

**STUDI KENAIKAN MUKA AIR, SUHU PERMUKAAN LAUT, DAN KAITANNYA
DENGAN VARIASI IKLIM: STUDI KASUS PERAIRAN PRIGI, TRENGGALEK,
JAWA TIMUR**

SKRIPSI

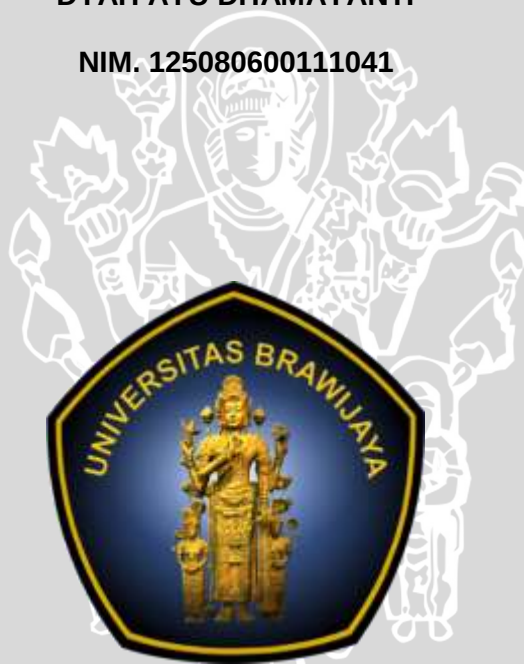
PROGRAM STUDI ILMU KELAUTAN

JURUSAN PEMANFAATAN SUMBERDAYA PERIKANAN DAN KELAUTAN

Oleh:

DYAH AYU DHAMAYANTI

NIM. 125080600111041



FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

MALANG

2016

**STUDI KENAIKAN MUKA AIR, SUHU PERMUKAAN LAUT, DAN KAITANNYA
DENGAN VARIASI IKLIM: STUDI KASUS PERAIRAN PRIGI, TRENGGALEK,
JAWA TIMUR**

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

Malang

Oleh:

DYAH AYU DHAMAYANTI

NIM. 125080600111041



FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

MALANG

2016

LEMBAR PENGESAHAN

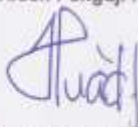
LEMBAR PENGESAHAN

STUDI KENAIKAN MUKA AIR, SUHU PERMUKAAN LAUT, DAN KAITANNYA
DENGAN VARIASI IKLIM: STUDI KASUS PERAIRAN PRIGI, TRENGGALEK,
JAWA TIMUR

Oleh:
DYAH AYU DHAMAYANTI
NIM. 125080600111041

Telah dipertahankan di depan penguji pada tanggal 23 November 2016 dan
dinyatakan telah memenuhi syarat

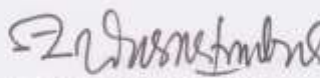
Dosen Penguji I



M. Arif Zainul Fuad, S.Kel., M.Sc
NIP. 19801005 200501 1 002

Tanggal: 21 DEC 2016

Menyetujui,
Dosen Pembimbing I



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

Tanggal: 21 DEC 2016

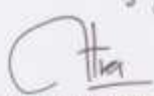
Dosen Penguji II



Andik Isdianto, ST., MT
NIK. 2013098209281001

Tanggal: 12 1 DEC 2016

Dosen Pembimbing II



Citra Satrya Utama Dewi, S.PI, M.Si
NIK. 2013048401272001

Tanggal: 21 DEC 2016



Dr. Ir. Daduk Setyohadi, MP
NIP. 19630608 198703 1 003

Tanggal: 21 DEC 2016

PERNYATAAN ORSINALITAS

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam tulisan pembuatan laporan penelitian ini merupakan hasil karya saya sendiri. Sepanjang pengetahuan saya tidak pernah terdapat tulisan, pendapat atau bentuk lain yang telah diterbitkan oleh orang lain kecuali tertulis dalam laporan ini di daftar pustaka.

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

Malang, November 2016

Penulis

Dyah Ayu Dhamayanti



UCAPAN TERIMA KASIH

Berkaitan dengan terselesaikannya laporan penelitian skripsi ini, tidak lupa penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ibu Ir. Aida Sartimbul, M.Sc, Ph.D, selaku dosen pembimbing pertama dan Ibu Citra Satrya Utama Dewi, S.Pi., M.Si yang selalu memberikan arahan dan bimbingan dalam penyusunan laporan.
2. Orang tua beserta keluarga yang selalu mendukung, memberi semangat, motivasi dan doa restu pada saat pelaksanaan penelitian hingga penulisan laporan.
3. Mayang S., Ardi J., Zaenal A. S., & Rainey W. yang telah membantu penulis pada saat pengambilan data lapang dan pengolahan data penelitian. Teman-teman Puri Bunga 86 dan Remen Legit yang senantiasa memberi suport, motivasi dan bantuan dalam penyusunan laporan ini .
4. Teman-teman Ilmu Kelautan angkatan 2012, atas bantuan dan sarannya.
5. Semua pihak yang telah banyak membantu penulis selama pembuatan laporan ini.

Penulis

RINGKASAN

Dyah Ayu Dhamayanti. Studi Kenaikan Muka Air, Suhu Permukaan Laut, dan Kaitannya dengan Variasi Iklim: Studi Kasus Perairan Prigi, Trenggalek, Jawa Timur di bawah bimbingan **Ir. Aida Sartimbul, M.Sc.,Ph.D.** dan **Citra Satrya Utama Dewi. S.Pi, M.Si**

Perubahan iklim sebagai implikasi dari pemanasan global telah mengakibatkan berbagai dampak di muka bumi, salah satunya adalah kenaikan muka air laut. Kenaikan muka air laut dianggap sebagai dampak yang ditimbulkan oleh meningkatnya suhu permukaan laut karena peningkatan suhu global. Peningkatan tinggi muka air laut dalam waktu yang cukup lama akan menimbulkan terjadinya genangan yang akan mengancam wilayah pesisir. Perlu dilakukan pemantauan kedudukan tinggi muka air laut guna meminimalisir dampak yang terjadi khususnya di wilayah pesisir yang memiliki pemanfaatan lahan dan potensi alam yang cukup besar untuk dikembangkan.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui hubungan kenaikan muka air dan suhu permukaan laut terkait variasi iklim, mengetahui nilai tren kenaikan muka air laut dan memprediksi kenaikannya pada waktu mendatang, serta menentukan potensi genangan yang terjadi akibat kenaikan muka air laut di wilayah pesisir Teluk Prigi.

Data yang digunakan adalah data satelit altimetri *Topex/Poseidon*, *Jason1* dan *Jason2* untuk memantau dan memprediksi kenaikan muka air laut, data suhu permukaan laut untuk melihat hubungannya dengan kenaikan muka air laut terkait perubahan iklim, data pasang surut sebagai pembanding antara data *insitu* (pasut) dan *exsitu* (altimetri), data Niño 3.4 & DMI sebagai indeks fenomena iklim dan data ASTER GDEM untuk mengetahui elevasi daerah kajian sehingga dapat terlihat dampak genangan yang terjadi akibat kenaikan muka air laut. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa kenaikan muka air laut berkorelasi positif dengan suhu permukaan air laut dengan nilai R^2 0.0605 dan terbentuk pola grafik yang sama antara kedua data tersebut. Kenaikan muka air laut juga memiliki korelasi dengan variasi iklim (ENSO & IOD) meskipun bernilai negatif. Kenaikan muka air laut Teluk Prigi memiliki nilai 8,70 mm/tahun. Berdasarkan pola grafik altimetri dan grafik pasang surut terdapat adanya korelasi antara data altimetri dan pasang surut, dimana terbentuk pola grafik yang sama. Simulasi laju kenaikan paras laut pada 5, 10, 15 dan 25 tahun mendatang masing-masing sebesar 43,5 mm, 130,5 mm, 217,5 mm dan 304,50 mm.

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT, karena atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Studi Kenaikan Muka Air, Suhu Permukaan Laut, dan Kaitannya dengan Variasi Iklim: Studi Kasus Perairan Prigi, Trenggalek, Jawa Timur” ini sesuai harapan. Penulisan skripsi ini merupakan salah satu syarat untuk menyelesaikan studi pada Program Studi Ilmu Kelautan, Jurusan Pemanfaatan Sumberdaya Perikanan dan Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Brawijaya, Malang.

Skripsi ini terbagi dalam 5 Bab, dimana Bab 1 membahas tentang latar belakang pemilihan topik pengelolaan muka air laut di wilayah Teluk Prigi. Bab 2 berisi tentang tinjauan pustaka yang mendukung topik penelitian. Bab 3 berisi tentang metode yang digunakan dalam penelitian baik penjelasan mengenai lokasi, waktu pelaksanaan serta prosedur yang digunakan dalam penelitian. Bab 4 berisi hasil penelitian dan pembahasannya dan yang terakhir Bab 5 yang merupakan penutup, berisi kesimpulan dari keseluruhan penelitian dan saran penulis terhadap penelitian.

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

DAFTAR ISI

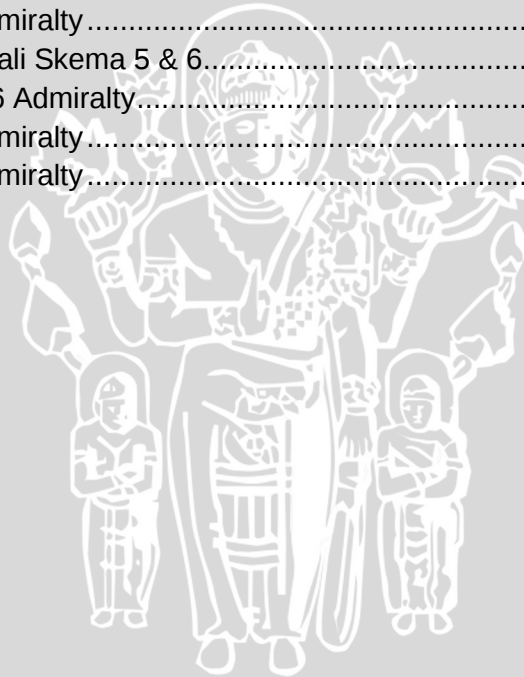
LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN ORSINALITAS	iii
UCAPAN TERIMA KASIH.....	iv
RINGKASAN	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
1. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat	4
2. TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Wilayah Pesisir	5
2.2 Perubahan Iklim.....	6
2.2.1 <i>Indian Ocean Dipole</i> (IOD)	7
2.2.2 <i>El Nino Southern Oscillation</i> (ENSO).....	8
2.3 Kenaikan Muka Air Laut.....	9
2.4 Suhu Permukaan Laut.....	11
2.5 Hubungan Kenaikan Muka Air dan Suhu Permukaan Laut	12
2.6 Pasang Surut.....	13
2.7 Sistem Informasi Geografis	15
2.7.1 ASTER GDEM.....	15
2.8 Satelit Altimetri	17
3. METODE PENELITIAN.....	18
3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian	18
3.2 Alat dan Bahan.....	19
3.2.1 Alat.....	19
3.2.2 Bahan.....	19
3.3 Tahapan dan Alur Penelitian	19
3.4 Metode Penelitian.....	23
3.4.1 Kenaikan Muka Air Laut.....	23
3.4.2 Pasang Surut.....	24
3.4.3 Suhu Permukaan Laut.....	27
3.4.4 Elevasi.....	29
3.4.5 Survei Lapang (<i>Ground Check</i>)	29
3.5 Analisis Data	31
4. HASIL DAN PEMBAHASAN	33
4.1 Hasil	33
4.1.1 Kondisi Wilayah Kajian	33

4.1.2	Validasi Suhu Permukaan Laut Satelit dan Data Insitu	35
4.1.3	Tren dan Anomali Suhu Permukaan Laut Perairan Teluk Prigi	37
4.1.4	Tren <i>Sea Level Anomaly</i> Perairan Teluk Prigi	39
4.1.5	Hubungan <i>Sea Level Anomaly</i> Laut dan Anomali Suhu Permukaan Laut	40
4.1.6	<i>Dipole Mode Index</i> (DMI) dan Nino 3.4	41
4.1.7	Pasang Surut	42
4.1.8	Prediksi Kenaikan Muka Air Laut	43
4.2	Pembahasan	44
4.2.1	Tren Suhu Permukaan Laut Teluk Prigi	44
4.2.2	Tren Kenaikan Muka Air Laut Teluk Prigi	46
4.2.3	Hubungan <i>Sea Level Anomaly</i> dan Anomali Suhu Permukaan Laut.	49
4.2.4	Hubungan <i>Sea Level Anomaly</i> dengan Variasi Iklim (IOD dan ENSO)	50
4.2.5	Hubungan Pasang Surut dan <i>Sea Level Anomaly</i>	52
4.2.5	Prediksi Kenaikan Muka Air Laut	54
4.2.6	Potensi Genangan Pesisir Prigi	54
5.	PENUTUP	57
5.1	Kesimpulan	57
5.2	Saran	57
	DAFTAR PUSTAKA	59
	LAMPIRAN	64



DAFTAR TABEL

Tabel 1. Komponen Harmonik Pasang Surut.....	14
Tabel 2. Karakteristik Data ASTER GDEM	16
Tabel 3. Tabel Alat yang Digunakan	19
Tabel 4. Tabel Data Sekunder	20
Tabel 5. Tipe Pasang Surut Berdasarkan Bilangan <i>Formzahl</i>	26
Tabel 6. Koordinat Letak Titik Pengamatan Survei Lapang.....	30
Tabel 7. Nilai Elevasi Lahan berdasarkan ASTER GDEM dan <i>Ground Check</i> ...	34
Tabel 8. Prediksi Kenaikan Muka Air Laut	43
Tabel 9. Kolom Skema 1 Admiralty.....	64
Tabel 10. Tabel Bilangan Pengali Admiralty.....	65
Tabel 11. Hasil Perkalian Skema 2 Admiralty	65
Tabel 12. Skema 3 Admiralty	66
Tabel 13. Tabel Pengali Skema 4.....	67
Tabel 14. Skema 4 Admiralty	67
Tabel 15. Faktor Pengali Skema 5 & 6.....	68
Tabel 16. Skema 5 & 6 Admiralty.....	68
Tabel 17. Skema 7 Admiralty	69
Tabel 18. Skema 8 Admiralty.....	69

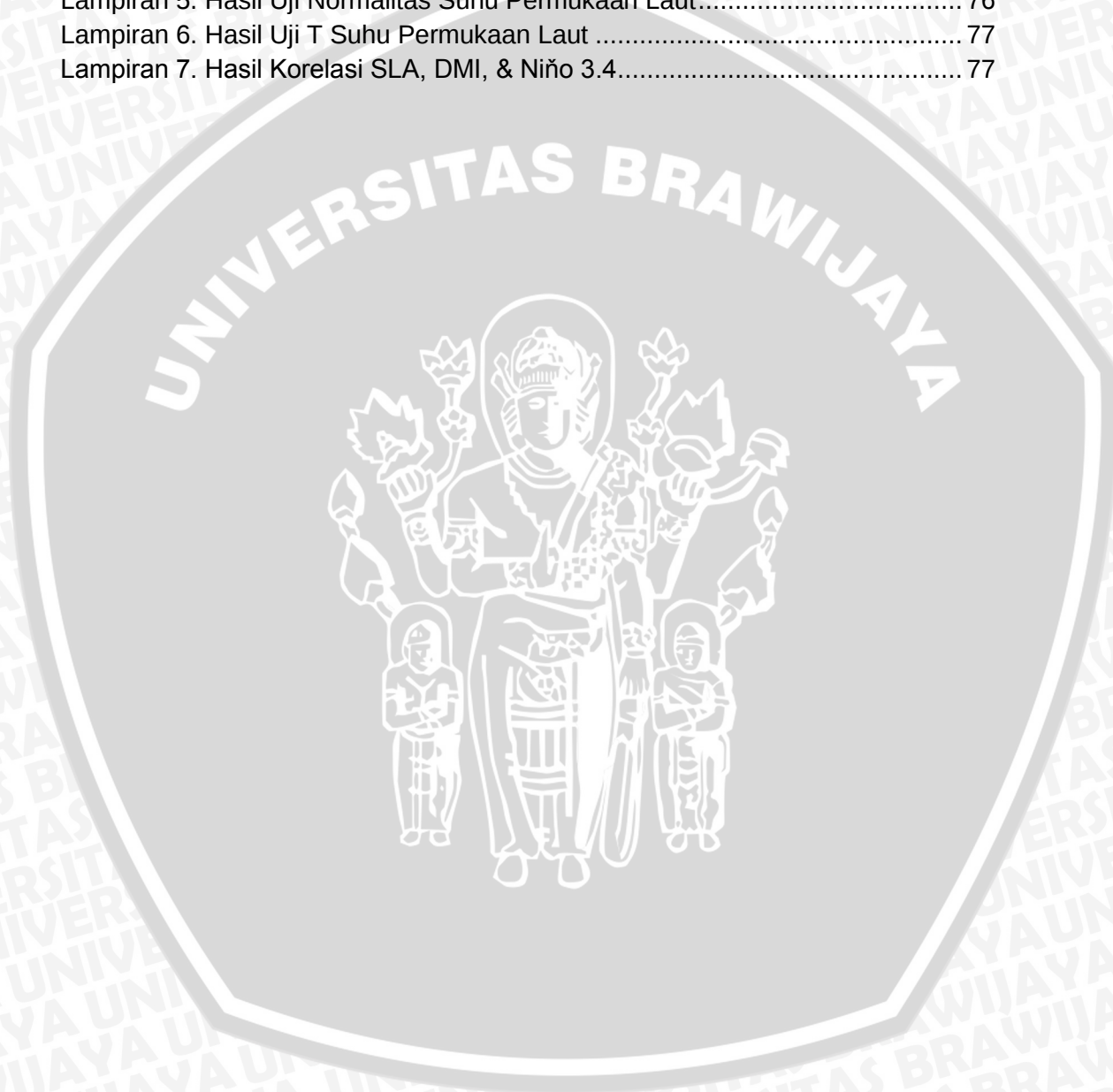


DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Trend Kenaikan Muka Laut Global (1993-2015).....	10
Gambar 2. Grafik Tren Suhu Permukaan Laut (1960-2010).....	12
Gambar 3. Peta Lokasi Penelitian Teluk Prigi, Trenggalek	18
Gambar 4. Diagram Alur penelitian.....	22
Gambar 5. Alur Pengolahan Data Kenaikan Muka Air Laut.....	24
Gambar 6. Diagram Alir Pengolahan Pasang Surut dengan Metode Admiralty ..	25
Gambar 7. Alur Pengolahan Data Suhu Permukaan Laut.....	29
Gambar 8. Letak Titik Pengamatan	31
Gambar 9. Elevasi Lahan Prigi Berdasar ASTER GDEM.....	34
Gambar 10. Hubungan Data SPL Satelit dan Pengukuran Insitu	37
Gambar 11. Tren SPL Teluk Prigi 2003 – 2015	38
Gambar 12. Tren Anomali SPL Teluk Prigi 2003-2015	39
Gambar 13. Trend SLA Teluk Prigi (2003-2015).....	40
Gambar 14. Grafik Hubungan SLA dan Anomali SPL	40
Gambar 15. Grafik DMI 2003-2015.....	41
Gambar 16. Indeks Nino 3.4 2003-2015	42
Gambar 17. Waktu Terjadinya ENSO 1950-2015	44
Gambar 18. Variasi Musiman Suhu Permukaan Laut Teluk Prigi.....	45
Gambar 19. Variasi Musiman <i>Sea Level Anomaly</i> Teluk Prigi.....	48
Gambar 20. Grafik <i>Sea Level Anomaly</i> dan Anomali Suhu Permukaan Laut	49
Gambar 21. Grafik Hubungan SLA dan Variasi Iklim	52
Gambar 22. Grafik Pasang Surut dan Anomali Muka Air Laut.....	53
Gambar 23. Prediksi Potensi Genangan Pesisir Prigi	55
Gambar 24. Prediksi Potensi Genangan Kenaikan 10 m	56

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Skema Admiralty	64
Lampiran 2. Tabel Hasil Perhitungan Komponen Harmonik Pasang Surut Prigi	69
Lampiran 3. Hasil Survei Lapang Teluk Prigi	71
Lampiran 4. Tabel Validasi Suhu WT dengan Aqua MODIS	74
Lampiran 5. Hasil Uji Normalitas Suhu Permukaan Laut.....	76
Lampiran 6. Hasil Uji T Suhu Permukaan Laut	77
Lampiran 7. Hasil Korelasi SLA, DMI, & Niño 3.4.....	77



1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kondisi geografis Indonesia sebagai negara kepulauan dengan duapertiga bagian wilayahnya adalah perairan, menjadikan Indonesia memiliki garis pantai terpanjang di dunia. Hal tersebut menjadikan beberapa wilayah di Indonesia merupakan wilayah pesisir. Wilayah pesisir bersifat sangat dinamis dan rentan terhadap perubahan lingkungan baik karena proses alami maupun aktivitas manusia (Tarigan, 2007).

Terdapat banyak permasalahan yang mengancam wilayah pesisir, mulai dari abrasi pantai, sedimentasi, pendangkalan, penurunan tanah, intrusi, serta pencemaran lingkungan dari wilayah industri. Selain permasalahan-permasalahan di atas, wilayah pesisir juga sangat rentan terhadap dampak dari perubahan iklim global yang saat ini menjadi isu hangat (Hakim, 2013).

Perubahan iklim memberikan pengaruh terhadap wilayah pesisir dan pulau-pulau kecil, berupa 1) Kenaikan muka air laut; 2) Perubahan suhu permukaan air laut; 3) Perubahan keasaman air laut; dan 4) Peningkatan frekuensi dan intensitas terjadinya iklim ekstrim (Putuneha, 2011). Disebutkan juga oleh Hakim (2013), perubahan iklim dapat memberikan dampak terhadap lingkungan pesisir seperti kenaikan muka laut (*Sea Level Rise*) dan variabilitas musiman (El-Niño, gelombang badai, dan kejadian ekstrim laut lainnya).

Suhu udara rata-rata permukaan bumi meningkat sekitar $0,74^{\circ}\text{C}$ dalam 100 tahun terakhir. Peningkatan suhu global tersebut yang akan berpengaruh pada pencairan es di kutub Utara dan Selatan dan peningkatan suhu permukaan laut. Tren kenaikan suhu permukaan laut Indonesia berkisar $0,80 - 1,50^{\circ}\text{C}/100$ tahun (IPCC, 2007). Suhu perairan merupakan parameter fisik yang paling mudah untuk mendeteksi adanya perubahan iklim (Sartimbul *et al.*, 2015).

Disebutkan juga dalam Marpaung dan Harsanugraha (2014), suhu permukaan laut merupakan salah satu indikator fenomena iklim (*La Niña*, *El Niño* dan *Dipole Mode*).

Kenaikan suhu permukaan laut akan mengakibatkan terjadinya pemuatan air laut. Pemuatan air laut dan mencairnya es abadi akan menyebabkan naiknya paras laut. Selain itu, meningkatnya suhu air secara tidak langsung akan menambah volume air laut melalui proses pemuatan. IPCC (2001) memprediksikan bahwa kenaikan rata-rata paras laut akan meningkat antara 9 hingga 88 cm pada tahun 1990 - 2100, sejalan dengan peningkatan suhu bumi dengan kisaran antara 1,40 - 5,80°C. Keadaan muka air laut menjadi lebih mengawatirkan seperti pada IPCC (2007) yang disebutkan bahwa kenaikan permukaan laut secara global dari tahun 1993 hingga 2003 menunjukkan laju yang cepat sekitar 3,10 mm/ tahun.

Penelitian yang mengkaji tentang *sea level rise* telah banyak dilakukan di beberapa daerah di Indonesia. Di wilayah Makasar kenaikan muka air laut bernilai 0,80 - 1,00 cm/ tahun untuk tahun 2000 - 2010 (Hidayat, 2012) dan di Semarang mencapai 2,65 mm/tahun untuk 20 tahun terakhir sejak 2006 (Hakim, 2013). Penelitian mengenai kenaikan muka air laut juga telah dilakukan sebelumnya di Selatan Yogyakarta untuk periode 1993 - 2011 adalah 4,62 mm/tahun (Hastuti, 2012), dan untuk wilayah Utara dan Selatan Pulau Jawa untuk periode 2000 hingga 2010 sebesar 2,46 dan 0,97 mm/tahun (Wuritamo, 2011).

Teluk Prigi yang terletak di wilayah Selatan Pulau Jawa diduga memiliki karakteristik parameter fisika laut yang hampir sama dengan wilayah kajian sebelumnya di Selatan Jawa. Letak wilayah Prigi yang behadapan langsung dengan Laut Jawa bagian Selatan dan letaknya yang berada di teluk

memungkinkan wilayah ini mendapat pengaruh laut dan juga memiliki resiko terkena dampak terhadap semua gejala alam yang berasal dari laut, termasuk kenaikan muka air laut.

Prigi mempunyai potensi sumberdaya alam yang bisa dikembangkan mulai dari perikanan tangkap, tambak, dan pariwisata. Wilayah pesisir Prigi juga memiliki pemanfaatan wilayah yang kompleks. Belum adanya penelitian mengenai keanaikan muka air di Teluk Prigi dan mengingat pemanfaatan serta potensi wilayah yang besar, maka diperlukan suatu studi mengenai kenaikan muka air laut di wilayah Teluk Prigi.

1.2 Rumusan Masalah

Perubahan iklim dunia akibat dari pemanasan global menyebabkan terjadinya peningkatan pada suhu permukaan laut yang kemudian akan mempengaruhi peningkatan muka laut (*sea level rise*). Kenaikan muka laut ini akan berdampak pada keberadaan daerah pesisir dan pulau-pulau kecil. Secara global, permukaan laut telah diprediksi mengalami peningkatan dan sampai saat ini telah menunjukkan peningkatan yang cepat. Penelitian mengenai kenaikan muka air laut di Indonesia mulai banyak dikaji, namun penelitian yang mengkaji hal tersebut di wilayah Teluk Prigi belum pernah dilakukan.

Prigi mempunyai potensi sumberdaya alam yang bisa dikembangkan mulai dari perikanan tangkap, tambak, dan pariwisata. Wilayah pesisir Prigi juga memiliki pemanfaatan wilayah yang kompleks. Belum adanya penelitian mengenai keanaikan muka air di Teluk Prigi dan mengingat pemanfaatan dan potensi wilayah yang besar, maka diperlukan suatu studi mengenai kenaikan muka air laut di wilayah Teluk Prigi.

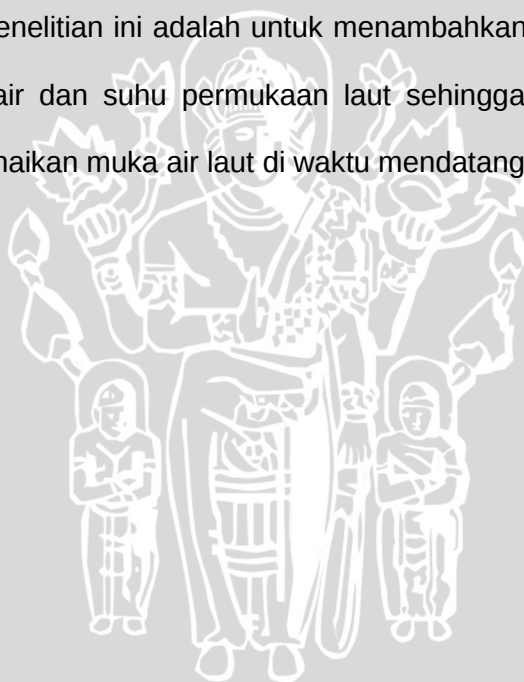
1.3 Tujuan

Tujuan dari penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui tren kenaikan muka air dan suhu permukaan laut dan memprediksi kenaikannya pada waktu mendatang di perairan Teluk Prigi.
2. Mengetahui hubungan kenaikan muka air laut dengan suhu permukaan laut, serta kaitannya dengan variasi iklim.
3. Menentukan potensi dampak genangan akibat kenaikan muka air laut di perairan Teluk Prigi.

1.4 Manfaat

Manfaat dari penelitian ini adalah untuk menambahkan informasi tentang tren kenaikan muka air dan suhu permukaan laut sehingga dapat digunakan untuk memprediksi kenaikan muka air laut di waktu mendatang.



2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Wilayah Pesisir

Wilayah pesisir diartikan sebagai wilayah yang merupakan perbatasan antara daratan dan laut. Di dalam batas tersebut terdapat daerah-daerah yang tergenang air maupun yang tidak tergenang. Wilayah daratannya masih dipengaruhi oleh proses-proses laut, seperti pasang surut dan intrusi air laut, sedangkan wilayah laut masih dipengaruhi oleh proses – proses alami di daratan seperti sedimentasi dan *run off* (Alansar, 2014).

Pertemuan wilayah daratan dengan karakteristik daratannya dan wilayah lautan dengan karakteristik lautnya akan membawa dampak yang cukup signifikan terhadap pembentukan karakteristik wilayahnya sendiri dengan ciri khusus. Karakteristik tersebut tidak hanya berlaku pada karakteristik sumberdaya alamnya saja, melainkan juga berdampak terhadap karakteristik sumberdaya manusia serta kelembagaan sosial yang berada di sekitarnya (Wahyudin, 2011).

Wilayah pesisir merupakan ekosistem yang dinamis dan mempunyai potensi alam yang besar, namun juga merupakan ekosistem yang paling rentan terhadap gangguan baik dari darat maupun laut. Pelestarian wilayah yang sangat rentan terhadap ancaman kerusakan memerlukan upaya pengelolaan yang terpadu. Keterpaduan dalam pengelolaan wilayah pesisir adalah suatu pilihan yang tepat demi dapat menjawab permasalahan di wilayah pesisir untuk dapat mencapai pemanfaatan sumberdaya secara optimal yang mengarah pada peningkatan upaya pelestarian lingkungan secara berkelanjutan (Djau, 2012).

2.2 Perubahan Iklim

Cuaca dan iklim merupakan dua hal yang sering disamakan, dimana keduanya sama-sama menggunakan pengamatan terhadap suhu, tekanan, sinar matahari, awan, hujan, dan salju. Namun, cuaca dan iklim merupakan dua hal yang berbeda. Perbedaan utama yang mendasari keduanya terletak pada skala waktu. Cuaca umumnya gambaran atmosfer pada satu waktu atau selama beberapa hari, sedangkan iklim umumnya mengacu pada kondisi yang mencakup bulan, tahun, dan bahkan puluhan tahun. Singkatnya, cuaca merupakan perubahan jangka pendek dan skala kecil di atmosfer sedangkan iklim menggambarkan distribusi cuaca selama waktu yang lebih lama (USDA & NIFA, 2013).

Perubahan iklim adalah pergeseran jangka panjang statistik cuaca (termasuk rata-rata nya). Iklim global saat ini telah berubah, pada dekade terakhir abad ke-20 hingga awal abad ke-21 merupakan periode terpanas dari seluruh catatan suhu global yang dimulai pada pertengahan abad ke-19. Perubahan iklim adalah variabilitas normal bumi yang terjadi secara alami, yang terkait dengan interaksi antara atmosfer, laut, dan tanah, serta perubahan intensitas radiasi matahari yang mencapai bumi (NOAA, 2007).

Perubahan iklim merupakan implikasi dari pemanasan global yang mengakibatkan terjadinya ketidakstabilan atmosfer di lapisan bawah terutama yang dekat dengan permukaan bumi. Pemanasan global ini disebabkan oleh meningkatnya gas-gas rumah kaca yang dominan ditimbulkan oleh industri-industri (Susandi, 2008). Sejak Revolusi Industri yang dimulai pada tahun 1700-an, manusia telah menambahkan jumlah gas rumah kaca ke atmosfer secara signifikan. Gas rumah kaca yang telah ditambahkan ke atmosfer utamanya adalah karbon dioksida, metana, dinitrogen oksida, dan gas fluoro. Ketika gas-

gas ini dipancarkan ke atmosfer, gas-gas tersebut bertahan untuk periode waktu yang lama, ratusan hingga ribuan tahun. Emisi yang tercipta di masa lalu mempengaruhi atmosfer kita pada hari ini, emisi saat ini dan masa depan akan terus meningkatkan kadar gas-gas ini di atmosfer kita di masa mendatang (U.S EPA, 2014).

Perubahan iklim (*climate change*) merupakan salah satu fenomena alam dimana terjadi perubahan nilai unsur-unsur iklim yang terjadi baik secara alamiah maupun yang dipercepat akibat aktifitas manusia di muka bumi ini. Perubahan iklim bukan lagi menjadi perdebatan tentang keberadaannya tetapi sudah menjadi permasalahan bersama antar komunitas, antar instansi, antar negara bahkan global untuk mendapat penanganan serius karena begitu banyak aspek kehidupan yang terkena dampaknya (Nurdin, 2012).

2.2.1 Indian Ocean Dipole (IOD)

Indian Ocean Dipole merupakan gejala penyimpangan iklim yang dihasilkan oleh interaksi laut dan atmosfer di Samudera Hindia di sekitar khatulistiwa. Interaksi tersebut menghasilkan tekanan tinggi di Samudera Hindia bagian Timur (bagian Selatan Jawa dan Barat Sumatera) yang menimbulkan aliran massa air udara yang berhembus ke Barat. Hembusan angin tersebut yang akan mendorong massa air di depannya dan mengangkat massa air dari bawah ke permukaan (Kailaku, 2009).

Fenomena IOD ditunjukkan dengan adanya anomali suhu permukaan laut yang bernilai negatif atau lebih dingin dari normalnya di pantai Sumatera atau Samudera Hindia bagian Timur dan anomali positif di Samudera Hindia bagian Barat (Dipo dkk, 2001). Perbedaan nilai anomali suhu permukaan laut tersebut direpresentasikan sebagai satu indeks yang diberi nama *Dipole Mode Index* (DMI). DMI bernilai positif umumnya disebut sebagai periode IOD positif dan

sebaliknya ketika DMI bernilai negatif disebut periode IOD negatif (Kailaku, 2009).

Pada saat IOD positif, anomali suhu permukaan laut di Samudera Hindia tropis bagian Barat lebih besar daripada bagian Timurnya sehingga terjadi peningkatan curah hujan dari normalnya di pantai Timur Afrika dan Samudera Hindia bagian Barat. Di Indonesia terjadi penurunan curah hujan dari normalnya yang menyebabkan kekeringan. Fase yang berlawanan dengan kondisi ini dikenal sebagai IOD negatif (Ashok *et al.*, 2001).

2.2.2 *El Niño Southern Oscillation (ENSO)*

El Niño Southern Oscillation (ENSO) merupakan fenomena interaksi atmosfer dengan laut di wilayah Samudera Pasifik bagian Timur, yang menyebabkan anomali iklim secara global. ENSO memiliki 2 fase yaitu fase hangat dan fase dingin, fase hangat disebut juga *El Niño* dan fase dingin disebut dengan *La Niña*. Setiap fenomena ENSO mempunyai perbedaan dan karakteristik yang berbeda, fenomena *El Niño* dapat dilihat dari kondisi ketika terjadi anomali suhu permukaan laut di wilayah Niño 3 (5°N - 5°S , 150° - 90°W) melebihi nilai $0,5^{\circ}\text{C}$ atau ketika anomali suhu permukaan laut di wilayah Niño 3.4 (5°N - 5°S , 170 - 120°W) melebihi nilai $0,4^{\circ}\text{C}$, yang mana akan memberikan dampak terhadap negara di sekitar Pasifik (Trenberth 1997 dalam Trenberth 2001).

El Niño membuat suhu muka laut di Pasifik Ekuator Timur menjadi lebih panas dari kondisi normalnya, hal tersebut yang mengakibatkan curah hujan meningkat. Massa udara berkumpul ke wilayah Pasifik Ekuator Timur, termasuk massa udara dari Indonesia sehingga wilayah Indonesia curah hujannya berkurang dan di beberapa wilayah mengalami kekeringan. Saat *La Niña*, suhu permukaan laut di Pasifik Ekuator Timur lebih rendah dari pada kondisi normalnya, sedangkan suhu permukaan laut di wilayah Indonesia menjadi lebih

hangat. Massa udara berkumpul di wilayah Indonesia, termasuk massa udara dari Pasifik Ekuator Timur, hal tersebut menunjang pembentukan awan dan hujan sehingga fenomena *La Niña* sering mengakibatkan curah hujan jauh di atas normal (Fitria dan Maulana, 2013).

2.3 Kenaikan Muka Air Laut

Perubahan permukaan laut merupakan fenomena alam yang terjadi secara periodik atau instan. Variasi periodik dapat terjadi baik per jam, harian, mingguan, bulanan, tahunan atau bahkan lebih dari setahun. Variasi permukaan laut disebabkan oleh kekuatan astronomi dan non astronomi. Gaya astronomi adalah gaya gravitasi oleh ruang hal-hal seperti bulan dan matahari. Kekuatan ini menyebabkan pasang di bumi. Perubahan seketika variasi permukaan laut itu disebabkan oleh kekuatan meteorologi (seperti gaya angin, tekanan atmosfer, suhu udara, curah hujan, kekuatan geologi seperti kekuatan coriolis, gerak vertikal tanah, turunnya permukaan tanah) dan tenaga oceanographical (seperti suhu, salinitas, kepadatan, arus dan gelombang) (Hadikusumah, 1995).

Ketika suhu bumi semakin panas, pola curah hujan berubah drastis, iklim dan cuaca menjadi lebih ekstrim, sehingga sering terjadinya bencana yang dapat berupa kekeringan, badai, dan banjir. Pada suhu bumi yang mencapai titik panas tertentu, bongkahan es di kutub dan salju di puncak gunung dapat mencair dan menimbulkan gejala pemekaran air laut. Permukaan laut menjadi naik dengan menenggelamkan dataran rendah, pesisir pantai dan pulau-pulau kecil (Hadad, 2010).

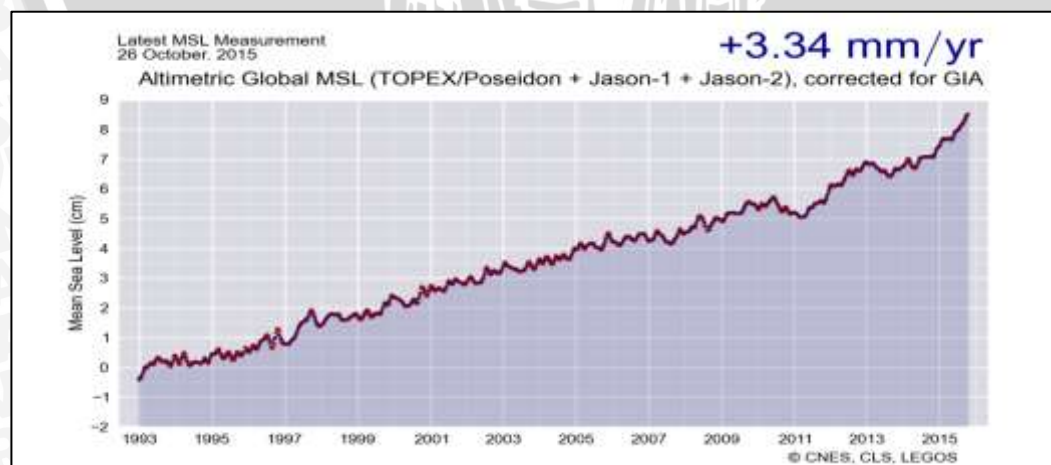
Kenaikan muka air laut sebagai akibat dari perubahan iklim global mulai dirasakan ekstrim sejak abad ke-20. Kondisi muka air laut tersebut dapat dipengaruhi oleh dua faktor, yaitu peningkatan temperatur air laut dan perubahan massa air laut (Isfandiari dan Suroso, 2014). Kenaikan muka air laut merupakan

peningkatan volume air laut yang disebabkan oleh faktor-faktor kompleks yang asal mulanya merupakan rangkaian proses pasang surut air laut. Namun, saat ini meningkatnya paras air laut bukan hanya karena proses pasang surut, tetapi juga merupakan implikasi dari perubahan iklim global.

Kenaikan muka air laut akan berdampak pada keberadaan daerah pesisir dan pulau-pulau kecil di dunia. Menurut data hasil perekaman satelit altimetri Topex/Poseidon (T/P), JASON 1, dan Jason 2 dengan selang perekaman selama 22 tahun terakhir (1993-2015) didapatkan hasil bahwa paras laut global mengalami peningkatan sekitar 3,34 mm/tahun. Grafik *trend* kenaikan muka air laut global berdasarkan satelit altimetri Topex/Poseidon (T/P), JASON 1, dan Jason 2 (1993-2015) tersaji pada Gambar 1. Beberapa penelitian mengenai kenaikan muka air laut di Indonesia dengan menggunakan data dari satelit altimetri Topex/Poseidon (T/P), JASON 1, dan Jason 2 tersaji pada Tabel 1 .

Tabel 1. Penelitian Kenaikan Muka Air Laut dari Data Topex/Poseidon (T/P), JASON 1 & Jason 2

No.	Penulis	Tahun Kajian	Wilayah Kajian	Hasil
1.	Hidayat, 2012	2000-2010	Makasar	0,80-1 cm/tahun
2.	Hakim, 2013	1987-2006	Semarang	2,65 mm/tahun
3.	Hastuti, 2012	1993-2011	Yogyakarta	4,62 mm/tahun
4.	Wuriatmo, 2011	2000-2010	Utara & Selatan Jawa	2,46 & 0,97 mm/tahun



Sumber: Aviso (2016)

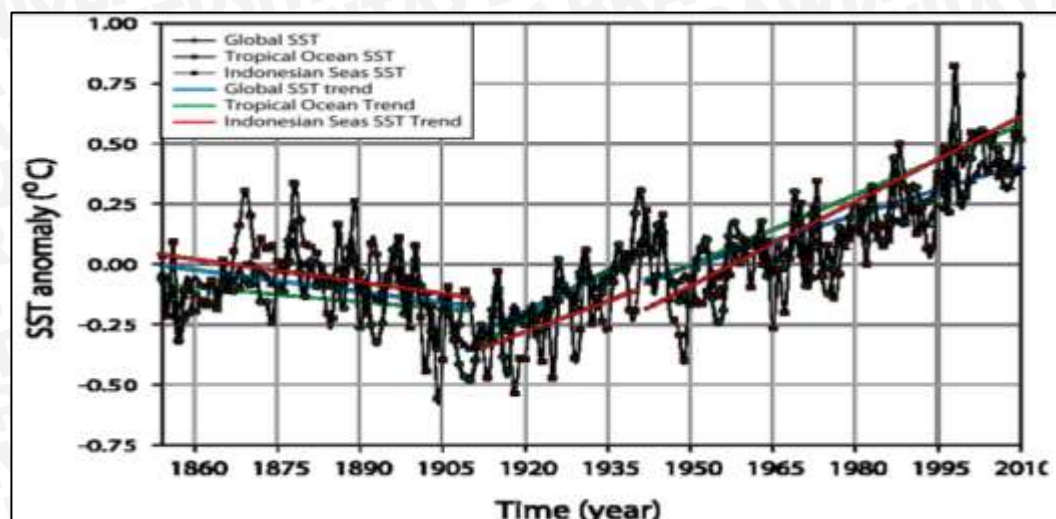
Gambar 1. Trend Kenaikan Muka Laut Global (1993-2015)

2.4 Suhu Permukaan Laut

Suhu permukaan laut (SPL) merupakan salah satu faktor yang penting bagi kehidupan organisme di lautan, karena suhu mempengaruhi baik aktivitas metabolisme maupun perkembangbiakan dari organisme – organisme tersebut. SPL juga digunakan sebagai indikasi penentuan kualitas suatu perairan (Anggrayeni et al., 2011). 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 seperti curah hujan, kecepatan angin, penguapan, suhu udara, kelembaban, dan keadaan awan (Farita, 2006).

Suhu permukaan laut merupakan faktor utama penggerak siklus musim, baik di daerah tropis maupun subtropis. Suhu permukaan laut akan mempengaruhi kondisi atmosfer, cuaca, dan musim. Fenomena El Niño dan La Niña dapat dipelajari melalui suhu permukaan laut. Banyak hal yang terkait dengan aplikasi yang dapat dipengaruhi oleh suhu permukaan laut, diantaranya kesuburan perairan serta bidang perikanan (Sukresno, 2006).

Suhu permukaan laut global menunjukkan tren yang semakin tinggi. Sejak tahun 1905, laju kenaikan suhu permukaan laut rata-rata mencapai 0,70 °C/100 tahun. Di wilayah Indonesia, tren kenaikan suhu permukaan laut berkisar antara 0,80 – 1,50°C/100 tahun. Tren tersebut masih sebanding dengan tren kenaikan temperatur global sebesar $0,78 \pm 0,18^{\circ}\text{C}$ (IPCC, 2007). Grafik tren kenaikan suhu permukaan laut secara global dan di Indonesia Tersaji pada Gambar 2.



Sumber: Kementrian PPN (2013)

Gambar 2. Grafik Tren Suhu Permukaan Laut (1960-2010)

2.5 Hubungan Kenaikan Muka Air dan Suhu Permukaan Laut

Penyebab kenaikan muka air laut (*sea level rise*) terdiri dari 3 faktor yaitu faktor global, faktor regional, dan faktor lokal. Faktor pertama yaitu faktor global dengan penyebab utamanya adalah ekspansi termal dari lapisan permukaan laut dan peristiwa mencairnya glacier. Selain kedua faktor tersebut, kondisi iklim juga berpengaruh terhadap kondisi muka air laut. Faktor kedua adalah faktor regional yang penyebabnya ditimbulkan dari aktivitas tektonik suatu daerah yaitu berupa pergeseran lempeng tektonik. Faktor terakhir yaitu faktor lokal yang berupa proses subsidensi akibat perubahan massa tanah yang disebabkan oleh kegiatan manusia dan perubahan fluida bawah tanah (Pradana *et al.*, 2011). Berdasarkan hasil penelitian IPCC (2001), salah satu penyebab terbesar dari kenaikan muka air laut adalah karena peningkatan temperatur air laut akibat perubahan iklim secara global.

Pada massa yang konstan, volume dan tinggi air laut berubah sebanding dengan temperature dan berbanding terbalik dengan densitas air laut. Ketika temperatur air laut naik, maka densitas menjadi berkurang, dan air laut mengembang, sehingga menyebabkan terjadinya kenaikan tinggi muka air laut (Warrick, 1990). Kenaikan suhu air laut 1°C di Atlantik dengan kedalaman 200 m menyebabkan kenaikan tinggi muka air laut sebesar 10-20 mm (Chruch, 2001). Menurut *House of Parliament* (2010), pemanasan global di laut menghasilkan kenaikan tinggi muka air laut sebesar $1,6 \pm 0,5$ mm per tahun.

Peningkatan suhu udara diikuti dengan peningkatan suhu permukaan laut. Laut menyerap 85% panas berlebih yang terperangkap di atmosfer. Penghangatan permukaan laut yang membuat air laut memuai. Pemuaian inilah yang menjadi pendorong utama peningkatan muka air laut. Peningkatan suhu juga mempengaruhi keadaan es, dimana pembentukan es di daerah belahan bumi Selatan lebih sedikit jumlahnya dari es yang mencair saat musim panas. Hal ini yang membuat jumlah air yang masuk ke laut meningkat dan menyebabkan peningkatan paras laut (*Union of Concerned Scientists*, 2015).

2.6 Pasang Surut

Pasang surut laut merupakan gejala naik turunnya permukaan laut karena adanya pengaruh gaya yang timbul oleh benda - benda langit terutama oleh adanya gaya tarik bulan dan matahari terhadap bumi (Mahatmawati *et.al.*, 2009). Secara umum pasut di satu tempat dapat berbeda dengan tempat lain karena perbedaan kedalaman dan luas perairan, gesekan dasar (*bottom friction*), dan pengaruh rotasi bumi yang berefek pada gaya-gaya gravitasi. Gaya gravitasi disini merupakan tarik menarik antara bumi, bulan dan matahari yang disebut gaya-gaya penggerak pasut (GPP). Fluktuasi muka air laut dapat diperkirakan

dari nilai komponen harmonik di wilayah penelitian dengan metode analisis harmonik tertentu (Adibrata, 2007).

Metode analisa harmonik yang umum digunakan adalah metode admiralty. Metode admiralty adalah metode perhitungan pasang surut yang digunakan untuk menghitung dua komponen harmonik (Tabel 2) yaitu amplitudo dan keterlambatan fasa. Proses perhitungan metode Admiralty dihitung dengan bantuan tabel, Proses perhitungan analisa harmonik metode Admiralty dilakukan melalui pengembangan perhitungan sistem formula dengan bantuan perangkat lunak Excel (Mahatmawati *et.al.*, 2009).

Hasil dari perhitungan dengan cara admiralty diperoleh komponen harmonik yang akan dilanjutkan dengan analisa data dengan menggunakan bilangan *Formzahl* yakni pembagian antara amplitudo komponen pasang surut harian utama dengan amplitudo komponen pasang surut ganda utama. Hasil perhitungan bilangan *Formzahl* ini akan diketahui tipe pasang surut di wilayah kajian. Perhitungan tipe pasang surut menggunakan persamaan *Formzahl* sebagai berikut :

$$F = \frac{(O1 + K1)}{(M2 + S2)}$$

Tabel 2. **Komponene Harmonik Pasang Surut**

Nama Komponen	Simbol
Tengah Harian (<i>Semi-diurnal</i>)	
– <i>Principal lunar</i>	M2
– <i>Principal solar</i>	S2
– <i>Larger lunar elliptic</i>	N2
– <i>Luni-solar Semi-diurnal</i>	K2
Harian (<i>Diurnal</i>)	
– <i>Luni-solar diurnal</i>	K1
– <i>Principal lunar diurnal</i>	O1
– <i>Principal solar diurnal</i>	P1
– <i>Larger lunar diurnal</i>	Q1
Periode Panjang (<i>Long-period</i>)	
– <i>Lunar fortnightly</i>	Mf
– <i>Lunar monthly</i>	Mm
– <i>Solar semi-annual</i>	Ssa

(Sumber: Fadilah *et al.*, 2015)

2.7 Sistem Informasi Geografis

Sistem Informasi Geografis (SIG) atau *Geographic Information System* (SIG) adalah suatu sistem informasi yang dirancang untuk bekerja dengan data yang bereferensi spasial atau berkoordinat geografi. Dengan kata lain SIG adalah suatu sistem basis data dengan kemampuan khusus untuk menangani data yang bereferensi keruangan (spasial) bersamaan dengan seperangkat operasi kerja (Barus dan Wiradisastira, 2000 dalam Arisyandi, 2015).

Sistem informasi geografis menjelaskan dimana, bagaimana, dan apa yang akan terjadi secara keruangan yang diwujudkan dalam gambaran peta dengan berbagai penjelasan secara deskriptif, tabular dan grafis. Dalam SIG terdapat peran dari berbagai unsur baik manusia sebagai ahli sekaligus operator, perangkat lunak maupun keras, serta objek permasalahan (Mubarak, 2010).

SIG mempunyai kemampuan untuk menghubungkan berbagai data pada suatu titik tertentu di bumi, menggabungkannya, menganalisa, dan akhirnya memetakan hasilnya. Data yang diolah pada SIG adalah data spasial yaitu sebuah data yang berorientasi geografis dan merupakan lokasi yang memiliki sistem koordinat tertentu, sebagai dasar referensinya. Sehingga aplikasi SIG dapat menjawab beberapa pertanyaan seperti lokasi, kondisi, tren, pola dan pemodelan. Kemampuan inilah yang membedakan SIG dengan sistem informasi lainnya. Teknologi SIG memungkinkan kita mencapai tujuan, membantu kondisi darurat dalam menemukan lokasi penyelamatan dan semakin memberi kita pandangan yang lebih luas dari dunia kita (Darmawan, 2011).

2.7.1 ASTER GDEM

ASTER (*Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer*) merupakan salah satu sensor yang terdapat pada satelit Terra. Satelit Terra diluncurkan pada tanggal 18 Desember 1999 dengan misi selama 6

tahun sebagai platform pertama program pengamatan bumi berskala besar yang dipromosikan oleh NASA (*National Aeronautic and Space Administration*) (Mahmudi, 2014). ASTER merupakan sensor optis lanjut buatan JAROS (*Japan Resources Observation System Organization*) yang dapat dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan berbagai studi kebumihan. Terdiri atas 3 radiometer yang menghasilkan 14 saluran spektral yaitu 3 band VNIR (*Visible and Near Infrared*) dengan resolusi 15 m, 6 band SWIR (*Short Wave Infrared*) dengan resolusi 30 m, dan 5 band TIR (*Thermal Infrared*) dengan resolusi 90 m (Wibowo *et.al*, 2014).

Salah satu turunan citra ASTER, yaitu ASTER GDEM dengan resolusi spasial 30 m, merupakan citra yang dapat digunakan untuk merepresentasikan elevasi permukaan bumi dalam bentuk digital. Dengan citra ini, bentuk topografi permukaan bumi dapat divisualisasikan dalam bentuk tiga dimensi (Sari dan Sudaryatno, 2013). GDEM (*Global Digital Elevation Model*) merupakan data yang berbasis model data raster. Cakupan ASTER GDEM membentang dari 83° lintang Utara hingga 83° lintang Selatan, meliputi 99 persen dari daratan bumi (Melebihi cakupan SRTM dari 60° lintang Utara hingga 56° lintang Selatan) (Tarecha dan Crysdian, 2013). Karakteristik data ASTER GDEM tersaji pada Tabel 3.

Tabel 3. Karakteristik Data ASTER GDEM

Ukuran ubin	3601 x 3601 (1° x 1°)
Ukuran piksel	1 <i>arc-second</i>
Sistem koordinat geografis	Geografis lintang dan bujur
Format <i>output</i> DEM	GeoTIFF, <i>signed</i> 16-bit, satuan meter Direferensikan ke the WGS84/EGM96 geoid
Nilai special <i>digital number</i>	-9999 untuk piksel kosong dan 0 untuk permukaan laut
Cakupan	Utara 83° sampai Selatan 83°, 22.702 ubin

(Sumber: ASTER GDEM 2 README)

2.8 Satelit Altimetri

Satelit altimetri merupakan salah satu teknologi penginderaan jauh yang dapat digunakan untuk mengetahui, mengamati, dan mendapatkan data pada permukaan laut. Satelit ini mempunyai jangkauan hampir seluruh bumi yang berasal dari gabungan teknik dasar (pengukuran jarak vertikal satelit dengan permukaan laut) dan teknik penentuan posisi orbit. Satelit altimetri mengirimkan pulsa radiasi dan mengukur interval waktu perambatan gelombang yang dipancarkan satelit dengan gelombang yang dipantulkan oleh permukaan laut dan kemudian diterima kembali oleh satelit sehingga permukaan laut dapat diketahui (Fu and Cazenave, 2001).

Kehadiran teknologi satelit altimetri kini telah menjadi solusi tepat untuk memenuhi kebutuhan data-data oseanografi baik dalam cakupan regional maupun global. Kini terdapat berbagai jenis satelit altimetri yang digunakan dalam observasi laut secara global dengan orbit dan referensi yang berbeda. Satelit altimetri dapat menghasilkan pemantauan terhadap beberapa parameter oseanografi, yaitu suhu permukaan laut, klorofil-a, tinggi muka air laut, salinitas, arus permukaan laut, dan gelombang (Marpaung, 2014).

3. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian dengan judul “Studi Kenaikan Muka Air, Suhu Permukaan Laut, dan Kaitannya dengan Variasi Iklim: Studi Kasus Perairan Prigi, Trenggalek, Jawa Timur” ini dilaksanakan pada Bulan April 2016 yang bertempat di wilayah Teluk Prigi, Kabupaten Trenggalek (Gambar 3).

Perairan Prigi terletak di Kabupaten Trenggalek, Provinsi Jawa Timur yang memiliki luas wilayah lautan sebesar 110.764,28 km². Wilayah ini membentang antara 111°0' BT - 114°4' BT dan 7°12' LS - 8°48' LS. Kabupaten Trenggalek memiliki wilayah daratan seluas 1.205,22 km² yang pada sebelah Utaranya berbatasan dengan Kabupaten Ponorogo, sebelah Timur dengan Kabupaten Tulungagung, sebelah Barat dengan Kabupaten Pacitan, dan Samudera Indonesia pada bagian Selatan (BPS Kab. Trenggalek, 2014).



Gambar 3. Peta Lokasi Penelitian Teluk Prigi, Trenggalek

Prigi terletak di Desa Tasikmadu, Kecamatan Watulimo, sekitar 48 km ke arah Selatan Kota Trenggalek. Dasar perairan di Teluk Prigi merupakan lumpur bercampur pasir sedikit berbatu karang dengan kedalaman sekitar 15 - 61 m, yang sebagian besar pantainya sudah terbuka dan hanya sebagian kecil saja yang masih terdapat hutan. Teluk Prigi mempunyai tiga pantai yang digunakan untuk wisata, yaitu Pantai Damas, Pantai Prigi, dan Pantai Karanggongso (Trialfhianty, 2012).

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini mencakup alat yang digunakan pada saat pengambilan data di lapang dan pada saat pengolahan data yang ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Tabel Alat yang Digunakan

No.	Nama Alat	Fungsi
1.	Global Positioning System (GPS)	Menentukan titik koordinat
2.	Kamera digital	Dokumentasi Lapang
3.	Laptop	Mengolah data
4.	Perangkat lunak -ArcGIS 9.3 -ER Mapper 7.4 -Ocean Data View (ODV) 4 -Microsoft Excel SPSS	Pengolah data citra dan data parameter hidro-oseanografi

3.2.2 Bahan

Bahan yang digunakan dalam peneleitian ini meliputi beberapa data sekunder. Menurut Kuncoro (2003), data sekunder adalah data yang telah dikumpulkan oleh lembaga pengumpulan data dan dipublikasikan kepada masyarakat pengguna data. Data sekunder yang digunakan berupa data

penggunaan lahan, kenaikan muka air laut, dan suhu permukaan laut. Sumber dan jenis data sekunder tersaji pada Tabel 5.

Tabel 5. Tabel Data Sekunder

No.	Jenis Data	Data	Sumber Data
1.	Anomali Muka Air Laut	<i>Map of Sea Level Anomaly Time Series (2003-2015)</i>	Kombinasi satelit altimetri <i>multi mission</i> (http://www.aviso.altimetry.fr/html)
2.	Suhu Permukaan Laut	<i>Data Time Series (2003-2015)</i>	Satelit Aqua MODIS (http://coastwatch.pfeg.noaa.gov/erddap/index.html)
3.	Suhu Permukaan Laut	Data Perkaman Tidbit (Januari-Juni 2012)	Sartimbul <i>et al.</i> , 2015
4.	Data Topografi Digital	<i>Digital Elevation Mode ASTER GDEM</i>	(http://glovis.usgs.gov)
5.	Data Pasang Surut	<i>Data Time Series (2012-2015)</i>	Badan Informasi Geospasial (BIG)
6.	Data <i>Dipole Mode Index (DMI)</i>	<i>Data Time Series (2003-2015)</i>	(http://gcmd.nasa.gov/records/GCMD_Indian_Ocean_Dipole.html)
7.	Data Niño 3.4	<i>Data Time Series (2003-2015)</i>	(http://www.esrl.noaa.gov/psd/gcos_wgsp/Timeseries/Nino34/)

3.3 Tahapan dan Alur Penelitian

Tahapan dan alur penelitian mulai dari studi literatur, pengumpulan data, pengolahan data, visualisasi dan analisis data tersaji pada Gambar 4. Tahapan penelitian diawali dengan pengumpulan informasi pendahuluan dengan studi literatur yang kemudian dilanjutkan dengan pengumpulan data. Data yang diperlukan antara lain:

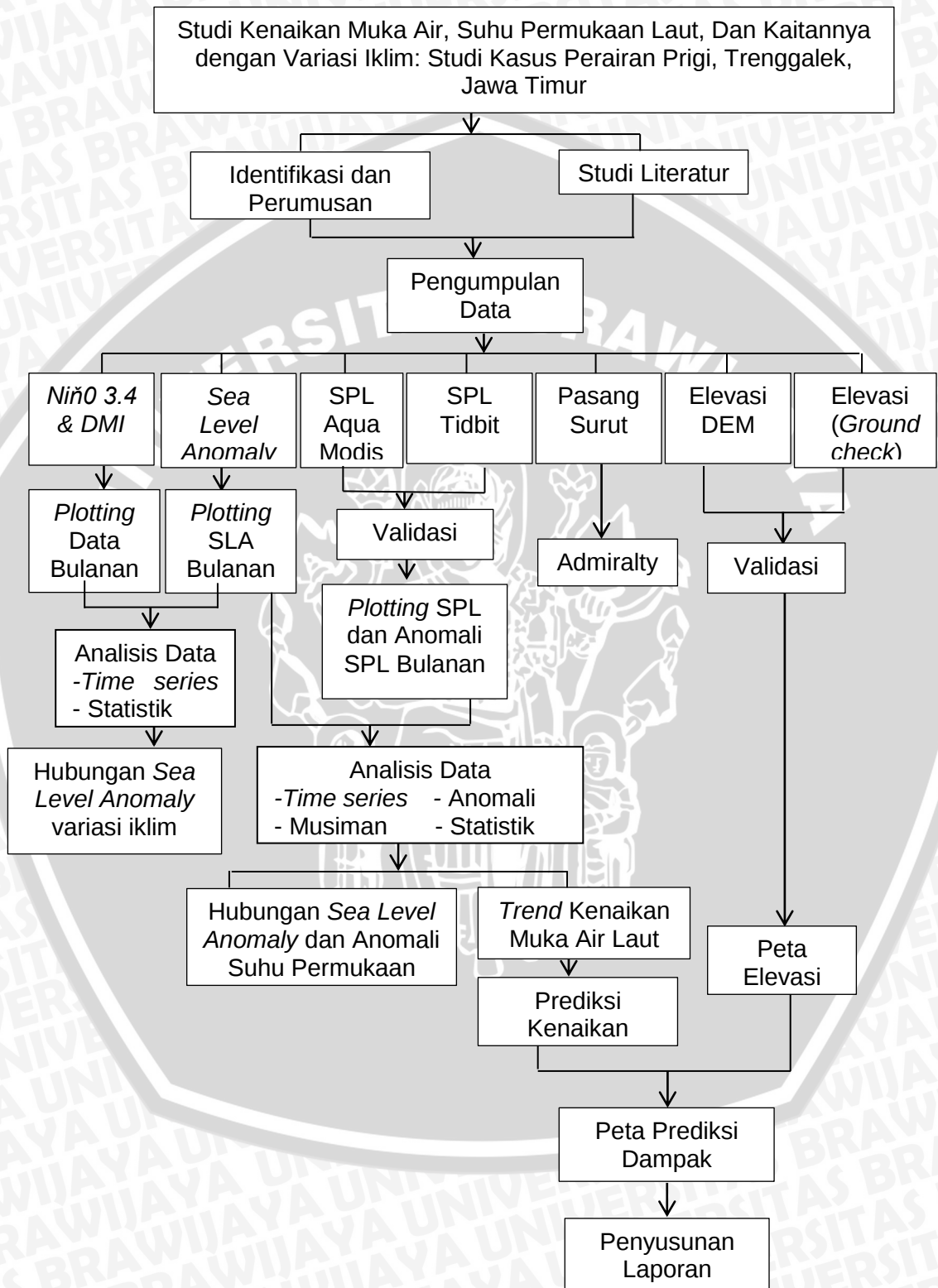
1. Data *Sea Level Anomaly (SLA)* perekaman satelit altimetri yang diunduh melalui <http://www.aviso.altimetry.fr/html> tahun perekaman 2003 hingga 2015
2. Data suhu permukaan laut perekaman satelit suhu Aqua-MODIS yang diunduh melalui <http://coastwatch.pfeg.noaa.gov/erddap/index.html> tahun 2003 hingga 2015 yang selanjutnya divalidasi menggunakan data suhu

- permukaan laut hasil perekaman Tidbit yang diperoleh dari penelitian sebelumnya (Sartimbul *et al.*, 2015) pengukuran bulan Januari-Juni 2012.
3. Data pasang surut dari stasiun pengamatan pasang surut perairan Prigi yang dimiliki oleh Badan Informasi Geospasial BIG) tahun pengamatan 2012-2015.
4. Data *Dipole Mode Index* (DMI) dan Niño 3.4 yang diunduh melalui http://gcmd.nasa.gov/records/GCMD_Indian_Ocean_Dipole.html dan http://www.esrl.noaa.gov/psd/gcos_wgsp/Timeseries/Nino34/
5. Data *Digital Elevation Mode* ASTER GDEM wilayah Trenggalek yang diunduh melalui <http://earthexplorer.usgs.gov>.

Tahap berikutnya merupakan validasi data suhu permukaan laut Aqua-MODIS dengan data perekaman Tidbit dengan menggunakan *software* SPSS. Validasi data dimulai dengan uji normalitas yang bertujuan untuk melihat data yang digunakan terdistribusi normal atau tidak, selanjutnya adalah uji T yang termasuk dalam uji parametrik. Uji T yang digunakan yaitu uji T dua sampel berpasangan yang bertujuan untuk menguji apakah dua sampel mempunyai beda nyata atau tidak, lalu yang terakhir yaitu menggunakan *Mean Relative Error* (MRE) yang bertujuan untuk mengetahui seberapa besar perbedaan antara kedua data tersebut.

Keseluruhan data kemudian diolah masing masing dan kemudian dianalisis menggunakan analisis *time series*, anomali, musiman dan analisis statistik. Hasil dari analisis tersebut akan diperoleh *trend* kenaikan muka air laut, peta elevasi lahan, hubungan antara anomali suhu permukaan laut dan *sea level anomaly*, serta hubungan SLA dengan variasi iklim (ENSO & IOD). Berdasarkan *trend* kenaikan muka air laut maka dapat diprediksi kenaikan muka air laut mendatang menggunakan *trend analysis*. Hasil prediksi kenaikan muka air laut

kemudian digunakan untuk menghasilkan peta prediksi dampak genangan di wilayah kajian.



Gambar 4. Diagram Alur penelitian

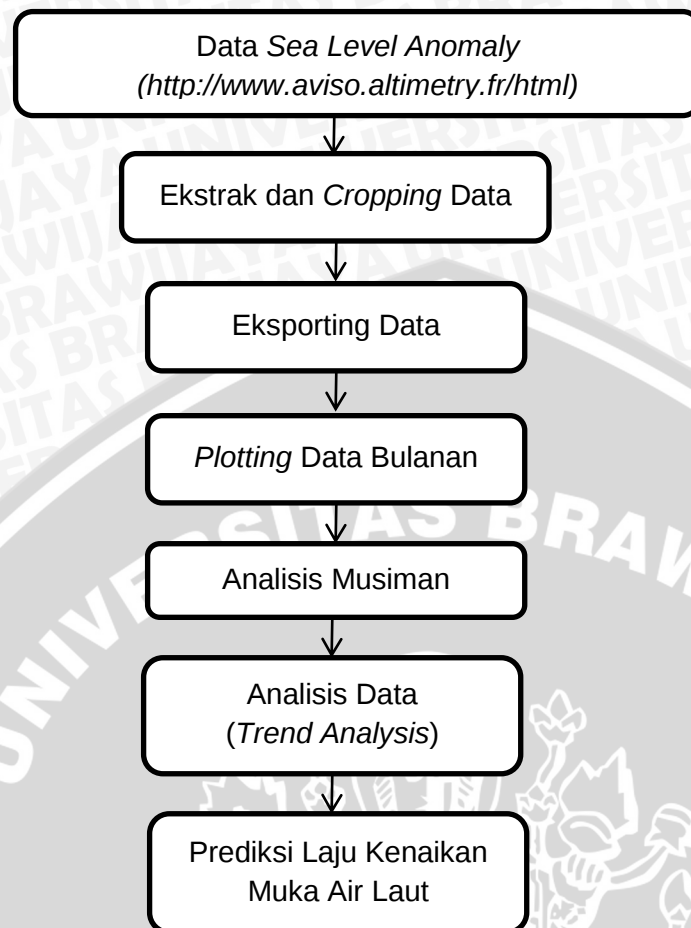
3.4 Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode kuantitatif. Dimulai dengan pengumpulan data yang terdiri dari data SLA (*Sea Level Anomaly*) 2003-2015, suhu permukaan laut 2003-2015, pasang surut 2012-2015, ASTER dan melakukan survei lapangan pada titik pengamatan yang dipilih secara *random sampling*. Selanjutnya dilakukan analisis untuk mengetahui hubungan antara SLA dan SPL.

3.4.1 Kenaikan Muka Air Laut

Data *trend* kenaikan muka air laut merupakan data *Sea Level Anomali* (SLA) bulanan dalam format *Network Common Data Form* (NetCDF) diperoleh dari AVISO (*Archiving, Validation and Interpretation of Satellite Oceanographic data*) website (<http://www.aviso.altimetry.fr.html>) dengan tipe data *Map of Sea Level Anomali* (MSLA) selama 13 tahun (2003 - 2015). Data MSLA kemudian diolah dengan menggunakan perangkat lunak *Ocean Data View* (ODV) untuk membaca data dalam format NetCDF. Setelah itu dilakukan *Cropping* terhadap wilayah perairan Indonesia dan kemudian dilakukan ekspor data kedalam bentuk format .txt.

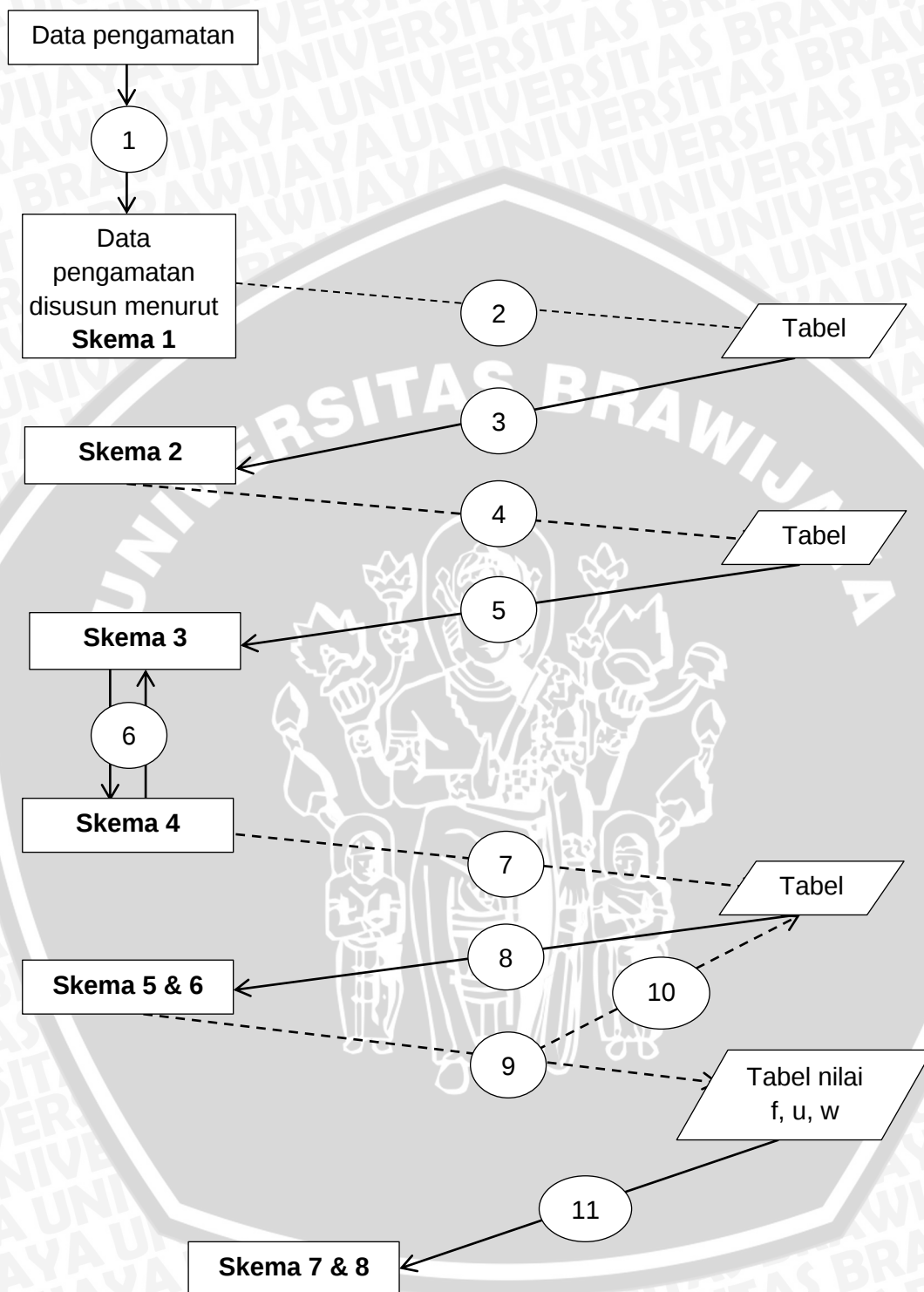
Pengolahan data selanjutnya dilakukan menggunakan *Ms. Excel* untuk dimasukkan nilai SLA setiap bulannya selama kurun waktu 13 tahun. Dari nilai SLA tiap bulan tersebut dibuat plot grafik dan dihitung kenaikan tinggi muka air lautnya tiap bulan untuk kemudian mendapatkan *trend linier* SLA. Dari persamaan yang dihasilkan oleh *trend line* akan dihasilkan laju tinggi paras laut, selanjutnya berdasarkan trend tersebut dibuat prediksi laju tinggi paras laut untuk 5, 10, 15, dan 25 tahun kedepan. Data SLA kemudian di golongkan menjadi empat musim, yaitu Musim Barat, Peralihan I, Timur, dan Peralihan II. Alur pengolahan data kenaikan muka air laut tersaji pada Gambar. 5.



Gambar 5. Alur Pengolahan Data Kenaikan Muka Air Laut

3.4.2 Pasang Surut

Data pasang surut yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data yang berasal dari stasiun pengamatan pasang surut perairan Prigi yang dimiliki oleh Badan Informasi Geospasial (BIG) tahun pengamatan 2012-2015. Data dari hasil pengamatan pasang surut kemudian dilakukan analisis harmonik pasang surut dengan menggunakan metode Admiralty 29 piantan sehingga diperoleh komponen harmonik. Data pasang surut diolah tiap bulannya, sehingga mendapatkan komponen harmonik pasang surut tiap bulan selama kurun waktu 2012-2015. Alur pengolahan data pasang surut menggunakan metode admiralty tersaji pada Gambar 6 dan penjelasan mengenai skema – skema dalam pengerjaan admiralty tersaji pada Lampiran 1.



Gambar 6. Diagram Alir Pengolahan Pasang Surut dengan Metode Admiralty

Hasil komponen harmonik pasang surut juga digunakan untuk menentukan tipe pasang surut melalui nilai bilangan *Formzahl* dengan rumus sebagai berikut:

$$F = \frac{(O1+K1)}{(M2+S2)} \dots\dots\dots(1)$$

Bilangan *Formzahl* memiliki *range* untuk setiap tipe pasang surut suatu wilayah. Ketentuan tipe pasang surut berdasarkan bilangan *Formzahl* tersaji pada Tabel 6.

Tabel 6. Tipe Pasang Surut Berdasarkan Bilangan *Formzahl*

Nilai <i>Formzahl</i>	Tipe Pasang Surut	Keterangan
$0 < F \leq 0,25$	Setengah Harian (Semidiurnal/ Ganda)	– Dalam sehari terjadi dua kali pasang dan dua kali surut. – Bentuk gelombang simetris.
$0,25 < F \leq 1,50$	Campuran dengan tipe ganda lebih menonjol (Condong Ganda)	– Dalam sehari terjadi dua kali pasang dan dua kali surut. – Bentuk gelombang pasang pertama tidak sama dengan gelombang pasang kedua (asimetris) dengan
$1,50 < F \leq 3,00$	Campuran dengan tipe tunggal lebih menonjol (Condong Tunggal)	– Dalam sehari terjadi dua kali pasang dan dua kali surut. – Bentuk gelombang pasang pertama tidak sama dengan gelombang pasang kedua (asimetris) dengan bentuk condong diurnal.
$F > 3,00$	Harian (Tunggal)	– Dalam sehari terjadi sekali pasang dan sekali surut.

(Sumber: Fadilah *et al.*, 2015)

Laju kenaikan muka air laut bisa diperoleh dari hasil pengolahan komponen harmonik pasang surut yang ditunjukkan melalui nilai MSL (*Mean Sea*

Level). MSL atau duduk tengah adalah tinggi permukaan laut rata-rata yang dihitung dalam periode waktu tertentu. Kedudukan serta nilai muka laut rata-rata setiap saat selalu berubah-ubah. Perubahan naik turun inilah yang disebut dengan perubahan muka air laut (Affandi dan Taufik, 2014). Nilai MSL dapat dilihat melalui nilai S_0 dari hasil nilai amplitudo komponen harmonik pasang surut. Data kenaikan muka air laut yang berasal dari data pasang surut dan data satelit altimetri kemudian dibuat korelasinya sehingga bisa terlihat bagaimana pola kenaikan muka air laut berdasarkan kedua data tersebut dan apakah keduanya memiliki pola yang sama.

$$MSL = S_0 \dots\dots\dots(2)$$

3.4.3 Suhu Permukaan Laut

Untuk mengetahui keterkaitan antara kenaikan permukaan laut dan fenomena perubahan iklim, maka digunakan data anomali tinggi muka air laut (SLA) dan anomali suhu permukaan laut. Data satelit Aqua MODIS digunakan untuk menentukan pola sebaran suhu permukaan laut. Data mentah dari web merupakan data SPL bulanan secara global, sehingga data tersebut dilakukan *cropping area*. Variasi suhu horizontal dikaji berdasarkan pengamatan data bulanan dari Satelit Aqua MODIS dari tahun 2003 – 2015 di wilayah Teluk Prigi.

Data suhu Aqua MODIS selanjutnya akan divalidasi menggunakan data suhu pengukuran Tidbit yang diperoleh dari penelitian sebelumnya (Sartimbul *et al.*, 2015) pengukuran bulan Januari-Juni 2012 yang pertama dengan cara menguji normalitas yang bertujuan untuk melihat data yang digunakan terdistribusi normal atau tidak, lalu setelah mengetahui data yang digunakan terdistribusi normal yang dilakukan selanjutnya adalah uji T yang termasuk dalam uji parametrik. Uji T yang digunakan yaitu uji T dua sampel berpasangan yang bertujuan untuk menguji apakah dua sampel mempunyai beda nyata atau tidak,

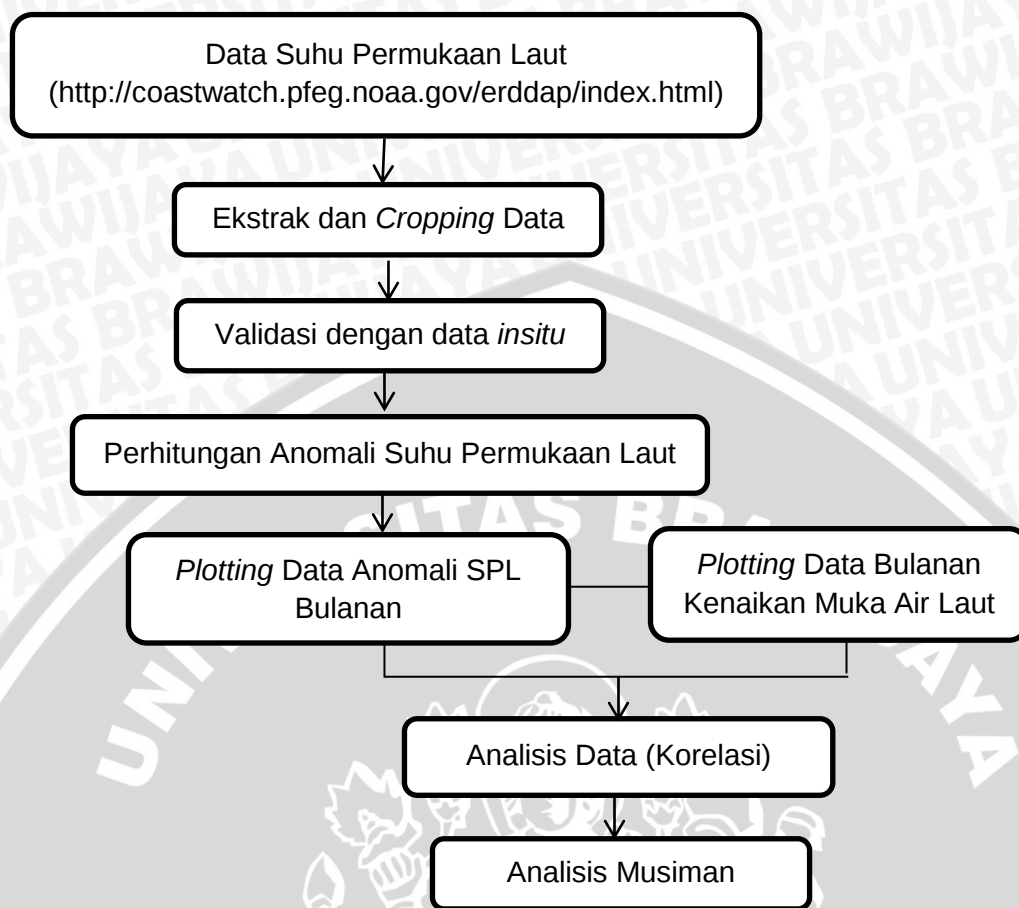
lalu yang terakhir yaitu menggunakan *Mean Relative Error* (MRE) yang bertujuan untuk mengetahui seberapa besar perbedaan antara data suhu Tidbit dengan data suhu Aqua-MODIS, dimana ketiga langkah validasi tersebut dilakukan menggunakan *software* SPSS. Lalu setelah dilakukan ketiga langkah validasi, dilakukan uji analisis regresi menggunakan regresi linier sederhana pada *Microsoft Excel*. Analisis regresi linier sederhana bertujuan untuk mengetahui seberapa pengaruh data suhu Aqua-MODIS terhadap data suhu Tidbit.

Penghitungan nilai anomali SPL dilakukan untuk mengetahui penyimpangan data yang terjadi dari keadaan normal selama kurun waktu 13 tahun tersebut. Penghitungan dilakukan dengan cara mengurangi nilai SPL tiap bulan pada tahun tertentu dengan nilai rata-rata keseluruhan bulan dari keseluruhan tahun.

$$\text{Anomali SPL} = \text{SPL}_i - \overline{\text{SPL}} \dots\dots\dots(3)$$

$$\overline{\text{SPL}} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{SPL}_i}{n} \dots\dots\dots(4)$$

Setelah didapatkan nilai anomali suhu permukaan laut, maka data tersebut diplotkan ke dalam bentuk grafik bersama dengan data SLA untuk didapatkan hubungan antara kedua data tersebut. Data SPL kemudian di golongkan menjadi empat musim, yaitu, Musim Barat , Musim Peralihan I, Musim Timur, dan Musim Peralihan II. Musim Barat berawal dari bulan Desember sampai bulan Februari, Musim Peralihan I dari bulan Maret sampai bulan Mei, Musim Timur yang berawal dari bulan Juni sampai bulan Agustus, dan Musim Peralihan II yang berawal dari bulan September sampai dengan bulan November (Safitri et al., 2012).



Gambar 7. Alur Pengolahan Data Suhu Permukaan Laut

3.4.4 Elevasi

Data elevasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah data yang berasal dari ASTER GDEM versi 2 pada perekaman tahun 2011. Cakupan data GDEM hampir seluruh permukaan bumi dan mempunyai resolusi spasial yang cukup bagus yaitu 30 meter dengan akurasi ketinggian 20 meter. Data GDEM diolah dengan *Global Mapper 13* untuk menentukan daerah yang akan dikaji yang selanjutnya diolah menggunakan *ArcGIS 9.3*.

3.4.5 Survei Lapang (*Ground Check*)

Metode *ground check* adalah metode yang dilakukan untuk memastikan obyek atau data yang perlu dibuktikan kebenarannya dengan mengamati dan mengetahui keadaan atau kebenaran sebenarnya di lapangan sehingga sering

disebut dengan *ground truth*. Pengamatan lapang menggunakan metode *ground check* dimana hanya lokasi sampel saja yang harus diamati.

Survei lapang dilaksanakan pada Bulan April 2016. Kegiatan ini bertujuan untuk melihat kondisi dan lokasi di wilayah pesisir yang rentan terhadap kenaikan muka air laut. Penggunaan GPS membantu dalam menentukan posisi geografis wilayah yang akan diamati. Pada kegiatan ini, dilakukan pendokumentasian dan validasi kondisi wilayah yang dikaji.

Kegiatan survei lapang pada penelitian ini difokuskan pada elevasi atau ketinggian lahan terhadap permukaan laut, sehingga dapat dibandingkan dengan data sekunder yang didapatkan dari satelit. Digunakan 14 titik pengamatan pada kegiatan ini (Gambar 8.). Pemilihan titik pengamatan menggunakan metode *random sampling* dimana pemilihan titik pengamatan dilakukan tanpa mempertimbangkan faktor-faktor yang berkaitan dengan lokasi penelitian. Koordinat letak titik pengamatan tersaji pada Tabel 7.

Tabel 7. Koordinat Letak Titik Pengamatan Survei Lapang

No.	Koordinat		Desa	Kecamatan
	Lintang	Bujur		
1	-8.311	111.750	Tasikmadu	Watulimo
2	-8.306	111.747	Tasikmadu	Watulimo
3	-8.302	111.742	Tasikmadu	Watulimo
4	-8.298	111.739	Tasikmadu	Watulimo
5	-8.291	111.736	Tasikmadu	Watulimo
6	-8.296	111.738	Tasikmadu	Watulimo
7	-8.287	111.732	Tasikmadu	Watulimo
8	-8.286	111.726	Tasikmadu	Watulimo
9	-8.285	111.723	Tasikmadu	Watulimo
10	-8.285	111.720	Tasikmadu	Watulimo
11	-8.285	111.717	Karanggandu	Watulimo
12	-8.288	111.711	Karanggandu	Watulimo
13	-8.297	111.709	Karanggandu	Watulimo
14	-8.299	111.707	Karanggandu	Watulimo



Gambar 8. Letak Titik Pengamatan

3.5 Analisis Data

Analisis yang digunakan dalam penelitian ini terbagi terbagi menjadi 3 tahap, yaitu: (1) analisis *time series*, (2) analisis anomali dan musiman, dan (3) analisis statistik. Analisis *time series* dilakukan dengan cara pembuatan deret waktu dan tren untuk melihat kecenderungan perubahan variasi dari keseluruhan data. Hal ini dilakukan untuk mempermudah penampilan data rata – rata bulanan dari parameter-parameter yang digunakan selama kurun waktu yang tersedia. Analisis anomali dilakukan untuk mengetahui terjadinya penyimpangan data dari keadaan normal menjadi fluktuatif, sedangkan analisis musiman dilakukan untuk menentukan karakteristik masing – masing data sesuai pembagian musim (Barat, peralihan I, Timur, dan peralihan II). Analisis statistik dilakukan menggunakan *software* SPSS yang digunakan untuk melakukan uji validasi dan Ms. Excel

untuk mengetahui nilai korelasi antar beberapa data parameter dan digunakan juga untuk penentuan nilai prakiraan tinggi muka air laut.

Metode yang digunakan untuk estimasi kenaikan tinggi muka air laut dalam penelitian ini adalah trend analysis. Trend analysis yang digunakan untuk mengetahui kecenderungan serta tingkat kenaikan tinggi muka air laut berdasarkan data historis. Dalam hal ini, trend analysis merupakan analisa regresi linier tinggi muka air laut terhadap waktu dalam bulan, dengan persamaan matematis $y = a + bx$. Dimana y adalah tinggi muka air laut, x waktu dalam bulan, a offset, dan b adalah tingkat kenaikan (*slope, trend*).



4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil

4.1.1 Kondisi Wilayah Kajian

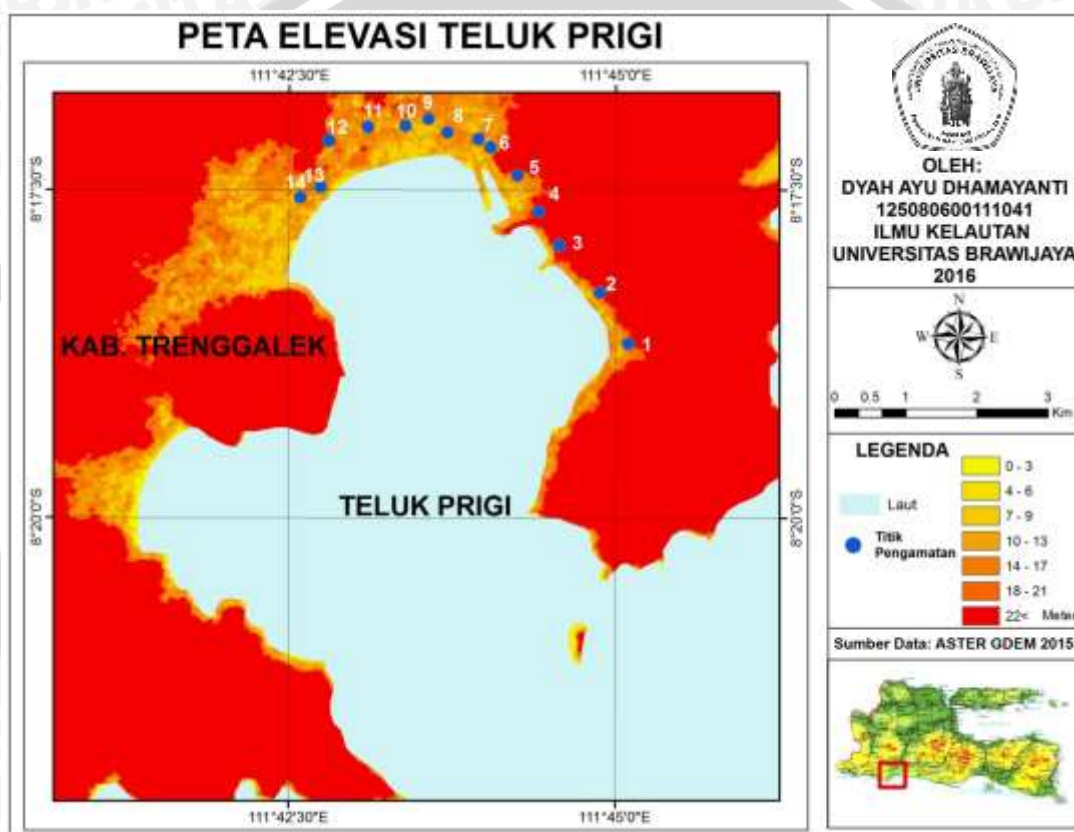
Prigi merupakan salah satu desa di Kecamatan Watulimo yang berada di Kabupaten Trenggalek. Secara administrasi wilayah kecamatan terbagi menjadi 12 desa, dimana 3 desa diantaranya mempunyai wilayah pesisir dan menjadi pusat kegiatan perikanan yaitu Desa Karanggandu, Prigi, dan Tasikmadu. Kawasan Pesisir Prigi dilalui oleh tiga daerah aliran sungai yang semuanya bermuara ke Teluk Prigi.

Teluk Prigi terletak di Kecamatan Watulimo, Kabupaten Trenggalek, Propinsi Jawa Timur. Terletak pada wilayah paling Selatan-Timur Kabupaten Trenggalek dengan koordinat $8^{\circ}11'-8^{\circ}23'$ LS dan $111^{\circ}41'-111^{\circ}44'$ BT dengan luas wilayah $\pm 15,44$ ha (Maroeto dan Suhardjono, 1999). Teluk ini merupakan kawasan yang potensial untuk dikembangkan termasuk sektor perikanan. Teluk ini terkenal dengan pemandangan yang indah, dan menjadi tempat tujuan rekreasi, dan ekowisata (*fish sanctuary*) bagi masyarakat setempat dan kota-kota lainnya (Wulandari *et al.*, 2014).

Teluk Prigi merupakan perairan dangkal dengan kedalaman sekitar 5-70 meter. Dasar perairan di teluk ini merupakan lumpur berpasir dengan sedikit berkarang, sehingga perairan di teluk ini tidak begitu jernih. Selain itu, sebagai teluk, Prigi memiliki perairan yang relatif tenang. Mangrove yang tumbuh lebat di utara teluk, menjadikan Teluk Prigi aman untuk area perlindungan untuk ikan (Suwarso *et al.*, 2014).

Berdasarkan data *Digital Elevation Mode* (DEM) diketahui secara umum Prigi merupakan daerah dataran tinggi dengan rata-rata ketinggiannya sekitar 295 meter dari permukaan laut. Daerah dengan elevasi terendah berada pada

ketinggian 0-42 meter dan elevasi tertinggi pada ketinggian 310-510 meter dari permukaan laut. Elevasi lahan Teluk Prigi tersaji pada Gambar 9. Pada titik *ground check*, nilai elevasi lahan berdasarkan ASTER GDEM memiliki elevasi terendah pada titik 8 dengan elevasi sebesar 6 m, elevasi tertinggi pada titik 2 dengan nilai 15 m. Nilai elevasi titik *ground check* berdasarkan ASTER GDEM tersaji pada Tabel 8.



Gambar 9. Elevasi Lahan Prigi Berdasar ASTER GDEM

Tabel 8. Nilai Elevasi Lahan berdasarkan ASTER GDEM dan *Ground Check*

No.	Koordinat		Elevasi ASTER GDEM (m)	Elevasi (m) <i>Ground Check</i>
	Lintang	Bujur		
1	-8.311	111.750	13	13,11
2	-8.306	111.747	15	14,94
3	-8.302	111.742	11	10,98
4	-8.298	111.739	10	9,15
5	-8.291	111.736	11	10,98
6	-8.296	111.738	8	7,01

No.	Koordinat		Elevasi ASTER GDEM (m)	Elevasi (m) <i>Ground Check</i>
	Lintang	Bujur		
7	-8.287	111.732	8	7,62
8	-8.286	111.726	6	6,10
9	-8.285	111.723	13	13,72
10	-8.285	111.720	12	12,20
11	-8.285	111.717	11	10,06
12	-8.288	111.711	13	14,02
13	-8.297	111.709	8	7,01
14	-8.299	111.707	8	7,01

Daerah dengan elevasi rendah di wilayah Teluk Prigi didominasi oleh daerah bangunan pantai, pemukiman, serta sawah, sedangkan daerah elevasi tinggi didominasi daerah hutan. Hasil dari kegiatan *ground check* untuk elevasi lahan pesisir Teluk Prigi (Lampiran 2) menunjukkan bahwa nilai yang dihasilkan melalui data ASTER GDEM lebih rendah jika dibandingkan dengan elevasi lahan saat kegiatan *ground check* yang perekamannya menggunakan GPS .

4.1.2 Validasi Suhu Permukaan Laut Satelit dan Data Insitu

Validasi antara data satelit dan data *insitu* dilakukan untuk membuktikan keakuratan data dari satelit Aqua MODIS, mengingat bahwa perekaman data Aqua MODIS dilakukan dengan menggunakan metode penginderaan jauh, yang tidak mengambil data secara langsung di lapang. Data *insitu* suhu permukaan laut diperoleh melalui data suhu harian hasil perekaman “Tidbit” di Teluk Prigi perekaman Januari – Juni 2012 (Sartimbul *et al.*, 2015). Perbandingan data SPL satelit Aqua MODIS dengan data *insitu* dari perekaman Tidbit tersaji pada Lampiran 3.

Uji validasi data dilakukan menggunakan *software* SPSS, terdapat beberapa macam uji validasi, pada penelitian ini menggunakan uji normalitas Kolmogorov-Smirnov, uji T dan *Mean Relative Error* (MRE) dengan menggunakan perbandingan data suhu Aqua Modis dan Tidbit dari bulan Januari - Juni 2012.

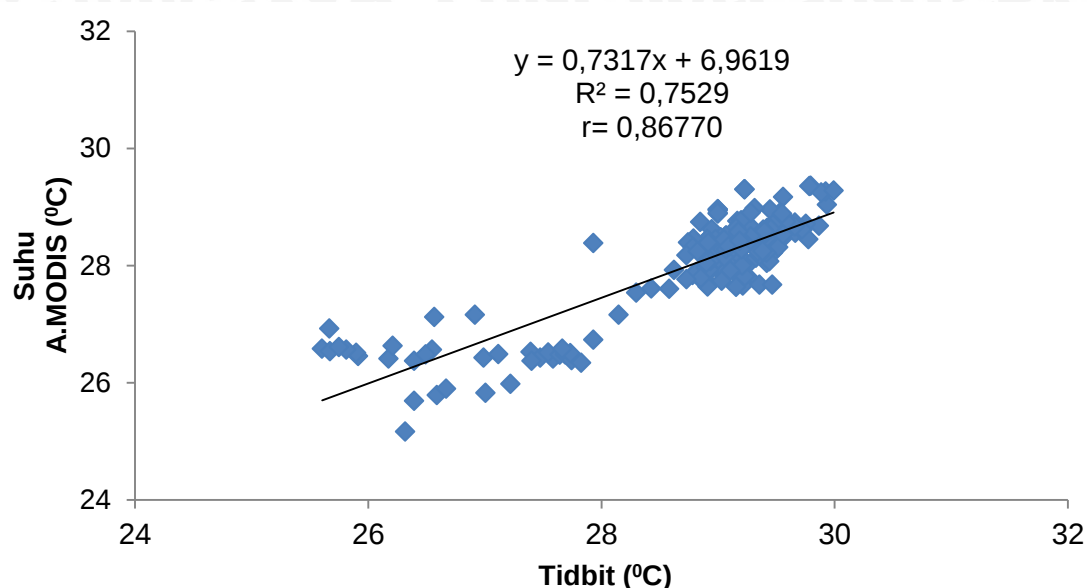
Berdasarkan hasil uji normalitas (Lampiran 4.) diketahui bahwa nilai signifikan sebesar 0,887, nilai tersebut lebih besar dari 0,05 sehingga dapat disimpulkan bahwa data yang diuji berdistribusi normal dan selanjutnya dapat dilakukan uji T untuk mengetahui apakah ada beda nyata antara data suhu Aqua-MODIS dan data suhu Tidbit. Apabila nilai *Asymp. Sig.* suatu variabel lebih besar dari *level of significant* 5% ($> 0,050$) maka variabel tersebut terdistribusi normal, sedangkan jika nilai *Asymp. Sig.* suatu variabel lebih kecil dari *level of significant* 5% ($< 0,050$) maka variabel tersebut tidak terdistribusi dengan normal.

Langkah validasi selanjutnya ialah dengan uji T 2 variabel yaitu suhu Aqua-MODIS dengan suhu Tidbit. Uji T dua sampel berpasangan digunakan untuk menguji dua sampel yang berpasangan, apakah keduanya mempunyai rata-rata yang secara nyata berbeda atau tidak. Berdasarkan hasil uji T (Lampiran 5.) dapat kita lihat bahwa nilai *Correlation* mempunyai nilai 0,868 atau 86% yang berarti mempunyai korelasi yang sangat kuat, dapat disimpulkan kedua variabel tidak memiliki beda nyata.

Selain melakukan uji T, dilakukan juga uji *Mean Relative Error* (MRE) yang bertujuan untuk mengetahui seberapa besar perbedaan antara data suhu Aqua Modis dengan data suhu Tidbit. Hasil rata-rata *Mean Relative Error* (MRE) sebesar 2,58% yang berarti masih dalam batas MRE yang maksimal sebesar 40%. Menurut Sugiyono (2011), verifikasi model yang masih dapat diterima jika masih berada dalam batas 40%.

Berdasarkan regresi data SPL dari MODIS dan Tidbit pada Gambar 10, didapatkan persamaan $y = 0,7317x + 6,9619$; $R^2 = 0,7529$; dan nilai korelasi $r = 0,8677$. Hal ini menandakan bahwa data SPL dari satelit Aqua MODIS dan Tidbit memiliki hubungan yang sangat erat dan dapat saling menggantikan. Dengan nilai r^2 sebesar 0.86770, berarti hubungan dari kedua data tersebut memiliki keeratan

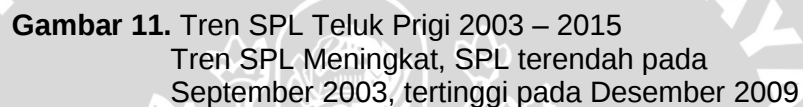
sebesar 86,77 %. Sedangkan 14,23% lainnya terjadi karena data SPL dari MODIS merupakan data suhu pada permukaan perairan, sedangkan data SPL Tidbit didapatkan pada kedalaman ± 7 meter.



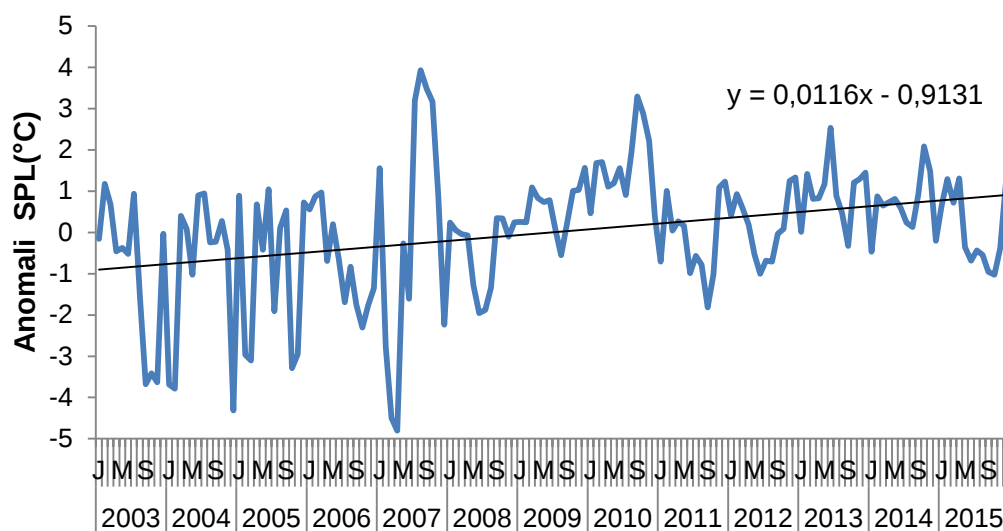
Sumber: Sartimbul *et al.*, (2015)
Gambar 10. Hubungan Data SPL Satelit dan Pengukuran Insitu
 Nilai R^2 SPL Satelit dan Data Insitu Menunjukkan Keeratan
 Hubungan Sebesar 87,77%

4.1.3 Tren dan Anomali Suhu Permukaan Laut Perairan Teluk Prigi

Variasi suhu horizontal dikaji berdasarkan pengamatan data bulanan dari Satelit Aqua MODIS dari tahun 2003 – 2015 di wilayah Teluk Prigi (Gambar 11). Sedangkan untuk penghitungan nilai anomali SPL dilakukan untuk mengetahui penyimpangan data yang terjadi dari keadaan normal selama kurun waktu 13 tahun tersebut. Penghitungan anomali dilakukan dengan cara mengurangi nilai SPL tiap bulan pada tahun tertentu dengan nilai rata-rata keseluruhan bulan dari keseluruhan tahun, sehingga diperoleh hasil yang tersaji pada Gambar 12.



Sedangkan untuk kajian nilai anomali SPL, dapat terlihat pada tahun 2007, 2009, 2010, 2013 dan 2014 terjadi kenaikan anomali SPL yang nilai tertinggi terjadi pada tahun 2010 dengan nilai $1,61^{\circ}\text{C}$. Pada tahun 2003, 2004, 2005, 2006, 2008, 2011, dan 2012 terjadi penurunan anomali SPL yang nilai terendahnya terjadi pada tahun 2004 dengan nilai $-0,93^{\circ}\text{C}$.

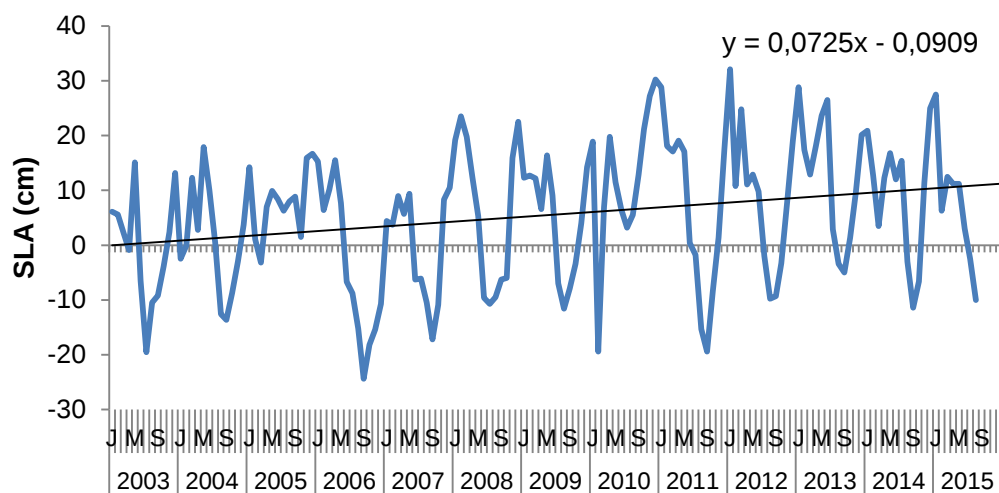


Gambar 12. Tren Anomali SPL Teluk Prigi 2003-2015
Tren anomali SPL meningkat, tertinggi tahun 2010
dan terendah tahun 2004

4.1.4 Tren Sea Level Anomaly Perairan Teluk Prigi

Nilai Kenaikan muka air laut Teluk Prigi dihasilkan melalui nilai *Sea Level Anomali* (SLA) yang diperoleh berdasarkan analisis data yang bersumber dari AVISO. Data tersebut merupakan data pengamatan satelit altimetri *multi mission* selama kurun waktu 13 tahun (2003-2015). Data yang tersedia merupakan data SLA bulanan selama kurun waktu tersebut.

Nilai Anomali tinggi muka air laut (SLA) di perairan Teluk Prigi selama kurun waktu 13 tahun (2003-2015) memiliki kisaran antara -24,40 dan 32,10 cm. Nilai minus (-) menunjukkan penurunan dan nilai plus (+) menunjukkan adanya kenaikan muka air laut. Rata-rata anomali tinggi muka air laut selama tahun 2003-2015 bernilai 5,45 cm. Anomali tinggi muka air laut memiliki rata-rata tertinggi pada tahun 2010 dengan nilai 12,74 cm dan terendah pada tahun 2006 dengan nilai -3,69. Nilai Kenaikan muka air laut Teluk Prigi dihasilkan melalui nilai *Sea Level Anomali* (SLA) bulanan. Dari data tersebut dibuat visualisasi grafiknya sehingga membentuk pola kenaikan muka air laut (Tren SLA) yang tersaji pada Gambar 13.

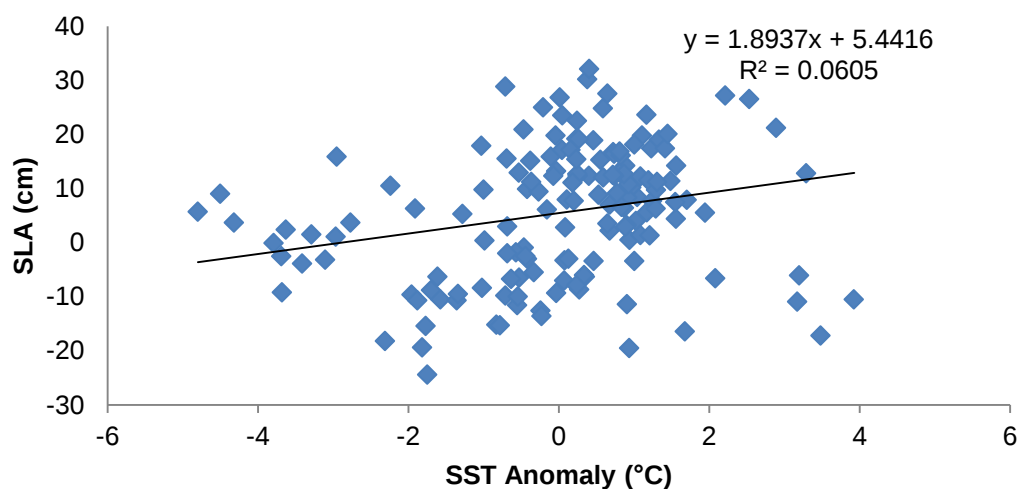


Gambar 13. Trend SLA Teluk Prigi (2003-2015)

Tren SLA meningkat, SLA terendah pada September 2006, tertinggi pada Januari 2012

4.1.5 Hubungan Sea Level Anomaly Laut dan Anomali Suhu Permukaan Laut

Berdasarkan pengolahan data anomali tinggi muka air laut dan suhu permukaan laut perairan Teluk Prigi (Gambar 14.) didapatkan persamaan $y = 1,8937x + 5,4416$; $R^2 = 0,0605$. Hal ini menandakan bahwa data SLA dan SPL memiliki hubungan. Dengan nilai R^2 sebesar 0,0605, berarti hubungan dari kedua data tersebut hanya memiliki keeratan sebesar 6,05 %.



Gambar 14. Grafik Hubungan SLA dan Anomali SPL

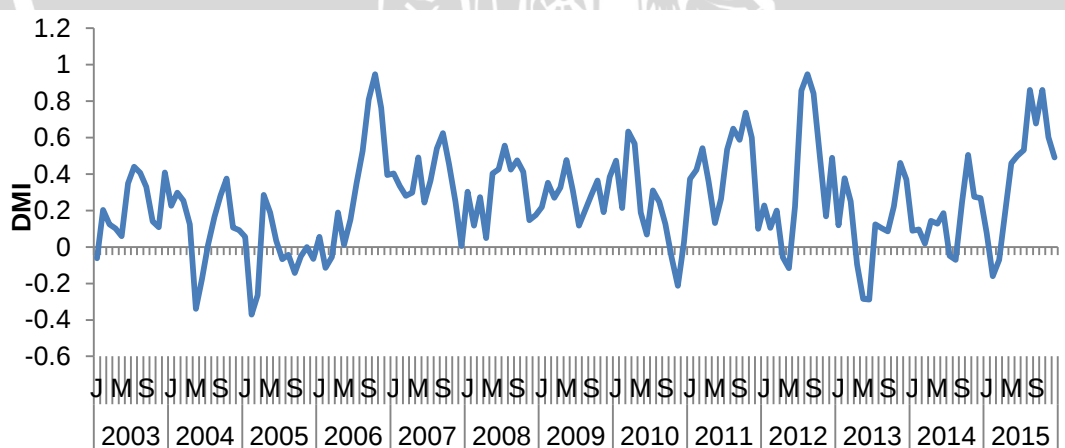
Nilai R^2 Anomali SPL dan SLA Menunjukkan Keeratan Hubungan Sebesar 6,05%

4.1.6 Dipole Mode Index (DMI) dan Nino 3.4

4.1.6.1 Dipole Mode Index (DMI)

Dipole Mode Index (DMI) merupakan indeks yang digunakan untuk menentukan nilai IOD, perhitungan indeks didapat dari perbedaan anomali suhu permukaan laut yang terjadi di perairan Samudera Hindia bagian Barat dan bagian Timur. Saat DMI bernilai positif maka suhu permukaan laut di Indonesia terutama perairan bagian Selatan cenderung lebih dingin, sebaliknya ketika DMI bernilai negatif maka suhu permukaan laut di Indonesia terutama perairan bagian Selatan cenderung hangat. Indeks IOD dalam bentuk grafik time series dari tahun 2003 hingga 2015 dapat dilihat pada Gambar 15.

Berdasarkan indeks DMI pada Gambar 15, secara keseluruhan terlihat terjadinya peningkatan indeks DMI. Variasi peningkatan nilai yang signifikan terjadi pada tahun 2006 dan 2012. Kisaran indeks IOD dari tahun 2003 hingga 2015 berkisar antara $-0,3$ - 1°C , dimana nilai tertinggi terjadi pada bulan Oktober 2006 dan bulan Agustus yaitu sebesar $0,95^{\circ}\text{C}$ dan nilai terendah terjadi pada bulan Februari 2005 yaitu sebesar $-0,29^{\circ}\text{C}$.

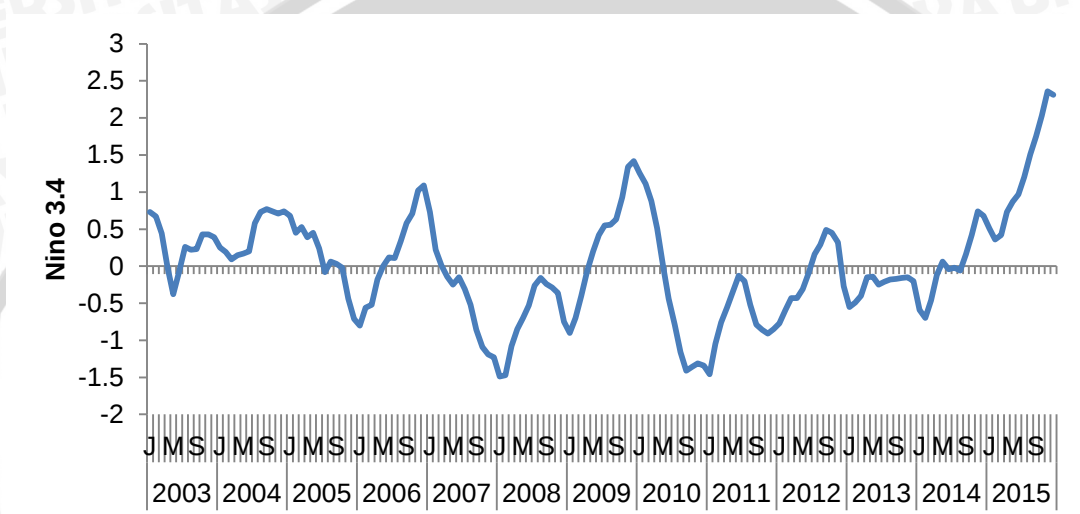


Gambar 15. Grafik DMI 2003-2015

Peningkatan terjadi pada 2006 & 2012, nilai maksimum pada Oktober 2006 dan terendah pada Februari 2005

4.1.6.2 Niño 3.4

Niño 3.4 adalah penyimpangan nilai anomali suhu permukaan laut yang terjadi di wilayah Niño 3 dan Niño 4 di perairan *Central Pacific*. Indeks Niño 3.4 jika melebihi normal (+0,5) ditandai dengan Nino positif atau fenomena *El Niño*, sedangkan jika melebihi normal (-0,5) ditandai dengan Nino negatif atau *La Niña*. Grafik *time series* Niño 3.4 tahun 2003 hingga 2015 tersaji pada Gambar 16.



Gambar 16. Indeks Nino 3.4 2003-2015

Indeks tertinggi pada Agustus 2015 dan terendah pada Januari 2008

Berdasarkan Gambar 16, dapat dilihat dari tahun 2003 hingga 2015 ada beberapa tahun yang mengalami perubahan anomali suhu permukaan laut yang cukup signifikan yang mengindikasikan terjadinya fenomena ENSO. Kisaran indeks *Niño* dari tahun 2003 hingga 2015 berkisar antara -1,4 – 1,5°C. Indeks tertinggi Nino 3.4 dari tahun 2003 hingga 2015 tertinggi terjadi pada bulan Agustus 2015 yaitu sebesar 2,36°C, sedangkan indeks terendah terjadi pada bulan Januari 2008 yaitu sebesar - 1,49°C.

4.1.7 Pasang Surut

Berdasarkan pengolahan data pasang surut perairan Prigi dari Badan Informasi Geospasial (BIG) yang dianalisis dengan menggunakan metode

admiralty 29 piantan, maka didapatkan hasil komponen harmonik pasang surut tersaji pada Lampiran 2.

Nilai *Mean Sea Level* yang didapatkan dari nilai S_0 pada hasil perhitungan komponen harmonik pasang surut Prigi didapatkan nilai rata-rata MSL sebesar 331 cm. Nilai MSL tertinggi berada pada Desember 2013 dengan nilai 384 cm dan nilai terendah sebesar 270 cm pada bulan Maret 2015. Berdasarkan hasil perhitungan komponen harmonik pasang surut tersebut dapat terlihat bahwa nilai bilangan *Formzahl* berkisar antara 0,27 – 0,93. Dari kisaran nilai tersebut dapat disimpulkan bahwa perairan Prigi memiliki tipe pasang surut campuran dominasi ganda. dalam satu hari terjadi dua kali pasang dengan tinggi dan periode yang berbeda.

4.1.8 Prediksi Kenaikan Muka Air Laut

Trend anomali muka air laut Teluk Prigi selama 12 tahun mulai dari tahun 2003 hingga 2015 (Gambar 13) menunjukkan bahwa secara umum terlihat mengalami kenaikan dengan laju sebesar 8,70 mm/tahun. Pemprediksian kenaikan tinggi muka air laut dalam penelitian ini menggunakan trend analysis. Dalam hal ini, *trend analysis* merupakan analisa regresi linier tinggi muka air laut terhadap waktu dalam bulan, dengan persamaan matematis $y = a + bx$. Dimana y adalah tinggi muka air laut, t waktu dalam bulan, a offset, dan b adalah tingkat kenaikan (*slope*, *trend*). Nilai laju didapatkan dari *trend* anomali muka air laut dengan persamaan $y = 0,0725x - 0,0909$. Berdasarkan laju kenaikan anomali muka air laut tersebut dapat diprediksi kenaikannya selama 5, 10, 15, dan 25 tahun ke depan (Tabel 9).

Tabel 9. Prediksi Kenaikan Muka Air Laut

Laju Kenaikan (cm/bulan)	Laju Kenaikan (mm/tahun)
0,0725	8,70
Prediksi	
2020	43,50

Laju Kenaikan (cm/bulan)	Laju Kenaikan (mm/tahun)
2030	130,50
2040	217,50
2050	304,50

4.2 Pembahasan

4.2.1 Tren Suhu Permukaan Laut Teluk Prigi

Selama tahun 2003 hingga 2015 terjadi berbagai fenomena yang berdampak pada variasi SPL di Samudera Hindia (Selatan Jawa) mengalami perubahan yang cukup signifikan. Fenomena yang terjadi antara lain adalah ENSO (*El Niño* dan *La Niña*). Adapun fenomena ENSO yang terjadi dari tahun 1950 hingga 2015 ditampilkan seperti pada Gambar 17.

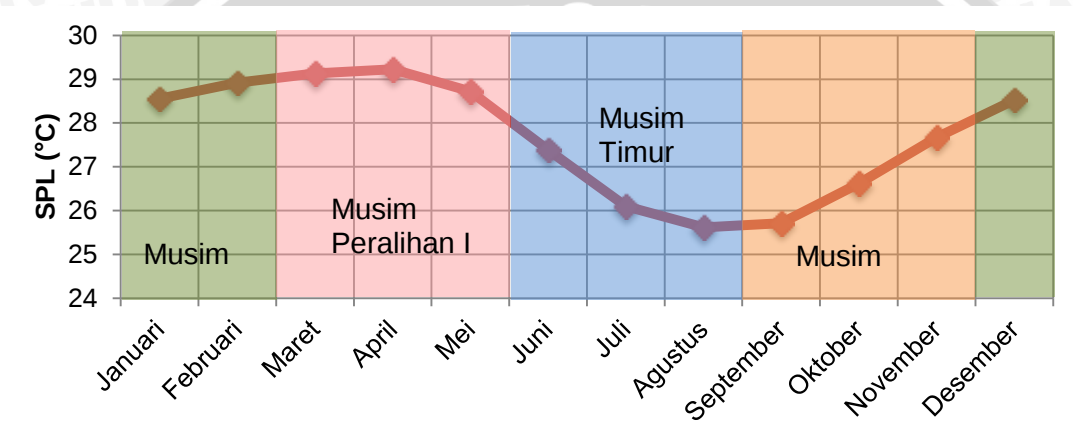
El Niño				La Niña		
Weak	Mod	Strong	Very Strong	Weak	Mod	Strong
1951-52	1963-64	1957-58	1982-83	1950-51	1955-56	1973-74
1952-53	1986-87	1965-66	1997-98	1954-55	1970-71	1975-76
1953-54	1987-88	1972-73	2015-16	1964-65	1998-99	1988-89
1958-59	1991-92			1967-68	1999-00	
1968-69	2002-03			1971-72	2007-08	
1969-70	2009-10			1974-75	2010-11	
1976-77				1983-84		
1977-78				1984-85		
1979-80				1995-96		
1994-95				2000-01		
2004-05				2011-12		
2006-07						

Sumber: <http://ggweather.com/enso/oni.htm>

Gambar 17. Waktu Terjadinya ENSO 1950-2015

Rata-rata suhu permukaan laut tahunan Teluk Prigi memiliki nilai tertinggi pada tahun 2010 dan terendah pada tahun 2004. Nilai suhu permukaan laut yang tinggi pada tahun 2010 bertepatan dengan fenomena *La Niña*. Pada saat terjadi *La*

Niña, angin pasat sangat kuat di wilayah Pasifik Timur sehingga terjadi penurunan SPL yang sangat ekstrim di perairan Pasifik Timur, akibatnya SPL di perairan Pasifik Barat hingga Samudera Hindia Timur (Selatan Jawa) menjadi lebih hangat. Pada saat terjadi *El Niño* maka hal yang sebaliknya terjadi. Angin pasat di wilayah Pasifik Timur sehingga melemah terjadi peningkatan SPL yang sangat ekstrim di perairan Pasifik Timur, akibatnya SPL di perairan Pasifik Barat hingga Samudera Hindia Timur (Selatan Jawa) menjadi lebih dingin.



Gambar 18. Variasi Musiman Suhu Permukaan Laut Teluk Prigi
Suhu maksimal terjadi pada musim peralihan I (M,A,M), dan suhu minimal pada musim Timur-Peralihan II (J,A,S)

Variasi musim di Indonesia terbagi menjadi 4, yaitu musim Barat (Des, Jan, Feb), musim peralihan I (Mar, Apr, Mei), musim Timur (Jun, Jul, Agu), dan musim peralihan II (Sep, Okt, Nov). Variasi musiman SPL Teluk Prigi tersaji pada Gambar 18. Suhu tertinggi berada pada bulan Februari/ Maret dan suhu terendah pada bulan Agustus/ September. Pada bulan Desember hingga April memiliki nilai suhu yang cukup tinggi dan semakin meningkat hingga puncak suhu tertinggi pada bulan Februari/ Maret pada setiap tahunnya. Sedangkan pada bulan Juni hingga November memiliki nilai suhu yang rendah pada tiap tahunnya dimana nilai suhu di perairan Teluk Prigi semakin menurun pada tiap bulannya hingga mencapai puncak suhu terendah pada bulan Agustus/ September pada tiap tahunnya. Hal

tersebut sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Syaifullah (2010) yang menyatakan bahwa rata-rata suhu maksimum SPL di Selatan Pulau Jawa terjadi pada awal bulan Maret dan suhu minimum terjadi pada pertengahan bulan September

Distribusi SPL di wilayah Indonesia berhubungan erat dengan siklus monsun di mana terlihat pada musim Barat, SPL di bumi belahan Selatan (BBS) cenderung lebih hangat dibandingkan bumi belahan Utara (BBU). Hal ini bertepatan dengan aktifnya monsun Asia dan posisi matahari berada di belahan bumi Selatan. SPL di wilayah Indonesia pada musim Barat (Desember - Februari) berkisar antara $28,00 - 29,50^{\circ}\text{C}$. Sebaliknya pada musim Timur yang bertepatan dengan periode monsun Australia, wilayah BBS lebih dingin dibandingkan dengan BBU. Matahari saat itu berada di BBU sehingga atmosfernya cenderung lebih hangat, hal ini diikuti oleh menghangatnya SPL di BBU (Habibie dan Nuraini, 2014).

Saat musim Timur nilai tekanan atmosfer Samudera Hindia meningkat, sehingga angin akan berhembus menjauhi perairan Indonesia yang memiliki tekanan udara tinggi menuju perairan yang bertekanan udara rendah, bersamaan dengan hal tersebut massa air hangat permukaan akan terbawa pula oleh angin menjauhi perairan Indonesia, sehingga ketika musim Timur di Selatan Indonesia terjadi *upwelling* yang menyebabkan suhu perairan menjadi lebih dingin (Gaol, 2014).

4.2.2 Tren Kenaikan Muka Air Laut Teluk Prigi

Secara umum, pola fluktuasi anomali paras laut di perairan Teluk Pigi berpola *semi-annual fluctuation* (Gambar 13). Pola tersebut berarti bahwa terbentuknya pola minimum dan maksimum dalam setahun. Selama kurun waktu 13 tahun (2003-2015) rata-rata anomali tinggi muka air laut bernilai 5,45 cm. Nilai

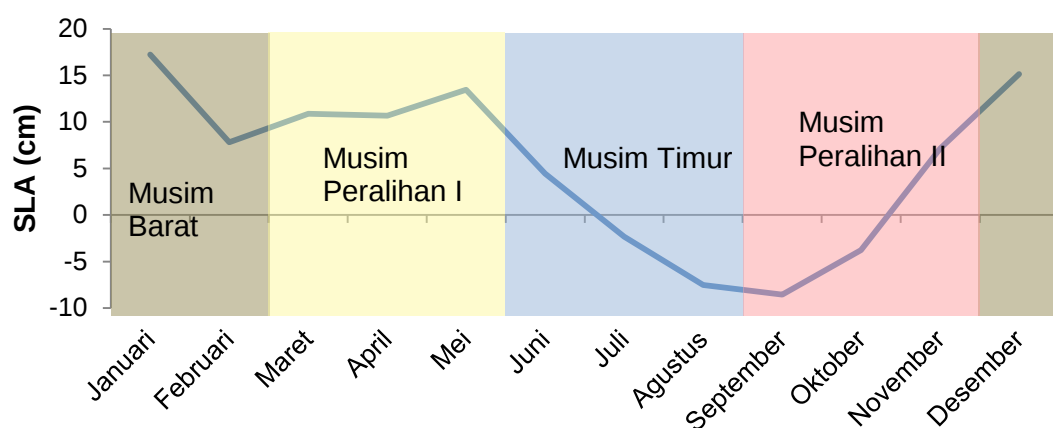
rata-rata tertinggi anomali muka air laut Teluk Prigi berada pada tahun 2010 dan memiliki rata-rata terendah pada tahun 2006. Berdasarkan data yang dikeluarkan BMKG (<http://cews.bmkg.go.id/>), tahun 2010 merupakan salah satu tahun terjadinya *La Niña* dan pada tahun 2006 terjadi *El Niño*.

La Niña berakibat pada peningkatan nilai anomali muka air laut, karena pada kejadian *La Niña* intensitas curah hujan di Indonesia tinggi (BMKG, 2016). Kejadian *El Niño* biasanya diikuti dengan penurunan curah hujan dan peningkatan suhu udara, sedangkan kejadian *La Niña* merangsang kenaikan curah hujan di atas curah hujan normal (Irawan, 2006).

Curah hujan diduga dapat mengakibatkan peningkatan paras laut di Teluk Prigi, dimana curah hujan yang tinggi tentu saja akan berpengaruh pada besarnya *river runoff* yang masuk pada Perairan Teluk Prigi. Sedangkan pada saat *El Niño*, terjadi hal yang berkebalikan dengan *La Niña*. Saat *El Niño*, intensitas curah hujan di Indonesia mengalami penurunan sehingga mengakibatkan penurunan paras laut Teluk Prigi. Kajian mengenai kenaikan paras laut dan hubungannya dengan *La Niña* dan *El Niño* juga telah dibuktikan melalui Muhammad *et al.*, (2012) yang menyatakan bahwa Elevasi muka air di Selat Malaka pada kondisi tahun *El Niño* lebih rendah dibandingkan pada kondisi Normal dan *La Niña*.

Analisis musiman juga dilakukan pada data *sea level anomaly*. Berdasarkan variasi musiman SLA (Gambar 19.) nilai minimum anomali muka air laut Teluk Prigi umumnya terjadi pada bulan Agustus/September dan nilai maximum umumnya terjadi pada bulan Desember/Januari. Secara umum dapat terlihat bahwa paras laut dipengaruhi oleh faktor musim dimana nilai minimum terjadi pada musim Timur hingga peralihan II (musim kemarau, Agustus/September) dan maksimum terjadi pada musim Barat (musim hujan, Desember/Januari). Peningkatan Paras laut berdasar musim juga dibuktikan pada perairan Bali, dimana hasil analisa terhadap

data tinggi muka air laut ditemukan bahwa pada bulan musim penghujan yaitu Bulan Desember - Februari telah terjadi fenomena lonjakan muka air laut yang cenderung tinggi mencapai ketinggian dua meter (Sriartha daan Putra, 2015). Kondisi seperti ini dapat diduga akibat pengaruh lokal seperti peningkatan volume air laut lokal sebagai akibat dari *river runoff* dan *regional vertical movement* massa air laut serta sirkulasi massa air musiman (Thomson *et al.*, 2008).



Gambar 19. Variasi Musiman Sea Level Anomaly Teluk Prigi
SLA maksimal terjadi pada musim peralihan I (M,A,M), dan minimal pada musim Timur-Peralihan II (J,A,S)

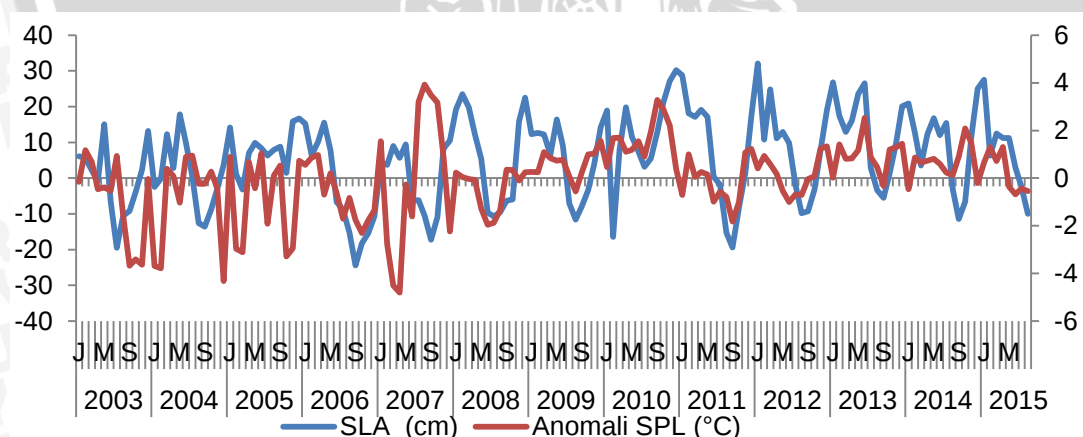
Analisis musiman juga dilakukan pada data *sea level anomaly*. Berdasarkan variasi musiman SLA (Gambar 19.) nilai minimum anomali muka air laut Teluk Prigi umumnya terjadi pada bulan Agustus/September dan nilai maximum umumnya terjadi pada bulan Desember/Januari. Secara umum dapat terlihat bahwa paras laut dipengaruhi oleh faktor musim dimana nilai minimum terjadi pada musim Timur hingga peralihan II (musim kemarau, Agustus/September) dan maksimum terjadi pada musim Barat (musim hujan, Desember/Januari). Peningkatan Paras laut berdasar musim juga dibuktikan pada perairan Bali, dimana hasil analisa terhadap data tinggi muka air laut ditemukan bahwa pada bulan musim penghujan yaitu Bulan Desember - Februari telah terjadi fenomena lonjakan muka air laut yang cenderung tinggi mencapai ketinggian dua meter (Sriartha daan Putra, 2015).

Kondisi seperti ini dapat diduga akibat pengaruh lokal seperti peningkatan volume air laut lokal sebagai akibat dari *river runoff* dan *regional vertical movement* massa air laut serta sirkulasi massa air musiman (Thomson *et al.*, 2008).

Selama musim Barat, arus ekuator di Samudra Hindia mengalir kuat dan menyumbangkan massa air ke Barat daya Sumatera dan Selatan Jawa-Sumbawa yang merupakan wilayah aliran keluar Arlindo sehingga meningkatkan tinggi permukaan air laut. Sebaliknya selama musim Timur, arus di Samudra Hindia digantikan oleh arus ekuator Selatan yang menyebar ke arah Utara sehingga mendorong massa air menjauh dari Samudra Hindia bagian Timur. Hal tersebut yang membuat penurunan tinggi muka air laut (Safitri, 2012).

4.2.3 Hubungan Sea Level Anomaly dan Anomali Suhu Permukaan Laut

Berdasarkan hasil regresi data anomali muka air laut dan anomali suhu permukaan laut (Gambar 14) didapatkan hasil bahwa anomali suhu permukaan laut dan anomali muka air laut memiliki hubungan dan berbanding lurus. Terlihat pada grafik Anomali SPL-SLA (Gambar 20), fluktuasi yang grafik anomaliSPL hampir sama dengan grafik SLA meskipun tidak sama persis kenaikan dan penurunannya.



Gambar 20. Grafik Sea Level Anomaly dan Anomali Suhu Permukaan Laut

Garis biru menunjukkan nilai SLA, garis merah nilai Anomali SPL
Prigi Fluktuasi SLA & Anomali SPL menunjukkan pola yang hampir sama

Hubungan antara paras muka air laut dan suhu permukaan laut dimulai dari peningkatan suhu atmosfer (suhu global). Peningkatan suhu atmosfer akan diikuti oleh peningkatan suhu di permukaan air laut, sehingga volume air laut meningkat maka tinggi permukaan air laut juga akan meningkat. Dua faktor utama yang dapat menyebabkan peningkatan permukaan laut antara lain: (1) pemuai air laut karena meningkatnya suhu permukaan laut dan (2) masukan air dari tanah seperti tutupan es di belahan bumi Selatan, pencairan gletser, dan masukan air sungai, dan danau (NOAA, 2015)

Peningkatan suhu udara diikuti dengan peningkatan suhu permukaan laut. Laut menyerap 85% panas berlebih yang terperangkap di atmosfer. Penghangatan permukaan laut yang membuat air laut memuai. Pemuai inilah yang menjadi pendorong utama peningkatan muka air laut. Peningkatan suhu juga mempengaruhi keadaan es, dimana pembentukan es di daerah belahan bumi Selatan lebih sedikit jumlahnya dari es yang mencair saat musim panas. Hal ini yang membuat jumlah air yang masuk ke laut meningkat dan menyebabkan peningkatan paras laut (*Union of Concerned Scientists*, 2015).

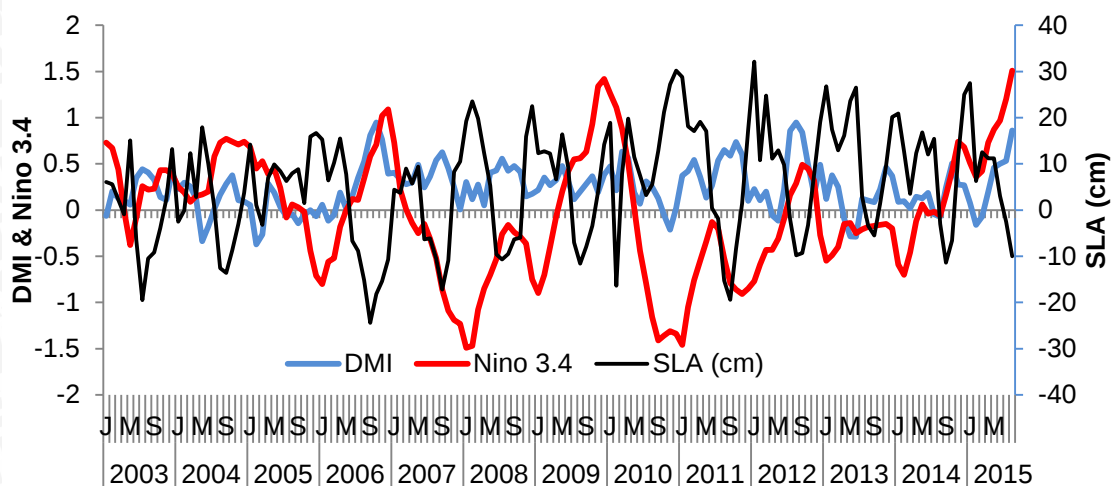
4.2.4 Hubungan Sea Level Anomaly dengan Variasi Iklim (IOD dan ENSO)

Pada pembahasan sebelumnya mengenai hubungan SLA dengan anomali suhu permukaan laut, didapatkan hasil bahwa SLA dan anomali SPL memiliki hubungan berbanding lurus, sedangkan berdasarkan Gambar 21. dapat terlihat bahwa *Sea Level Anomaly* memiliki hubungan berbanding terbalik dengan kedua indeks Niño 3.4 dan DMI. Terlihat bahwa ketika kedua indeks memiliki nilai lebih dari $0,5^{\circ}\text{C}$, SLA berada pada fase negatif. Berdasarkan nilai korelasinya, dapat disimpulkan bahwa SLA memiliki hubungan yang cukup erat dengan ENSO dan IOD. Hasil analisis korelasi antara SLA dengan ENSO dan IOD tersaji pada Lampiran 7. Pada analisis statistik SLA dengan ENSO & IOD dihasilkan nilai R^2

sebesar 0,298 yang menunjukkan bahwa nilai SLA dipengaruhi oleh fenomena ENSO dan IOD sebesar 29,8%. Untuk pengaruh dari ENSO sendiri yaitu sebesar 37,2%, sedangkan untuk pengaruh DMI sebesar 45,6%.

Hubungan antara SLA dan variasi iklim terkait dengan fenomena El Niño dan La Niña. Dapat terlihat terjadi penurunan SLA pada tahun 2006, 2007, dan 2010. Merujuk pada Gambar 17. dapat diketahui bahwa pada tahun-tahun tersebut merupakan tahun terjadinya El Niño. Peristiwa El Niño yang telah menyebabkan penurunan drastis terhadap nilai SLA dan menyebabkan terjadinya fenomena naiknya paras laut yang cukup tinggi saat periode El Niño tersebut habis. Pada fase La Niña paras laut lebih tinggi dari keadaan biasanya, karena dipengaruhi oleh curah hujan yang lebih tinggi juga. Kenaikan nilai SLA terjadi pada awal tahun 2011, terjadinya kenaikan paras laut yang cukup drastis tersebut dapat disebabkan oleh pengaruh La Niña. Saat La Niña terjadi, air yang dibawa turun ke daerah ini dari Samudera Pasifik menjadi meningkat, curah hujan juga meningkat, sehingga paras laut mengalami kenaikan lebih tinggi dari biasanya (Hadianti, 2014).

Sea Level Anomaly juga dipengaruhi oleh fenomena IOD. Pada saat IOD positif, anomali suhu permukaan laut di Samudera Hindia tropis bagian Barat lebih besar daripada bagian Timurnya sehingga terjadi peningkatan curah hujan dari normalnya di pantai Timur Afrika dan Samudera Hindia bagian Barat. Di Indonesia terjadi penurunan curah hujan dari normalnya yang menyebabkan kekeringan. Hal tersebut yang mempengaruhi keadaan paras Laut di Indonesia. Fase yang berlawanan dengan kondisi ini dikenal sebagai IOD negatif (Ashok *et al.*, 2001).



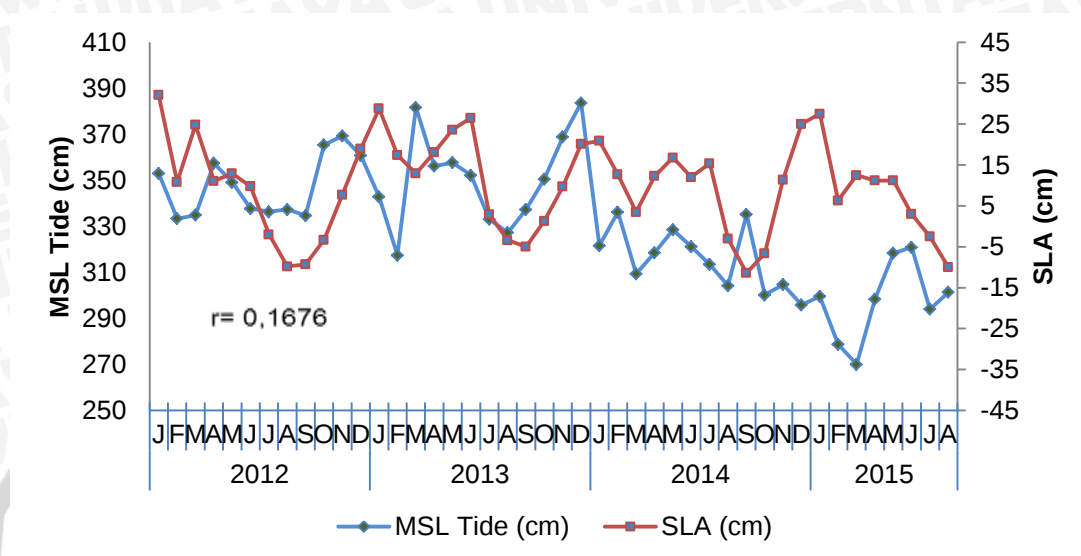
Gambar 21. Grafik Hubungan SLA dan Variasi Iklim
SLA memiliki hubungan terbalik dengan DMI & Nino 3.4

4.2.5 Hubungan Pasang Surut dan Sea Level Anomaly

Berikut adalah grafik perbandingan grafik SLA Teluk Prigi yang berasal dari perekaman satelit altimetri dengan grafik data pengamatan pasut milik Badan Informasi Geospasial (BIG) selama Januari 2012 – Agustus 2015 (Gambar 22). Kecenderungan grafik yang menurun dan tidak menunjukkan kenaikan muka air laut diduga merupakan akibat dari rentan waktu data yang digunakan dalam perbandingan kedua data tersebut, yang mungkin memang pada rentan waktu tersebut cenderung mengalami penurunan muka air laut.

Perbandingan pada grafik menunjukkan pola grafik yang relatif sama, walaupun keduanya tidak memiliki nilai kenaikan atau penurunan yang sama. Ada beberapa titik yang menyimpang dapat dikategorikan sebagai anomali yang diakibatkan oleh kesalahan bias satelit atau bacaan pengamatan pasut. Grafik diatas juga menunjukkan adanya korelasi antara data pengamatan pasang surut dengan data SLA dari satelit altimetri dengan nilai $r = 0,1676$. Dari nilai korelasi sebesar 0,1676 tersebut memiliki arti bahwa kedua data tersebut memiliki keeratan hanya sebesar 16,76%. Nilai korelasi yang rendah memiliki arti bahwa data SLA dan MSL tidak dapat saling menggantikan. Hal tersebut diduga karena

rentan data yang digunakan terlalu pendek. Menurut Affandi dan Taufik (2014), MSL yang dianggap terbaik yaitu ialah hasil pengamatan selama 18,6 tahun. Waktu tersebut dianggap



Gambar 22. Grafik Pasang Surut dan Anomali Muka Air Laut
Garis biru menunjukkan nilai MSL, garis merah nilai SLA
Prigi Fluktuasi MSL & SPL menunjukkan pola yang hampir sama

Kecenderungan grafik yang menurun dan tidak menunjukkan kenaikan muka air laut diduga merupakan akibat dari rentan waktu data yang digunakan dalam perbandingan kedua data tersebut, yang mungkin memang pada rentan waktu tersebut cenderung mengalami penurunan muka air laut. Perbandingan diatas grafik menunjukkan pola grafik yang relatif sama, walaupun keduanya tidak memiliki nilai kenaikan atau penurunan yang sama. Ada beberapa titik yang menyimpang dapat dikategorikan sebagai anomali yang diakibatkan oleh kesalahan bias satelit atau bacaan pengamatan pasut. Grafik diatas juga menunjukkan bahwa adanya korelasi antara data pengamatan pasang surut dengan data SLA dari satelit altimetri dengan nilai $r = 0,1676$. Dari nilai korelasi sebesar 0,1676 tersebut memiliki arti bahwa kedua data tersebut memiliki keeratan hanya sebesar 16,76%. Nilai korelasi yang rendah memiliki arti bahwa data SLA dan MSL

tidak dapat saling menggantikan. Hal tersebut diduga karena rentan data yang digunakan terlalu pendek. Menurut Affandi dan Taufik (2014), MSL yang dianggap terbaik yaitu ialah hasil pengamatan selama 18,6 tahun. Waktu tersebut dianggap mendekati bentuk dari model geoid, sehingga nilai MSL dapat digunakan sebagai acuan referensi tinggi.

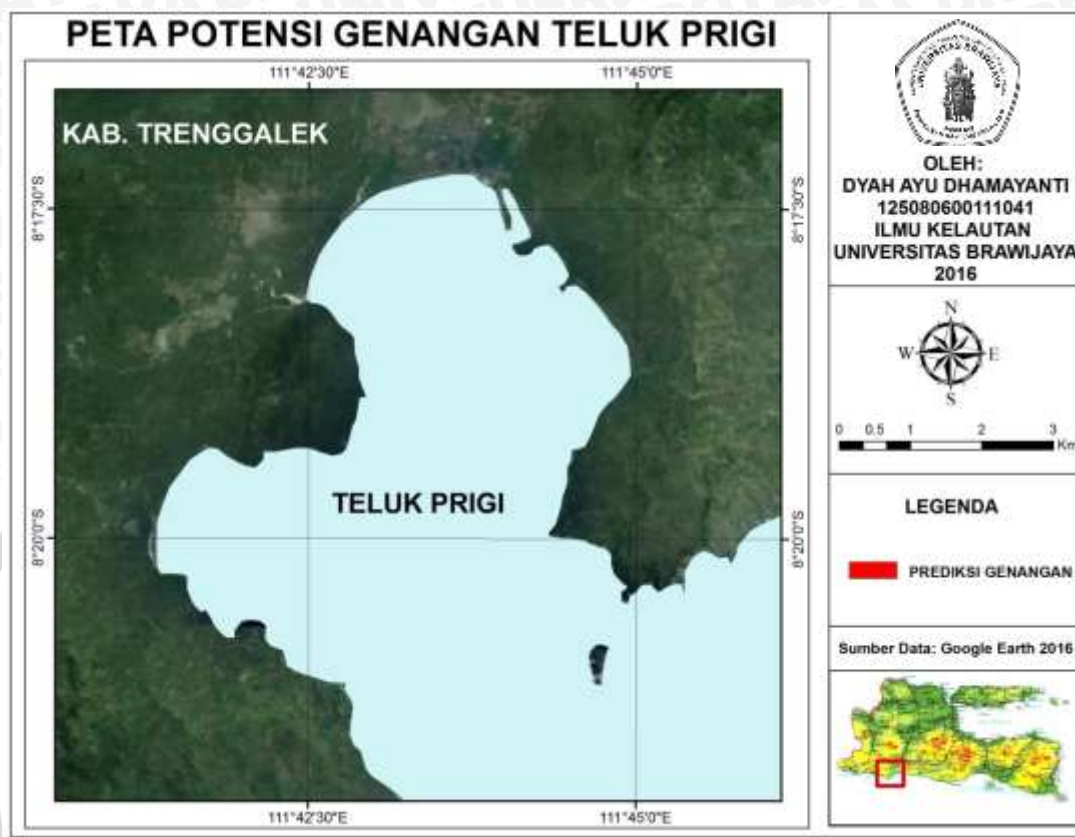
4.2.5 Prediksi Kenaikan Muka Air Laut

Nilai *sea level rise* yang dihasilkan dalam penelitian ini untuk Perairan Teluk Prigi memiliki laju kenaikan sebesar 8,70 mm/tahun. Hal ini masih memiliki perbedaan nilai laju kenaikan dengan beberapa penelitian yang telah dilakukan. Penelitian-penelitian tersebut antara lain penelitian yang dilakukan oleh Wuriatmo (2011) dimana nilai laju kenaikan muka air laut Prigi bernilai $1,30 \pm 0,38$ mm/tahun, Limantara *et al.* (2013) yang mendapatkan hasil kenaikan muka air laut di Prigi sebesar 12,60 mm/tahun serta Nababan *et al.* (2015) yang menyatakan nilai laju anomali untuk perairan Selatan Jawa berkisar antara 5,04 mm/tahun. Perbedaan ini dikarenakan terdapat perbedaan kurun waktu dan jenis data kenaikan muka air laut yang digunakan. Dalam Sofian dan Habib (2010) menunjukkan nilai kenaikan muka air laut di Indonesia berkisar antara 0,20 hingga 1,00 cm/tahun. Dengan demikian nilai kenaikan muka air laut Teluk Prigi pada penelitian ini sesuai dengan kisaran nilai kenaikan muka air laut di Indonesia.

4.2.6 Potensi Genangan Pesisir Prigi

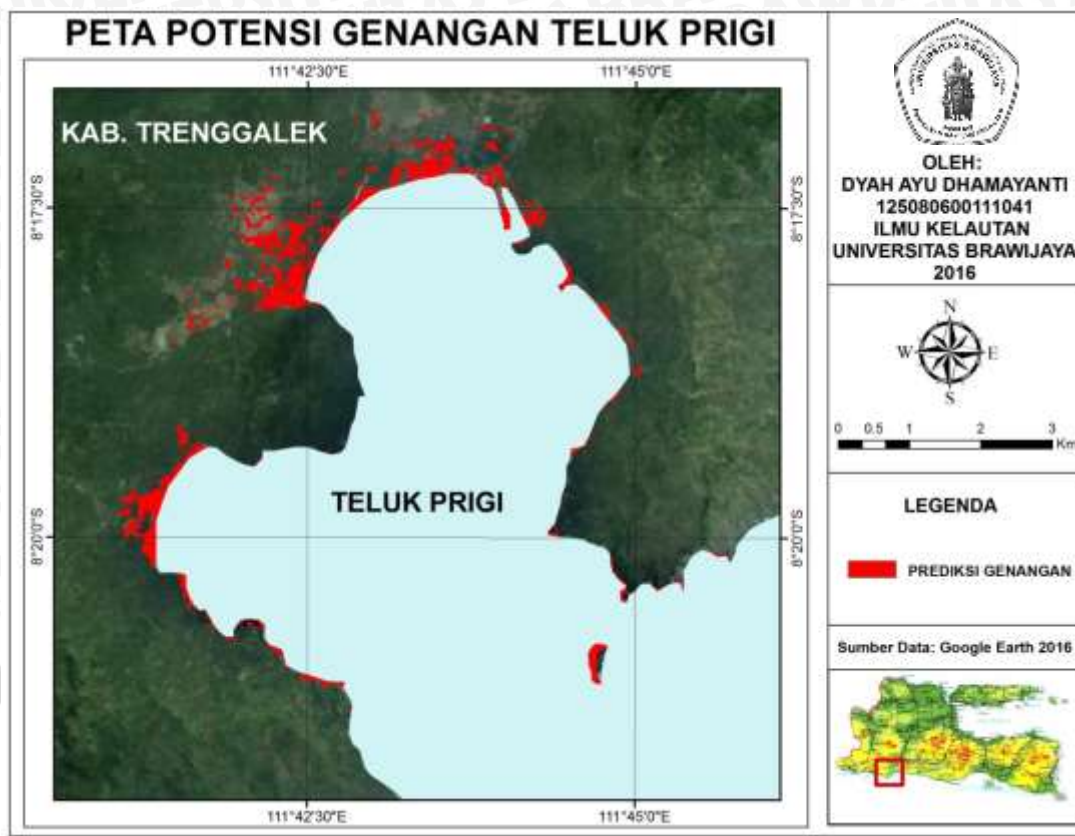
Berdasarkan laju kenaikan tinggi muka air laut perairan Teluk Prigi dengan laju 8,70 mm/tahun maka untuk prediksi potensi genangan selama 5, 10, 15, dan 25 tahun yang akan datang dengan prediksi laju kenaikan muka air laut (Tabel 8), maka didapatkan hasil bahwa tidak terdeteksi adanya genangan yang terjadi akibat kenaikan muka air laut di pesisir Teluk Prigi (Gambar 23). Hal tersebut dapat terjadi

dikarenakan elevasi daerah Pesisir Prigi yang tinggi dengan bentuk pantai yang curam.



Gambar 23. Prediksi Potensi Genangan Pesisir Prigi

Potensi genangan peisir Prigi dapat terlihat jelas pada kenaikan yang sangat signifikan. Seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 24., dengan kenaikan muka air laut yang mencapai 10 meter banyak bagian wilayah pesisir yang akan mengalami genangan akibat kenaikan muka air laut. Berdasarkan prediksi laju kenaikan muka air laut Teluk Prigi yang mencapai 8,70 mm/tahun tentu saja akan memerlukan waktu yang sangat lama ± 1.150 tahun yang akan datang untuk dapat mencapai ketinggian yang signifikan seperti yang tersedia pada Gambar 24.



Gambar 24. Prediksi Potensi Genangan Kenaikan 10 m

5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

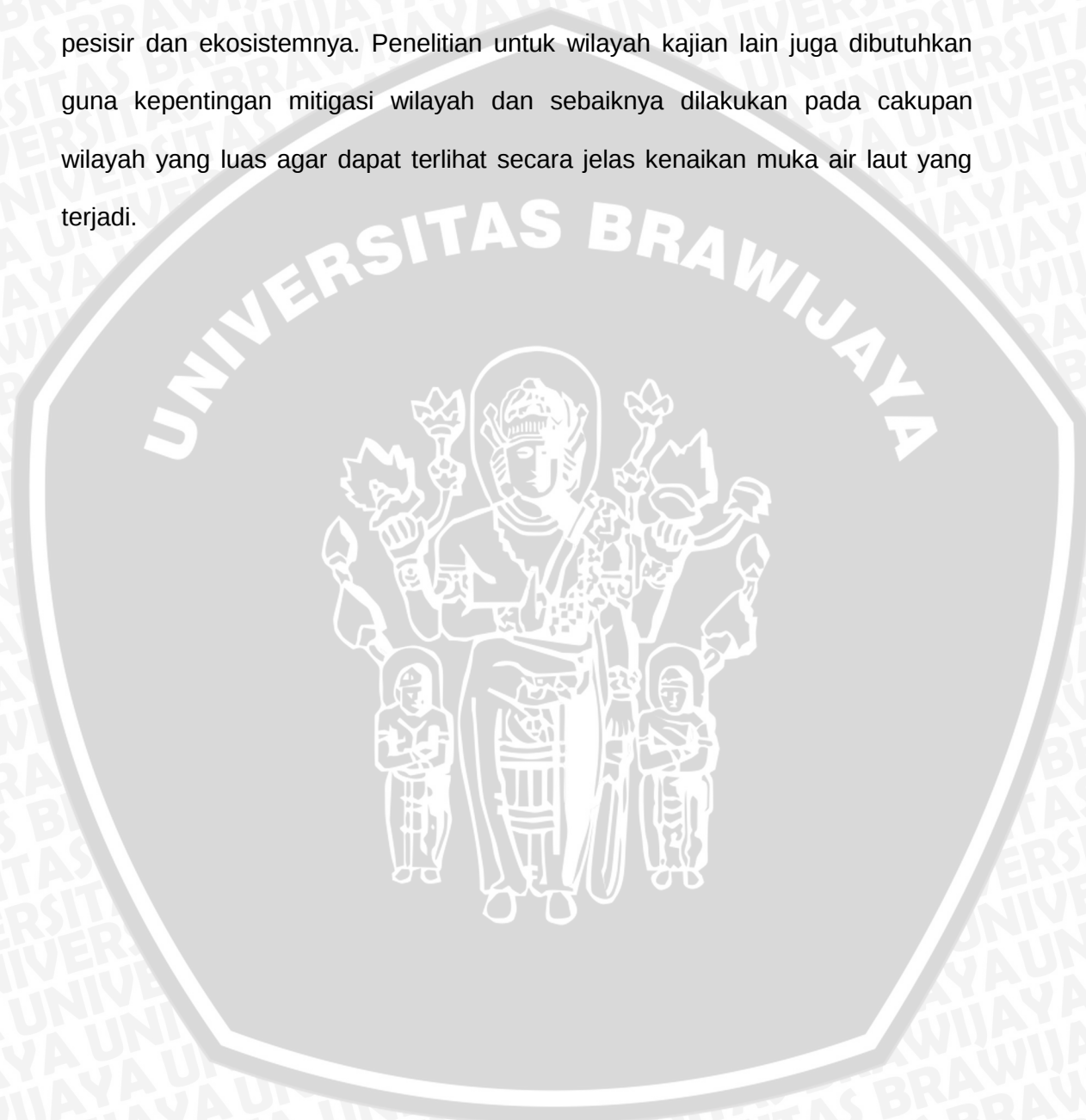
Berdasarkan hasil penelitian ini diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Kenaikan muka air laut yang dilihat dari nilai *sea level anomaly* dengan suhu permukaan laut memiliki hubungan yang berbanding lurus ditunjukkan dengan hubungan SLA dan Anomali SPL dengan nilai R^2 sebesar 0.0605. SLA juga memiliki hubungan yang cukup erat dengan variasi iklim (ENSO & IOD) dengan nilai R^2 sebesar 0,298 . Untuk pengaruh dari ENSO sendiri yaitu sebesar 37,2%, sedangkan untuk pengaruh DMI sebesar 45,6%.
2. Dengan asumsi bahwa kondisi oseanografi dan lingkungan lain tetap, maka diprediksi laju kenaikan paras laut sebesar 8,70 mm/tahun. Simulasi laju kenaikan paras laut pada 5, 10, 15 dan 25 tahun mendatang masing-masing sebesar 43,5 mm, 130,5 mm, 217,5 mm dan 304,50 mm.
3. Berdasarkan simulasi tersebut didapatkan hasil bahwa tidak terdapat daerah yang akan mengalami dampak genangan akibat kenaikan muka air laut di kawasan pesisir Teluk Prigi mengingat ketinggian lahan wilayah tersebut. Genagan pada daerah pesisir Prigi akibat kenaikan muka air laut diprediksi akan sangat terlihat pada kenaikan sebesar 10m yang dapat terjadi dalam kurun waktu ± 1.150 tahun mendatang.

5.2 Saran

Perlu dilakukan penelitian lanjutan yang tidak hanya dilakukan dari data satelit saja, melainkan dengan menggunakan data *insitu* dari *tide gauge* dengan

rentan kajian waktu yang lebih lama. Penelitian lebih lanjut juga disarankan untuk mengkaji potensi dampak kenaikan muka air laut yang lebih meluas, tidak hanya terbatas pada dampak genangan wilayah saja. Selain itu diperlukan kajian tentang upaya penanganan dampak kenaikan muka air laut terhadap lingkungan pesisir dan ekosistemnya. Penelitian untuk wilayah kajian lain juga dibutuhkan guna kepentingan mitigasi wilayah dan sebaiknya dilakukan pada cakupan wilayah yang luas agar dapat terlihat secara jelas kenaikan muka air laut yang terjadi.



DAFTAR PUSTAKA

- Adibrata, Sudirman. 2007. Analisis Pasang Surut di Pulau Karampuang, Provinsi Sulawesi Barat. Jurnal Sumberdaya Perairan. Vol.1:1-6
- Affandi, Ikhsan Dwi dan Dr. Ir. Muhamad Taufik. Analisa perubahan Muka Air Laut (*Sea Level Rise*) Terkait Dengan Fenomena Pemanasan Global (*Global Warming*) (Studi Kasus: Pelabuhan Tanjung Perak Surabaya). Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya
- Alansar, T., 2014. Pengelolaan Wilayah Pesisir dan Laut secara Berkelanjutan di Nusa Tenggara Timur.
- Anggrayeni, D.A.R., Sukojo, B.M., Jelani, L.M., 2011. Studi Perubahan Suhu Permukaan Laut Menggunakan Satelit Aqua Modis. Inst. Sepuluh Nop. 1–7.
- Arisyandi, Ari. 2015. Sistem informasi geografis Pemetaan Kawasan Pelabuhan di provinsi Kalimantan Barat. Universitas Tanjungpura,
- Aviso CNES. 2016. <http://www.aviso.altimetry.fr/en/home.html>. Diakses pada 14 Maret 2016
- BMKG. 2016. Sejarah Dampak El Niño DI Indonesia. Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika. <http://www.bmkg.go.id/>
- Darmawan, Mulyanto. 2011. Sistem Informasi geografis (SIG) dan Standarisasi Pemetaan Tematik. Badan Koordinasi Survei dan pemetaan Nasional.
- Djau, M.S., 2012. Analisis Keberlanjutan Sistem perikanan di Kawasan Konservasi Laut Daerah (KKLD) Olele dan Perairan Sekitarnya Kabupaten Bone Bolango Provinsi Gorontalo (Tesis). Intitut Pertanian Bogor, Bogor.
- Fadilah., Suripin., Dwi P. Sasongko. 2014. Penentuan Tipe Pasang Surut dan Muka Air Rencana Perairan Laut Kabupaten Bengkulu Tengah menggunakan Metode Admiralty. Maspari Journal No.6 (1): 1-12.
- Farita, Yadranka. 2006. Variabilitas Suhu di Perairan Selatan Jawa Barat dan Hubungannya dengan Angin Muson, Indian Ocean Dipole dan El Niño Southern Oscillation. Ilmu dan Teknologi Kelautan , FPIK IPB. Bogor
- Fu, 11 and A Cazenave. 2001. Satellite Altimetry and Earth Sciences-Handbook of Technique and Application. International Geophysics Series. Academic Press. San Diego
- Gaol J. Lumban, Risti Endriyani, dan Merisa Mei Ling., 2014. Pemetaan Suhu Permukaan Laut dari Satelit di Perairan Indonesia Untuk mendukung

"One Map Policy". Seminar Nasional Penginderaan Jauh 2014. Departemen Ilmu dan Teknologi Kelautan. IPB: Bogor.

Habibie, Muhammad Najib dan Tria Astuti Nuraini. 2014. Karakteristik dan Tren Perubahan Suhu Permukaan Laut di Indonesia Periode 1982-2009. *Jurnal Meteorologi dan Geofisika* 15(1) : 37-49

Hadad, Ismid. 2010. Perubahan Iklim dan Pembangunan Berkelanjutan: *Sebuah Pengantar*. Perubahan Iklim & Tantangan Peradaban. Vol 29, No. 2 April 2010.

Hadianti, Sri. 2014. Dinamika Paras Laut di Perairan Indonesia. Departemen Ilmu dan Teknologi Kelautan. Institut Pertanian Bogor. Bogor.

Hakim, Buddin A., Surhayanto., Wahjukrisna Hidajat. 2013. Pengaruh Kenaikan Air Laut Pada Efektifitas Bangunan Untuk Perlindungan Pantai Kota Semarang. *Buletin Oseanografi Marina*. Vol 2: 81-93.

Hadikusumah. 1995. *Study on Sea Level Rise in The Western Indonesia*. Marine Research in Indonesia No.29: 31-40

Hastuti, Amandangi Wahyuning. 2012. Analisis Kerentanan Pesisir Terhadap Ancaman Kenaikan Muka Laut di Selatan Yogyakarta. Skripsi. Departemen Ilmu dan Teknologi Kelautan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Institut Pertanian Bogor.

Hidayat, Arief. 2012. Analisis Pengembangan Kawasan Pesisir Berbasis Mitigasi Sea Level Rise (Kenaikan Muka Air Laut) Studi Kawasan Kota Lama Makassar. Jurusan Teknik Perencanaan Wilayah dan Kota Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Alauddin. Makassar.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 2001. *Climate Change 2001*. The Scientific Basis – Contribution of Working Group I to the IPCC Third Assessment Report 2001.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 2007. *Climate Change 2007*. The Physical Science Basis, Summary for Policymakers

Irawan, Bambang. 2006. Fenomena Anomali Iklim El Niño Dan LA Niña : Kecenderungan Jangka Panjang dan Pengaruhnya Terhadap produksi Pangan. *Forum Penelitian Agro Ekonomi*. Vol 24:1. 28-45

Isfandiari, Adila dan D.S. Abi Suroso. 2014. Potensi Dampak Kerusakan Akibat Kenaikan Muka Air Laut di Wilayah Pesisir Kabupaten Indramayu Tahun 2030. Sekolah Arsitektur Perencanaan dan Pengembangan Kebijakan ITB. *Jurnal Perencanaan Wilayah dan Kota SAPPK V1N2*: 448-496.

Kuncoro, Mudrajad. 2003. Metode Riset untuk Bisnis dan Ekonomi. Jakarta : Erlangga

Limantara, Yugi., Bambang Sudarsoso., Bandi Samito. 2013. Analisis Sea Level Rise menggunakan Data Satelit Altimetri Jason-2 Periode 2008-2012

Studi Kasus Laut Utara dan Laut Selatan Jawa. Jurnal Geodesi UNDIP
2(4)

- Mahatmawati, Anugrah Dewi., Mahfud Efendy., Aries Dwi Siswanto. 2009. Perbandingan fluktuasi Muka Air Laut Rerata (MLR) di Perairan Pantai Utara Jawa Timur Dengan Perairan Pantai Selatan Jawa Timur. Jurnal Kelautan Vol.2 No.1
- Mahmudi. 2014. Analisis Ketelitian Dem Aster Gdem, Srtm, Dan Lidar Untuk Identifikasi Area Pertanian Tebu Berdasarkan Parameter Kelerengan (Studi Kasus: Distrik Tubang, Kabupaten Merauke, Provinsi Papua). Skripsi. Program Studi Teknik Geodesi Fakultas Teknik. Universitas Diponegoro. Semarang.
- Maroeto dan Hadi Suhardjono. 1999. Pola Penataan Ruang Dalam Usaha-Usaha Konservasi Pada Wilayah Hutan Mangrove Di Daerah Teluk Prigi, Kabupaten Trenggalek. Jurnal Pertanian Mapeta Vol.4:11.
- Marpaung, Sartono dan Wawan K. Harsanugraha. 2014. Karakteristik Sebaran Anomali Tinggi Muka Laut Di Perairan Bagian Selatan dan Utara Pulau Jawa. Deteksi Parameter Geobiofisik dan Diseminasi Penginderaan Jauh. Seminar Nasional Penginderaan Jauh.
- Mubarok, zaki. 2010. Sistem Informasi Spasial potensi Perikanan Kabupaten Cirebon berbasis Web. Skripsi. Universitas Islam Negeri SYarif Hidayatullah Jakarta.
- Muhammad., Syamsul Rizal., Junaidi M. Affan. 2012. Pengaruh Enso (El Niño and Southern Oscillation) Terhadap Transpor masa Air Laut Di Selat Malaka. Depik 1:1. 61-67.
- Nababan, Bisman, Sri Hadianti., Nyoman M.N Natih. 2015. Dinamika Anomali Paras Laut Perairan Indonesia. Jurnal Ilmu dan teknologi Kelautan Tropis 7(1):259-272.
- NOAA. 2007. *Climate change*. NOAA National Weather Service October 2007.
- Nurdin. 2012. Antisipasi Perubahan Iklim untuk Keberlanjutan Ketahanan Pangan. Fakultas pertanian Universitas Gorontalo.
- Putuneha, Jusmy D. 2011. Perubahan Iklim dan Resiko Bencana Pada Wilayah Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil. Fakultas Pertanian. Universitas PaTimura.
- Safitri, M., S. Y. Cahyani., 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(2). 369-377.
- Sari, P,M dan Sudaryatno. 2013. Pemanfaatan Citra Penginderaan Jauh dan Sistem Informasi Geografis untuk Identifikasi Mataair di Kabupaten Sleman. Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.

- Sartimbul, Aida., Dedi Setyawan., Alfian Jauhari., Hideaki Nakata., Erfan Rohadi., Erawati Wulandari., 2015. Variasi Suhu Hasil Perekaman "Tidbit" dan Hubungannya dengan Perikanan Tangkap di Prigi, Trenggalek. Seminar Nasional Perikanan dan Kelautan V. Universitas Brawijaya. Malang
- Sofian, Ibnu dan Irmadi Nahib. 2010. Proyeksi Kenaikan Tinggi Muka Air Laut Dengan Menggunakan Data Altimeter dan Model IPCC-AR4. *Globe* 12(2): 173-181.
- Sriartha, I Putu dan I Wayan Krisna Eka Putra. 2015. Distribusi Spasial genangan Air LAut berdasarkan Analisis Data Satelit Altimetri Envisat Di Wilayah Pesisir Barat kabupaten Bali. *Jurnal Bumilestari* 15(2). 165-175.
- Sukresno, Bambang. 2006. Pengolahan Data Satelit NOAA-AVHRR untuk Pengukuran Suhu Permukaan Laut Rata-Rata Harian. Prosiding. Seminar dan Diskusi Riset Kelautan Bandung. Hal.90-101.
- Susandi, Armi., Indriani Herlianti., Mamad Tammadin., Irma Nurlela. 2008. Dampak Perubahan Iklim Terhadap Ketinggian Muka Laut di Wilayah Banjarmasin. Program Studi Meteorologi. Institut Teknologi Bandung. *Jurnal Ekonomi Lingkungan* Vol.12/ No.2.
- Suwarso., Arief Wudji., Moh. Fauzi. 2014. Exploitation and Cacth Fluctuation of Small Pelagic Fishes in Prigi Waters, South Coast of Java. *Ind.Fish.Res.J.* Vol.20(2): 69-76.
- Syaifullah, M. Djazim. 2010. Analisis Suhu muka Laut Selatan Jawa dan Pengaruhnya Terhadap Curah hujan Das Citarum. *Jurnal Sains & Teknologi Modifikasi Cuasa* 11(2) : 11-19
- Tarecha, Mochamad Agung dan Cahyo Chrysdian. 2013. Visualisasi 3d Rupa Bumi Berbasis Data GDEM ASTER 30 Meter. Seminar Nasional Matematika dan Aplikasinya. Fakultas Sains dan Teknologi. UIN maulana Malik Ibrahim. Malang.
- Tarigan, M. Salam. 2007. Perubahan Garis Pantai di Wilayah Pesisir Perairan Cisadane, Provinsi Banten. *Makara Sains* Vol. 11 (1) : 49-55.
- Thomson. R. E., B.D. Bornhold., S. 2008. An Examination Of The Factors Affecting Relative And Absolute Sea Level In Calivornia In Coastal British Columbia. Fisheries and Ocean Canada institute of Ocean Sciences. Canadian Technical Report of Hydrography and Ocean Science 260.
- Trialfhianty, Tyas Ilmi. 2012. Pengoperasian Jaring Udang di PPn Prigi Tasikmadu, Watulimo, Trenggalek, Jawa Timur. Jurusan Perikanan Fakultas Pertanian. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta
- Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 1 Tahun 2014 Tentang Perubahan Atas Undang-Undang Nomor 27 Tahun 2007 Tentang Pengelolaan Wilayah Pesisir Dan Pulau-Pulau Kecil.
- Union of Concered Scientist. 2015. Causes of Sea Level Rise.

USDA & NIFA. 2013. Is it Weather or is it Climate? What's the Difference?. Southeast Climate. <http://agroclimate.org/climate/Weather-Climate.pdf> . Diakses pada 17 Februari 2016 19.48 WIB.

U.S. Environmental Protection Agency. 2014. Climate change indicators in the United States, 2014. Third edition. EPA 430-R-14-004. www.epa.gov/climatechange/indicators.

Wahyudin, Yudi. 2011. Karakteristik Sumberdaya Pesisir dan Laut Kawasan Palabuhanratu, kabupaten Sukabumi, Jawa Barat. Pusat Kajian Sumberdaya Pesisir dan Lautan Institut Pertanian Bogor. Bonorowo Wetlands 1(1) : 19-32.

Wibowo, Leo Arbi., Mohammad Colichin., Rispiningtati., Runi Asmaranto. 2013. Penggunaan Citra Aster Dalam Identifikasi Peruntukan Lahan Pada Sub Das Lesti (Kabupaten Malang). Jurnal Teknik Pengairan Vol.4, No.1:39-46.

Wulandari E., E. Y. Herawati., D. Arfiati. 2014. Kandungan Logam berat Pb Pada Air Laaut Dan Tiram *Saccostrea glomerata* Sebagai Bioindikator Kualitas Perairan Prigi, Trenggalek, JawaTimur. Jurnal Penelitian Perikanan Vol 1:1, 10-14.

Wuriatmo, Hastho. 2011. Analisa Sea Level Rise Dari Data Satelit Altimetri Topex/Poseidon, Jason-1 dan Jason-2 di Perairan Laut Pulau Jawa Periode 2000-2010. Skripsi. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Sebelas Maret. Surakarta.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Skema Admiralty

– Skema 1

Data pasang surut disusun berdasarkan kolom skema 1. Pada kolom, baris ke kanan menunjukkan waktu pengamatan tiap jam mulai pukul 00.00 – 23.00 dan ke bawah menunjukkan tanggal selama 29 piantan tiap bulannya. Contoh penyusunan kolom skema 1 tersaji pada Tabel 10.

Tabel 10. Kolom Skema 1 Admiralty

Tanggal	Jam																							
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
1-1-12	340	365	379	378	363	340	317	304	302	318	347	385	422	449	455	441	407	356	304	262	230	223	240	275
2-2-12	315	361	390	399	387	364	331	304	292	294	314	354	394	432	457	464	438	398	341	287	246	221	223	251
3-1-12	295	344	382	402	408	388	356	320	295	284	291	318	360	406	441	462	460	429	384	328	274	237	225	237
4-1-12	274	322	370	407	423	417	392	354	314	292	287	297	324	370	413	444	459	450	414	368	317	271	247	245
5-1-12	266	307	355	400	430	437	425	393	355	316	291	284	299	333	373	410	431	442	426	393	348	305	266	251
6-1-12	260	288	331	377	416	442	443	421	385	347	312	291	294	309	336	368	402	418	416	403	369	332	298	273
7-1-12	268	284	316	356	394	429	442	440	419	386	350	323	304	303	317	340	363	383	397	398	380	353	324	298
8-1-12	285	290	309	337	374	406	428	441	436	413	384	353	325	309	310	320	334	354	368	376	373	361	340	321
9-1-12	306	290	308	323	349	377	402	419	428	421	404	378	355	331	317	311	314	320	335	347	353	354	350	339
10-1-12	326	319	318	324	337	357	377	396	411	418	416	404	381	359	339	317	305	303	308	316	330	340	345	347
11-1-12	344	338	334	330	332	340	352	372	392	406	415	412	405	385	365	339	315	301	295	296	308	322	337	347
12-1-12	356	356	352	346	338	336	338	349	364	388	407	420	424	413	395	370	337	312	290	283	291	305	326	350
13-1-12	364	371	373	367	351	340	333	335	344	364	390	415	430	431	421	396	359	324	297	277	271	284	306	337
14-1-12	364	380	388	382	367	350	333	324	329	346	373	404	432	444	437	419	387	349	307	279	265	269	289	324
15-1-12	357	384	401	403	386	362	338	322	316	328	357	387	422	449	456	442	415	375	330	291	268	260	275	310
16-1-12	346	382	408	416	404	380	354	325	310	313	333	367	404	440	459	457	434	397	352	308	272	258	266	295
17-1-12	331	376	408	423	418	398	365	333	309	300	314	344	384	429	453	457	443	413	370	322	283	261	259	280
18-1-12	321	365	399	423	431	412	386	350	320	302	304	325	361	406	439	452	448	423	387	340	297	266	260	272
19-1-12	302	348	390	418	430	426	400	364	331	309	298	309	342	380	413	434	440	427	396	356	315	279	263	265
20-1-12	292	333	378	410	428	428	411	379	344	315	299	297	319	352	387	412	422	420	399	366	326	290	270	264
21-1-12	283	320	358	392	416	427	420	394	365	330	309	300	312	336	365	389	404	408	397	373	343	309	282	275
22-1-12	286	310	347	381	408	424	426	408	382	350	324	310	312	326	346	366	381	388	390	376	350	322	298	284
23-1-12	286	305	337	367	397	418	424	415	397	370	342	324	318	321	333	349	364	375	376	369	356	337	316	301
24-1-12	301	311	330	358	383	401	416	417	408	389	371	350	330	325	324	327	336	345	350	351	349	340	326	318
25-1-12	314	319	331	346	364	385	401	409	410	407	389	371	355	344	330	323	321	321	323	331	335	336	334	331
26-1-12	328	328	336	342	354	367	379	392	403	406	405	400	386	368	347	332	315	302	300	305	312	322	331	339
27-1-12	343	347	345	345	346	349	355	367	381	398	408	414	414	400	377	351	322	296	282	279	287	302	319	336
28-1-12	352	361	360	356	347	339	335	342	358	379	400	421	430	427	410	380	344	306	274	259	261	276	302	330
29-1-12	354	370	376	369	351	334	318	312	322	346	375	404	431	447	439	413	374	326	280	247	238	244	273	311
30-1-12	349	378	395	395	375	348	319	302	298	308	342	380	417	444	458	448	414	363	310	262	233	231	251	290
31-1-12	334	376	408	415	403	372	336	300	280	281	302	339	387	432	457	461	441	398	344	285	243	222	229	265

– Skema 2

Pada skema 2, data pasang surut yang telah disusun pada skema 1 dikalikan dengan nilai pengali pada Tabel 11 untuk setiap harinya. Tabel 10 berisi deretan bilangan 1 dan -1 (kecuali untuk X_4 berisi bilangan 0). Langkah selanjutnya adalah perhitungan dengan menjumlahkan bilangan yang dikalikan dengan 1 dan diisikan dibawah kolom bertanda (+) untuk masing-masing X_1 , Y_1 , X_2 , Y_2 , X_4 , Y_4 . Hal yang sama juga dilakukan untuk penjumlahan dari perkalian dengan bilangan -1 yang diisikan pada kolom (-) (Tabel 12).

Tabel 11. Tabel Bilangan Pengali Admiralty

No	Jam pengamatan																							
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
X ₁	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
Y ₁	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
X ₂	1	1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	1	1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	1	1
Y ₂	1	1	1	1	1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	1	1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
X ₄	1	0	-1	-1	0	1	1	0	-1	-1	0	1	1	0	-1	-1	0	1	1	0	-1	-1	0	1
Y ₄	1	1	1	-1	-1	-1	1	1	1	-1	-1	-1	1	1	1	-1	-1	-1	1	1	1	-1	-1	-1

Tabel 12. Hasil Perkalian Skema 2 Admiralty

Waktu	X ₁		Y ₁		X ₂		Y ₂		X ₄		Y ₄	
	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-
1-Jan-12	4503	3699	4064	4138	4198	4004	4695	3507	2739	2726	4129	4073
2-Jan-12	4472	3785	4152	4105	4006	4251	4799	3458	2748	2763	4150	4107
3-Jan-12	4422	3904	4243	4083	3820	4506	4777	3549	2767	2777	4185	4141
4-Jan-12	4396	4075	4322	4149	3712	4759	4673	3798	2813	2828	4232	4239
5-Jan-12	4352	4184	4277	4259	3646	4890	4483	4053	2830	2862	4273	4263
6-Jan-12	4326	4205	4218	4313	3671	4860	4241	4290	2837	2845	4255	4276
7-Jan-12	4370	4197	4160	4407	3826	4741	4057	4510	2844	2867	4268	4299
8-Jan-12	4407	4140	4091	4456	4000	4547	3953	4594	2840	2859	4250	4297
9-Jan-12	4400	4040	4026	4414	4162	4278	3910	4530	2812	2815	4200	4240
10-Jan-12	4426	3967	3990	4403	4312	4081	3985	4408	2803	2797	4180	4213
11-Jan-12	4459	3923	4015	4367	4410	3972	4128	4254	2796	2796	4186	4196
12-Jan-12	4517	3929	4096	4350	4492	3954	4335	4111	2826	2811	4211	4235
13-Jan-12	4542	3938	4133	4347	4486	3994	4527	3953	2840	2820	4247	4233
14-Jan-12	4577	3964	4201	4340	4450	4091	4699	3842	2863	2835	4282	4259
15-Jan-12	4607	4027	4293	4341	4386	4248	4852	3782	2881	2874	4334	4300
16-Jan-12	4593	4087	4342	4338	4271	4409	4927	3753	2895	2893	4360	4320
17-Jan-12	4544	4129	4354	4319	4139	4534	4933	3740	2885	2894	4363	4310
18-Jan-12	4516	4173	4351	4338	4020	4669	4880	3809	2887	2898	4371	4318
19-Jan-12	4447	4188	4310	4325	3898	4737	4750	3885	2867	2889	4337	4298
20-Jan-12	4357	4184	4227	4314	3796	4745	4581	3960	2830	2862	4286	4255
21-Jan-12	4332	4175	4193	4314	3779	4728	4410	4097	2822	2851	4266	4241
22-Jan-12	4319	4176	4139	4356	3815	4680	4275	4220	2820	2844	4259	4236
23-Jan-12	4332	4165	4115	4382	3890	4607	4170	4327	2822	2846	4237	4260
24-Jan-12	4338	4118	4021	4435	4015	4441	4071	4385	2811	2825	4212	4244
25-Jan-12	4381	4049	3984	4446	4161	4269	4053	4377	2801	2818	4202	4228
26-Jan-12	4435	3964	3959	4440	4296	4103	4105	4294	2801	2800	4184	4215
27-Jan-12	4483	3880	3965	4398	4403	3960	4235	4128	2789	2786	4177	4186
28-Jan-12	4532	3817	3999	4350	4448	3901	4412	3937	2787	2780	4169	4180
29-Jan-12	4507	3747	4023	4231	4370	3884	4584	3670	2758	2747	4134	4120

– Skema 3

Skema 3 diisi dengan prosedur sebagai berikut :

- Untuk kolom X₀ (+) diperoleh dengan menjumlahkan X₁ (+) dengan X₁ (-), tanpa melihat tanda (+) dan (-).
- Untuk kolom X₁, Y₁, X₂, Y₂, X₄ dan Y₄ diperoleh dengan menjumlahkan masing-masing tanda (+) dan (-).
- Agar tidak ada nilai yang negatif, maka hasilnya ditambahkan dengan 2000.

Tabel 13. Skema 3 Admiralty

Waktu	X0	X1+2000	Y1+2000	X2+2000	Y2+2000	X4+2000	Y4+2000
1-Jan-12	8202	2804	1926	2194	3188	513	556
2-Jan-12	8257	2687	2047	1755	3341	485	543
3-Jan-12	8326	2518	2160	1314	3228	490	544
4-Jan-12	8471	2321	2173	953	2875	485	493
5-Jan-12	8536	2168	2018	756	2430	468	510
6-Jan-12	8531	2121	1905	811	1951	492	479
7-Jan-12	8567	2173	1753	1085	1547	477	469
8-Jan-12	8547	2267	1635	1453	1359	481	453
9-Jan-12	8440	2360	1612	1884	1380	497	460
10-Jan-12	8393	2459	1587	2231	1577	506	467
11-Jan-12	8382	2536	1648	2438	1874	500	490
12-Jan-12	8446	2588	1746	2538	2224	515	476
13-Jan-12	8480	2604	1786	2492	2574	520	514
14-Jan-12	8541	2613	1861	2359	2857	528	523
15-Jan-12	8634	2580	1952	2138	3070	507	534
16-Jan-12	8680	2506	2004	1862	3174	502	540
17-Jan-12	8673	2415	2035	1605	3193	491	553
18-Jan-12	8689	2343	2013	1351	3071	489	553
19-Jan-12	8635	2259	1985	1161	2865	478	539
20-Jan-12	8541	2173	1913	1051	2621	468	531
21-Jan-12	8507	2157	1879	1051	2313	471	525
22-Jan-12	8495	2143	1783	1135	2055	476	523
23-Jan-12	8497	2167	1733	1283	1843	476	477
24-Jan-12	8456	2220	1586	1574	1686	486	468
25-Jan-12	8430	2332	1538	1892	1676	483	474
26-Jan-12	8399	2471	1519	2193	1811	501	469
27-Jan-12	8363	2603	1567	2443	2107	503	491
28-Jan-12	8349	2715	1649	2547	2475	507	489
29-Jan-12	8254	2760	1792	2486	2914	511	514
Jumlah	245721	70063	52805	50035	69279	14306	14657

– Skema 4

Pengisian kolom-kolom pada Skema 4 dibantu dengan Tabel 14. Nilai X0 yang diisikan pada kolom X (tambahan) merupakan penjumlahan dari nilai X0 dari Skema 3 yang telah dikalikan dengan faktor pengali dari Tabel 14 kolom 0, dimana perkalian dilakukan baris per baris. Faktor 29 menunjukkan berapa kali harus dikurangkan dengan bilangan tambahan 2000. Begitu seterusnya. Arti indeks pada Skema , contohnya :

- Indeks 00 untuk X, artinya X0 pada Skema 3 dan indeks 0 pada Tabel 14
- Indeks 00 untuk Y, artinya Y0 pada Skema 3 dan indeks 0 pada Tabel 14

Tabel 14. Tabel Pengali Skema 4

Indeks Kedua			0	2	b	3	c	4	d
Pengali untuk B (29 tanaman)			-29	-1	0	-1	0	-1	0
Pengali untuk B (15 tanaman)			-15	1	0	5	0	1	0
Waktu Menengah	Konstanta untuk 29 Tanaman	Konstanta untuk 15 Tanaman	1	1	0	-1	1	1	0
			1	1	-1	-1	1	1	-1
			1	1	-1	1	1	-1	-1
			1	1	-1	1	1	-1	-1
			1	-1	-1	1	1	-1	1
			1	-1	-1	1	-1	1	1
			1	-1	-1	1	-1	1	1
			1	-1	0	-1	-1	1	0
			1	-1	1	-1	-1	1	-1
			1	-1	1	-1	-1	-1	-1
			1	-1	1	-1	1	-1	-1
			1	1	1	-1	1	-1	1
			1	1	1	1	1	1	1
			1	1	0	1	0	1	0
			1	1	-1	1	-1	1	-1
			1	1	-1	-1	-1	-1	-1
			1	1	-1	-1	-1	-1	-1
			1	-1	-1	-1	-1	-1	1
			1	-1	-1	-1	1	-1	1
			1	-1	-1	1	1	1	1
			1	-1	0	1	1	1	0
			1	-1	1	1	1	1	-1
			1	-1	1	1	1	1	-1
			1	-1	1	1	-1	-1	-1
			1	1	1	1	-1	-1	1
			1	1	1	-1	-1	1	1
			1	1	0	-1	-1	1	0

Tabel 15. Skema 4 Admiralty

Index	Tanda	X	Y	X	Y
		Tambahan		Jumlah	
00	+	228611.55		228611.6	
10	+	68212.722	59093.34		
	-	58000	58000	10212.72	1093.338
12	+	35490	29158		
	-	32723	29936		
(29)	(-)	2000	2000	766.3677	-2777.92
1b	+	26987.137	24734.68		
	-	29352.075	24323.01	-2364.938	411.6678
13	+	36003.137	30088.68		
	-	32209.585	29004.66		
(29)	(-)	2000	2000	1793.552	-915.988
1c	+	33291.511	28078.47		
	-	32366.211	29097.87	925.3	-1019.39
20	+	56613.365	71525.8		
	-	58000	58000	-1386.635	13525.8
22	+	36427.561	34631.04		
	-	20185.803	36894.76		
(29)	(-)	2000	2000	14241.76	-4263.71
2b	+	20851.801	21959.17		
	-	25141.065	37580.52	-4289.264	-15621.4
23	+	29865.801	38857.17		
	-	26747.564	32668.63		
(29)	(-)	2000	2000	1118.237	4188.535
2c	+	29154.338	36125.33		
	-	24556.027	33005.47	4598.311	3119.855
42	+	30278.566	30127.4		
	-	27802.418	28326.78		
(29)	(-)	2000	2000	476.1486	-199.38
4b	+	23998.598	23681.17		
	-	24079.107	24715.33	-80.50951	-1034.16
44	+	29960.01	30265.42		
	-	28120.974	28188.76		
(29)	(-)	2000	2000	-160.9645	76.6593
4d	+	23939.602	24168.56		
IV	-	24138	24228	-199	-59

- Skema 5 dan 6

Skema 5 dan Skema 6 diisi dengan bantuan Tabel 15. Pada Tabel 15, kolom kedua diisi terlebih dahulu. Kolom ketiga dan seterusnya diisi dengan hasil perkalian kolom 2 dengan faktor pengali yang ada pada Tabel 16.

Tabel 16. Faktor Pengali Skema 5 & 6

		S_0	M_2	S_2	N_2	K_1	O_1	M_4	MS_4
Untuk skema V PR cos r	X00	1.000							
	X10					1.000	-0.080		
	X12 - Y1b		0.070			-0.020	1.000		0.020
	X13 - Y1c								
	X20		-0.030	1.000	-0.030				
	X22 - Y2b		1.000	0.015	0.038	0.002	-0.058		-0.035
	X23 - Y2c		-0.060		1.000				
	X42 - Y4b		0.030						1.000
Untuk skema VI								1.000	0.080
	Y10					1.000	-0.080		
	Y12 + X1b		0.070			-0.020	1.000		0.030
	Y13 + X1c								
	Y20		-0.030	1.000	-0.030				
	Y22 + X2b		1.000	0.015	0.032		-0.058		-0.035
	Y23 + X2c		-0.060		1.000				
	Y42 + X4b		0.030					0.010	1.000
Untuk skema VII Deler P			559	448	566	439	565	507	535
Untuk skema VII Konstanta p		696	333	345	327	173	160	307	318

Tabel 17. Skema 5 & 6 Admiralty

		S_0	M_2	S_2	N_2	K_1	O_1	M_4	MS_4
(29) : Daftar 3a	X 00	228612	228611.55						
	X 10	10213				10212.722	-817.018		
	X 12 - Y1b	355	24.829			-7.094	354.70		7.094
	X 13 - Y1c	2813							
(15) : Daftar 3b	X20	-1387	41.599	-1386.64	41.599				
	X22 - Y2b	29863	29863.11	447.947	985.483	59.726	-1732.061		-1045.209
	X 23 - Y2c	-2002	120.097		-2001.62				
	X42 - Y4b	1510	45.309						1510.31
V	X44 - Y4d	-102						-101.580	-8.126
VI	Y10	1093				1093.34	-87.467		
	Y12 + X1b	-5143	-360.000			102.86	-5142.86		-154.29
	Y13 + X1c	9							
	Y20	13526	-405.77	13525.80	-405.77				
	Y22 + X2b	-8553	-8552.98	-128.29	-273.70		496.07		299.35
	Y23 + X2c	8787	-527.21		8786.85				
	Y42 + X4b	-280	-8.40					-2.80	-279.89
	Y44 + X4d	-122						-121.84	-9.75

- Skema 7 & 8
- Pengisian Skema 7 dan Skema 8 memerlukan tahapan yang panjang dengan beberapa format isian. Contoh hasil pengisian Skema 7 tersaji pada Tabel 18 dan

Skema 8 yang merupakan nilai akhir untuk masing-masing komponen harmonik pasang surut Tabel 19.

Tabel 18. Skema 7 Admiralty

	So	M2	S2	N2	K1	O1	M4	MS4
V PR cos r	228611.551	30094.948	-938.689	-974.537	10265.354	-2194.378	-101.580	464.065
VI PR sin r		-9854.359	13397.503	8107.377	1196.196	-4734.255	-124.640	-144.568
PR	228611.551	31667.243	13430.347	8165.738	10334.814	5218.091	160.790	486.062
Daftar 3a P	696.000	559.000	448.000	566.000	439.000	565.000	507.000	535.000
Hasil hitung : f		1.038	1.000	1.038	0.883	0.808	1.076	1.038
Hasil Hitung [1+W]		1.000	1.215	1.109	0.612	1.000	1.000	1.215
Hasil Hitung V		566.770	0.000	519.742	443.036	483.734	773.540	566.770
Hasil Hitung u		-0.310	0.000	-0.310	-1.503	2.023	-0.619	-0.310
Hasil Hitung w		0.000	-4.483	-8.417	-8.344	0.000	0.000	-4.483
Daftar 3a (3b) : p		333.000	345.000	327.000	173.000	160.000	307.000	318.000
Hasil Hitung : r		341.869	94.008	96.854	6.647	245.132	230.820	342.697
Jumlah : s		1241.330	434.525	934.870	612.835	890.889	1310.741	1222.674
g		161.330	74.525	214.870	252.835	170.889	230.741	142.674
PR / [P X f X (1 + W)] = A	328.465	54.602	24.673	12.541	43.529	11.424	0.295	0.721

Tabel 19. Skema 8 Admiralty

	So	M2	S2	N2	K2	K1	O1	P1	M4	MS4
A cm	328	55	25	13	6	44	11	14	0	1
g		161	75	215	75	253	171	253	231	143

Lampiran 2. Tabel Hasil Perhitungan Komponen Harmonik Pasang Surut Prigi

Tahun / Bulan		Komponen Harmonik										F
		So	M2	S2	N2	K2	K1	O1	P1	M4	MS4	
2012	Jan	353	52,04	25,65	8,905	5,899	54,87	16,48	18,11	0,109	0,551	0,918
	Feb	333	54,88	29,79	11,76	6,852	44,22	16,19	14,59	0,103	0,67	0,713
	Mar	335	56	32,46	10,7	7,465	39,63	14,12	13,08	0,457	0,191	0,608
	Apr	357	56,2	29,82	7,655	6,857	36,16	16,54	11,93	0,13	0,506	0,613
	Mei	349	55,66	21,33	7,885	4,905	47,6	16,5	15,71	0,089	0,304	0,833
	Jun	338	54,17	17,41	7,803	4,003	50,22	16,48	16,57	0,427	0,231	0,932
	Jul	336	55,19	22,12	9,988	5,087	46,56	17,25	15,37	0,459	0,456	0,826
	Agt	337	56,77	28,85	10,52	6,634	37,06	17,03	12,23	0,45	0,364	0,632
	Sep	335	54,35	32,15	11,96	7,395	35,07	17,9	11,57	0,245	0,597	0,612
	Okt	365	55,14	29,53	9,804	6,792	36,76	17,15	12,13	0,189	0,413	0,637
	Nov	369	55,39	21,99	5,583	5,057	48,67	15,43	16,06	0,585	0,837	0,828
	Des	361	46,11	35,49	19,68	8,162	28,44	12,93	9,384	0,714	0,217	0,507
2013	Jan	343	56,98	25,78	8,598	5,93	51,71	14,39	17,06	0,222	0,292	0,799
	Feb	317	58,26	32,7	9,658	7,522	35,36	14,71	11,67	0,761	1,008	0,55
	Mar	382	54,29	33,5	8,689	7,705	30,91	16,36	10,2	1,145	0,71	0,538

Tahun / Bulan		Komponen Harmonik										F
		So	M2	S2	N2	K2	K1	O1	P1	M4	MS4	
2013	Apr	356	55,87	28,41	12,5	6,534	31,99	15,17	10,56	0,608	0,325	0,56
	Mei	358	58,13	22,2	10,19	5,106	43,18	15,1	14,25	0,334	0,538	0,726
	Jun	352	56,08	18,1	12,24	4,163	48,23	14,66	15,92	0,846	0,321	0,848
	Jul	333	56,57	22,9	9,155	5,267	44,28	14,33	14,61	0,185	0,371	0,738
	Agt	327	58,35	31,44	8,861	7,232	24,34	14,4	8,032	0,242	0,426	0,431
	Sep	337	58,47	29,07	9,889	6,686	33,83	14,72	11,16	0,348	0,115	0,555
	Okt	351	56,3	22,49	10,96	5,173	46,64	14,52	15,39	0,399	0,693	0,776
	Nov	369	58,1	20,73	12,03	4,768	53,66	14,28	17,71	0,397	0,24	0,862
	Des	384	58,49	26,83	9,644	6,171	51,34	14,4	16,94	0,53	0,231	0,771
2014	Jan	322	57,53	31,6	7,499	7,267	39,17	14,65	12,93	0,582	0,403	0,604
	Feb	336	47,88	30,07	33,94	6,916	48,13	10,1	19,18	1,246	0,88	0,747
	Mar	309	55,5	24,38	10,98	5,608	43,85	14,12	14,47	0,289	0,174	0,726
	Apr	319	56,92	28,82	8,044	6,628	34,78	25,57	11,48	0,479	0,315	0,704
	Mei	328	54,6	24,67	12,54	5,675	43,53	11,42	14,36	0,295	0,721	0,693
	Jun	321	56,09	21,28	11,81	4,893	52,89	13,93	17,45	0,439	0,53	0,864
	Jul	313	59,58	25,08	13,21	5,769	44,47	12,81	14,67	1,041	0,917	0,677
	Agt	304	59,08	30,62	9,426	7,044	34,57	13,76	11,41	1,01	0,609	0,539
	Sep	335	34	36,74	20,17	8,451	9,505	10,26	3,137	1,814	0,576	0,279
	Okt	300	59,33	27,84	9,155	6,403	30,56	11,7	10,08	0,331	0,267	0,485
	Nov	305	58,88	22,85	6,828	5,254	40,97	12,82	13,52	0,591	0,114	0,658
	Des	296	58,77	19,76	11,15	4,544	44,54	12,98	14,7	0,355	0,351	0,732
2015	Jan	300	57,54	22,2	10,72	5,106	40,76	12,79	13,45	0,484	0,294	0,671
	Feb	279	58,46	27,73	11,74	6,379	32,44	13,73	10,71	0,601	0,071	0,536
	Mar	270	58,15	30,08	12,11	6,919	22,47	14,13	7,414	0,07	0,225	0,415
	Apr	298	56,88	23,78	8,057	5,469	44,57	14,72	14,71	1,163	0,465	0,735
	Mei	318	58,84	20,98	7,322	4,826	52,16	13,27	17,21	0,585	0,168	0,82
	Jun	321	57,3	24,82	10,15	5,71	48,33	13,7	15,95	0,677	0,547	0,755
	Jul	294	57,56	28,51	11,69	6,557	38,16	12,73	12,59	0,277	0,5	0,591
	Agt	301	59,38	30,68	12,02	7,057	27,23	12,58	8,986	0,53	0,423	0,442
	Sep	309	57,93	28,17	10,75	6,479	29,32	12,92	9,674	0,347	0,274	0,491
	Okt	316	59,56	23,55	8,85	5,415	39,25	12,71	12,95	0,154	0,421	0,625
	Nov	324	58,65	19,99	9,205	4,597	44,56	12,32	14,7	0,167	0,415	0,723
	Des	331	56,88	21,54	9,225	4,953	40,69	12,58	13,43	0,246	0,447	0,679
Max		384										0,93
Min		270										0,27
Rata-rata		331										0,68

Lampiran 3. Hasil Survei Lapang Teluk Prigi

N o.	Koordinat		Desa	Elevasi Lahan (m)	Pemanfaat- an Lahan	Gambar Keadaan Lahan
	Lintang	Bujur				
1	-8.311	111.750	Tasikmadu	13,11	Pemukiman	
2	-8.306	111.747	Tasikmadu	14,34	Pemukiman	
3	-8.302	111.742	Tasikmadu	10,98	Wisata Pantai Karanggong- so	
4	-8.298	111.739	Tasikmadu	9,15	Wisata Pantai Pasir Putih	
5	-8.291	111.736	Tasikmadu	10,98	Pemukiman	

Lampiran 3. (Lanjutan)

N o.	Koordinat		Desa	Elevasi Lahan (m)	Pemanfaat- an Lahan	Gambar Keadaan Lahan
	Lintang	Bujur				
6	-8.296	111.738	Tasikmadu	7,01	Sentra Pemindang- an Prigi	
7	-8.287	111.732	Tasikmadu	7,62	Pelabuhan Perikanan Nusantara Prigi	
8	-8.286	111.726	Tasikmadu	6,10	Wisata Pantai Prigi	
9	-8.285	111.723	Tasikmadu	13,72	Pemukiman	
10	-8.285	111.720	Tasikmadu	12,20	Pemukiman	

Lampiran 3. (Lanjutan)

N o.	Koordinat		Desa	Elevasi Lahan (m)	Pemanfaat- an Lahan	Gambar Keadaan Lahan
	Lintang	Bujur				
11	-8.285	111.717	Karanggandu	10,06	Konservasi Mangrove	
12	-8.288	111.711	Karanggandu	14,02	Konservasi Mangrove	
13	-8.297	111.709	Karanggandu	7,01	Wisata Pantai Cengkong	
14	-8.299	111.707	Karanggandu	7,01	Ekowisata Mangrove	

Lampiran 4. Tabel Validasi Suhu WT dengan Aqua MODIS

Bulan/Tgl		WT (°C)	SST A MODIS (°C)	Beda Suhu (°C)
JANUARI	1	29,00	28,96	0,04
	2	29,00	28,89	0,11
	3	29,00	28,97	0,03
	4	29,00	28,94	0,06
	5	29,00	28,90	0,10
	6	29,53	28,91	0,63
	7	29,45	28,96	0,49
	8	29,31	28,98	0,34
	9	29,17	28,76	0,40
	10	29,29	28,53	0,75
	11	29,25	28,39	0,86
	12	28,95	27,95	1,00
	13	28,90	27,74	1,16
	14	28,88	27,78	1,10
	15	29,06	27,82	1,23
	16	29,25	28,00	1,25
	17	29,03	28,19	0,84
	18	29,08	28,48	0,60
	19	29,33	28,53	0,80
	20	29,51	28,57	0,94
	21	29,39	28,46	0,93
	22	29,41	28,32	1,09
	23	29,47	28,22	1,25
	24	29,27	27,78	1,49
	25	29,17	27,84	1,34
	26	28,86	27,75	1,11
	27	28,84	27,81	1,03
	28	29,07	27,93	1,14
	29	29,17	27,94	1,24
	30	29,20	27,72	1,48
FEBRUARI	1	29,21	27,66	1,56
	2	29,36	27,68	1,68
	3	29,23	27,82	1,42
	4	29,18	28,02	1,16
	5	29,33	28,28	1,05
	6	29,07	28,50	0,57
	7	27,93	28,39	-0,45

Bulan/Tgl		WT (°C)	SST A MODIS (°C)	Beda Suhu (°C)
FEBRUARI	8	29,20	28,36	0,84
	9	29,45	28,49	0,96
	10	29,24	28,66	0,58
	11	29,30	28,55	0,75
	12	28,92	28,47	0,45
	13	29,27	28,68	0,60
	14	29,59	28,77	0,82
	15	29,73	28,61	1,12
	16	29,66	28,56	1,10
	17	29,42	28,64	0,78
	18	29,86	28,68	1,19
	19	29,59	28,61	0,98
	20	29,39	28,56	0,83
	21	29,40	28,60	0,79
	22	29,66	28,73	0,93
	23	29,75	28,71	1,04
	24	29,20	28,77	0,43
	25	29,28	28,91	0,38
	26	29,93	29,04	0,90
	27	29,92	29,27	0,66
	28	29,56	29,17	0,39
	29	29,23	29,30	-0,07
	30	29,23	29,30	-0,07
MARET	1	29,80	29,36	0,44
	2	29,89	29,25	0,64
	3	29,99	29,28	0,71
	4	29,78	29,36	0,43
	5	29,70	28,63	1,07
	6	29,77	28,45	1,33
	7	29,72	28,62	1,10
	8	29,66	28,67	0,99
	9	29,58	28,75	0,83
	10	29,55	28,89	0,67
	11	29,47	28,70	0,77
	12	29,47	28,57	0,90
	13	29,55	28,46	1,09
	14	29,49	28,45	1,05
	15	29,52	28,32	1,20

Lampiran 4. (Lanjutan)

Bulan/Tgl		WT (°C)	SST A MODIS (°C)	Beda Suhu (°C)
A P R I L	16	29,42	28,05	1,37
	17	29,44	28,08	1,37
	18	29,47	27,68	1,79
	19	29,15	27,64	1,52
	20	28,91	27,64	1,27
	21	28,78	27,84	0,94
	22	28,81	27,89	0,92
	23	28,90	27,97	0,93
	24	29,00	28,11	0,90
	25	29,10	28,08	1,02
	26	29,30	28,46	0,84
	27	29,35	28,43	0,92
	28	29,41	28,22	1,19
	29	29,42	28,46	0,95
	30	29,44	28,64	0,79
	1	29,45	28,63	0,83
	2	29,39	28,62	0,77
	3	29,41	28,56	0,86
	4	29,37	28,55	0,82
	5	29,15	28,64	0,51
	6	28,85	28,75	0,10
	7	28,95	28,62	0,33
	8	29,07	28,52	0,55
	9	29,40	28,58	0,82
	10	29,28	28,50	0,78
	11	29,23	28,36	0,87
	12	29,20	28,13	1,07
	13	29,32	28,13	1,19
	14	29,21	28,00	1,21
	15	29,11	27,91	1,19
	16	28,93	27,93	1,00
	17	28,98	28,22	0,76
	18	29,06	28,21	0,86
	19	29,36	28,18	1,18
	20	29,07	28,29	0,78
	21	29,05	28,41	0,64
	22	29,00	28,26	0,74
	23	28,92	28,43	0,50
	24	29,17	28,58	0,60
	25	29,02	28,48	0,54

Bulan/Tgl		WT (°C)	SST A MODIS (°C)	Beda Suhu (°C)
M E I	26	28,98	28,45	0,53
	27	28,91	28,45	0,46
	28	28,79	28,46	0,33
	29	28,74	28,39	0,35
	30	28,78	28,31	0,47
	1	28,62	27,92	0,70
	2	28,73	28,18	0,55
	3	29,09	28,21	0,88
	4	29,34	28,24	1,10
	5	29,04	28,28	0,76
	6	29,56	28,53	1,03
	7	29,18	28,36	0,82
	8	29,05	28,15	0,91
	9	29,07	28,28	0,79
	10	29,24	28,36	0,88
	11	29,05	28,45	0,61
	12	29,09	28,33	0,76
	13	29,20	28,27	0,93
	14	28,83	28,24	0,59
	15	28,85	27,79	1,06
	16	29,03	27,74	1,29
	17	28,94	28,08	0,86
	18	28,92	28,39	0,53
	19	29,18	28,42	0,76
	20	29,38	28,25	1,14
	21	28,90	28,05	0,85
	22	28,73	27,77	0,96
	23	28,58	27,60	0,98
	24	28,43	27,61	0,82
	25	28,30	27,54	0,76
	26	28,15	27,16	0,99
	27	27,93	26,73	1,20
	28	27,58	26,41	1,17
	29	26,99	26,43	0,56
	30	26,55	26,57	-0,02
J U N I	1	26,17	26,41	-0,24
	2	25,91	26,46	-0,54
	3	25,90	26,51	-0,61
	4	25,81	26,56	-0,75
	5	25,60	26,58	-0,98

Lampiran 4. (Lanjutan)

Bulan/Tgl		WT (°C)	SST A MODIS (°C)	Beda Suhu (°C)	
J U N I	6	25,67	26,54	-0,86	
	7	25,67	26,93	-1,26	
	8	2575	26,61	-0,86	
	9	26,21	26,63	-0,42	
	10	26,39	26,38	0,02	
	11	26,49	26,48	0,01	
	12	26,57	27,12	-0,55	
	13	26,91	27,16	-0,25	
	14	27,12	26,49	0,63	
	15	27,39	26,53	0,87	
	16	27,47	26,43	1,04	
	17	27,54	26,51	1,03	
	18	27,64	26,48	1,17	
	19	27,69	26,48	1,21	
	20	27,74	26,39	1,36	
	21	27,83	26,34	1,48	
	22	27,73	26,51	1,23	
	23	27,67	26,58	1,08	
	24	27,40	26,37	1,03	
	25	27,22	25,98	1,24	
	26	27,01	25,83	1,18	
	27	26,59	25,79	0,80	
	28	26,67	25,90	0,77	
	29	26,39	25,69	0,70	
	30	26,32	25,17	1,15	
	MIN		25,60	25,17	0,01
	MAX		29,99	29,36	1,79

Sumber: Sartimbul et al., 2015

Lampiran 5. Hasil Uji Normalitas Suhu Permukaan Laut

			Unstandardized Residual
N			180
Normal Parameters ^a	Mean		.0000000
	Std. Deviation		.43572735
Most Extreme Differences	Absolute		.043
	Positive		.043
	Negative		-.035
Kolmogorov-Smirnov Z			.582
Asymp. Sig. (2-tailed)			.887

Lampiran 6. Hasil Uji T Suhu Permukaan Laut

	N	Correlation	Sig.
Pair 1 Modis & Tidbit	180	.868	.000

Lampiran 7. Hasil Korelasi SLA, DMI, & Niño 3.4

		SLA	DMI	Niño3.4
Pearson Correlation	SLA	1.000	-.456	-.372
	DMI	-.456	1.000	.167
	Niño3.4	-.372	.167	1.000
Sig. (1-tailed)	SLA	.	.000	.000
	DMI	.000	.	.020
	Niño3.4	.000	.020	.
N	SLA	152	152	152
	DMI	152	152	152
	Niño3.4	152	152	152
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.546 ^a	.298	.289	10.27667