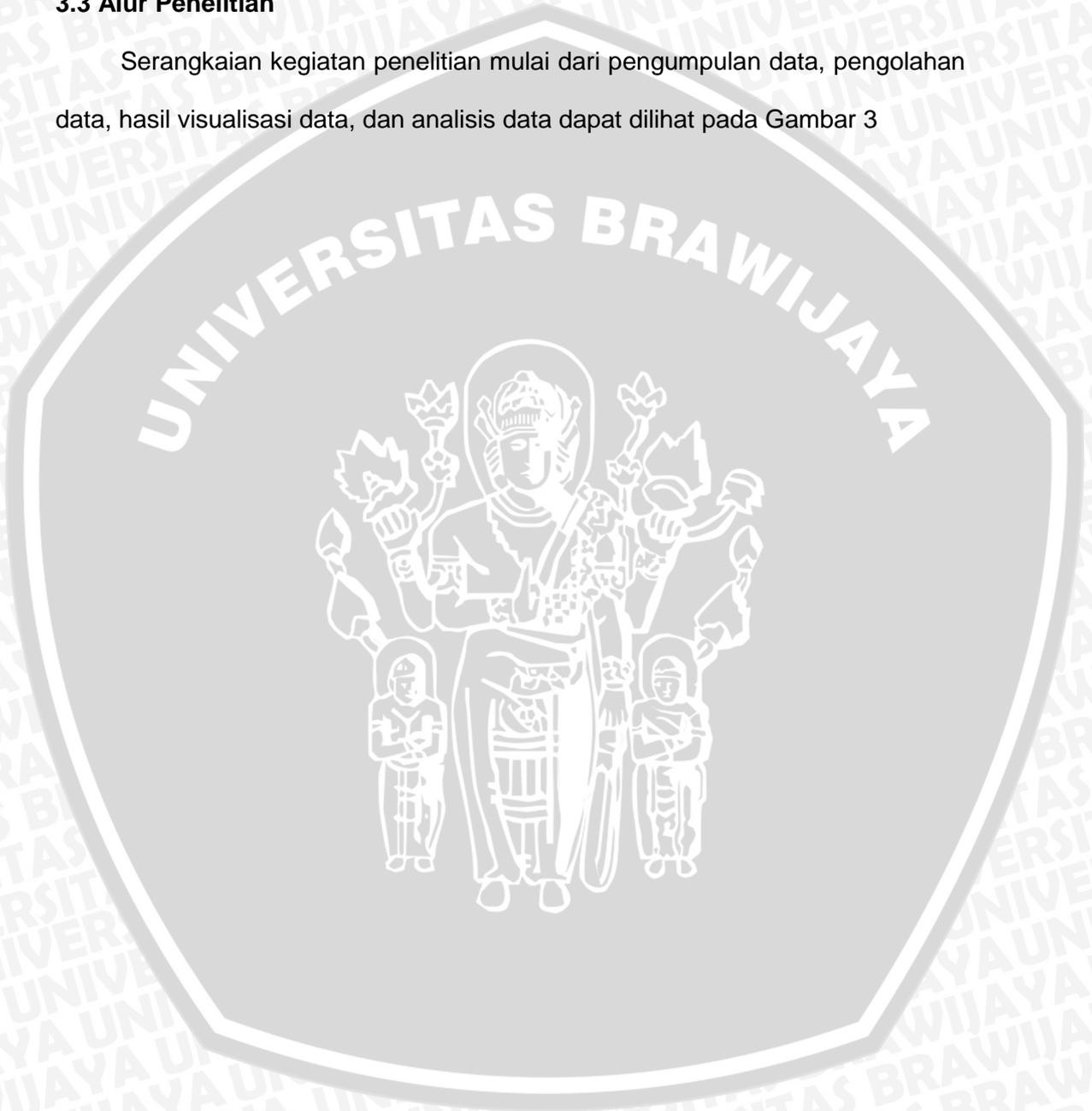
3.2.4 Data Arus dari OSCAR

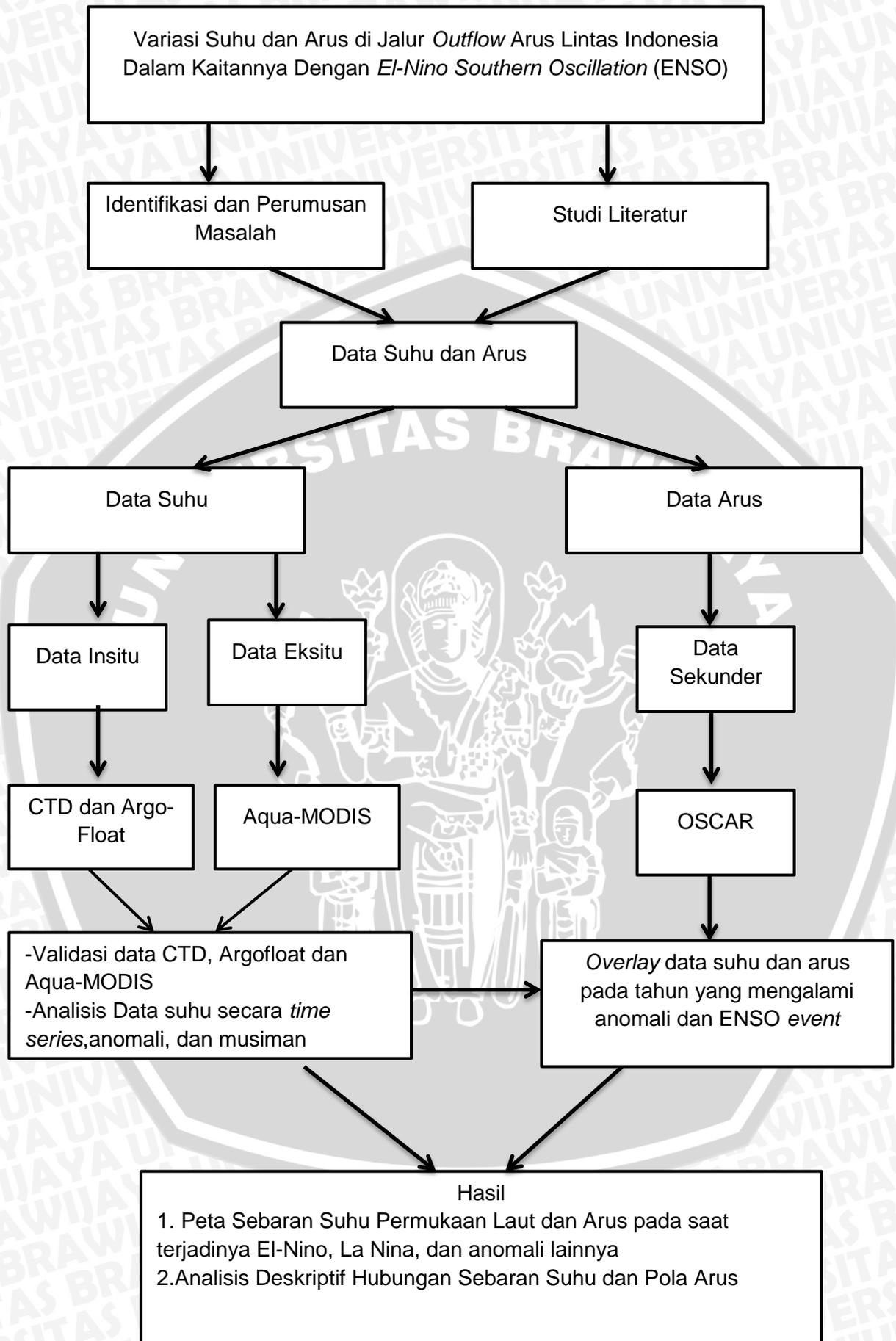
Data perekaman arus dari satelit OSCAR dapat diunduh di <https://podaac.jpl.nasa.gov>. Data arus permukaan direkam oleh satelit selama 6 hari sekali. Data arus permukaan diunduh dalam bentuk *NC_File*. Data ini kemudian diekstrak sebelum diolah di *Ocean Data View*. Software *Ocean Data View* digunakan untuk *cropping area*. *Cropping area* di wilayah perairan Selat Lombok yang akan dikaji pola arusnya. Setelah dilakukan *cropping area* kemudian data disimpan dalam format *.txt* untuk kemudian dilakukan pengolahan di Ms.Excel. pengolahan data di Ms.Excel bertujuan untuk mengetahui kecepatan

arus (resultan gaya). Tahap selanjutnya adalah visualisasi di *software Surfer*. Pengolahan data di *software surfer* akan menghasilkan peta pola persebaran arus di Perairan Selat Lombok.

3.3 Alur Penelitian

Serangkaian kegiatan penelitian mulai dari pengumpulan data, pengolahan data, hasil visualisasi data, dan analisis data dapat dilihat pada Gambar 3





Gambar 3 Alur Penelitian

Tahapan pertama yang dilakukan dalam penelitian adalah pengumpulan data. Data suhu baik dari instrumen *Conductivity, Temperature, and Depth* (CTD), data dari *Argo Float*, dan data suhu horizontal dari AQUA-Modis merupakan salah satu data utama yang akan dikaji variasinya. Data utama yang selanjutnya juga akan dikaji adalah data pola arus dari perekaman satelit (OSCAR). Data suhu dari CTD, data suhu vertikal dari ARGO-Float dan AQUA-Modis diolah menggunakan *software* ODV, *Surfer 10* dan Ms. Excel. Data suhu ini digunakan untuk menganalisa perubahan suhu vertikal dalam kurun waktu 10 tahun (2005-2015). Sebelum dilakukan analisis data, data suhu vertikal dari pengukuran insitu (pengukuran CTD) dan ARGO-Float dikorelasikan dengan data sebaran suhu horizontal dari Aqua-MODIS menggunakan uji t dan dilihat nilai korelasinya. Pengkajian data suhu dianalisis perubahan tiap tahun ataupun tahun pada saat terjadinya *El-Nino* dan pada saat keadaan normal. Visualisasi data arus kemudian dianalisa variasi suhu tiap tahunnya dan pada saat kejadian *El-Nino* ataupun keadaan normal. Data pola arus dari satelit diolah menggunakan *software surfer* dan Ms.Excel. data pola arus ini kemudian dianalisa variasi tahunannya baik pada saat terjadinya *El-Nino* dan keadaan normal.

Tahapan kedua dari penelitian ini adalah analisis data. Analisis dibagi menjadi 3 tahap, yaitu; (1) analisis *time series*, (2) analisis anomali, dan (3) analisis statistik.

Analisis *time series* dilakukan dengan membuat deret waktu dan tren data untuk melihat variasi perubahan suhu dan arus pada saat kejadian *El-Nino* dan keadaan normal. Analisis ini bertujuan untuk mempermudah dalam menampilkan databulanan parameter suhu dan arus selama 11 tahun. Analisis anomali digunakan untuk melihat terjadinya penyimpangan data dari keadaan normal maupun pada saat terjadi *El-nino* dan *La-Nina*. Analisis deskriptif dilakukan untuk

mengetahui hubungan antara persebaran suhu horizontal dan pola arus yang terjadi di wilayah perairan Selat Lombok dalam kaitannya dengan kejadian El-Nino dan kondisi normal di Selat Lombok selama tahun 2005-2015.

3.4 Alat dan Bahan

3.4.1 Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Laptop dengan merk Acer spesifikasi RAM 2 GB, *intel celeron processor* N2840, Win8, 64bit : untuk pengolahan data selama penelitian
2. *Software Ocean Data View* : untuk pengolahan data arus
3. Microsoft Excel 2013 : untuk mengolah data
4. *Software Surfer 32bit* : untuk membuat peta sebaran suhu secara horizontal
5. Printer : untuk mencetak hasil

3.4.2 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Data suhu vertikal dari ARGO-Float sebagai data untuk validasi Suhu Permukaan Laut
2. Data suhu dari perekaman CTD sebagai data untuk validasi Suhu Permukaan Laut
3. Data arus dari OSCAR sebagai data untuk melihat dan menganalisa arus yang terbentuk di perairan jalur *outflow* Arlindo

3.5 Wilayah Kajian

Wilayah kajian penelitian difokuskan di jalur *outflow* Arus Lintas Indonesia (Arlindo). Jalur *outflow* Arlindo yang dikaji merupakan jalur di perairan Selat Lombok yang meliputi jalur masuk selat, wilayah pusat selat, dan jalur keluar selat. Jalur masuk Selat Lombok yang selanjutnya disebut Wilayah 1 merupakan wilayah di sebelah utara Selat Lombok dan di sebelah selatan Selat Makassar yang merupakan jalur masuk (*inflow*) dari Arlindo. Wilayah pusat selat yang selanjutnya disebut dengan wilayah 2 merupakan wilayah Selat Lombok yaitu selat yang memisahkan antara Pulau Bali dan Pulau Lombok, Selat Lombok merupakan selat yang dipengaruhi oleh adanya Arlindo dan berperan dalam mengubah massa air dari Samudera Pasifik menuju ke Samudera Hindia. Jalur keluar selat yang selanjutnya disebut dengan wilayah 3 merupakan wilayah yang berada di selatan Selat Lombok yaitu Samudera Hindia yang merupakan samudera yang massa airnya dipengaruhi oleh aliran air dari Samudera Pasifik. Untuk lebih jelasnya mengenai wilayah kajian penelitian dapat dilihat pada Tabel 2 dan Gambar 4.

Tabel 2 Wilayah Kajian Penelitian

Wilayah	Koordinat	Keterangan
1	5°LU-8.235°LS dan 113°BT-118°BT	<i>Inlet</i> Selat Lombok, merupakan wilayah Laut Flores
2	8.25°LU-9°LS dan 113°BT-118°BT	Wilayah 2 merupakan pusat Selat Lombok
3	9.0125°LU-10°LS dan 113°BT-118°BT	Wilayah 3 merupakan wilayah outlet (keluar) Selat Lombok dan termasuk ke dalam wilayah Samudera Hindia



Gambar 4 Wilayah Kajian Penelitian yang dibagi menjadi 3 wilayah, yaitu Wilayah 1, wilayah 2, dan wilayah 3

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil

4.1.1 Uji Validasi Suhu dari *Conductivity, Temperature and Depth* (CTD), Argo-Float dan Satelit Aqua-MODIS

Data suhu yang didapat dari pengukuran secara langsung (insitu) menggunakan instrumen *Conductivity, Temperature, and Depth* (CTD) dan Argo-Float dan data suhu yang didapat dari satelit (eksitu) Aqua-Modis perlu dilakukan uji validasi. Uji ini dilakukan untuk mengetahui apakah nilai suhu yang diperoleh secara eksitu mempunyai tingkat keakuratan yang setara dengan nilai suhu yang didapat secara insitu. Selisih data suhu yang didapat dari pengukuran insitu dan eksitu dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3 Validasi Nilai SPL Pengukuran Insitu dan Eksitu

Wilayah	Bulan-Tahun	X(Longitude)	Y(Latitude)	Nilai SPL CTD dan Argo-Float (°C)	Nilai SPL Aqua-Modis (°C)
1	Sep-14	115.169	-7.5191	27.09	27.62
2	Sep-14	115.308	-8.3641	26.63	24.69
3	Agu-05	115.852	-9.768	26.50	26.44
3	Sep-05	115.599	-9.308	26.05	27.09
3	Okt-05	115.557	-9.85	27.94	28.02
3	Mar-07	117.721	-9.914	29.53	30.85
3	Apr-07	117.806	-9.580	29.37	29.74
3	Mei-07	117.423	-9.916	28.73	28.55
3	Jun-07	117.926	-9.451	26.80	27.20

Dapat dilihat pada Tabel 3 selisih antara data SPL insitu dan eksitu memiliki nilai tertinggi 0.43 yaitu pada wilayah 2 pada September 2014, dan memiliki nilai selisih terendah sebesar -0.85 yaitu pada wilayah 1 pada September 2014. Hal tersebut sejalan dengan yang dikemukakan oleh Putra (2006) bahwa keakuratan nilai SPL Aqua-MODIS terhadap nilai insitu memiliki kesalahan terendah sebesar -0.01°C dan kesalahan tertinggi sebesar 3.47°C . Pada 9 kali hasil rata rata SPL, terdapat 4 data nilai pengukuran SPL secara insitu yang memiliki nilai lebih rendah daripada hasil pengukuran SPL secara eksitu dan terdapat 5 data nilai pengukuran SPL secara insitu yang memiliki nilai lebih tinggi daripada hasil pengukuran SPL secara eksitu. Secara umum, dapat disimpulkan bahwa nilai SPL dari pengukuran secara insitu dan eksitu tidak memiliki perbedaan nilai yang mencolok, sehingga dapat dikatakan bahwa nilai SPL pengukuran insitu dapat digantikan dengan nilai SPL dari hasil pengukuran eksitu. Kesimpulan ini dapat dibuktikan dengan melakukan uji-T pada 2 variabel yaitu variabel nilai suhu pengukuran insitu dan nilai suhu pengukuran secara eksitu. Menurut Santoso (2010) uji-T dua sampel berpasangan digunakan untuk menguji dua sampel yang berpasangan, apakah keduanya mempunyai rata-rata yang secara nyata berbeda ataukah tidak. Sampel berpasangan adalah sebuah sampel dengan subjek sama namun mengalami dua pengukuran yang berbeda. Hasil pengujian uji-T dapat dilihat pada Tabel 4

Tabel 4 Uji T Nilai SPL insitu dan eksitu

	Variable 1	Variable 2
Mean	27.62577941	27.8
Variance	1.710459992	3.2619
Observations	9	9
Pearson Correlation	0.868794431	

	Variable 1	Variable 2
Hypothesized Mean Difference	0	
df	8	
t Stat	-0.560977142	
P(T<=t) one-tail	0.295087716	
t Critical one-tail	1.859548038	
P(T<=t) two-tail	0.590175432	
t Critical two-tail	2.306004135	

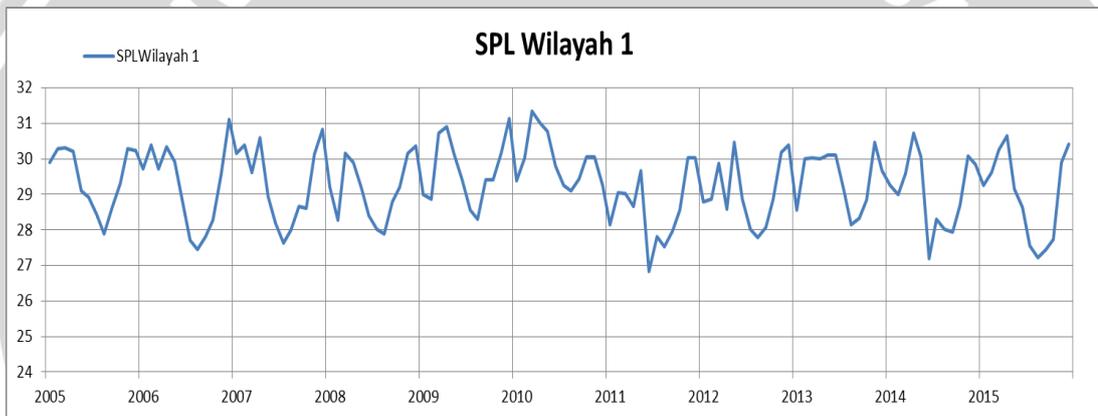
Dapat dilihat pada Tabel 4 bahwa variabel 1 yang merupakan nilai suhu dari pengukuran insitu dan variabel 2 yang merupakan nilai suhu pengukuran eksitu mempunyai nilai *Pearson correlation* sebesar 0.86 (86%). Nilai korelasi sebesar 86% mempunyai nilai hubungan/ korelasi yang kuat dan signifikan, sehingga dapat disimpulkan bahwa kedua variabel tidak memiliki perbedaan yang nyata dan dapat dikatakan variabel SPL eksitu dapat menggantikan variabel SPL insitu. Selain dari nilai *Pearson correlation*, perbandingan nilai suhu insitu dan eksitu dapat dilihat dari P value ($P(T \leq t)$) yaitu sebesar 0.59 (59%) yang berarti lebih besar dari nilai signifikan yaitu sebesar 0.05 (5%), nilai P value ($P(T \leq t)$) yang lebih besar dari nilai signifikan disimpulkan bahwa kedua variabel tidak memiliki beda nyata. Dari uji-T ini dapat disimpulkan bahwa nilai suhu eksitu yang diperoleh dari Aqua-MODIS dapat menggantikan nilai suhu insitu yang diperoleh dari instrumen CTD dan Argo-Float.

4.1.2 Tren dan Anomali Suhu Permukaan Laut (SPL)

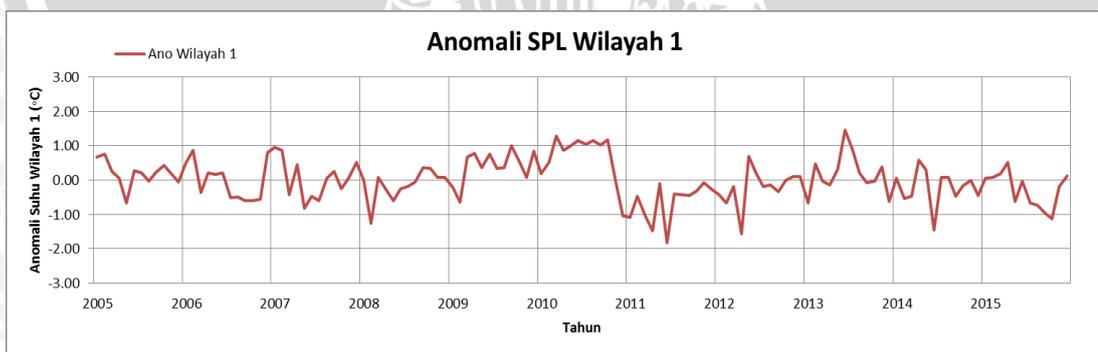
4.1.2.1 Tren dan Anomali SPL di Wilayah 1

Variasi Suhu Permukaan Laut (SPL) yang di dalam penelitian didapatkan dari data eksitu, yaitu suhu satelit Aqua-Modis yang diambil secara bulanan pada

tahun 2005-2015 di wilayah utara Selat Lombok. Penghitungan untuk nilai anomali SPL didapat berdasarkan penyimpangan data suhu dalam kurun waktu 11 tahun 2005-2015. Penghitungan anomali dilakukan dengan cara mengurangi nilai SPL tiap bulan pada tahun tertentu dengan nilai rata-rata keseluruhan bulan dari keseluruhan tahun. Metode penghitungan anomali ini mengacu pada penelitian yang dilakukan oleh Sartimbul *et,al* (2010). Pembuatan grafik *time series*, dilakukan agar dapat terlihat kapan terjadi suhu tinggi dan suhu rendah di wilayah penelitian. Adapun data *time series* antara SPL dan anomali SPL di wilayah 1 dapat dilihat pada Gambar 5.



(a)



(b)

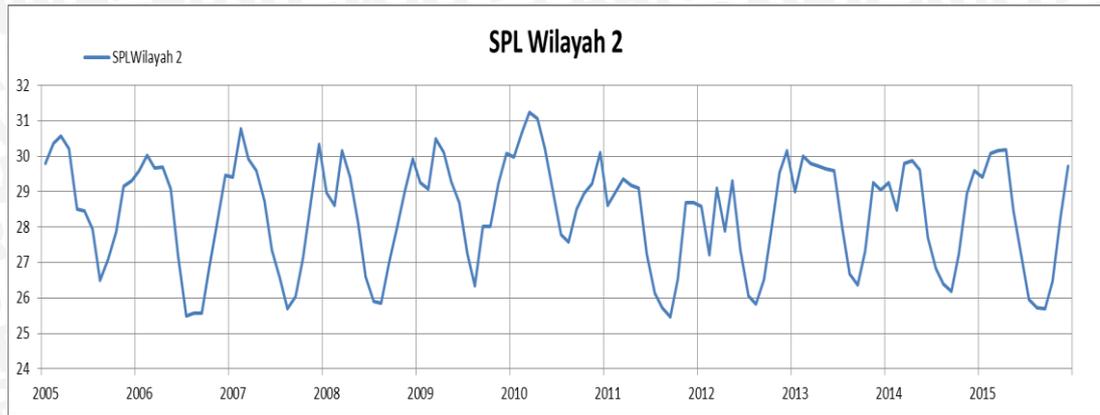
Gambar 5 (a) Tren SPL dan (b) Anomali di Wilayah 1 Tahun 2005-2015

Pada Gambar 4 dapat terlihat bahwa nilai suhu di wilayah 1 pada tahun 2005-2015 berkisar antara 26°C-32°C. Nilai suhu tertinggi terjadi pada Maret

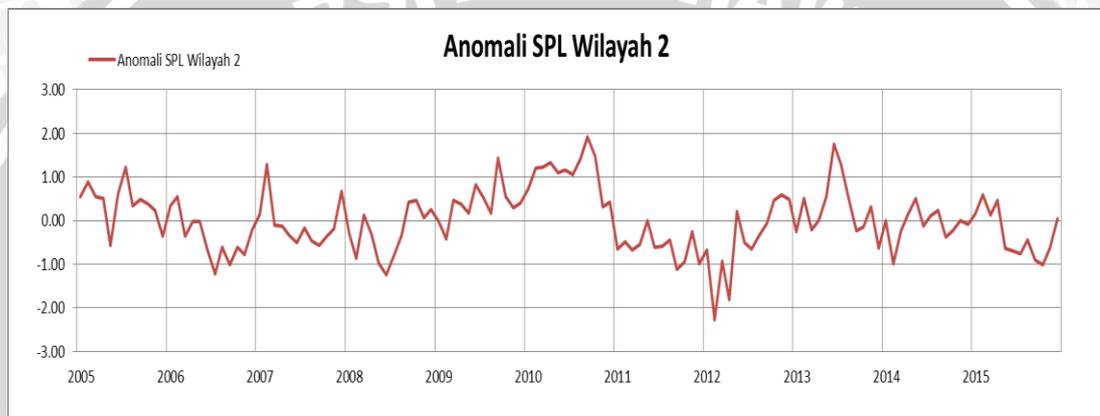
2010 yaitu sebesar $31,34^{\circ}\text{C}$. Nilai suhu terendah terjadi pada Juni 2011 yaitu sebesar $26,82^{\circ}\text{C}$. Rata-rata nilai SPL di wilayah 1 pada tahun 2005-2015 adalah sebesar $29,27^{\circ}\text{C}$. Sedangkan, berdasarkan grafik *time series* dapat dilihat penyimpangan (anomali) suhu di wilayah 1 paling rendah terjadi pada Juni 2011 dengan nilai penyimpangan sebesar $-1,84^{\circ}\text{C}$. Anomali paling tinggi terjadi pada Maret 2010 sebesar $1,28^{\circ}\text{C}$. Anomali suhu bernilai negatif memiliki arti bahwa pada bulan tersebut terjadi penyimpangan suhu di bawah rata-rata (lebih dingin dibanding rata-rata). Demikian pula, apabila nilai anomali bernilai positif berarti bahwa pada bulan tersebut terjadi penyimpangan suhu di atas rata-rata pada kurun waktu 11 tahun yaitu dari tahun 2005-2015.

4.1.2.2 Tren dan Anomali SPL di Wilayah 2

Variasi Suhu Permukaan Laut (SPL) yang di dalam penelitian didapatkan dari data eksitu, yaitu suhu satelit Aqua-Modis yang diambil secara bulanan pada tahun 2005-2015 di wilayah utara Selat Lombok. Penghitungan untuk nilai anomali SPL didapat berdasarkan penyimpangan data suhu dalam kurun waktu 11 tahun 2005-2015. Penghitungan anomali dilakukan dengan cara mengurangi nilai SPL tiap bulan pada tahun tertentu dengan nilai rata-rata keseluruhan bulan dari keseluruhan tahun. Metode penghitungan anomali ini mengacu pada penelitian yang dilakukan oleh Sartimbul *et,al* (2010). Pembuatan grafik *time series*, dilakukan agar dapat terlihat kapan terjadi suhu tinggi dan suhu rendah di wilayah penelitian. Adapun data *time series* antara SPL dan anomali SPL di wilayah 1 dapat dilihat pada Gambar 6.



(a)



(b)

Gambar 6 (a) Tren dan (b) Anomali SPL di Wilayah 2 Tahun 2005-2015

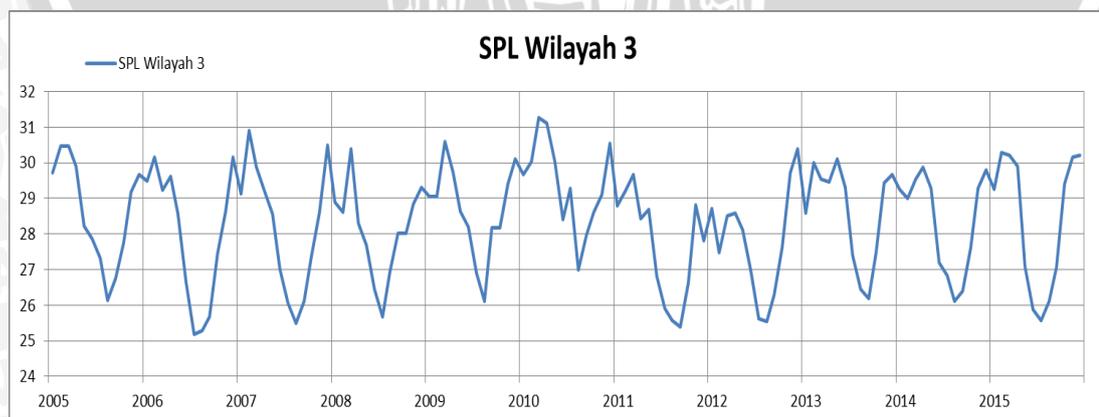
Dapat dilihat pada Gambar 6 bahwa suhu tertinggi yang terjadi di wilayah 2, yang merupakan pusat Selat Lombok suhu tertinggi terjadi pada Bulan Maret 2010 sebesar 31,25°C sedangkan suhu terendah terjadi pada Bulan Juli 2006 yaitu sebesar 25,5°C. Rata-rata nilai SPL di wilayah 2 pada tahun 2005-2015 yaitu sebesar 28,42°C. Nilai anomali (penyimpangan suhu) bernilai positif memiliki arti bahwa suhu pada memiliki nilai yang lebih tinggi (positif) dibandingkan rata-rata suhu pada saat tersebut. Sebaliknya, apabila nilai anomali (penyimpangan suhu) bernilai negatif memiliki arti bahwa suhu memiliki nilai yang lebih rendah (negatif) dibandingkan rata-rata suhu pada saat yang sama. Dapat



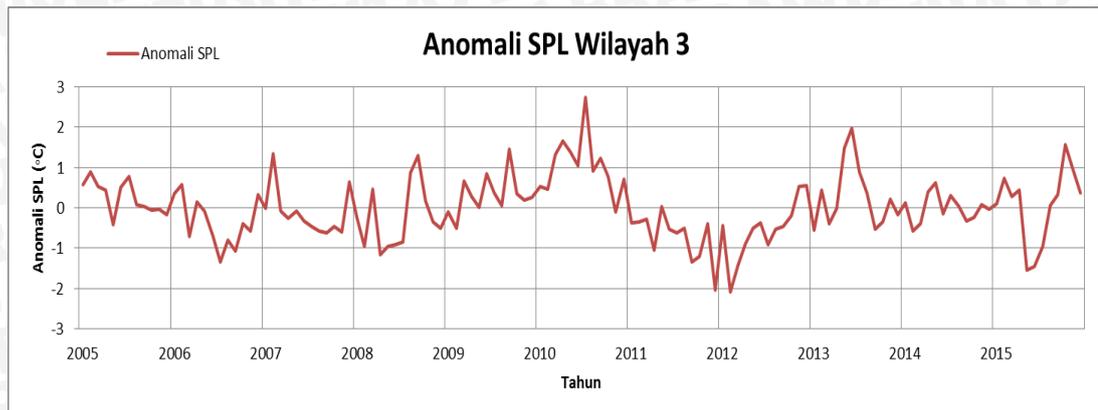
terlihat pada wilayah 2 selama tahun pengamatan 2005 hingga 2015 nilai anomali suhu bernilai positif tertinggi terjadi pada September 2010 yaitu mengalami kenaikan suhu sebesar $1,91^{\circ}\text{C}$ dan nilai anomali suhu bernilai negatif tertinggi terjadi pada Februari 2012 yaitu mengalami penurunan suhu sebesar $-2,27^{\circ}\text{C}$.

4.1.2.3 Tren dan Anomali SPL di Wilayah 3

Variasi Suhu Permukaan Laut (SPL) yang di dalam penelitian didapatkan dari data eksitu, yaitu suhu satelit Aqua-Modis yang diambil secara bulanan pada tahun 2005-2015 di wilayah utara Selat Lombok. Penghitungan untuk nilai anomali SPL didapat berdasarkan penyimpangan data suhu dalam kurun waktu 11 tahun 2005-2015. Penghitungan anomali dilakukan dengan cara mengurangi nilai SPL tiap bulan pada tahun tertentu dengan nilai rata-rata keseluruhan bulan dari keseluruhan tahun. Metode penghitungan anomali ini mengacu pada penelitian yang dilakukan oleh Sartimbul *et,al* (2010). Pembuatan grafik *time series*, dilakukan agar dapat terlihat kapan terjadi suhu tinggi dan suhu rendah di wilayah penelitian. Adapun data *time series* antara SPL dan anomali SPL di wilayah 1 dapat dilihat pada Gambar 7



(a)



(b)

Gambar 7 (a) Tren dan (b) Anomali SPL Di Wilayah 3 tahun 2005-2015

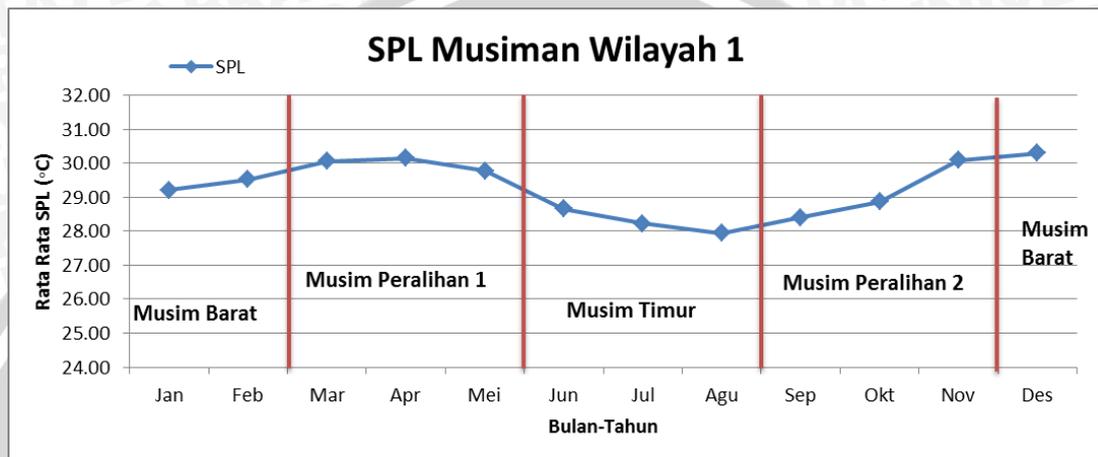
Gambar 7 merupakan gambar tren dan anomali suhu permukaan laut yang terjadi di wilayah 3. Wilayah 3 merupakan wilayah *outlet* Selat Lombok dan merupakan wilayah Samudera Hindia memiliki nilai suhu permukaan laut tertinggi yang terjadi pada Maret 2010 yaitu sebesar $31,26^{\circ}\text{C}$ dan suhu permukaan laut terendah terjadi pada Juli 2006 yaitu sebesar $25,19^{\circ}\text{C}$. Rata-rata SPL di wilayah 3 pada tahun pengamatan 2005-2015 yaitu sebesar $28,36^{\circ}\text{C}$. Penyimpangan suhu (anomali) tertinggi terjadi pada Bulan Juli 2010 mengalami peningkatan sebesar $2,75^{\circ}\text{C}$. Penurunan suhu paling rendah terjadi pada Februari 2012 yaitu sebesar $-2,07^{\circ}\text{C}$. Anomali suhu merupakan penyimpangan nilai suhu ditandai dengan peningkatan/ penurunan suhu dari rata-rata suhu pada saat yang sama.

4.1.3 Analisis Musiman Suhu Permukaan Laut (SPL)

4.1.3.1 Analisis Musiman SPL di Wilayah 1

Variasi musim di Indonesia terbagi menjadi 4, yaitu musim barat (Desember, Januari, Februari), musim peralihan I (Maret, April, Mei), musim timur (Juni, Juli, Agustus), dan musim peralihan II (September, Oktober, November). Setiap musim memiliki karakteristik SPL yang berbeda dikarenakan adanya variasi tekanan atmosfer dan kecepatan angin yang selalu berfluktuatif. Angin

dan tekanan atmosfer inilah yang berperan penting dalam variasi SPL. Selain faktor klimatologi, variasi nilai SPL dipengaruhi pula oleh adanya fenomena pergerakan arus yang berdampak pada intensitas *upwelling* di perairan. Variasi musiman SPL Wilayah 1 yang merupakan inlet Selat Lombok dari tahun 2005 – 2015 ditunjukkan pada Gambar 8.



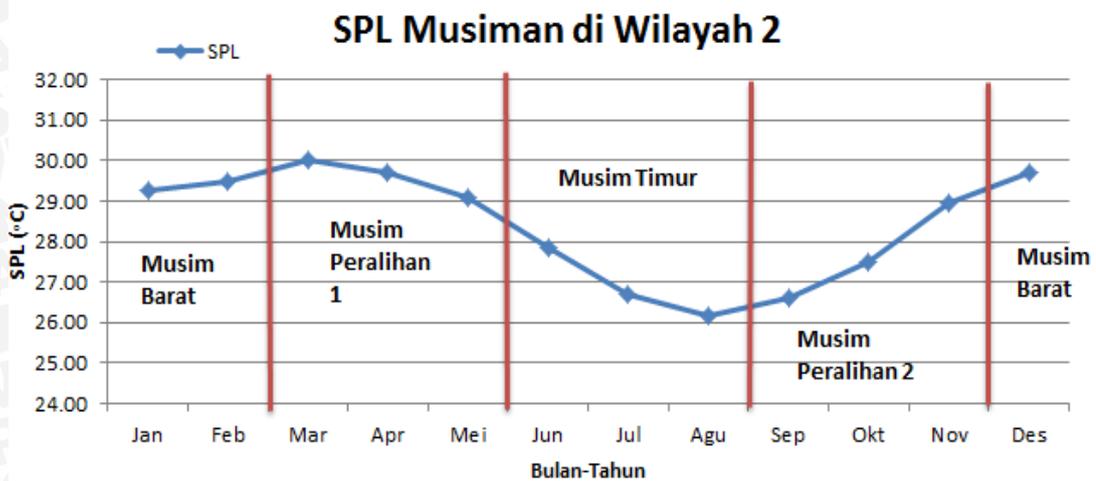
Gambar 8 Grafik SPL Musiman di Wilayah 1

Berdasarkan Gambar 8 dapat terlihat bahwa suhu tertinggi terjadi pada saat Bulan Maret-Bulan April, bulan dimana memasuki musim peralihan. Suhu permukaan laut pada saat musim barat di wilayah 1 yang merupakan *inlet* Selat Lombok berkisar antara 29,21°C-30,06°C. Suhu permukaan laut pada saat memasuki musim timur (Juli-Agustus) memasuki fase suhu permukaan laut terendah. Pada saat musim timur SPL di wilayah 1 berkisar antara 28,22°C-28,41°C. Suhu permukaan laut di wilayah 1 yang merupakan *inlet* Selat Lombok memiliki nilai tertinggi pada saat musim barat yaitu 30,06°C dan mencapai nilai terendah yaitu pada saat musim timur senilai 27,94°C. Perbedaan suhu permukaan laut pada musim-musim di Indonesia ini dikarenakan adanya perbedaan tekanan atmosfer di Samudera Hindia. Pada saat musim timur tekanan atmosfer Samudera Hindia meningkat, sehingga angin akan berhembus menjauhi wilayah Indonesia yang memiliki tekanan udara tinggi menuju wilayah

yang bertekanan rendah, bersamaan dengan hal tersebut massa air hangat permukaan akan terbawa oleh arus untuk menjauhi perairan Indonesia. Pada saat musim barat, tekanan udara di perairan Indonesia melemah, sehingga angin akan menggerakkan arus yang akan membawa massa air hangat dari perairan bertekanan udara tinggi menuju perairan Indonesia yang bertekanan udara rendah.

4.1.3.2 Analisis Musiman SPL di Wilayah 2

Variasi musim di Indonesia terbagi menjadi 4, yaitu musim barat (Desember, Januari, Februari), musim peralihan I (Maret, April, Mei), musim timur (Juni, Juli, Agustus), dan musim peralihan II (September, Oktober, November). Setiap musim memiliki karakteristik SPL yang berbeda dikarenakan adanya variasi tekanan atmosfer dan kecepatan angin yang selalu berfluktuatif. Angin dan tekanan atmosfer inilah yang berperan penting dalam variasi SPL. Selain faktor klimatologi, variasi nilai SPL dipengaruhi pula oleh adanya fenomena pergerakan arus yang berdampak pada intensitas *upwelling* di perairan. Variasi musiman SPL Wilayah 2 yang merupakan pusat Selat Lombok dari tahun 2005 – 2015 ditunjukkan pada Gambar 9.



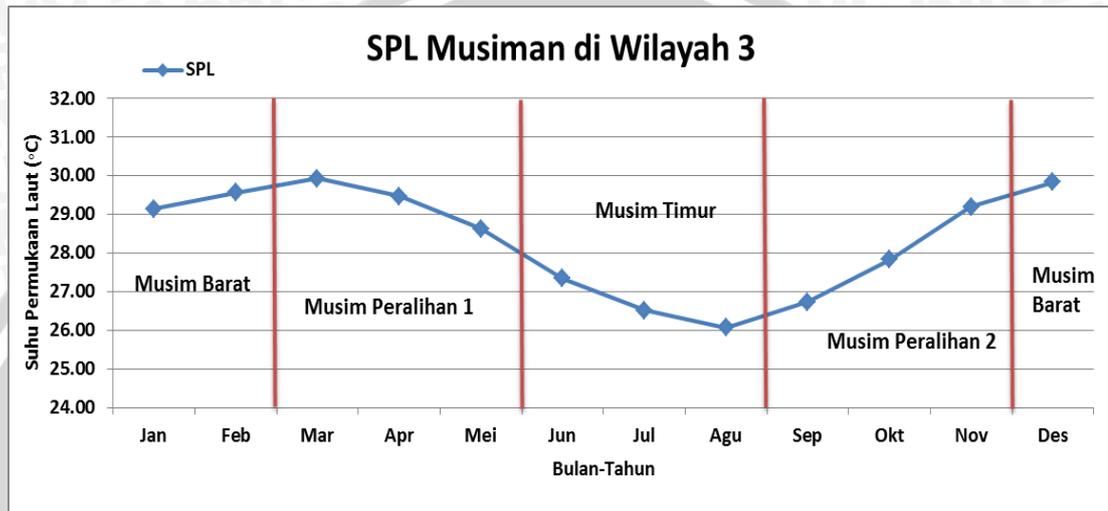
Gambar 9 Grafik SPL Musiman di Wilayah 2

Berdasarkan Gambar 9 dapat terlihat bahwa suhu tertinggi terjadi pada saat Bulan Maret-Bulan April, bulan dimana memasuki musim peralihan. Suhu permukaan laut pada saat musim barat di wilayah 2 yang merupakan wilayah pusat Selat Lombok berkisar antara $29,21^{\circ}\text{C}$ - $30,06^{\circ}\text{C}$. Suhu permukaan laut pada saat memasuki musim timur (Juli-Agustus) memasuki fase suhu permukaan laut terendah. Pada saat musim timur SPL di wilayah 2 berkisar antara $28,22^{\circ}\text{C}$ - $28,41^{\circ}\text{C}$. Suhu permukaan laut di wilayah 2 yang merupakan pusat Selat Lombok memiliki nilai tertinggi pada saat musim barat yaitu $30,04^{\circ}\text{C}$ dan mencapai nilai terendah yaitu pada saat musim timur senilai $26,17^{\circ}\text{C}$. Perbedaan suhu permukaan laut pada musim-musim di Indonesia ini dikarenakan adanya perbedaan tekanan atmosfer di Samudera Hindia. Pada saat musim timur tekanan atmosfer Samudera Hindia meningkat, sehingga angin akan berhembus menjauhi wilayah Indonesia yang memiliki tekanan udara tinggi menuju wilayah yang bertekanan rendah, bersamaan dengan hal tersebut massa air hangat permukaan akan terbawa oleh arus untuk menjauhi perairan Indonesia. Pada saat musim barat, tekanan udara di perairan Indonesia melemah, sehingga angin akan menggerakkan arus yang akan membawa massa air hangat dari perairan bertekanan udara tinggi menuju perairan Indonesia yang bertekanan udara rendah.

4.1.3.3 Analisis Musiman SPL di Wilayah 3

Variasi musim di Indonesia terbagi menjadi 4, yaitu musim barat (Desember, Januari, Februari), musim peralihan I (Maret, April, Mei), musim timur (Juni, Juli, Agustus), dan musim peralihan II (September, Oktober, November). Setiap musim memiliki karakteristik SPL yang berbeda dikarenakan adanya variasi tekanan atmosfer dan kecepatan angin yang selalu berfluktuatif. Angin dan tekanan atmosfer inilah yang berperan penting dalam variasi SPL. Selain

faktor klimatologi, variasi nilai SPL dipengaruhi pula oleh adanya fenomena pergerakan arus yang berdampak pada intensitas *upwelling* di perairan. Variasi musiman SPL Wilayah 3 yang merupakan *outlet* Selat Lombok dan merupakan wilayah Samudera Hindia dari tahun 2005 – 2015 ditunjukkan pada Gambar 10.



Gambar 10 Grafik SPL Musiman di Wilayah 3

Berdasarkan Gambar 10 dapat terlihat bahwa suhu tertinggi terjadi pada saat Bulan Maret-Bulan April, bulan dimana memasuki musim peralihan. Suhu permukaan laut pada saat musim barat di wilayah 3 yang merupakan wilayah *outlet* Selat Lombok berkisar antara 29,14°C-29,94°C. Suhu permukaan laut pada saat memasuki musim timur (Juli-Agustus) memasuki fase suhu permukaan laut terendah. Pada saat musim timur SPL di wilayah 3 berkisar antara 26,42°C-28,43°C. Suhu permukaan laut di wilayah 3 yang merupakan outlet Selat Lombok memiliki nilai tertinggi pada saat musim barat yaitu 29,94°C dan mencapai nilai terendah yaitu pada saat musim timur senilai 26,07°C. Perbedaan suhu permukaan laut pada musim-musim di Indonesia ini dikarenakan adanya perbedaan tekanan atmosfer di Samudera Hindia. Pada saat musim timur tekanan atmosfer Samudera Hindia meningkat, sehingga angin akan berhembus

menjauhi wilayah Indonesia yang memiliki tekanan udara tinggi menuju wilayah yang bertekanan rendah, bersamaan dengan hal tersebut massa air hangat permukaan akan terbawa oleh arus untuk menjauhi perairan Indonesia. Pada saat musim barat, tekanan udara di perairan Indonesia melemah, sehingga angin akan menggerakkan arus yang akan membawa massa air hangat dari perairan bertekanan udara tinggi menuju perairan Indonesia yang bertekanan udara rendah.

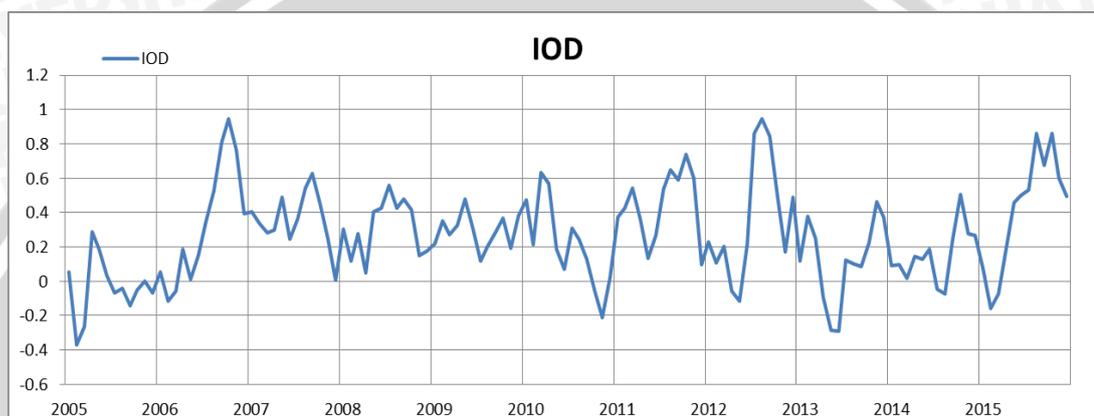
4.2 Pembahasan

4.2.1 Hubungan Indian Ocean Dipole (IOD) dan Southern Oscillation Index (SOI) Dengan Perubahan Iklim

4.2.1.1 Indian Ocean Dipole (IOD)

Indian Ocean Dipole merupakan fenomena yang terjadi di wilayah Samudera Hindia. Fenomena IOD ditandai dengan naik atau turunnya suhu permukaan laut di wilayah bagian timur Samudera Hindia (Wilayah Indonesia) dan wilayah bagian barat Samudera Hindia (Wilayah Afrika). Fenomena IOD serupa dengan fenomena ENSO yang terjadi di Samudera Pasifik. IOD merupakan fenomena yang terjadi antara interaksi lautan dan atmosfer, seperti halnya dengan ENSO namun IOD terjadi di wilayah Samudera Hindia. IOD positif menggambarkan fenomena menghangatnya SPL di wilayah Afrika, namun sebaliknya di wilayah Indonesia SPL menjadi lebih dingin. Untuk fenomena IOD negatif menggambarkan fenomena pendinginan SPL di wilayah Afrika, namun sebaliknya di wilayah Indonesia SPL menjadi lebih hangat. Indeks *Indian Ocean Dipole* didasarkan pada perbedaan anomali SPL yang terjadi di perairan Samudera Hindia bagian barat dan timur. Indeks yang digunakan untuk menentukan nilai IOD adalah DMI (*Dipole Mode Index*). Secara umum, ketika DMI bernilai positif (+) maka SPL di Indonesia terutama selatan Jawa hingga

Samudera Hindia cenderung lebih dingin, begitu pula sebaliknya ketika DMI bernilai negatif (-) maka SPL di Indonesia terutama selatan Jawa hingga Samudera Hindia cenderung lebih hangat. Untuk melihat pada tahun berapa saja yang terjadi El-Nino dan La-Nina dapat terlihat pada Gambar 11. Gambar 11 merupakan grafik index IOD dari tahun 2005 hingga 2015. Index IOD didapatkan dari *website* www.jamstec.go.jp.



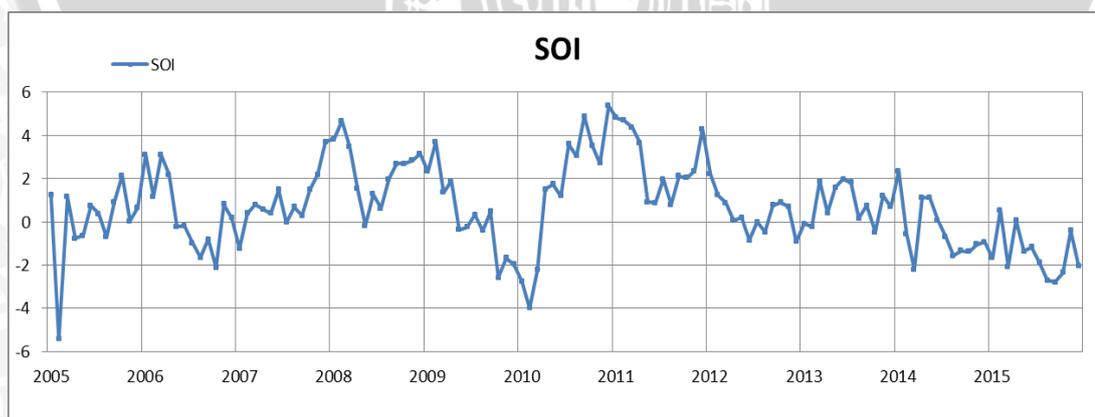
Gambar 11 Grafik IOD Tahun 2005-2015

Berdasarkan indeks IOD yang ditampilkan pada Gambar 11, terlihat bahwa fenomena IOD dari tahun 2005 – 2015 terjadi secara fluktuatif. Dari grafik tersebut dapat terlihat adanya variasi nilai yang cukup signifikan seperti yang terjadi pada tahun 2006, 2008, 2011, dan 2012 yang mengalami peningkatan indeks IOD, sedangkan tahun 2005, 2010, dan 2013 terjadi penurunan indeks IOD. Berdasarkan grafik secara *time series*, indeks IOD pada tahun 2005 – 2015 berkisar antara negatif (-) $0,37^{\circ}\text{C}$ hingga positif (+) $0,95^{\circ}\text{C}$. Indeks IOD tertinggi terjadi pada bulan Oktober 2006 (musim peralihan II), dan nilai terendah terjadi pada bulan Februari 2005 (musim barat). Indeks IOD tertinggi (bernilai positif) mengindikasikan terjadinya puncak penurunan nilai SPL di wilayah timur Samudera Hindia pada Oktober 2006 diartikan SPL berada di titik terendah dari tahun tahun sebelumnya (lebih dingin) di wilayah timur Samudera Hindia . Indeks

IOD terendah (bernilai negatif) mengindikasikan terjadinya puncak kenaikan nilai SPL di wilayah timur Samudera Hindia pada Oktober 2006 diartikan SPL berada di titik tertinggi dari tahun tahun sebelumnya (lebih panas) di wilayah timur Samudera Hindia.

4.2.1.2 Southern Oscillation Index

Indeks SOI didasarkan pada perbedaan nilai tekanan atmosfer antara perairan Samudera Hindia Timur (wilayah Darwin) dan Pasifik Selatan (wilayah Tahiti). Pada tahun terjadinya *El-Nino* maupun *La-Nina*, kedua wilayah ini akan mengalami perbedaan nilai tekanan atmosfer yang cukup ekstrim, dimana ketika indeks SOI negatif (-) yang melebihi normal (kurang dari -0,5) maka diindikasikan terjadi *El-Nino*, sedangkan indeks SOI positif (+) yang melebihi normal (lebih dari 0,5) maka diindikasikan terjadi *La-Nina*. Menurut Habibie dan Tri (2014), SPL di Selat Makassar, Halmahera, dan Samudera Pasifik bagian barat, menunjukkan korelasi dengan ENSO yang lebih besar dibandingkan dengan IOD. Indeks SOI ditampilkan secara *time series* dari tahun 2005 – 2015 seperti pada Gambar 12. Indeks SOI diperoleh dari website <http://www.bom.gov.au/climate/current/soi>.



Gambar 12 Grafik SOI Tahun 2005-2015

Berdasarkan Gambar 12, dapat terlihat bahwa pada tahun – tahun tertentu terjadi perubahan tekanan atmosfer secara signifikan, yang mengindikasikan fenomena ENSO. Dari grafik nilai SOI dapat diketahui penyimpangan nilai anomali selama 3 tahun berturut – turut yang terjadi pada tahun 2006, akhir 2009 dan awal 2010, serta akhir 2014 yang terjadi penurunan nilai tekanan atmosfer lebih dari normal yang mengindikasikan terjadinya *El-Nino*, sedangkan pada tahun 2007 akhir, 2008, 2010, 2011, dan 2013 terjadi peningkatan nilai tekanan atmosfer lebih dari normal yang mengindikasikan terjadinya *La-Nina*. Nilai SOI terendah terjadi pada bulan Februari 2005 dengan nilai -5,43 atm, sedangkan nilai tertinggi terjadi pada bulan Desember 2010 dengan nilai 5,36 atm.

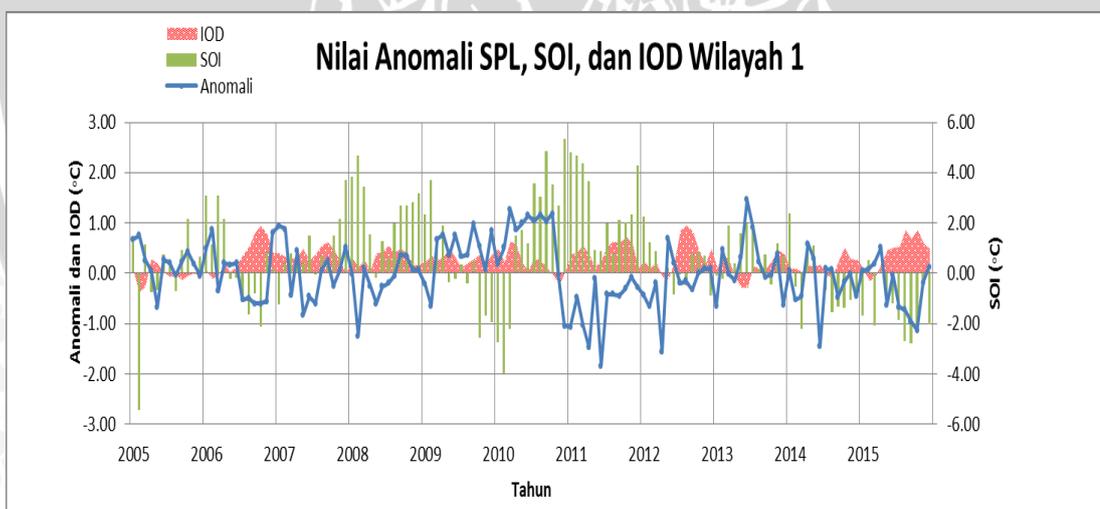
4.2.2 Hubungan antara SPL dengan IOD dan SOI

Pada penelitian ini dibuat grafik hubungan antara IOD dengan anomali SPL dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh IOD dan SOI terhadap suhu perairan. Secara umum, ketika IOD positif (+) maka anomali SPL Samudera Hindia bagian timur cenderung negatif (lebih dingin), begitu pula sebaliknya ketika IOD negatif (-) maka anomali SPL Samudera Hindia bagian timur cenderung positif (lebih hangat). Dalam penelitian ini juga menampilkan Southern Oscillation Index (SOI) dengan anomali SPL di masing-masing wilayah kajian. SOI merupakan suatu indeks perbedaan tekanan udara permukaan yang terjadi antara Indonesia dengan Samudera Pasifik (Philander,1990). Ketika SOI bernilai positif (+) maka di wilayah Pasifik SPL cenderung menghangat, namun sebaliknya di wilayah Indonesia SPL cenderung lebih dingin. SOI bernilai negatif (-) maka di wilayah Pasifik SPL cenderung lebih dingin, dan sebaliknya di Indonesia SPL cenderung lebih hangat.

4.2.2.1 Hubungan antara SPL dengan IOD dan SOI di Wilayah 1

Suhu Permukaan Laut merupakan salah satu parameter yang paling berpengaruh terhadap fenomena perubahan iklim. Fenomena perubahan iklim

salah satunya adalah kejadian ENSO. Indeks ENSO ditampilkan dalam index IOD dan SOI. Index IOD merupakan index perubahan suhu di wilayah barat Samudera Hindia. Ketika IOD menunjukkan nilai positif (+) maka di wilayah barat Samudera Hindia (Afrika) mengalami kenaikan suhu permukaan laut namun sebaliknya di wilayah timur Samudera Hindia (Indonesia) mengalami penurunan suhu permukaan laut. Southern Oscillation Index (SOI) merupakan index terjadinya ENSO berdasarkan penghitungan perbedaan tekanan udara di wilayah terjadinya ENSO yaitu di Samudera pasifik tepatnya di Darwin dan Tahiti. Indeks SOI negatif (-) maka diindikasikan terjadi *El-Nino*, sedangkan indeks SOI positif (+) maka diindikasikan terjadi *La-Nina*. Untuk mengetahui pengaruh fenomena ENSO terhadap suhu permukaan laut di wilayah 1 yang merupakan *inlet* Selat Lombok dapat dilihat pada Gambar 13



Gambar 13 Nilai Anomali SPL, SOI, dan IOD Di Wilayah 1

Gambar 13 merupakan grafik antara anomali SPL, SOI, dan IOD. Nilai anomali (penyimpangan) nilai SPL didapat berdasarkan penyimpangan data suhu dalam kurun waktu 11 tahun 2005-2015. Penghitungan anomali dilakukan dengan cara mengurangi nilai SPL tiap bulan pada tahun tertentu dengan nilai

rata-rata keseluruhan bulan dari keseluruhan tahun. Dapat terlihat pada Gambar 12 fenomena *El-Nino* ditunjukkan pada tahun 2006, 2008, 2011, 2014. Fenomena IOD positif (+) dan nilai SOI yang dibawah (-) 1,5 menunjukkan terjadinya *El-Nino* dan menunjukkan bahwa di wilayah Indonesia mengalami penurunan SPL. Hal ini sejalan dengan grafik anomali SPL di wilayah 1 pada saat IOD positif(+) dan SOI negatif (-) menunjukkan penurunan SPL. Penurunan SPL pada saat *El-Nino* pada tahun 2006 paling tinggi pada bulan September 2006 yaitu sebesar $-0,60^{\circ}\text{C}$, dengan nilai IOD sebesar (+) $0,53^{\circ}\text{C}$ dan SOI sebesar (-) 2,11 atm. Penurunan SPL pada tahun 2008 mencapai nilai penurunan paling tinggi sebesar $-1,25^{\circ}\text{C}$ yang terjadi pada bulan Februari dengan nilai IOD sebesar (+) $0,12^{\circ}\text{C}$ dan nilai SOI (+) 4,67 atm. Penurunan SPL pada tahun 2011 mencapai nilai penurunan paling tinggi sebesar $-1,84^{\circ}\text{C}$ yang terjadi pada bulan Juni dengan nilai IOD sebesar (+) $0,26^{\circ}\text{C}$ dan nilai SOI (+) 0,87 atm. Penurunan SPL pada tahun 2014 mencapai nilai penurunan paling tinggi sebesar $-1,46^{\circ}\text{C}$ yang terjadi pada bulan Juni dengan nilai IOD sebesar (+) $0,19^{\circ}\text{C}$ dengan nilai SOI (+) 0,07 atm.

Fenomena *La-Nina* ditunjukkan dengan menghangatnya SPL dan IOD memiliki nilai negatif (-) sedangkan SOI bernilai lebih dari (+)1,5 atm menunjukkan indikasi kejadian *La-Nina*. Fenomena *La-Nina* berpengaruh pada naiknya nilai SPL (menjadi lebih hangat). Dapat terlihat pada Gambar 12 anomali naiknya SPL terlihat pada tahun 2007, 2010, dan 2013. Pada tahun 2007 naiknya SPL dari rata-rata (anomali) tertinggi terjadi pada bulan Februari yaitu sebesar $0,81^{\circ}\text{C}$, pada bulan Februari merupakan IOD (+) yaitu sebesar $0,34^{\circ}\text{C}$ dan nilai SOI sebesar (+) 0,39 atm. Pada 2010 naiknya SPL dari rata-rata normal (anomali) tertinggi terjadi pada bulan Maret yaitu sebesar $1,28^{\circ}\text{C}$ dengan nilai IOD sebesar (+) 0,63 dan SOI sebesar (-) 2,23, pada bulan Mei-September 2010 nilai SPL cenderung tinggi hal ini dikarenakan adanya fenomena puncak *La*

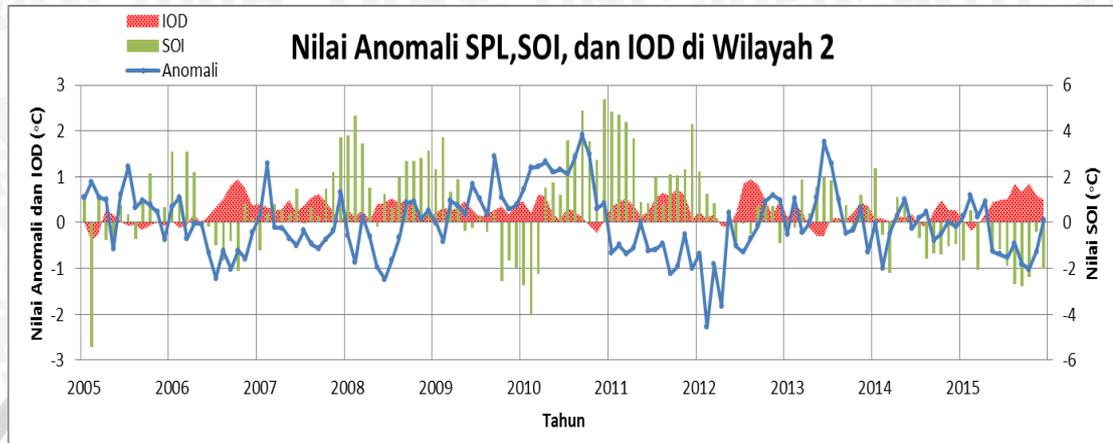
Nina. Puncak fenomena *La Nina* dibuktikan dengan nilai SOI pada bulan Mei-September berkisar antara (+)1,2 atm hingga mencapai (+)4,87 dengan kenaikan suhu sekitar 1°C hingga 1,16°C. Pada tahun 2010 nilai kenaikan SPL tertinggi terjadi pada bulan Juni dengan nilai kenaikan sebesar 1,46°C dengan nilai IOD sebesar (-)0,29°C dan nilai SOI sebesar (+) 1,98 atm.

Dapat terlihat di wilayah 1 yang merupakan *inlet* Selat Lombok lebih dipengaruhi oleh IOD dibandingkan dengan SOI. Nilai index IOD lebih dominan dalam merubah SPL di wilayah 1 dibandingkan dengan nilai SOI. Terlihat bahwa IOD positif SPL menjadi lebih tinggi dari rata-rata, sebaliknya IOD negatif turut mengubah SPL menjadi lebih rendah dari rata-rata.

4.2.2.2 Hubungan antara SPL dengan IOD dan SOI di Wilayah 2

Suhu Permukaan Laut merupakan salah satu parameter yang paling berpengaruh terhadap fenomena perubahan iklim. Fenomena perubahan iklim salah satunya adalah kejadian ENSO. Indeks ENSO ditampilkan dalam index IOD dan SOI. Index IOD merupakan index perubahan suhu di wilayah barat Samudera Hindia. Ketika IOD menunjukkan nilai positif (+) maka di wilayah barat Samudera Hindia (Afrika) mengalami kenaikan suhu permukaan laut namun sebaliknya di wilayah timur Samudera Hindia (Indonesia) mengalami penurunan suhu permukaan laut. Ketika index IOD bernilai negatif(-) maka di wilayah barat Samudera Hindia (Afrika) mengalami penurunan suhu permukaan laut, dan sebaliknya di wilayah timur Samudera Hindia (Indonesia) mengalami kenaikan suhu permukaan laut. Southern Oscillation Index (SOI) merupakan index terjadinya ENSO berdasarkan penghitungan perbedaan tekanan udara di wilayah terjadinya ENSO yaitu di Samudera pasifik tepatnya di Darwin dan Tahiti. Indeks SOI negatif (-) yang melebihi normal (kurang dari -0.5) maka diindikasikan terjadi *El-Nino*, sedangkan indeks SOI positif (+) yang melebihi normal (lebih dari +0.5)

maka diindikasikan terjadi *La-Nina*. Untuk mengetahui pengaruh fenomena ENSO terhadap suhu permukaan laut di wilayah 2 yang merupakan pusat Selat Lombok dapat dilihat pada Gambar 14.



Gambar 14 Nilai Anomali SPL, SOI, dan IOD di Wilayah 2

Gambar 14 merupakan grafik antara anomali SPL, SOI, dan IOD. Nilai anomali (penyimpangan) nilai SPL didapat berdasarkan penyimpangan data suhu dalam kurun waktu 11 tahun 2005-2015. Penghitungan anomali dilakukan dengan cara mengurangi nilai SPL tiap bulan pada tahun tertentu dengan nilai rata-rata keseluruhan bulan dari keseluruhan tahun. Dapat terlihat pada Gambar 14 fenomena *El-Nino* ditunjukkan pada tahun 2006, 2008, 2011, 2014. Fenomena IOD positif (+) dan nilai SOI yang dibawah (-) 1,5 menunjukkan terjadinya *El-Nino* dan menunjukkan bahwa di wilayah Indonesia mengalami penurunan SPL. Hal ini sejalan dengan grafik anomali SPL di wilayah 1 pada saat IOD positif(+) dan SOI negatif (-) menunjukkan penurunan SPL. Penurunan SPL pada saat *El-Nino* pada tahun 2006 paling tinggi pada bulan Mei 2006 yaitu sebesar $-0,03^{\circ}\text{C}$, dengan nilai IOD sebesar (+) $0,011^{\circ}\text{C}$ dan SOI sebesar (-) 0,22 atm. Penurunan SPL pada tahun 2008 mencapai nilai penurunan paling tinggi sebesar $-1,24^{\circ}\text{C}$ yang terjadi pada bulan Mei dengan nilai IOD sebesar (+) $0,43^{\circ}\text{C}$ dan nilai SOI (+) 1,27 atm. Penurunan SPL pada tahun 2011 mencapai

nilai penurunan paling tinggi sebesar $-1,12^{\circ}\text{C}$ yang terjadi pada bulan Oktober dengan nilai IOD sebesar (+) $0,49^{\circ}\text{C}$ dan nilai SOI (+) $0,89$ atm. Pada tahun 2012, di wilayah 2 yang merupakan Selat Lombok mengalami penurunan suhu melebihi biasanya, penurunan ini terjadi pada bulan Februari 2012 yaitu mengalami penurunan sebesar $-2,27^{\circ}\text{C}$. Penurunan SPL ini tidak diikuti dengan perubahan index IOD dan SOI yang berarti, penurunan SPL ini diakibatkan pada bulan tersebut merupakan puncak dari musim barat. Penurunan SPL pada tahun 2014 mencapai nilai penurunan paling tinggi sebesar $-0,99^{\circ}\text{C}$ yang terjadi pada bulan Juni dengan nilai IOD sebesar (+) $0,09^{\circ}\text{C}$ dengan nilai SOI (+) $0,54$ atm.

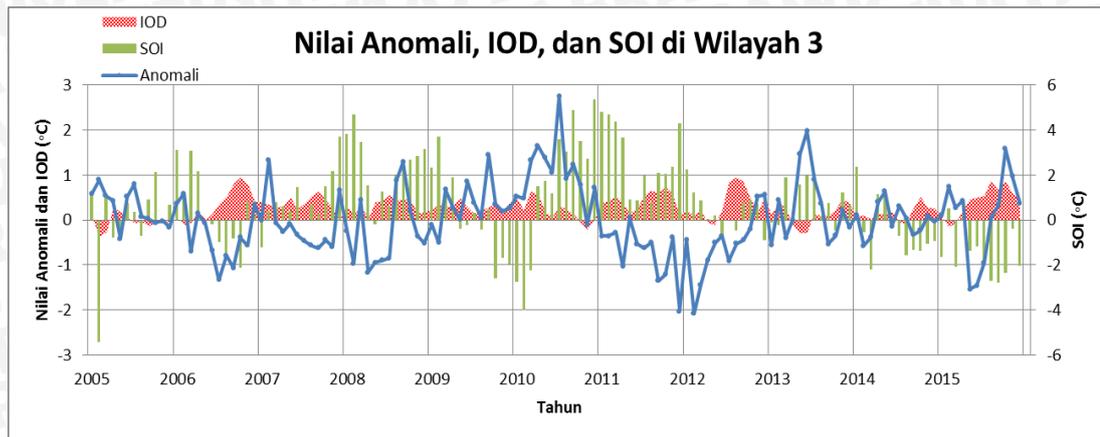
Fenomena *La-Nina* ditunjukkan dengan menghangatnya SPL dan IOD memiliki nilai negatif (-) sedangkan SOI bernilai lebih dari (+) $1,5$ atm menunjukkan indikasi kejadian *La-Nina*. Fenomena *La-Nina* berpengaruh pada naiknya nilai SPL (menjadi lebih hangat). Dapat terlihat pada Gambar 12 anomali naiknya SPL terlihat pada tahun 2007, 2010, dan 2013. Pada tahun 2007 naiknya SPL dari rata-rata (anomali) tertinggi terjadi pada bulan Februari yaitu sebesar $1,29^{\circ}\text{C}$, pada bulan Februari merupakan IOD (+) yaitu sebesar $0,33^{\circ}\text{C}$ dan nilai SOI sebesar (+) $0,38$ atm. Pada 2010 naiknya SPL dari rata-rata normal (anomali) tertinggi terjadi pada bulan September yaitu sebesar $1,9^{\circ}\text{C}$ dengan nilai IOD sebesar (+) $0,12$ dan SOI sebesar (+) $4,8$ atm, pada bulan Mei-September 2010 nilai SPL cenderung tinggi hal ini dikarenakan adanya fenomena puncak *La Nina*. Puncak fenomena *La Nina* dibuktikan dengan nilai SOI pada bulan Mei-September berkisar antara (+) $1,2$ atm hingga mencapai (+) $4,87$ dengan kenaikan suhu sekitar 1°C hingga $1,16^{\circ}\text{C}$. Pada tahun 2010 nilai kenaikan SPL tertinggi terjadi pada bulan September dengan nilai kenaikan sebesar $1,91^{\circ}\text{C}$ dengan nilai IOD sebesar (-) $0,12^{\circ}\text{C}$ dan nilai SOI sebesar (+) $4,8$ atm.

Wilayah 2 merupakan Selat Lombok dan merupakan perairan yang sempit.

Karena hal tersebutlah fenomena ENSO di Selat Lombok tidak terlalu signifikan dan cenderung lebih lama mendapatkan efek dari perubahan SPL dibandingkan dengan wilayah-wilayah lain. Selat Lombok lebih dipengaruhi oleh IOD dibandingkan dengan SOI.

4.2.2.3 Hubungan antara SPL dengan IOD dan SOI di Wilayah 3

Suhu Permukaan Laut merupakan salah satu parameter yang paling berpengaruh terhadap fenomena perubahan iklim. Fenomena perubahan iklim salah satunya adalah kejadian ENSO. Indeks ENSO ditampilkan dalam index IOD dan SOI. Index IOD merupakan index perubahan suhu di wilayah barat Samudera Hindia. Ketika IOD menunjukkan nilai positif (+) maka di wilayah barat Samudera Hindia (Afrika) mengalami kenaikan suhu permukaan laut namun sebaliknya di wilayah timur Samudera Hindia (Indonesia) mengalami penurunan suhu permukaan laut. Ketika index IOD bernilai negatif(-) maka di wilayah barat Samudera Hindia (Afrika) mengalami penurunan suhu permukaan laut, dan sebaliknya di wilayah timur Samudera Hindia (Indonesia) mengalami kenaikan suhu permukaan laut. Southern Oscillation Index (SOI) merupakan index terjadinya ENSO berdasarkan penghitungan perbedaan tekanan udara di wilayah terjadinya ENSO yaitu di Samudera pasifik tepatnya di Darwin dan Tahiti. Indeks SOI negatif (-) yang melebihi normal (kurang dari -0.5) maka diindikasikan terjadi *El-Nino*, sedangkan indeks SOI positif (+) yang melebihi normal (lebih dari +0.5) maka diindikasikan terjadi *La-Nina*. Untuk mengetahui pengaruh fenomena ENSO terhadap suhu permukaan laut di wilayah 3 yang merupakan *outlet* Selat Lombok dapat dilihat pada Gambar 15.



Gambar 15 Nilai Anomali SPL,IOD,dan SOI Di Wilayah 3

Gambar 15 merupakan grafik antara anomali SPL, SOI, dan IOD. Nilai anomali (penyimpangan) nilai SPL didapat berdasarkan penyimpangan data suhu dalam kurun waktu 11 tahun 2005-2015. Penghitungan anomali dilakukan dengan cara mengurangi nilai SPL tiap bulan pada tahun tertentu dengan nilai rata-rata keseluruhan bulan dari keseluruhan tahun. Dapat terlihat pada Gambar 12 fenomena *El-Nino* ditunjukkan pada tahun 2006, 2008, 2011, 2014. Fenomena IOD positif (+) dan nilai SOI yang dibawah (-) 1,5 menunjukkan terjadinya *El-Nino* dan menunjukkan bahwa di wilayah Indonesia mengalami penurunan SPL. Hal ini sejalan dengan grafik anomali SPL di wilayah 1 pada saat IOD positif(+) dan SOI negatif (-) menunjukkan penurunan SPL. Penurunan SPL pada saat *El-Nino* pada tahun 2006 paling tinggi pada bulan Juli 2006 yaitu sebesar $-1,33^{\circ}\text{C}$, dengan nilai IOD sebesar (+) $0,53^{\circ}\text{C}$ dan SOI sebesar (-) 2,11 atm. Penurunan SPL pada tahun 2008 mencapai nilai penurunan paling tinggi sebesar $-1,17^{\circ}\text{C}$ yang terjadi pada bulan April dengan nilai IOD sebesar (+) $0,05^{\circ}\text{C}$ dan nilai SOI (+) 1,52 atm. Penurunan SPL pada tahun 2011 mencapai nilai penurunan paling tinggi sebesar $-1,35^{\circ}\text{C}$ yang terjadi pada bulan September dengan nilai IOD sebesar (+) $0,58^{\circ}\text{C}$ dan nilai SOI (+) 2,1 atm. Penurunan SPL pada tahun 2014 mencapai nilai penurunan paling tinggi sebesar $-0,53^{\circ}\text{C}$ yang

terjadi pada bulan September dengan nilai IOD sebesar (+) $0,24^{\circ}\text{C}$ dengan nilai SOI (-) 1,32 atm.

Fenomena *La-Nina* ditunjukkan dengan menghangatnya SPL dan IOD memiliki nilai negatif (-) sedangkan SOI bernilai lebih dari (+)1,5 atm menunjukkan indikasi kejadian *La-Nina*. Fenomena *La-Nina* berpengaruh pada naiknya nilai SPL (menjadi lebih hangat). Dapat terlihat pada Gambar 12 anomali naiknya SPL terlihat pada tahun 2007, 2010, dan 2013. Pada tahun 2007 naiknya SPL dari rata-rata (anomali) tertinggi terjadi pada bulan Februari yaitu sebesar $1,34^{\circ}\text{C}$, pada bulan Februari merupakan IOD (+) yaitu sebesar $0,34^{\circ}\text{C}$ dan nilai SOI sebesar (+) 0,38 atm. Pada 2010 naiknya SPL dari rata-rata normal (anomali) tertinggi terjadi pada bulan Juli yaitu sebesar $2,75^{\circ}\text{C}$ dengan nilai IOD sebesar (+) 3,11 dan SOI sebesar (+)3,59 atm. Pada tahun 2014, anomali SPL tertinggi terjadi pada bulan Mei yaitu sebesar $0,63^{\circ}\text{C}$ dengan nilai IOD sebesar (+) $0,12^{\circ}\text{C}$ dan nilai SOI (+) 1,02 atm.

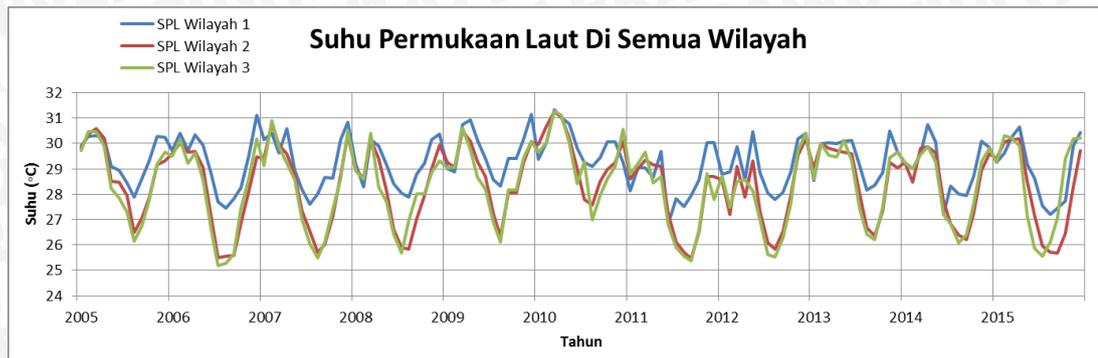
Dapat terlihat dari grafik, bahwa *El-Nino* kuat terjadi pada tahun 2006, hal ini dibuktikan dengan index IOD dan SOI dan juga grafik penyimpangan suhunya. Sedangkan, *La-Nina* kuat terjadi pada tahun 2010. Wilayah 3 yang merupakan *outlet* Selat Lombok dan merupakan wilayah Samudera Hindia lebih dipengaruhi oleh IOD dibandingkan dengan SOI. Nilai index IOD lebih dominan dalam merubah SPL di wilayah 3 dibandingkan dengan nilai SOI. Terlihat bahwa IOD positif SPL menjadi lebih tinggi dari rata-rata, sebaliknya IOD negatif turut mengubah SPL menjadi lebih rendah dari rata-rata. Hal ini sejalan dengan penelitian Habibie dan Tri (2014) yang mengemukakan bahwa SPL di Samudera Hindia dan Selat Sunda mempunyai nilai korelasi yang besar terhadap IOD.

4.2.3 Perbedaan Suhu di Seluruh Wilayah

Suhu permukaan laut memiliki karakteristik tersendiri di masing-masing wilayah. Wilayah 1 yang merupakan *inlet* Selat Lombok merupakan wilayah yang termasuk ke dalam *closed sea*, wilayah 2 yang merupakan pusat Selat Lombok merupakan wilayah laut sempit yang dibatasi oleh Pulau Bali dan Pulau Lombok, sedangkan wilayah 3 merupakan wilayah *outlet* Selat Lombok yang merupakan wilayah Samudera Hindia. Perbedaan karakteristik perairan ketiga wilayah inilah yang menarik untuk dibahas perbedaan suhu permukaan lautnya. Perbedaan SPL dianalisis dengan menggunakan grafik *time series* selama kurun waktu 2005-2015 dan menggunakan analisis musiman suhu permukaan laut di ketiga wilayah menggunakan diagram batang.

4.2.3.1 Suhu Permukaan Laut di Seluruh Wilayah

Suhu permukaan laut memiliki karakteristik berbeda-beda di setiap wilayah. Perbedaan suhu permukaan laut di wilayah kajian penelitian ditampilkan pada Gambar 15. Suhu permukaan laut di masing-masing wilayah ditampilkan dalam bentuk grafik *time series* dalam kurun waktu 2005-2015. Tujuan ditampilkannya grafik suhu permukaan laut adalah untuk mengetahui karakteristik SPL di masing-masing wilayah dan menampilkan perbedaan SPL di masing-masing wilayah. Perbedaan SPL di masing-masing wilayah inilah yang kemudian menarik untuk dibahas faktor apa saja yang menyebabkan SPL di seluruh wilayah berbeda.



Gambar 16 Grafik Suhu Permukaan Laut Di Semua Wilayah

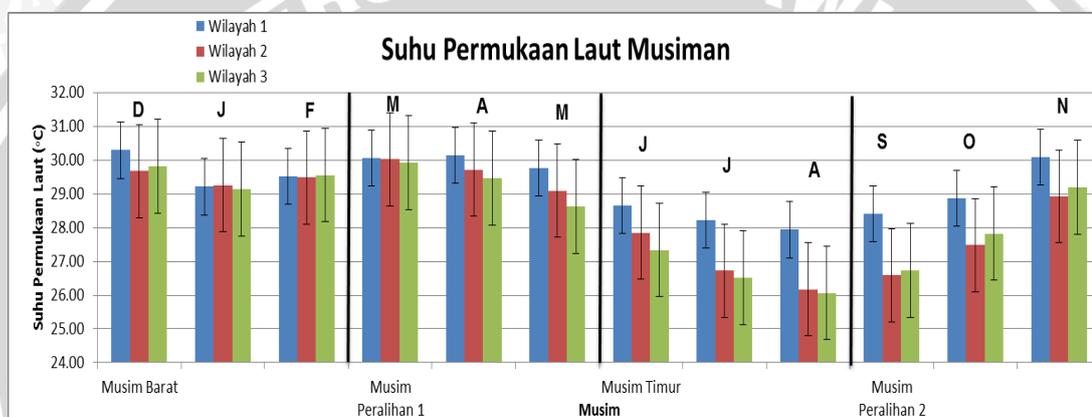
Dapat dilihat pada Gambar 16 SPL di wilayah 1 memiliki rata rata SPL sebesar $29,27^{\circ}\text{C}$, wilayah 2 memiliki rata rata SPL sebesar $28,42^{\circ}\text{C}$, dan wilayah 3 memiliki rata rata SPL sebesar $28,36^{\circ}\text{C}$. Dari ketiga wilayah, wilayah 1 memiliki rata rata SPL paling tinggi yaitu sebesar $29,27^{\circ}\text{C}$, nilai SPL paling tinggi di wilayah 1 yaitu sebesar $31,1^{\circ}\text{C}$ yaitu pada Desember 2006. Wilayah 1 merupakan wilayah *inlet* Selat Lombok dan termasuk kedalam *closed sea*. Wilayah 1 merupakan wilayah Laut Flores. Laut Flores merupakan wilayah perairan yang dipengaruhi oleh aliran Arlindo, masukan air tawar dari pulau-pulau di ssekitarnya dan merupakan wilayah timur Indonesia yang dipengaruhi oleh angin muson timur dan muson barat. Faktor-faktor inilah yang mempengaruhi sebaran suhu di perairan ini. Sebaran suhu di wilayah 1 memiliki rata-rata nilai SPL tertinggi dibandingkan dengan rata-rata SPL di wilayah lain. Pada wilayah 1 yang merupakan Laut Flores sering kali didominasi oleh proses pencampuran dan penyebaran air tawar. Masukan air tawar berasal dari curah hujan dan juga aliran sungai. Kondisi demikian menyebabkan terjadinya interaksi antara air tawar dan air laut. Interaksi ini akan sangat mempengaruhi pada persebaran SPL dan parameter oseanografi lainnya. Kondisi tersebutlah yang menyebabkan SPL di wilayah 1 lebih tinggi daripada di wilayah lain. Wilayah 2 yang merupakan wilayah pusat Selat Lombok, wilayah laut yang memisahkan antara Pulau Bali dan Pulau Lombok memiliki rata-rata nilai SPL selama 10 tahun sebesar $28,42^{\circ}\text{C}$

nilai ini lebih rendah dibandingkan dengan rata-rata SPL di wilayah 1. Wilayah 2 merupakan wilayah Selat Lombok yang merupakan jalur *outflow* Arlindo. Suhu di Selat Lombok dipengaruhi oleh aliran massa air Arlindo dan masukan air tawar dari pulau-pulau disekitarnya. Selat Lombok merupakan selat sempit yang dialiri oleh aliran Arlindo sebelum masuk ke Samudera Hindia, kondisi inilah yang mempengaruhi persebaran SPL di Selat Lombok. Wilayah 3 merupakan wilayah Samudera Hindia dan merupakan wilayah *open sea*. Wilayah 3 memiliki rata-rata suhu dari tahun 2005-2015 sebesar $28,36^{\circ}\text{C}$. Rata-rata suhu di wilayah 3 memiliki nilai paling rendah dibandingkan dengan rata-rata suhu di wilayah 1 dan wilayah 2. Rata-rata suhu rendah di wilayah 3 disebabkan karena wilayah 3 termasuk ke dalam kategori *open sea* yang berarti bahwa pencampuran suhu sangat dimungkinkan terjadi dalam intensitas yang tinggi. Pengadukan perairan atau biasa disebut *upwelling* mengaduk massa air di kolom perairan yang mengakibatkan suhu yang lebih hangat akan masuk ke kolom perairan dan suhu yang lebih rendah akan naik ke permukaan. Dengan kondisi wilayah 3 yang memungkinkan terjadinya intensitas *upwelling* yang tinggi, maka SPL di wilayah 3 menjadi lebih rendah daripada di wilayah lain. Kecenderungan penurunan SPL di daerah *upwelling* selatan Jawa hingga Timor diduga disebabkan oleh makin menguatnya proses adveksi (Wyrski, 1961). Menurut Kunarso *et,al* (2011) proses adveksi ini merupakan proses transfer panas dari perairan ke atmosfer melalui media angin. Proses adveksi akan menguat seiring dengan penguatan intensitas angin Muson Tenggara. Penguatan proses adveksi tersebut berdampak pada makin banyaknya energi panas yang dipindahkan dari perairan atmosfer, akibatnya suhu perairan cenderung mengalami penurunan, sebagaimana yang terjadi di daerah *upwelling* dari Juni ke Agustus.



4.2.3.2 Perbedaan Suhu Permukaan Laut Musiman di Seluruh Wilayah

Persebaran Suhu Permukaan Laut (SPL) dipengaruhi oleh pengaruh angin muson. Bertiupnya angin muson yang melewati wilayah Indonesia dibagi menjadi variasi musiman. Variasi musim di Indonesia terbagi menjadi 4, yaitu musim barat (Desember, Januari, Februari), musim peralihan 1 (Maret, April, Mei), musim timur (Juni, Juli, Agustus), dan musim peralihan 2 (September, Oktober, November). Untuk lebih jelasnya mengenai SPL musiman di ketiga wilayah dapat dilihat pada Gambar 17.



Gambar 17 SPL Musiman di Seluruh Wilayah

Pada Gambar 17 merupakan diagram batang dari rata-rata SPL bulanan dari tahun 2005-2015. Dapat dilihat pada Gambar 16 SPL di wilayah 1 memiliki rata-rata yang lebih tinggi dibandingkan dengan wilayah lain. Pada Bulan Desember SPL mengalami kenaikan lebih tinggi dibandingkan dengan bulan lainnya. Kenaikan SPL ini terjadi di seluruh wilayah kajian penelitian. Pada bulan Desember SPL di wilayah 1 memiliki nilai yang lebih tinggi dibandingkan dengan wilayah lain. Pada Bulan Januari, SPL di semua wilayah mengalami penurunan nilai. Turunnya nilai SPL ini sebesar 0,47°C-1,04°C dari bulan sebelumnya yaitu Bulan Desember. Pada Bulan Februari nilai SPL cenderung tetap seperti pada Bulan Januari. Nilai SPL pada Bulan Februari tidak mengalami perubahan

signifikan dari Bulan Januari. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Habibie dan Tri pada tahun 2014 yang mengemukakan bahwa peningkatan SPL paling luas terjadi pada saat Bulan Desember, kemudian menyempit pada Bulan Januari dan Februari. Tren peningkatan SPL tertinggi pada saat musim barat (Desember, Januari, Februari) terjadi di wilayah 1. Pada musim peralihan 1 (Maret, April, Mei) nilai SPL cenderung tidak mengalami perubahan signifikan. SPL mengalami penurunan ketika akan memasuki musim timur. Penurunan SPL tertinggi pada musim peralihan 1 terjadi pada Bulan Mei, dimana bulan ini merupakan bulan dimana Indonesia akan memasuki musim timur. Penurunan SPL pada Bulan Mei di seluruh wilayah sebesar $0,67^{\circ}\text{C}$ - $1,13^{\circ}\text{C}$. Wilayah yang mengalami penurunan suhu paling tinggi adalah wilayah 3 yang merupakan Samudera Hindia. Penurunan SPL di wilayah 3 pada musim peralihan 1 hingga mencapai nilai penurunan sebesar $1,01^{\circ}\text{C}$. Hal ini dikarenakan pada musim peralihan 1 di Samudera Hindia merupakan wilayah dimana pembentukan *upwelling* akan menaikkan suhu rendah ke atas permukaan laut. Pada musim timur yaitu pada bulan Juni, Juli, Agustus SPL mengalami penurunan yang signifikan. Penurunan SPL di musim timur ini dipengaruhi oleh bertiupnya angin monsun dari Australia menuju ke Asia. Penurunan SPL di musim timur disebabkan karena pada musim timur angin berasal dari Australia yang membawa massa udara yang lebih dingin (Wyrski, 1961). Angin dari Australia yang membawa massa air yang lebih dingin dengan kelembaban rendah menyebabkan adanya pencampuran vertikal dan mengalirnya massa air ke daerah yang sedikit pengaruh radiasinya dapat menyebabkan penurunan suhu (Ilahude dan Gordon, 1996). Nilai SPL pada musim timur yang paling tinggi berada di wilayah 1 yang merupakan inlet Selat Lombok, sedangkan untuk nilai SPL paling rendah berada di wilayah 3 yang merupakan Samudera Hindia. Memasuki musim peralihan 2 (September, Oktober, November) nilai SPL kembali

meningkat. Pada musim ini angin monsun dari Asia yang menuju ke Australia mulai memasuki wilayah Indonesia. Angin monsun ini membawa massa udara yang kering sehingga menyebabkan SPL di wilayah Indonesia cenderung tinggi. Wilayah 1 memiliki nilai SPL yang mencolok lebih tinggi daripada wilayah lainnya. Hal ini dikarenakan wilayah 1 berada di wilayah sekitar ekuator dimana matahari berada tepat di atas wilayah ini dan mengalami penyinaran matahari yang intens. Lebih lanjut menurut Habibie dan Tri (2014), pada musim peralihan, dimana matahari berada tepat di atas ekuator, wilayah Indonesia relatif lebih hangat dibanding wilayah sekitarnya.

Variasi SPL di wilayah Indonesia sangat bergantung pada siklus angin yang melewati Indonesia. Angin monsun barat merupakan angin yang berhembus dari Asia bagian barat melewati Indonesia kemudian menuju Australia. Angin monsun barat ini membawa massa udara yang panas namun lembab. Angin monsun barat membawa uap air dan membawa angin bertekanan tinggi yang hangat sehingga menyebabkan wilayah Indonesia mengalami kenaikan intensitas hujan dan SPL di wilayah Indonesia menjadi meningkat. Pada saat periode monsun Australia (Musim Timur) angin bertekanan tinggi dari Australia menuju ke Asia. Massa udara yang dibawa merupakan massa udara kering namun memiliki suhu yang dingin. Massa udara yang dibawa oleh monsun Australia menyebabkan musim kemarau di Indonesia dan SPL di wilayah Indonesia menjadi lebih dingin.

4.2.4 Hubungan Antara Pola Pergerakan Arus dan Persebaran Suhu

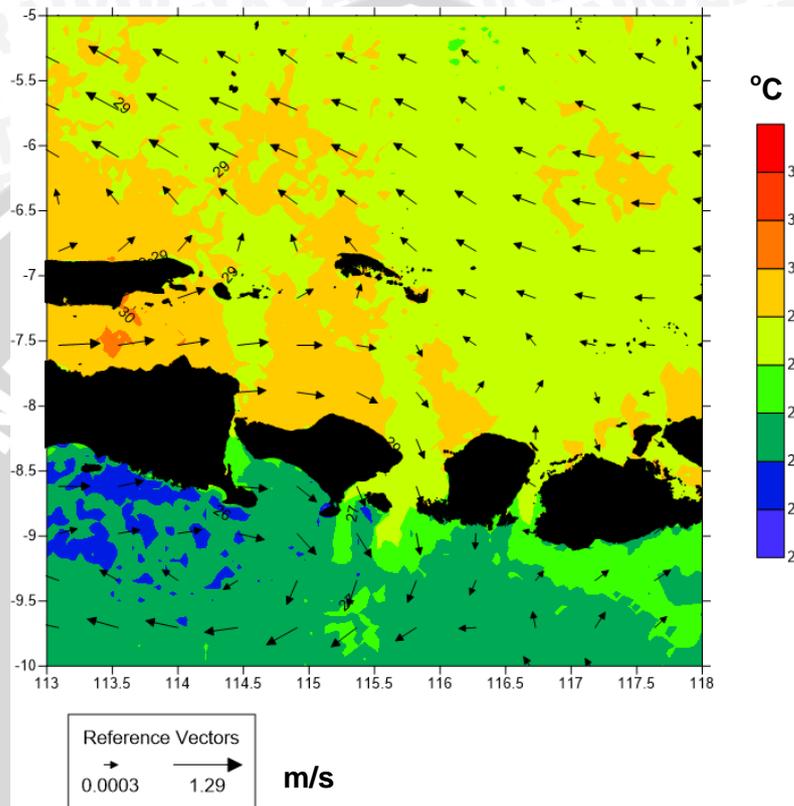
Dalam penelitian ini, sebaran Suhu Permukaan Laut (SPL) dihubungkan dengan pola arus yang terjadi. Seperti yang diketahui pola arus mempengaruhi persebaran SPL di perairan seperti yang dikemukakan oleh Habibie dan Tri (2014) bahwa arus laut berperan penting dalam sebaran SPL dan perubahan

trennya di wilayah Indonesia. Pada penelitian ini, difokuskan pada pola arus laut dan sebaran SPL pada saat *El Nino* dan *La Nina Event* Untuk lebih jelasnya mengenai sebaran SPL dan pola arus pada saat *El-Nino* dan *La Nina Event* dapat dilihat pada peta kontur pada sub-bab selanjutnya.

4.2.4.1 Pola Pergerakan Arus dan Suhu Permukaan Laut Pada Saat *El-Nino Event*

El-Nino merupakan fenomena perubahan iklim dikarenakan adanya perbedaan tekanan di wilayah Samudera Pasifik. Kejadian *El-Nino* berakibat pada menurunnya SPL di wilayah Indonesia. SPL di wilayah Indonesia menjadi lebih dingin. Untuk melihat kejadian *El-Nino* pada sub-bab sebelumnya telah dibahas mengenai IOD dan SOI yang merupakan indeks yang dapat mengindikasikan terjadinya *El-Nino*. Ketika IOD menunjukkan nilai positif (+) maka di wilayah barat Samudera Hindia (Afrika) mengalami kenaikan suhu permukaan laut namun sebaliknya di wilayah timur Samudera Hindia (Indonesia) mengalami penurunan suhu permukaan laut. Ketika index IOD bernilai negatif(-) maka di wilayah barat Samudera Hindia (Afrika) mengalami penurunan suhu permukaan laut, dan sebaliknya di wilayah timur Samudera Hindia (Indonesia) mengalami kenaikan suhu permukaan laut. Southern Oscillation Index (SOI) merupakan index terjadinya ENSO berdasarkan penghitungan perbedaan tekanan udara di wilayah terjadinya ENSO yaitu di Samudera pasifik tepatnya di Darwin dan Tahiti. Indeks SOI negatif (-) yang melebihi normal (kurang dari -0.5) maka diindikasikan terjadi *El-Nino*, sedangkan indeks SOI positif (+) yang melebihi normal (lebih dari +0.5) maka diindikasikan terjadi *La-Nina*. Fenomena *El-Nino* terjadi pada tahun 2006, 2008, 2011, 2014. Fenomena *El-Nino* terjadi pada bulan-bulan dimana Indonesia memasuki Musim Timur (Juni-Juli-Agustus). Menurut Supari (2014), sebagian besar kejadian-kejadian *El-Nino* itu mulai

berlangsung pada akhir musim hujan atau awal hingga pertengahan musim kemarau yaitu bulan Mei, Juni, dan Juli. Untuk melihat sebaran SPL dan pola arus pada saat *El-Nino* peta kontur dibuat sesuai musim pada saat *El-Nino*, yaitu musim timur di tiap-tiap tahun terjadinya *El-Nino*.

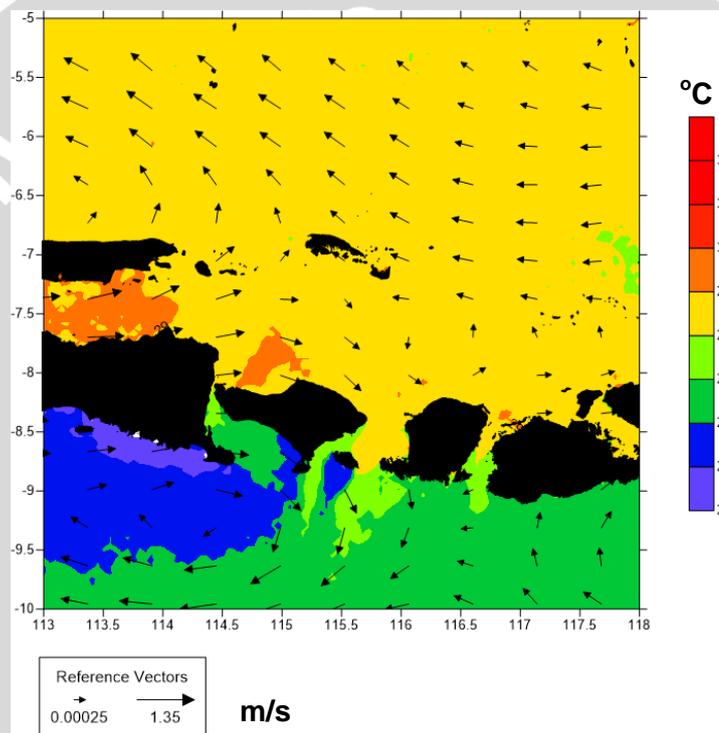


Gambar 18 Peta Kontur SPL dan Arah Arus Musim Timur 2006

Gambar 18 merupakan peta kontur dari Suhu Permukaan Laut (SPL) dan vektor arah arus. Pada Gambar 17 merupakan gambar SPL dan arah arus pada saat musim timur ketika Indonesia terdampak *El-Nino*. Terlihat pada Gambar 17, suhu di perairan wilayah 1 (Laut Flores) memiliki nilai yang lebih tinggi dibandingkan dengan SPL di wilayah 3 (Samudera Hindia). SPL di wilayah 1 pada tahun 2006 berkisar antara 29°C-31°C, sedangkan di wilayah 2 berkisar antara 24°C-27°C. Selama masa *El-Nino* pada tahun 2006 dapat terlihat bahwa kecepatan arus minimal sebesar 0,003 m/s, dan kecepatan arus maksimal



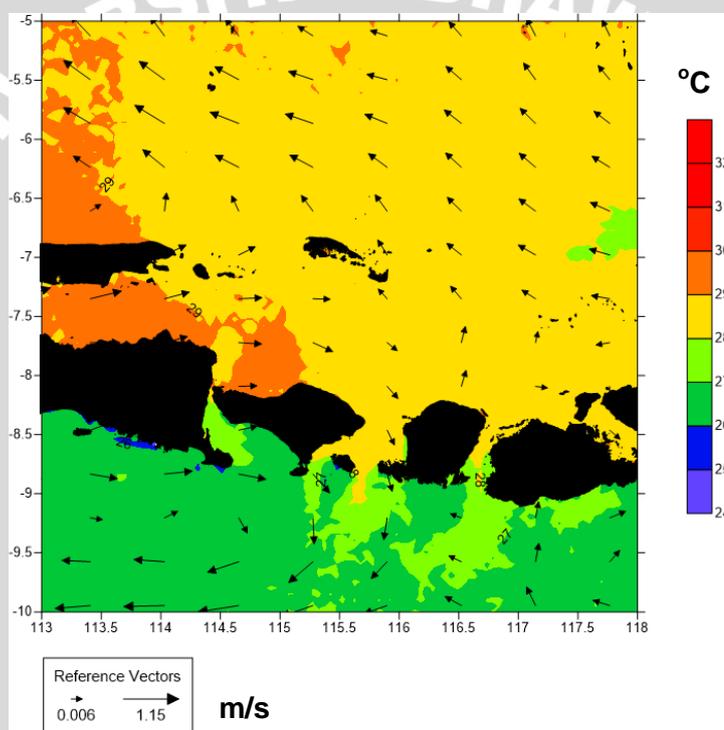
sebesar 1,29 m/s. Arah arus di wilayah 1 bergerak dari arah timur menuju ke barat daya. Hal ini dikarenakan pada musim timur di Indonesia dilintasi angin muson timur yang bergerak dari arah Australia yang mengarah menuju ke barat yaitu menuju wilayah Asia. Dapat terlihat pada wilayah 3 terjadi upwelling atau pengadukan massa air. Sebaran suhu yang dipengaruhi oleh arah arus dapat terlihat pada gambar 18 ini bahwa air bersuhu hangat dibawa oleh angin menuju ke barat.



Gambar 19 Peta Kontur SPL dan Arah Arus Musim Timur 2008

Gambar 19 merupakan peta kontur dari Suhu Permukaan Laut (SPL) dan vektor arah arus. Pada Gambar 18 merupakan gambar SPL dan arah arus pada saat musim timur ketika Indonesia terdampak El-Nino. Terlihat pada Gambar 18, suhu di perairan wilayah 1 (Laut Flores) memiliki nilai yang lebih tinggi dibandingkan dengan SPL di wilayah 3 (Samudera Hindia). SPL di wilayah 1 pada tahun 2006 berkisar antara 29°C-31°C, sedangkan di wilayah 2 berkisar

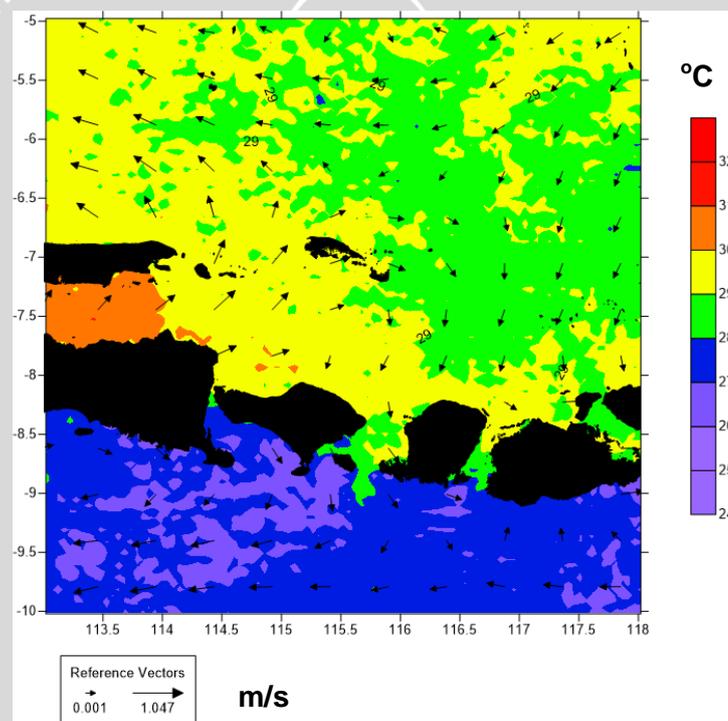
antara 24°C-27°C. Selama masa El-Nino pada tahun 2008 dapat terlihat bahwa kecepatan arus minimal sebesar 0,00025 m/s, dan kecepatan arus maksimal sebesar 1,35 m/s. Arah arus di wilayah 1 bergerak dari arah timur menuju ke barat daya. Hal ini dikarenakan pada musim timur di Indonesia dilintasi angin muson timur yang bergerak dari arah Australia yang mengarah menuju ke barat yaitu menuju wilayah Asia. Dapat terlihat pada wilayah 3 terjadi upwelling atau pengadukan massa air. Upwelling membawa suhu rendah ke permukaan laut.



Gambar 20 Peta Kontur SPL dan Arah Arus Musim Timur 2011

Gambar 20 merupakan peta kontur dari Suhu Permukaan Laut (SPL) dan vektor arah arus. Pada Gambar 19 merupakan gambar SPL dan arah arus pada saat musim timur ketika Indonesia terdampak El-Nino. Terlihat pada Gambar 19, suhu di perairan wilayah 1 (Laut Flores) memiliki nilai yang lebih tinggi dibandingkan dengan SPL di wilayah 3 (Samudera Hindia). SPL di wilayah 1

pada tahun 2006 berkisar antara 29°C-30°C, sedangkan di wilayah 2 berkisar antara 24°C-27°C, dan di wilayah 3 memiliki kisaran suhu yang rendah yaitu antara 25°C-27°. Selama masa El-Nino pada tahun 2006 dapat terlihat bahwa kecepatan arus minimal sebesar 0,006 m/s, dan kecepatan arus maksimal sebesar 1,15 m/s. Arah arus di wilayah 1 bergerak dari arah timur menuju ke barat daya. Hal ini dikarenakan pada musim timur di Indonesia dilintasi angin muson timur yang bergerak dari arah Australia yang mengarah menuju ke barat yaitu menuju wilayah Asia. Dapat terlihat pada wilayah 3 terjadi upwelling atau pengadukan massa air. Upwelling membawa suhu rendah ke permukaan laut.



Gambar 21 Peta Kontur SPL dan Arah Arus Musim Timur 2014

Gambar 21 merupakan peta kontur dari Suhu Permukaan Laut (SPL) dan vektor arah arus. Pada Gambar 20 merupakan gambar SPL dan arah arus pada saat musim timur ketika Indonesia terdampak El-Nino. Terlihat pada Gambar 20, suhu di perairan wilayah 1 (Laut Flores) memiliki nilai yang lebih tinggi

dibandingkan dengan SPL di wilayah 3 (Samudera Hindia). SPL di wilayah 1 pada tahun 2006 berkisar antara 29°C-30°C, sedangkan di wilayah 2 berkisar antara 24°C-27°C, dan di wilayah 3 memiliki kisaran suhu yang rendah yaitu antara 25°C-27°. Selama masa El-Nino pada tahun 2006 dapat terlihat bahwa kecepatan arus minimal sebesar 0,001 m/s, dan kecepatan arus maksimal sebesar 1,047 m/s. Arah arus di wilayah 1 bergerak dari arah timur menuju ke barat daya. Hal ini dikarenakan pada musim timur di Indonesia dilintasi angin muson timur yang bergerak dari arah Australia yang mengarah menuju ke barat yaitu menuju wilayah Asia. Dapat terlihat pada wilayah 3 terjadi upwelling atau pengadukan massa air. Upwelling membawa suhu rendah ke permukaan laut.

Dapat terlihat pada tahun-tahun pengamatan (2006, 2008, 2011 dan 2014) arus menggerakkan massa air ke wilayah barat. Massa air dingin digerakkan ke wilayah barat oleh angin muson timur. Seperti diketahui, angin muson timur berhembus dari Australia menuju ke Asia membawa massa air dingin. Massa air dingin melalui Laut Flores dan menuju ke wilayah bagian barat Indonesia.

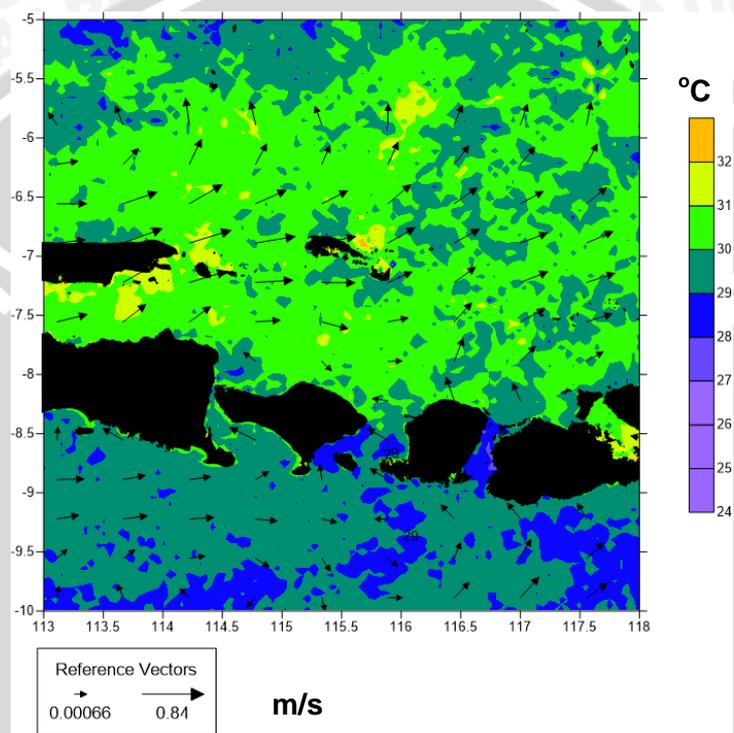
Menurut Tubalawony et,al (2012), pada bulan Juni-Juli angin muson tenggara bertiup dengan kekuatan maksimum di sebagian wilayah Indonesia termasuk di perairan Lamalera. Berdasarkan data dari *www.ecmwf.int*, angin muson tenggara bertiup secara terus menerus sepanjang bulan Juni, Juli dan Agustus 2011 dari arah tenggara dengan kecepatan rata rata bulanan masing masing 4,5; 4,1 dan 3,66 m/detik. Tiupan angin tersebut menyebabkan pergerakan massa air permukaan cenderung bergerak ke arah barat. Keadaan tersebut akan mempengaruhi karakteristik massa air karena pergerakan massa air dapat menyebabkan terjadinya pengangkatan massa air lapisan dalam pada wilayah tertentu dan pada akhirnya berdampak terhadap kesuburan suatu perairan. Menurut Clark *et al.* (1999), kuatnya angin muson mengakibatkan meningkatnya transpor Ekman, pencampuran vertikal, dan tingginya bahang yang

hilang akibat evaporasi sepanjang musim panas, sehingga mengakibatkan terjadinya pendinginan suhu permukaan perairan, dan sebaliknya bila angin menjadi lemah dimana pencampuran vertikal massa air akan lemah dan bahang yang hilang melalui evaporasi menjadi berkurang. Keadaan ini berdampak terhadap tingginya suhu permukaan perairan. Selama Muson Tenggara (Juni-Oktober), massa air permukaan di sepanjang pantai selatan Jawa menjadi lebih dingin sebagai respon terhadap Ekman upwelling (Susanto *et al.*, 2001; Hendiarti *et al.*, 2005).

4.2.4.2 Pola Pergerakan Arus dan Suhu Pada Saat *La-Nina* Event

La-Nina merupakan fenomena perubahan iklim dikarenakan adanya perbedaan tekanan di wilayah Samudera Pasifik. Kejadian *La-Nina* berakibat pada meningkatnya nilai SPL di wilayah Indonesia. SPL di wilayah Indonesia menjadi lebih hangat dari rata-rata sebelumnya. Untuk melihat kejadian *La-Nina* pada sub-bab sebelumnya telah dibahas mengenai IOD dan SOI yang merupakan indeks yang dapat mengindikasikan terjadinya *La-Nina*. Ketika IOD menunjukkan nilai positif (+) maka di wilayah barat Samudera Hindia (Afrika) mengalami kenaikan suhu permukaan laut namun sebaliknya di wilayah timur Samudera Hindia (Indonesia) mengalami penurunan suhu permukaan laut. Ketika index IOD bernilai negatif(-) maka di wilayah barat Samudera Hindia (Afrika) mengalami penurunan suhu permukaan laut, dan sebaliknya di wilayah timur Samudera Hindia (Indonesia) mengalami kenaikan suhu permukaan laut. Southern Oscillation Index (SOI) merupakan index terjadinya ENSO berdasarkan penghitungan perbedaan tekanan udara di wilayah terjadinya ENSO yaitu di Samudera pasifik tepatnya di Darwin dan Tahiti. Indeks SOI negatif (-) yang melebihi normal (kurang dari -0.5) maka diindikasikan terjadi *El-Nino*, sedangkan indeks SOI positif (+) yang melebihi normal (lebih dari +0.5) maka diindikasikan

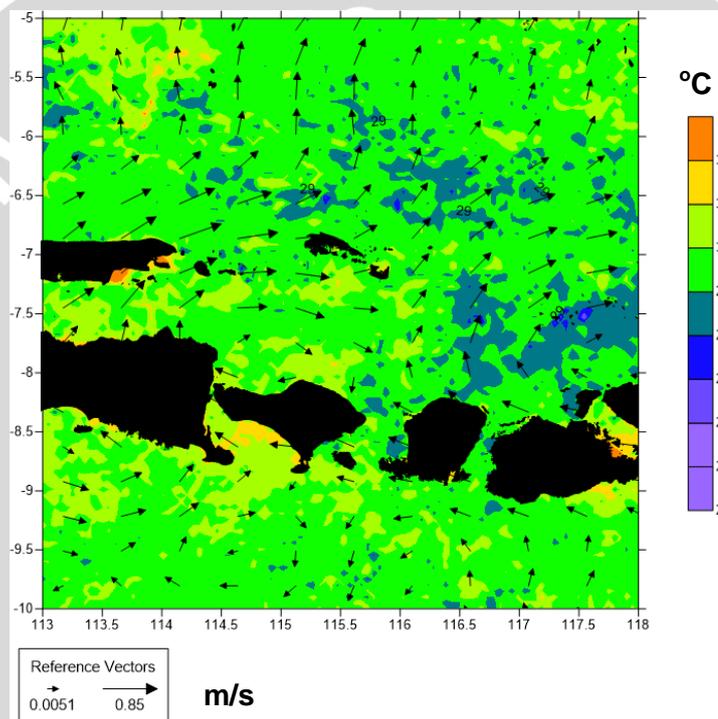
terjadi *La-Nina*. Fenomena *La-Nina* terjadi pada tahun 2007, 2010, dan 2013. Fenomena *La-Nina* terjadi pada bulan-bulan dimana Indonesia memasuki Musim Barat (Desember-Januari-Februari). Untuk melihat sebaran SPL dan pola arus pada saat *La-Nina* peta kontur dibuat sesuai musim pada saat *La-Nina*, yaitu musim barat di tiap-tiap tahun terjadinya *La-Nina*.



Gambar 22 Peta Kontur SPL dan Arah Arus Musim Barat 2007

Gambar 22 merupakan peta kontur dari Suhu Permukaan Laut (SPL) dan vektor arah arus. Pada Gambar 21 merupakan gambar SPL dan arah arus pada saat musim barat ketika Indonesia terdampak *La-Nina*. Terlihat pada Gambar 21, suhu di perairan wilayah 1 (Laut Flores) memiliki nilai yang lebih tinggi dibandingkan dengan SPL di wilayah 3 (Samudera Hindia). SPL di wilayah 1 pada tahun 2006 berkisar antara 29°C-31°C, sedangkan di wilayah 2 berkisar antara 28°C-30°C, dan di wilayah 3 memiliki kisaran suhu yang rendah yaitu antara 27°C-29°C. Selama masa *La-Nina* pada tahun 2007 dapat terlihat bahwa

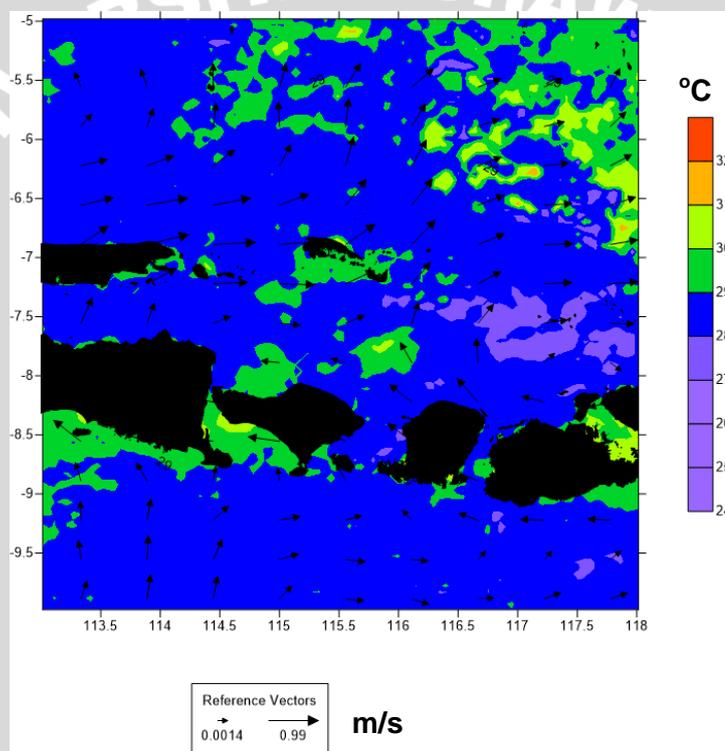
kecepatan arus minimal sebesar 0,0006 m/s, dan kecepatan arus maksimal sebesar 0,84 m/s. Arah arus di wilayah 1 bergerak dari arah barat menuju ke tenggara. Hal ini dikarenakan pada musim barat di Indonesia dilintasi angin muson barat yang bergerak dari arah Asia yang mengarah menuju ke timur yaitu menuju wilayah Australia. Angin muson ini membawa massa air yang banyak, namun memiliki suhu yang hangat. *Upwelling* pada musim barat intensitasnya tidak sebanyak ketika musim timur.



Gambar 23 Peta Kontur SPL dan Arah Arus Musim Barat 2010

Gambar 23 merupakan peta kontur dari Suhu Permukaan Laut (SPL) dan vektor arah arus. Pada Gambar 22 merupakan gambar SPL dan arah arus pada saat musim barat ketika Indonesia terdampak *La-Nina*. Terlihat pada Gambar 22, suhu di perairan wilayah 1 (Laut Flores) memiliki nilai yang lebih tinggi dibandingkan dengan SPL di wilayah 3 (Samudera Hindia). SPL di wilayah 1 pada tahun 2006 berkisar antara 29°C-31°C, sedangkan di wilayah 2 berkisar antara 28°C-30°C, dan di wilayah 3 memiliki kisaran suhu yang rendah yaitu

antara 27°C-29°C. Selama masa La-Nina pada tahun 2007 dapat terlihat bahwa kecepatan arus minimal sebesar 0,000451 m/s, dan kecepatan arus maksimal sebesar 0,85 m/s. Arah arus di wilayah 1 bergerak dari arah barat menuju ke tenggara. Hal ini dikarenakan pada musim barat di Indonesia dilintasi angin muson barat yang bergerak dari arah Asia yang mengarah menuju ke timur yaitu menuju wilayah Australia. Angin muson ini membawa massa air yang banyak, namun memiliki suhu yang hangat.



Gambar 24 Peta Kontur SPL dan Arah Arus Musim Barat 2013

Gambar 24 merupakan peta kontur dari Suhu Permukaan Laut (SPL) dan vektor arah arus. Pada Gambar 21 merupakan gambar SPL dan arah arus pada saat musim barat ketika Indonesia terdampak *La-Nina*. Terlihat pada Gambar 23, suhu di perairan wilayah 1 (Laut Flores) memiliki nilai yang lebih tinggi dibandingkan dengan SPL di wilayah 3 (Samudera Hindia). SPL di wilayah 1

pada tahun 2006 berkisar antara 29°C-31°C, sedangkan di wilayah 2 berkisar antara 28°C-30°C, dan di wilayah 3 memiliki kisaran suhu yang rendah yaitu antara 27°C-29°C. Selama masa La-Nina pada tahun 2007 dapat terlihat bahwa kecepatan arus minimal sebesar 0,0034 m/s, dan kecepatan arus maksimal sebesar 0,99 m/s. Arah arus di wilayah 1 bergerak dari arah barat menuju ke tenggara. Hal ini dikarenakan pada musim barat di Indonesia dilintasi angin muson barat yang bergerak dari arah Asia yang mengarah menuju ke timur yaitu menuju wilayah Australia. Angin muson ini membawa massa air yang banyak, namun memiliki suhu yang hangat.

Terlihat pada saat kejadian La-Nina suhu di Indonesia mengalami kenaikan, hal ini dikarenakan pada saat La-Nina, angin pasat menguat, sehingga massa air hangat dibawa menuju ke Indonesia. Karena angin pasat menguat, maka udara yang terbentuk di atas perairan Indonesia mempercepat pertumbuhan awan. Pertumbuhan awan yang cepat ini menyebabkan curah hujan di wilayah Indonesia meningkat. Arus dari arah barat membawa massa air hangat dari Samudera Pasifik.

Upwelling pada musim barat intensitasnya tidak sebanyak ketika musim timur. Musim barat memungkinkan terjadinya *upwelling*, tetapi *upwelling* pada musim barat tidak sebanyak pada saat musim timur. *Upwelling* pada musim barat intensitasnya tidak sebanyak ketika musim timur. Menurut Soeriatmadja (1957) *upwelling* pada musim barat mungkin saja terjadi. Penyebab *upwelling* pada musim barat adalah karena divergensi angin yang menyebabkan kekosongan massa air di permukaan sehingga pada air di lapisan bawah akan mengisi kekosongan di permukaan perairan.

5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang didapatkan dari penelitian ini adalah :

1. Fenomena IOD merupakan fenomena yang terjadi di Samudera Hindia yang ditandai dengan naik/turunnya Suhu Permukaan Laut (SPL). Fenomena IOD positif berdampak pada menurunnya SPL di wilayah Indonesia, IOD positif (+) terjadi pada tahun 2006, 2008, 2011, dan 2013. Fenomena IOD negatif (-) berdampak pada meningkatnya nilai SPL di wilayah Indonesia, IOD negatif (-) terjadi pada tahun 2005, 2010, dan 2013.
2. Fenomena El-Nino Southern Oscillation (ENSO) dapat dilihat pada perubahan Southern Oscillation Index (SOI). SOI yang bernilai positif menandakan terjadinya *La-Nina*, sebaliknya SOI yang bernilai negatif menandakan terjadinya *El-Nino*. *La-Nina* menyebabkan SPL di wilayah Indonesia mengalami kenaikan SPL, kejadian *La-Nina* terjadi pada tahun 2007, 2010, dan 2013. Sebaliknya, *El-Nino* menyebabkan SPL di wilayah Indonesia mengalami penurunan, kejadian *El-Nino* terjadi pada tahun 2006, 2008, 2011, dan 2014.
3. *El-Nino* sering kali terjadi pada musim timur dan arus membawa massa air hangat menuju ke arah barat, sebaliknya *La-Nina* sering kali terjadi pada musim barat. Kecepatan arus permukaan laut paling tinggi terjadi pada musim timur selama masa *El-Nino* dan sebaliknya melemah pada saat musim barat selama masa *La-Nina*.
4. SPL paling tinggi terjadi di wilayah 1 yang merupakan wilayah Laut Flores dan termasuk wilayah closed sea. SPL paling tinggi di semua wilayah

terjadi pada musim barat, dan sebaliknya nilai SPL menjadi rendah pada saat musim timur.

5.2 Saran

Saran yang disampaikan penulis adalah sebaiknya perlu dilakukan pengkajian terhadap variasi pola arus dan suhu di jalur-jalur Arus Lintas Indonesia yang lainnya. Mengingat, pentingnya peranan laut Indonesia dalam mengubah massa air dari Samudera Pasifik menuju Samudera Hindia.



DAFTAR PUSTAKA

- Aldrian, E. 2008. Meteorologi Laut Indonesia. Jakarta : Badan Meteorologi dan Geofisika.
- Arief, D. and S. P. Murray. 1996. Low frequency fluctuations in the Indonesian throughflow through Lombok Strait. *J. Geophys. Res.*, 101, 12,455–12,464.
- Bureau of Meteorology Australian Government. 2016. The Indian Ocean Dipole. (Online) <http://www.bom.gov.au/climate/enso/history/ln-2010-12/IOD-what.shtml>. Diakses Pada 15 Juni 05:14 WIB
- Cahyaningrum, Agus Dwi J.D. 2009. Karakteristik Massa Air Arlindo DI Pintasan Timor Pada Musim Barat dan Musim Timur. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Institut Pertanian Bogor
- Dipo, Pramudyo., I Wayan Nurjaya, dan Fadli Syamsudin, 2001. 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
- Farita, Yadranka., 2006. Variabilitas Suhu di Perairan Selatan Jawa Barat dan Hubungannya dengan Angin Muson, *Indian Ocean Dipole Mode* dan *El-Nino Southern Oscillation*. Ilmu dan Teknologi Kelautan, FPIK IPB. Bogor
- Fieux, M.C., E. Andrie, A.G. Charriaud, N. Ilahude, R. Metzl, Molcard, and J.C. Swallow. 1996. Hydrological and chlorofluoro-methane measurements of the Indonesian throughflow entering the Indian Ocean. *J. of Geophys. Res.*, 101(C5):12433-12454.
- Gordon, A. L., and Susanto, R. D. 2001. Banda Sea-Surface Layer Divergence. *J. Ocean Dynamic*. Vol 52: 2-10.
- Gordon, A.L. 2005. Oceanography of the Indonesian seas and their throughflow. *Oceanography*, 18(4):14-27.
- Habibie, Muhammad N dan Tri Astuti. 2014. Karakteristik dan Tren Perubahan Suhu Permukaan Laut di Indonesia Periode 1982-2009. Pusat Penelitian dan Pengembangan BMKG, Jakarta.
- Hadi, S. 2006. Diktat kuliah: oseanografi fisis. Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- Ismunarti, Dwi H dan Baskoro Rochaddi. 2013. Kajian Pola Arus Di Perairan Nusa Tenggara Barat Dan Simulasinya Menggunakan Pendekatan Model Matematik. *Buletin Oseanografi Marina* Juli 2013. Vol 2. 1-11
- JAMSTEC. 2012. Indian Ocean Dipole. (Online) http://www.jamstec.go.jp/frcgc/research/d1/iod/e/iod/about_iod.html. Diakses pada 15 Juni 2016 Pukul 5:15 WIB
- Kunarso, Safwan Hadi, Nining 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

- LDEO, 2016. What Is Enso (online).
http://iridl.ldeo.columbia.edu/maproom/ENSO/ENSO_Info.html?Set-Language=en. Diakses pada tanggal 12 April 2016 pukul 20:04 WIB
- Michelle, L'Heureux. 2014. What is El-Nino Southern Oscillation in A Nutshell (online). <https://www.climate.gov/news-features/blogs/enso/what-el-ni%C3%B1o%E2%80%93southern-oscillation-enso-nutshell>. Diakses pada tanggal 12 April 2016 pukul 20:04 WIB
- Morey, S. L., J. F. Shriver dan J. J. O'brien. 1999. Effects of Halmahera on The Indonesian Throughflow, *J. Geophys. Res.* Vol.104, No. C10, 1999.
- Putra, Aji., 2006. Kajian Suhu Permukaan Laut Berdasarkan Analisis Data Citra Satelit NOAA-AVHRR, Aqua Modis, dan Data Argo Float di Perairan Selatan Jawa, Bali, dan Nusa Tenggara (Samudera Hindia). Laporan Skripsi. UGM: Yogyakarta
- Safitri, M, S.Y Cahyarini, M.R Putri. 2012. Variasi Arus Arlindo dan Parameter Oseanografi Di Laut Timor Sebagai Indikasi Kejadian ENSO. *Jurnal ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, Vol.4, No.2, Hlm 369-377, Desember 2012.
- Santoso, Singgih. 2010. *Statistik Parametrik Konsep dan Aplikasi Dengan SPSS*. Jakarta: Elex Media Komputindo
- Sartimbul, Aida., Hideaki N, Erfan R, Beni Yusuf, and Hanggar P., 2010, Variations in chlorophyll-a concentration and the impact on *Sardinella lemuru* catches in Bali Strait Indonesia, *Progress In Oceanography* 87 (2010) page 168-174
- Sukresno, Bambang dan I W Kasa. 2006. Dynamical Analysis Of Banda Sea Concerning With El Nino, Indonesian Throughflow And Monsoon By Using Satellite Data And Numerical Model. *Ecotrophic* 3(2) Hal:87-91
- Tubalawony Simon, Edi K, Muhadjirin, 2012 Suhu dan Salinitas Permukaan Merupakan Indikator Upwelling Sebagai Respon Terhadap Angin Muson Tenggara Di Perairan Bagian Utara Laut Sawu. *Jurnal Ilmu Kelautan* Desember 2012. Vol 17(4) hal 226-239. UNDIP, Semarang.
- Wyrtki, K., 1961. *Physical Oceanography of the Southeast Asean Waters*, NAGA Rep. 2. Scripps Inst. of Oceanography La jolla, Calif

LAMPIRAN

Lampiran 1 Suhu Permukaan Laut Wilayah 1

Tahun	Bulan	Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober	Nopember	Desember	Rata Rata
	2005	29.89	30.28	30.32	30.2	29.1	28.93	28.44	27.9	28.63	29.3	30.28	30.25	29.46
	2006	29.71	30.4	29.71	30.35	29.94	28.86	27.7	27.45	27.81	28.27	29.53	31.11	29.24
	2007	30.16	30.4	29.63	30.6	28.95	28.2	27.62	28	28.67	28.62	30.14	30.82	29.32
	2008	29.2	28.28	30.15	29.9	29.17	28.4	28.03	27.89	28.78	29.21	30.16	30.37	29.13
	2009	29	28.88	30.74	30.92	30.13	29.42	28.56	28.31	29.4	29.4	30.16	31.14	29.67
	2010	29.39	30.04	31.34	31.02	30.77	29.81	29.26	29.1	29.44	30.05	30.06	29.25	29.96
	2011	28.14	29.06	29.03	28.67	29.68	26.82	27.81	27.52	27.96	28.56	30.02	30.02	28.61
	2012	28.78	28.87	29.88	28.58	30.46	28.86	28.03	27.79	28.08	28.87	30.18	30.39	29.06
	2013	28.55	30	30.04	30.01	30.1	30.12	29.13	28.16	28.34	28.84	30.48	29.67	29.45
	2014	29.26	29	29.6	30.74	30.06	27.2	28.31	28.01	27.94	28.7	30.08	29.84	29.06
	2015	29.26	29.61	30.26	30.66	29.15	28.63	27.55	27.21	27.45	27.74	29.91	30.42	28.99
Rata-rata		29.21	29.53	30.06	30.15	29.77	28.66	28.22	27.94	28.41	28.87	30.09	30.30	

Lampiran 2 Suhu Permukaan Laut Wilayah 2

Tahun	Bulan	Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober	Nopember	Desember	Rata Rata
	2005	29.8	30.37	30.58	30.22	28.52	28.46	27.94	26.5	27.08	27.86	29.16	29.32	28.82
	2006	29.6	30.04	29.67	29.7	29.07	27.18	25.5	25.56	25.58	26.87	28.14	29.47	28.03
	2007	29.41	30.77	29.92	29.6	28.75	27.35	26.55	25.71	26.02	27.11	28.75	30.35	28.36
	2008	28.97	28.62	30.16	29.41	28.13	26.61	25.91	25.84	27.02	27.94	29	29.94	28.13
	2009	29.25	29.07	30.5	30.1	29.27	28.68	27.24	26.33	28.03	28.03	29.23	30.07	28.82
	2010	29.98	30.68	31.25	31.05	30.2	29.01	27.78	27.59	28.5	28.96	29.24	30.1	29.53
	2011	28.61	29	29.35	29.17	29.1	27.24	26.13	25.72	25.47	26.52	28.68	28.68	27.81
	2012	28.58	27.21	29.11	27.9	29.3	27.34	26.07	25.83	26.53	27.94	29.53	30.17	27.96
	2013	29.01	30	29.81	29.72	29.64	29.6	28	26.67	26.36	27.33	29.25	29.04	28.70
	2014	29.26	28.49	29.8	29.87	29.61	27.72	26.83	26.4	26.2	27.24	28.94	29.6	28.33
	2015	29.4	30.07	30.16	30.18	28.47	27.16	25.96	25.72	25.69	26.46	28.3	29.73	28.11
Rata-rata		29.26	29.48	30.03	29.72	29.10	27.85	26.72	26.17	26.59	27.48	28.93	29.68	

Lampiran 3 Suhu Permukaan Laut Wilayah 3

Tahun	Bulan	Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober	Nopember	Desember	Rata Rata
	2005	29.72	30.46	30.47	29.9	28.22	27.86	27.31	26.14	26.76	27.77	29.18	29.67	28.62
	2006	29.5	30.15	29.23	29.61	28.57	26.66	25.19	25.28	25.66	27.44	28.64	30.17	28.01
	2007	29.13	30.9	29.87	29.21	28.56	27.01	26.05	25.5	26.11	27.38	28.61	30.49	28.24
	2008	28.9	28.6	30.39	28.3	27.69	26.44	25.67	26.94	28.02	28.01	28.85	29.32	28.09
	2009	29.04	29.06	30.61	29.74	28.65	28.19	26.9	26.12	28.18	28.18	29.4	30.1	28.68
	2010	29.67	30.04	31.26	31.12	30.02	28.4	29.27	26.99	27.96	28.6	29.1	30.55	29.42
	2011	28.78	29.21	29.66	28.43	28.68	26.81	25.9	25.57	25.38	26.62	28.82	27.8	27.64
	2012	28.71	27.49	28.5	28.58	28.13	26.98	25.61	25.54	26.28	27.63	29.73	30.39	27.80
	2013	28.59	30	29.54	29.46	30.11	29.32	27.41	26.44	26.2	27.48	29.43	29.67	28.64
	2014	29.26	28.99	29.55	29.87	29.27	27.2	26.83	26.1	26.4	27.6	29.29	29.8	28.35
	2015	29.25	30.3	30.21	29.9	27.1	25.88	25.57	26.12	27.07	29.41	30.17	30.2	28.43
Rata-rata		29.14	29.56	29.94	29.47	28.64	27.34	26.52	26.07	26.73	27.83	29.20	29.83	

Lampiran 4 Contoh Perekaman Data Arus Oleh OSCAR

Cruise	Station	Type	mon/day/yr	Longitude [degrees	Latitude	Ocean Surface Zonal Currents Ma	Ocean Surface Meridional C
oscar_vel:	1 B		01/01/2006	112	-5	-0.1237484	0.285544
oscar_vel:	2 B		01/01/2006	112.33334	-5	-0.1747364	0.2261923
oscar_vel:	3 B		01/01/2006	112.66666	-5	-0.1321961	0.1006714
oscar_vel:	4 B		01/01/2006	113	-5	-0.0578917	0.0308647
oscar_vel:	5 B		01/01/2006	113.33334	-5	-0.0285517	0.076681
oscar_vel:	6 B		01/01/2006	113.66666	-5	-0.0419159	0.199465
oscar_vel:	7 B		01/01/2006	114	-5	-0.0222448	0.3526334
oscar_vel:	8 B		01/01/2006	114.33334	-5	0.0202618	0.3827208
oscar_vel:	9 B		01/01/2006	114.66666	-5	0.0903267	0.1966083
oscar_vel:	10 B		01/01/2006	115	-5	0.3107819	0.0091308
oscar_vel:	11 B		01/01/2006	115.33334	-5	0.5463203	0.0507945
oscar_vel:	12 B		01/01/2006	115.66666	-5	0.5517468	0.2974812
oscar_vel:	13 B		01/01/2006	116	-5	0.4398061	0.5786516
oscar_vel:	14 B		01/01/2006	116.33334	-5	0.2874607	0.7448668
oscar_vel:	15 B		01/01/2006	116.66666	-5	0.1158151	0.7742832
oscar_vel:	16 B		01/01/2006	117	-5	0.002665	0.7246742
oscar_vel:	17 B		01/01/2006	117.33334	-5	-0.0280142	0.6757909
oscar_vel:	18 B		01/01/2006	117.66666	-5	-0.0253835	0.6421821
oscar_vel:	19 B		01/01/2006	118	-5	-0.0074376	0.5367362
oscar_vel:	20 B		01/01/2006	118.33334	-5	0.0253898	0.331925
oscar_vel:	21 B		01/01/2006	118.66666	-5	0.0785789	0.1206185
oscar_vel:	22 B		01/01/2006	119	-5	0.0740762	0.0319274
oscar_vel:	23 B		01/01/2006	119.33334	-5	0.0546754	0.2730379

Lampiran 5 Contoh Perekaman Data Aqua-Modis

time	altitude	latitude	longitude	sst
UTC	m	degrees_north	degrees_east	degree_C
2005-08-16T12:00:00Z	0	-10	113	25.797691
2005-08-16T12:00:00Z	0	-10	113.0125	25.811537
2005-08-16T12:00:00Z	0	-10	113.025	25.833845
2005-08-16T12:00:00Z	0	-10	113.0375	25.928331
2005-08-16T12:00:00Z	0	-10	113.05	25.973635
2005-08-16T12:00:00Z	0	-10	113.0625	25.927727
2005-08-16T12:00:00Z	0	-10	113.075	25.959167
2005-08-16T12:00:00Z	0	-10	113.0875	25.949583
2005-08-16T12:00:00Z	0	-10	113.1	25.9475
2005-08-16T12:00:00Z	0	-10	113.1125	25.939093
2005-08-16T12:00:00Z	0	-10	113.125	25.93625
2005-08-16T12:00:00Z	0	-10	113.1375	25.83333
2005-08-16T12:00:00Z	0	-10	113.15	25.988571
2005-08-16T12:00:00Z	0	-10	113.1625	25.963
2005-08-16T12:00:00Z	0	-10	113.175	26.048666
2005-08-16T12:00:00Z	0	-10	113.1875	26.015331
2005-08-16T12:00:00Z	0	-10	113.2	26.017
2005-08-16T12:00:00Z	0	-10	113.2125	26.03
2005-08-16T12:00:00Z	0	-10	113.225	25.956331
2005-08-16T12:00:00Z	0	-10	113.2375	25.91067
2005-08-16T12:00:00Z	0	-10	113.25	25.949286
2005-08-16T12:00:00Z	0	-10	113.2625	26.011429
2005-08-16T12:00:00Z	0	-10	113.275	26.088213
2005-08-16T12:00:00Z	0	-10	113.2875	26.033926
2005-08-16T12:00:00Z	0	-10	113.3	25.990667
2005-08-16T12:00:00Z	0	-10	113.3125	26.019999
2005-08-16T12:00:00Z	0	-10	113.325	25.964617
2005-08-16T12:00:00Z	0	-10	113.3375	25.93769
2005-08-16T12:00:00Z	0	-10	113.35	25.944647
2005-08-16T12:00:00Z	0	-10	113.3625	25.890383
2005-08-16T12:00:00Z	0	-10	113.375	25.872858
2005-08-16T12:00:00Z	0	-10	113.3875	25.928078
2005-08-16T12:00:00Z	0	-10	113.4	25.822916
2005-08-16T12:00:00Z	0	-10	113.4125	25.93286
2005-08-16T12:00:00Z	0	-10	113.425	25.865358
2005-08-16T12:00:00Z	0	-10	113.4375	25.93286
2005-08-16T12:00:00Z	0	-10	113.45	25.97
2005-08-16T12:00:00Z	0	-10	113.4625	25.925665
2005-08-16T12:00:00Z	0	-10	113.475	25.952145

