



TUGAS AKHIR - RM 184831

ANALISIS KESESUAIAN *GLOBAL OCEAN TIDE MODEL* DI PERAIRAN INDONESIA

MUTIARA FERAWATI MARPAUNG
NRP 0331 15 40000 065

Dosen Pembimbing
Dr. Eko Yuli Handoko, S.T., M.T.

DEPARTEMEN TEKNIK GEOMATIKA
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2019

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



FINAL ASSIGNMENT - RM 184831

ANALYSIS OF COMPARATIVE GLOBAL OCEAN TIDE MODEL IN INDONESIAN OCEAN

**MUTIARA FERAWATI MARPAUNG
NRP 0331 15 4000 0065**

**Supervisor
Dr. Eko Yuli Handoko, ST., MT.**

**GEOMATICS ENGINEERING DEPARTMENT
Faculty of Civil, Environment, and Geo Engineering
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2019**

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LEMBAR PENGESAHAN

**ANALISIS KESESUAIAN *GLOBAL OCEAN TIDE MODEL*
DI PERAIRAN INDONESIA**

TUGAS AKHIR

Ditujukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Program Studi S-1 Teknik Geomatika
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

MUTIARA FERAWATI MARPAUNG
NRP 0331154000065

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir

Dr. Eko Yuli Handoko, ST

NIP. 19740727 200003



SURABAYA, JULI 2019

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

ANALISIS KESESUAIAN *GLOBAL OCEAN TIDE MODEL* DI PERAIRAN INDONESIA

Nama Mahasiswa : Mutiara Ferawati Marpaung
NRP : 0331 15 4000 0065
Departemen : Teknik Geomatika FTSLK – ITS
Dosen Pembimbing : Dr. Eko Yuli Handoko, ST., MT.

ABSTRAK

Pasang surut air laut bersifat periodik terhadap waktu (harmonik) sehingga pergerakan gelombang pasang surut air laut dapat dimodelkan menggunakan persamaan sinusoidal. Pengamatan pasang surut air laut dapat dimodelkan dengan beberapa jenis berdasarkan sumber datanya yaitu menggunakan data stasiun pasang surut permanen (hydrodynamic model), satelit altimetry (empirical model), dan kombinasi (asimilasi model). Secara global model pasang surut air laut di dunia sudah dimodelkan menggunakan beberapa jenis model, namun masih belum dapat diputuskan model yang paling sesuai di seluruh daerah. Kompleksnya perairan di Indonesia menjadi hal penting untuk mengkaji mengenai pemodelan pasang surut air laut yang sesuai di Perairan Indonesia. Kelanjutan pemodelan pasang surut secara global merupakan hal penting untuk meningkatkan keakuratan pemodelan di setiap daerah. Pada penelitian ini, dilakukan perhitungan nilai simpangan data model GOT terhadap data pasang surut air laut lokal (referensi) yang tersebar di 38 titik di Perairan Indonesia menggunakan metode statistika. Hasil dari penelitian ini diperoleh besar ketidaksesuaian (%) model GOT yaitu FES2014 sebesar 1,322%, TPXO9 sebesar 1,060%, dan EOT11a sebesar 0,961%. Perairan Indonesia dengan jenis perairan terbuka lebih memiliki kesesuaian yang kuat dengan model GOT jenis empirical, sedangkan untuk perairan dangkal kesesuaian yang kuat pada

model asimilasi, namun untuk pemodelan empirical tidak begitu jauh perbedaannya.

Kata Kunci - Global Ocean Tide Model, Metode Statistika, Pasang Surut Air Laut, Perairan Indonesia

ANALYSIS OF COMPARATIVE GLOBAL OCEAN TIDE MODEL IN INDONESIA OCEAN

Name : Mutiara Ferawati Marpaung
NRP : 0331 15 4000 0065
Department : Geomatics Engineering FTSLK – ITS
Supervisor : Dr. Eko Yuli Handoko, ST., MT.

ABSTRACT

Ocean tide is rising and falling of the water level to periodic time (harmonic), their movement can be modeled by sinusoidal equation. Ocean tides observation being modeled using several methods, they are tide gauges (hidrodinamic model), altimetry (empirical model), and combinations (asimilasi model). Overall, ocean tide model has been modeled using several types of models, but it hard to determined which model will be best fit for all regions. The complexity of Indonesia oceans is an important thing to be learn for better globsl ocean tide model moreover for accurate ocean modelling. In this research, calculation of Root Mean Square value of GOT data against reference using statistical method. The result show incompatibility (D%) for GOT to FES2014 is 1,322%, to TPX09 is 1,060%, and EOT11a is 0,961%. Indonesia ocean with open seas types are more suitable for the empirical model of GOT, whereas for shallow area there is strong compatibility with assimilation model of GOT.

Keywords - Global Ocean Model, Ocean Tide, Statistics Method, Indonesia Ocean

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

KATA PENGANTAR

Segala puji syukur ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas kasih dan anugerah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir yang berjudul:

“ANALISIS KESESUAIAN GLOBAL OCEAN TIDE MODEL DI PERAIRAN INDONESIA”

Laporan tugas akhir ini dibuat untuk memenuhi persyaratan dalam menyelesaikan pendidikan tahap Strata I pada Departemen Teknik Geomatika di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Penulis menyadari penyusunan tugas akhir ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak, maka pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang setulusnya kepada:

1. Tuhan Yesus Kristus yang telah memberikan berkat dan merangkul dengan tangan kasih-Nya.
2. Orang tua penulis, Ayah Janter Hasudungan Marpaung dan Ibu Marlince Manurung atas doa, dukungan, semangat, kasih sayang dan pengorbanannya selama ini, dan juga adik Maruli Marpaung dan Messi Berliando Marpaung yang senantiasa mendukung dan memberi semangat.
3. Sahabat penulis, Taripar Bon Jovi Hutahaeen, S.T., M.T. yang selalu mendampingi, mengajar, dan memberi semangat.
4. Bapak Akbar Kurniawan, S.T., M.T., selaku dosen wali yang selalu memberikan arahan dan bimbingan kepada penulis.
5. Dr. Eko Yuli Handoko, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing yang senantiasa memberikan bimbingan kepada penulis.
6. Bapak Mokhammad Nur Cahyadi, S.T., M.Sc., Ph.D. selaku Kepala Departemen Teknik Geomatika ITS.

7. Bapak Ibu Dosen Teknik Geomatika atas bimbingan dan ilmu yang diajarkan selama ini.
8. Bapak dan Ibu Tata Usaha, serta seluruh staff dan karyawan Teknik Geomatika yang telah membantu kelancaran proses administrasi dan akademis.
9. Teman-teman Departemen Teknik Geomatika angkatan 2015 atas bantuan dan kerjasama selama kuliah dan pada saat penyusunan tugas akhir ini.
10. Teman-teman Badan Kinerja Majelis Wali Amanat Wakil Mahasiswa (BK MWA WM) ITS, Teknokrat Muda Indonesia (TMI), Himpunan Mahasiswa Geomatika (HIMAGE) ITS, Panitia ITS Expo, Persekutuan Doa Geo dan PMK ITS atas dukungan dan doanya.
11. Keluarga besar Yayasan Karya Salemba Empat, PT. Indofood Sukses Makmur, Tbk., dan PT. Perusahaan Gas Nasional yang sudah memberikan bantuan finansial dan pelatihan soft skill selama 3 tahun perkuliahan.
12. Serta semua pihak yang turut membantu terselesaikannya tugas akhir ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Akhir kata, kiranya Tuhan senantiasa memberkati semua pihak-pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini. Besar harapan penulis tugas akhir ini dapat memberi manfaat bagi pembaca dan menjadi pengempangan ilmu selanjutnya. Sekian dan terima kasih

Surabaya, Juli 2019

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	vii
ABSTRAK	viii
ABSTRACT	ix
KATA PENGANTAR.....	XI
DAFTAR ISI.....	XIII
DAFTAR GAMBAR	XVII
DAFTAR TABEL.....	XIX
BAB I	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1 LATAR BELAKANG.....	1
1.2 RUMUSAN MASALAH	3
1.3 BATASAN MASALAH	4
1.4 TUJUAN PENELITIAN	4
1.5 MANFAAT PENELITIAN.....	5
BAB II.....	7
TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1. PASANG SURUT AIR LAUT.....	7
2.1.1 Gaya Penggerak Pasang Surut Air Laut.....	7
2.1.2 Tipe Pasang Surut Air Laut.....	10
2.1.3 Komponen Harmonik Pasang Surut Air Laut..	14
2.1.3 Gerakan Pasang Surut Laut.....	15

2.2	MODEL GLOBAL OCEAN TIDE (GOT)	16
2.2.1	Model GOT FES2014	17
2.2.2	Model GOT EOT11a	19
2.2.3	Model GOT TPX09	22
2.3	PERHITUNGAN NILAI KOMPONEN KONSTANTA HARMONIK PASANG SURUT AIR LAUT MENGUNAKAN METODE KUADRAT TERKECIL (LEAST SQUARE)	24
2.4	INTERPOLASI INVERSE DISTANCE WEIGHTED (IDW)	27
2.5	BILANGAN KOMPLEKS	28
2.6	PERHITUNGAN NILAI KETIDAKSESUAIAN MODEL GOT	30
2.6.1	Root Mean Square (RMS)	31
2.6.2	Root Sum Of Square (RSS)	32
2.6.3	Root Sum Of Square In-Phase And Quadrature Amplitude (RSSIQ)	32
2.7	PETA PASANG SURUT AIR LAUT	33
2.8	REGRESI LINEAR	34
2.9	PENELITIAN TERDAHULU	35
BAB III		37
METODOLOGI		37
3.1.	LOKASI PENELITIAN	37
3.2	DATA DAN PERALATAN	40
3.2.1.	Data	40
3.2.2.	Peralatan	40
3.3	METODE PENELITIAN	41
3.3.1.	Tahap Penelitian	41
3.3.2.	Tahap Pengolahan Data	43

BAB IV	47
HASIL DAN PEMBAHASAN.....	47
4.1. HASIL PENGOLAHAN DATA PENGAMATAN STASIUN PASANG SURUT AIR LAUT REFERENSI DAN MODEL GOT	47
4.1.1. Hasil Pengolahan Nilai Konstanta Pasang Surut Air Laut M2 Stasiun BIG Dan Model GOT	47
4.1.2. Hasil Pengolahan Nilai Konstanta Pasang Surut Air Laut S2 Stasiun BIG Dan Model GOT	49
4.1.3. Hasil Pengolahan Nilai Konstanta Pasang Surut Air Laut N2 Stasiun BIG Dan Model GOT	51
4.1.4. Hasil Pengolahan Nilai Konstanta Pasang Surut Air Laut K2 Stasiun BIG Dan Model GOT	52
4.1.5. Hasil Pengolahan Nilai Konstanta Pasang Surut Air Laut K1 Stasiun BIG Dan Model GOT	54
4.1.6. Hasil Pengolahan Nilai Konstanta Pasang Surut Air Laut O1 Stasiun BIG Dan Model GOT	56
4.1.7. Hasil Pengolahan Nilai Konstanta Pasang Surut Air Laut P1 Stasiun BIG Dan Model GOT	58
4.1.8. Hasil Pengolahan Nilai Konstanta Pasang Surut Air Laut Q1 Stasiun BIG Dan Model GOT	60
4.1.9. Hasil Pengolahan Nilai Konstanta Pasang Surut Air Laut M4 Stasiun BIG Dan Model GOT.....	61
4.2. HASIL DAN ANALISA PERHITUNGAN NILAI SIMPANGAN KONSTANTA HARNONIK PASANG SURUT AIR LAUT	63
4.2.2 Hasil Perhitungan Nilai Simpangan Konstanta Pasang Surut Air Laut Model GOT TPX09	69

4.2.3 Hasil Perhitungan Nilai Simpangan Konstanta Pasang Surut Air Laut EOT11a Global Ocean Tide Model.....	74
4.2.4 Hasil Perhitungan Jumlah Nilai Simpangan Konstanta Pasang Surut Air Laut.....	79
4.2.5 Hasil Perhitungan Nilai Simpangan Rata-Rata Dan Presentase Ketidaksesuaian Model GOT	80
4.3. HASIL DAN ANALISA CO-TIDAL (PETA PASANG SURUT AIR LAUT).....	82
4.3.1 Co-Tidal M_2	82
4.3.2 Co-Tidal S_2	86
4.3.3 Co-Tidal M_4	90
4.3.4 Selisih Co-Amplitudo M_2	94
4.3.5 Selisih Co-Amplitudo S_2	96
4.3.6 Selisih Co-Amplitudo M_4	98
4.4. HASIL DAN ANALISA NILAI KOEFISIEN KORELASI ANTARA NILAI MODEL GOT TERHADAP NILAI MODEL BIG (REFERENSI).....	100
BAB V.....	105
5.1. KESIMPULAN	105
5.2. SARAN.....	106
DAFTAR PUSTAKA	107
LAMPIRAN	109

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Gaya Pembangkit Pasang Surut (Modifikasi dari Poerbandono dan Djunarsjah 2005)	8
Gambar 2.2. Faktor-faktor Astronomi Utama Penyebab Pasang Surut (Modifikasi dari Poerbandono dan Djunarsjah 2005)	9
Gambar 2.3 Pola Gerak Pasang Surut Harian Tunggal (Ramadhan 2011)	11
Gambar 2.4 Pola Gerak Pasang Surut Harian Ganda (Ramadhan 2011)	11
Gambar 2.5 Pola Gerak Pasang Surut Campuran Condong Harian Tunggal (Ramadhan 2011).....	12
Gambar 2.6 Pasang Surut Campuran Condong Harian Ganda (Ramadhan 2011).....	12
Gambar 2.7 Gelombang Pasang Surut Laut (Triatmodjo 2009)..	16
Gambar 2.8 Ilustrasi Interpolasi <i>IDW</i> (Modifikasi dari Azpurua dan Ramos 2010)	28
Gambar 2.9 Ilustrasi Rotasi Pada Bilangan Kompleks (Sumber : E.A. Maxwell, 2006).....	29
Gambar 3. 1. Persebaran Stasiun Pasang Surut BIG yang Digunakan	38
Gambar 3.2 Diagram Tahap Penelitian	41
Gambar 3.3 Diagram Tahap Pengolahan Data	43
Gambar 4.1 Grafik Nilai Simpangan Model GOT FES2014 Terhadap Stasiun BIG (Referensi) Pada Masing-masing Stasiun	68
Gambar 4.2 Grafik Nilai Simpangan Model GOT TPX09 Terhadap Stasiun BIG (Referensi) Pada Masing-masing Stasiun	73
Gambar 4.3 Grafik Nilai Simpangan Model <i>GOT EOT11a</i> Terhadap Stasiun BIG (Referensi) Pada Masing-masing Stasiun	78

Gambar 4.4 Grafik Jumlah Nilai Simpangan Model <i>GOT</i>	80
Gambar 4.5 Peta <i>Co-Tidal</i> M_2 Model BIG.....	83
Gambar 4.6 Peta <i>Co-Tidal</i> M_2 Model <i>EOT11a</i>	84
Gambar 4.7 Peta <i>Co-Tidal</i> M_2 Model <i>FES2014</i>	85
Gambar 4.8 Peta <i>Co-Tidal</i> M_2 Model TPX09.....	86
Gambar 4.9 Peta <i>Co-Tidal</i> S_2 Model BIG.....	87
Gambar 4.10 Peta <i>Co-Tidal</i> S_2 Model <i>EOT11a</i>	88
Gambar 4.11 Peta <i>Co-Tidal</i> S_2 Model <i>FES2014</i>	89
Gambar 4.12 Peta <i>Co-Tidal</i> S_2 Model TPX09.....	90
Gambar 4.13 Peta <i>Co-Tidal</i> M_4 Model BIG.....	91
Gambar 4.14 Peta <i>Co-Tidal</i> M_4 Model <i>EOT11a</i>	92
Gambar 4.15 Peta <i>Co-Tidal</i> M_4 Model <i>FES2014</i>	93
Gambar 4.16 Peta <i>Co-Tidal</i> M_4 Model TPX09.....	94
Gambar 4.17 Selisih Peta <i>Co-Amplitudo</i> M_2 BIG – <i>EOT11a</i>	95
Gambar 4.18 Peta Selisih <i>Co-Amplitudo</i> M_2 BIG – <i>FES2014</i>	95
Gambar 4.19 Peta Selisih <i>Co-Amplitudo</i> M_2 BIG – TPX09.....	96
Gambar 4.20 Peta Selisih <i>Co-Amplitudo</i> S_2 BIG – <i>EOT11a</i>	97
Gambar 4.21 Peta Selisih <i>Co-Amplitudo</i> S_2 BIG – <i>FES2014</i>	97
Gambar 4.22 Peta Selisih <i>Co-Amplitudo</i> S_2 BIG – TPX09.....	98
Gambar 4.23 Peta Selisih <i>Co-Amplitudo</i> M_4 BIG – <i>EOT11a</i>	99
Gambar 4.24 Peta Selisih <i>Co-Amplitudo</i> M_4 BIG – <i>FES2014</i>	99
Gambar 4.25 Peta Selisih <i>Co-Amplitudo</i> M_4 BIG – TPX09.....	100

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Komponen Pasang Surut (Ramadhan 2011)	14
Tabel 2.2 Perbandingan Model <i>GOT</i>	16
Tabel 2.3 Data yang Digunakan <i>EOT11a</i> (<i>Technische Universität München</i> 2017)	19
Tabel 2.4 Daftar Nomor Doodson yang Digunakan Pengolahan Model <i>GOT EOT11a</i> (Rieser 2012).....	22
Tabel 2.5 Asimilasi Data Setiap Konstanta Harmonik Pasang Surut Air Laut (Egbert dkk 2010)	23
Tabel 2.6 Tingkat Hubungan Ukuran Koefisien Korelasi (E. Hinkle, 2002)	34
Tabel 4.1 Nilai Konstanta Pasang Surut Air Laut M2 BIG dan Model <i>GOT</i>	47
Tabel 4.2 Nilai Konstanta Pasang Surut Air Laut S2 BIG dan Model <i>GOT</i>	49
Tabel 4.3 Nilai Konstanta Pasang Surut Air Laut N2 BIG dan Model <i>GOT</i>	51
Tabel 4.4 Nilai Konstanta Pasang Surut Air Laut K2 BIG dan Model <i>GOT</i>	53
Tabel 4.5 Nilai Konstanta Pasang Surut Air Laut K1 BIG dan Model <i>GOT</i>	54
Tabel 4.6 Nilai Konstanta Pasang Surut Air Laut O1 BIG dan Model <i>GOT</i>	56
Tabel 4.7 Nilai Konstanta Pasang Surut Air Laut P1 BIG dan Model <i>GOT</i>	58
Tabel 4.8 Nilai Konstanta Pasang Surut Air Laut Q1 BIG dan Model <i>GOT</i>	60
Tabel 4.9 Nilai Konstanta Pasang Surut Air Laut M4 BIG dan Model <i>GOT</i>	61
Tabel 4.10. Nilai Simpangan model <i>GOT FES2014</i> Pada Masing-masing Titik	64

Tabel 4.11. Nilai Simpangan <i>TPX09 Global Ocean Tide Model</i> Pada Masing-masing Titik	69
Tabel 4.12. Nilai Simpangan model <i>GOT EOT11a</i> Pada Masing-masing Titik	74
Tabel 4.13 Jumlah Nilai Simpangan Konstanta <i>Global Ocean Tide Model</i> di 38 Titik Pengamatan	79
Tabel 4.14 Nilai Presentase Ketidaksesuaian model <i>GOT (RSSIQ = 37.21120)</i>	81
Tabel 4.15 Nilai Koefisien Korelasi Pada Masing –masing Model <i>GOT</i> dan tingkat hubungannya	101

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pasang surut laut merupakan salah satu gejala alam yang tampak nyata di laut, yakni suatu gerakan vertikal (naik turunnya air laut) secara teratur dan berulang-ulang dari seluruh partikel massa air laut dari permukaan sampai bagian terdalam dari dasar laut. Gerakan tersebut disebabkan oleh pengaruh gravitasi (gaya tarik menarik) antara bumi, dan bulan, bumi dan matahari, atau bumi dengan bulan dan matahari. Pasang surut air laut bersifat periodik terhadap waktu (harmonik) sehingga pergerakan gelombang pasang surut air laut dapat dimodelkan menggunakan persamaan sinusoidal. Data hasil pengamatan pasang surut air laut dapat ditentukan besaran komponen pasang surut air laut atau konstanta harmonik, yaitu besaran amplitudo dan fase dari tiap komponen pasang surut air laut.

Indonesia merupakan Negara Kepulauan yang terdiri dari 17.504 pulau dengan garis pantai sepanjang 108.000 km, dan luas total perairan sebesar 6,4 juta km² (Badan Informasi Geospasial dan Pusat Hidrografi dan Oseanografi TNI AL 2018). Posisi Kepulauan Sumatera – Jawa – Nusa Tenggara menghalangi hubungan secara langsung perairan Indonesia dengan Lautan Hindia, hubungan secara langsung dengan Lautan Hindia hanya terjadi melalui Laut Timor dan Selat Malaka. Sehingga diketahui, pasang surut laut di Indonesia dipengaruhi oleh dua Lautan yang mengitarinya secara langsung yaitu Lautan Hindia dan Pasifik (Gordon 2005). Lautan Hindia mempunyai kesenjangan sebesar lima jam dengan pasang surut laut di Pasifik bagi konstanta ganda (semi-diurnal constituents). Kesenjangan pasang surut laut di Lautan Hindia adalah empat jam terhadap pasang surut laut di

Pasifik bagi konstanta tunggal (diurnal constituents) (Dietrich 1944). Sitem pasang surut laut kedua lautan ini kemudian berinteraksi di perairan Indonesia. Selain itu, pengaruh topografi dasar laut Indonesia yang sangat beragam dan terdapat dua jenis lautan di Indonesia yaitu lautan dalam dan lautan dangkal juga mengakibatkan fenomena pasang surut laut di Indonesia menjadi kompleks.

Kehadiran teknologi satelit altimetri pada tahun 1970, menjadikan pengamatan permukaan laut global berkembang cepat, dengan tempo waktu seminggu permukaan laut sejauh ± 100 km dapat diamati dengan tingkat akurasi yang baik. Pengukuran dan prediksi dari amplitudo dan fase ocean tides merupakan bagian dari 80% variabilitas topografi permukaan laut (Provost dkk. 1994). Pasang surut air laut memiliki pengaruh besar untuk memodelkan coastal atau continental shelf circulations, kontribusi pergerakan lempeng terhadap waktu, mengurangi energi di laut, dan rata-rata gerakan bulan. Pasang surut air laut memiliki peran penting dengan iklim karena interaksi yang kompleks antara laut, atmosfer, dan es laut (Egbert 2010).

Model pasang surut laut dunia mulai diterbitkan pada tahun 1980 dengan model yang bernama Schwiderski, menggunakan data pendekatan inversi dari pengamatan pasang surut laut secara langsung (Andersen 2010). Pada tahun 1994, mulai adanya pengembangan teknologi satelit dan menghasilkan 12 model GOT diterbitkan berdasarkan pada data satelit altimetri resolusi tinggi dari misi TOPEX/Poseidon yang dirancang untuk pengembangan model pasang surut laut dunia baru. Hingga kini, sudah ada beberapa model pasang surut laut dunia yang sudah diterbitkan diantaranya yaitu DTU10 (Andersen 2010), EOT11a (Technische Universität München 2017), FES series (Lyard 2012), dan TPXO9 (Egbert 2010). Satelit

altimetri sudah mampu menyediakan pengamatan pasang surut jangka panjang di seluruh dunia dengan akurasi 2 – 3 cm, yang dibantu dengan misi dari satelit TOPEX/Poseidon, Jason-1, Jason-2, ERS1, ERS 2, ICESat, dan pengukuran Global Positioning System (GPS). Teknologi satelit altimetri telah membantu untuk membuat model pasang surut air laut secara luas dan teliti baik secara lokal maupun global untuk digunakan secara praktis. Teknologi satelit altimetri diharapkan dapat menjadi pengganti pengukur model PASUT GOT yang sedang diwujudkan dunia.

Pengetahuan mengenai pasang surut laut sangat diperlukan untuk mitigasi, penetapan acuan pengukuran tinggi vertikal untuk survei dan pemetaan matra darat dan laut dan data utama dalam penyatuan datum vertikal dari lokal hingga global. Pemanfaatan lain data pasang surut juga penting untuk menunjang keselamatan pelayaran, rekayasa laut, studi lingkungan, dan penelitian seperti pengaruh kenaikan permukaan air laut karena pemanasan global, perubahan garis pantai dan antisipasi bencana gelombang seperti badai pasang dan tsunami. Saat ini, sedang berjalannya penelitian mengenai pembuatan model pasang surut global yang kemudian nanti akan ditetapkan model pasang surut global sebagai acuan model pasang surut dunia. Sehingga, studi mengenai kesesuaian model Global Ocean Tide (GOT) di Perairan Indonesia merupakan studi yang penting sebagai bahan dasar evaluasi pembuatan model pasang surut dunia.

1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan yang akan dibahas dalam penulisan tugas akhir ini adalah untuk mengetahui perbandingan nilai konstanta harmonik pasang surut air laut model GOT. Perumusan masalah yang akan dibahas sebagai berikut :

1. Bagaimana menentukan nilai komponen harmonik pasang surut air laut dari data pengamatan pasang surut air laut permanen BIG (referensi) dan model GOT?
2. Bagaimana menghitung perbandingan numeris nilai komponen harmonik pasang surut air laut antara model GOT terhadap stasiun pasang surut permanen BIG (referensi)?
3. Bagaimana menentukan titik daerah yang perlu dilakukan evaluasi pemodelan?
4. Bagaimana menentukan model GOT yang fit di perairan Indonesia?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penulisan tugas akhir ini sebagai berikut :

1. Daerah studi penelitian di Perairan Indonesia.
2. Data model GOT yang digunakan yaitu FES2014, TPXO9, EOT11a dan data pengamatan pasang surut laut permanen milik Badan Informasi Geospasial.
3. Nilai komponen harmonik pasang surut laut yang digunakan yaitu K1, O1, P1, Q1, K2, S2, M2, N2, dan M4.
4. Membandingkan nilai Root Mean Square (RMS), Root Sum of Square (RSS) dan Root Sum of Square of the In-phase and Quadrature amplitudes (RSSIQ) antara global ocean tide model dengan data pasang surut laut permanen.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penulisan tugas akhir ini adalah untuk :

1. Mengetahui nilai konstanta harmonik pasang surut air laut dari stasiun pasang surut permanen BIG (referensi) menggunakan metode least square dan model GOT menggunakan metode IDW.

2. Mengetahui daerah yang memiliki selisih nilai amplitude yang besar secara spasial.
3. Mengetahui tingkat hubungan korelasi nilai model GOT terhadap nilai model BIG (referensi).
4. Mengetahui perbandingan numeris nilai komponen harmonik pasang surut air laut antara stasiun model BIG (referensi) dan model GOT sehingga dapat menentukan model GOT yang cocok untuk perairan Indonesia.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang ingin diperoleh dari pelaksanaan tugas akhir ini sebagai berikut :

1. Sebagai bahan dasar evaluasi pembuatan model GOT khusus daerah perairan Indonesia untuk membantu dalam kepentingan pembuatan model GOT agar segera mewujudkan model acuan pasang surut dunia.
2. Sebagai bahan kajian untuk membuat model pasang surut air laut di Perairan Indonesia sehingga dapat meningkatkan ketelitian dan kualitas model pasang surut air laut di Perairan Indonesia agar dapat digunakan untuk kepentingan dengan jangkauan yang luas dan praktis seperti pembuatan kerangka kontrol vertikal atau kepentingan pembuatan peta navigasi laut di Indonesia.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pasang Surut Air Laut

Bumi dikelilingi oleh dua lautan yang sangat luas yaitu lautan udara dan lautan air. Keduanya berada dalam keadaan bergerak (dynamic condition), dibangkitkan oleh energi dari matahari dan gaya gravitasi bumi. Gerakan-gerakan saling berhubungan angin memberikan energinya ke permukaan laut sehingga menghasilkan arus laut, dan arus laut membawa energi panas dari satu lokasi ke lokasi lainnya, mengubah pola temperatur permukaan bumi dan juga mengubah sifat-sifat fisis udara di atasnya. Gerakan tersebut disebut arus. Arus dapat diklasifikasikan menjadi dua yaitu, arus pasang surut dan arus non pasang surut. Arus pasang surut laut adalah gerakan horisontal periodik air laut bersamaan dengan peristiwa naik turunnya air permukaan laut dan saling mempengaruhi. Arus pasang surut atau tidal current merupakan gerak horizontal badan air menuju dan menjauhi pantai seiring dengan naik dan turunnya muka laut yang disebabkan oleh gaya-gaya pembangkit pasut. (Poerbandono dan Djunarsjah 2005).

Pasang surut laut merupakan salah satu gejala alam yang tampak nyata di laut, yakni suatu gerakan vertikal (naik turunnya air laut secara teratur dan berulang-ulang) dari seluruh partikel massa air laut dari permukaan sampai bagian terdalam dari dasar laut. Gerakan tersebut disebabkan oleh pengaruh gravitasi antara bumi dan bulan, bumi dan matahari, atau bumi dengan bulan dan matahari. Pasang surut laut merupakan hasil dari gaya tarik gravitasi dan efek sentrifugal, yakni dorongan ke arah luar pusat rotasi. Hukum gravitasi Newton menyatakan, bahwa semua massa benda tarik menarik satu sama lain dan gaya ini tergantung pada besar massanya, serta jarak di antara massa tersebut.

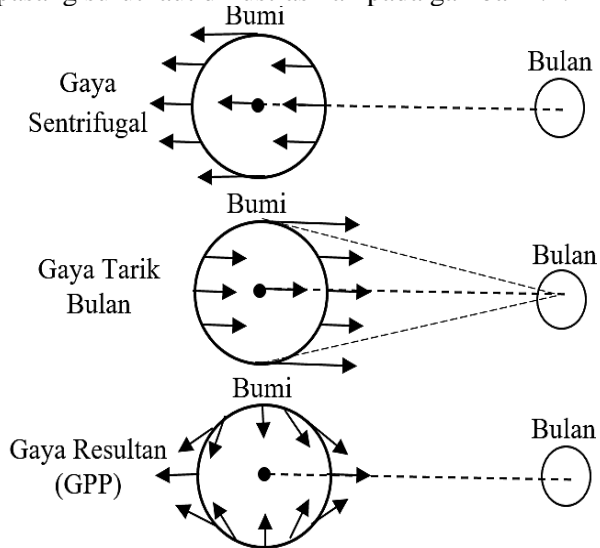
2.1.1 Gaya Penggerak Pasang Surut Air Laut

Semua benda angkasa mempengaruhi proses pembentukan pasang surut air laut, terutama matahari

dan bulan. Terdapat tiga gerakan utama yang menentukan pergerakan pasang laut di bumi, yaitu:

- 1) Revolusi bulan terhadap bumi, dimana orbitnya berbentuk elips dan memerlukan waktu 29,5 hari untuk menyelesaikan revolusinya.
- 2) Revolusi bumi terhadap matahari, dengan orbitnya berbentuk elips juga dan periode yang diperlukan untuk ini 365,25 hari.
- 3) Perputaran bumi terhadap sumbunya sendiri dan waktu yang diperlukannya adalah 24 jam (one solar day).

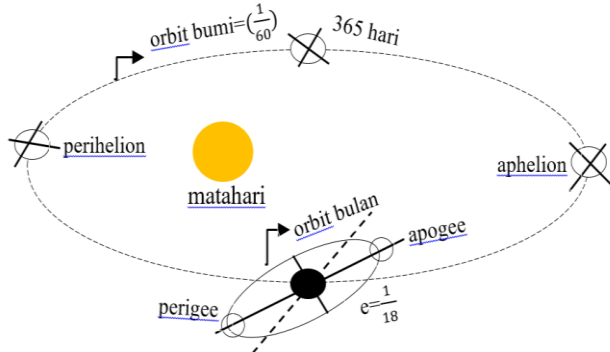
Gerakan utama yang menentukan pergerakan pasang surut laut diilustrasikan pada gambar 2.1.



Gambar 2.1. Gaya Pembangkit Pasang Surut (Modifikasi dari Poerbandono dan Djunarsjah 2005)

Sumbu bumi membentuk sudut $66,5^\circ$ dengan bidang orbit terhadap matahari dan membentuk sudut 5° terhadap bidang ekliptik. Hal ini menyebabkan deklinasi bulan terhadap bumi dapat mencapai $28,5^\circ$

LU setiap 18,6 tahun sekali. Fenomena ini menghasilkan konstanta pasang surut periode panjang yang disebut nodal tide. Ilustrasi penggerak pasang surut air laut oleh faktor-faktor astronomi utama dapat dilihat pada gambar 2.2.



Gambar 2.2. Faktor-faktor Astronomi Utama Penyebab Pasang Surut (Modifikasi dari Poerbandono dan Djunarsjah 2005)

Perihelion yang terdapat pada gambar merupakan jarak terdekat bumi terhadap matahari. Aphelion yang terdapat pada gambar merupakan jarak terjau bumi terhadap matahari. Apogee yang terdapat pada gambar merupakan jarak terjauh bumi terhadap bulan. Perigee yang terdapat pada gambar merupakan jarak terdekat bumi terhadap bulan.

Newton (1642 – 1727) membuktikan bahwa pergerakan pasang surut laut adalah akibat gaya tarik bulan yang berbeda besarnya untuk setiap titik di permukaan bumi. Perbedaan tersebut disebabkan oleh jarak yang berbeda dari setiap titik itu terhadap bulan. Gambar 2.2 merupakan ilustrasi gaya tarik menarik bulan bekerja pada empat titik di permukaan A, B, C, dan D. Menurut hukum gravitasi Newton, gaya tarik

bulan B dan D per unit massa dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$F_B = F_D = \frac{G \cdot Mm}{(r + R)^2} \quad (2.1)$$

Keterangan :

G : konstanta gravitasi = $6,67 \times 10^{-11} N \text{ kg}^{-2} \text{ m}^2$

Mm : massa dari bulan

r : jarak antara pusat bumi dengan pusat bulan

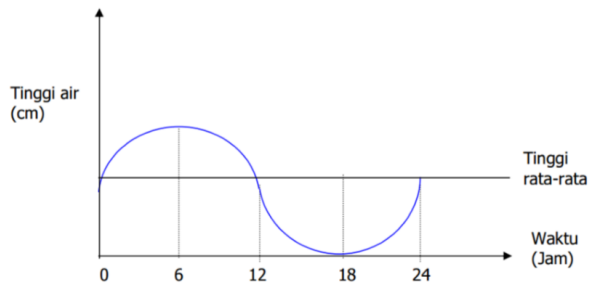
R : jari-jari bumi

2.1.2 Tipe Pasang Surut Air Laut

Pasang surut mempengaruhi elevasi tinggi gelombang yang membawa material sedimen dari dan menuju kearah pantai. Selain itu pasang surut juga berpengaruh pada kecepatan dan arah arus. Arus yang ditimbulkan oleh pasang surut cukup kuat untuk membawa material sedimen dalam jumlah yang cukup besar. Variasi harian dari rentang pasang surut berubah secara sistematis terhadap siklus bulan dalam waktu sebulan. Rentang pasang surut juga bergantung pada bentuk perairan dan konfigurasi lantai samudera. Terdapat empat jenis tipe pasang surut yang didasarkan pada periode dan keteraturannya, yaitu (Ramadhan 2011) :

1) Pasang Surut Harian Tunggal (*Diurnal Tide*)

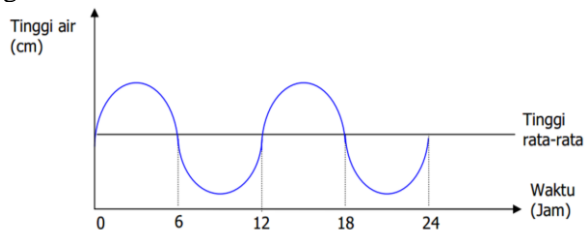
Pasang surut harian tunggal (*diurnal tide*) adalah keadaan dimana dalam satu hari terjadi satu kali pasang naik dan satu kali pasang surut dengan periode 24 jam 50 menit. Pasang surut yang hanya terjadi satu kali pasang dan satu kali surut dalam satu hari, ini terdapat di Selat Karimata. Ilustrasi pasang surut harian tunggal (*diurnal tide*) dapat dilihat pada gambar 2.3.



Gambar 2.3 Pola Gerak Pasang Surut Harian Tunggal
(Ramadhan 2011)

2) Pasang Surut Harian Ganda (*Semi Diurnal Tide*)

Pasang Surut Harian Ganda (*Semi Diurnal Tide*) adalah keadaan dimana dalam sehari terjadi 2 kali pasang naik dan 2 kali pasang surut secara berurutan. Periode pasang surut tersebut adalah 12 jam 25 menit. Pasang surut yang terjadi dua kali pasang dan dua kali surut yang tingginya hampir sama dalam satu hari, ini terdapat di Selat Malaka hingga Laut Andaman. Ilustrasi pasang surut harian ganda (*semi diurnal tide*) dapat dilihat pada gambar 2.4.

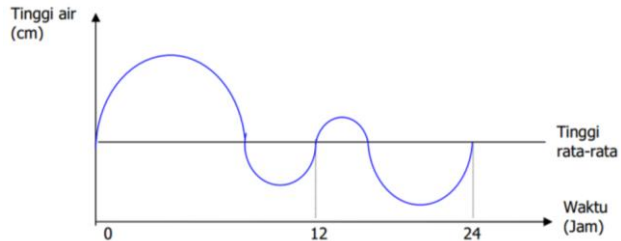


Gambar 2.4 Pola Gerak Pasang Surut Harian Ganda
(Ramadhan 2011)

3) Pasang Surut Campuran Condong Harian Tunggal
(*Mixed Tide, Prevailing Diurnal*)

Pasang surut yang tiap harinya terjadi satu kali pasang dan satu kali surut tetapi terkadang

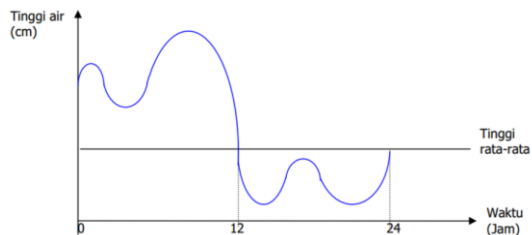
dengan dua kali pasang dan dua kali surut yang sangat berbeda dalam tinggi dan waktu, ini terdapat di Pantai Selatan Kalimantan dan Pantai Utara Jawa Barat. Ilustrasi pasang surut campuran condong harian tunggal (*mixed tide, prevailing diurnal*) dapat dilihat pada gambar 2.5.



Gambar 2.5 Pola Gerak Pasang Surut Campuran Condong Harian Tunggal (Ramadhan 2011)

4) Pasang Surut Campuran Condong Harian Ganda (*Mixed Tide, Prevailing Semi Diurnal*)

Pasang surut yang terjadi dua kali pasang dan dua kali surut dalam sehari tetapi terkadang terjadi satu kali pasang dan satu kali surut dengan memiliki tinggi dan waktu yang berbeda, ini terdapat di Pantai Selatan Jawa dan Indonesia Bagian Timur. Ilustrasi pasang surut campuran condong harian ganda (*mixed tide, prevailing semi diurnal*) dapat dilihat pada gambar 2.6.



Gambar 2.6 Pasang Surut Campuran Condong Harian Ganda (Ramadhan 2011)

Tipe dari pasang surut laut yang timbul berbeda-beda tergantung pada tempat dimana pasang surut laut tersebut terjadi. Klasifikasi dari tipe-tipe pasang surut laut berdasarkan perbandingan antara jumlah amplitudo komponen-komponen diurnal K1 dan O1 dengan jumlah amplitudo komponen-komponen semi diurnal M2 dan S2. Nilai bilangan *Formzahl* dapat ditentukan menggunakan rumusan matematis sebagai berikut (Ramadhan 2011) :

$$F = \frac{A_{K1} + A_{O1}}{A_{M2} + A_{S2}} \quad (2.2)$$

Rumus diatas merupakan rumus untuk menentukan nilai bilangan *Formzahl* yang digunakan untuk menentukan tipe pasang surut laut. Hasil dari nilai F akan menentukan tipe pasang surutnya, dengan klasifikasi sebagai berikut (Ramadhan 2011) :

- a. $0 < F \leq 0,25$: Pasang surut harian ganda (*semi diurnal*)

Dua kali pasang sehari dengan tinggi yang sama (secara pendekatan). Interval waktu antara transit bulan dan pasang naik untuk suatu tempat hampir sama

- b. $0,25 < F \leq 1,50$: Pasang surut campuran condong ke harian ganda

Terdapat dua kali pasang dalam satu hari tetapi tinggi dan interval waktu antara transit bulan dan pasang naik tidak sama. Perbedaan ini mencapai maksimum ketika deklinasi bulan telah mencapai maksimumnya

- c. $1,50 < F \leq 2,50$: Pasang surut campuran condong ke harian tunggal

Pasang surut jenis ini terkadang hanya satu kali terjadi pasang yang mengikuti deklinasi maksimum dari bulan, dan kadang – kadang

terjadi dua kali pasang sehari tetapi tinggi dan interval waktu antara transit bulan dan pasang naik sangat berbeda sekali, terutama bila bulan telah melewati ekuator

- d. $1,50 < F \leq 3,00$: Pasang surut harian tunggal
 Satu kali pasang sehari. Pada saat pasang perbani ketika bulan telah melewati bidang ekuator. Dapat juga terjadi dua kali pasang sehari.

2.1.3 Komponen Harmonik Pasang Surut Air Laut

Fenomena pasang surut yang kita amati di perairan pada hakikatnya merupakan superposisi dari komponen-komponen pasang surut yang disebabkan gaya tarik bulan, matahari, pengaruh *bathymetry*, serta geometri pantai. Komponen-komponen pasang surut tersebut mempunyai amplitudo dan frekuensi yang berbeda satu dengan yang lainnya.

Berdasarkan hal tersebut maka ada tiga komponen pasang surut utama, yaitu:

- 1) Komponen pasang surut periode panjang, contohnya Mf, dan Mm.
- 2) Komponen pasang surut diurnal yaitu 1 kali pasang dan 1 kali surut dalam 1 hari. Contohnya yaitu K1, O1, dan P1.
- 3) Komponen pasang surut semi diurnal, yaitu 2 kali pasang dan 2 kali surut dalam 1 hari. Contohnya yaitu M2, S2, N2, dan K2.

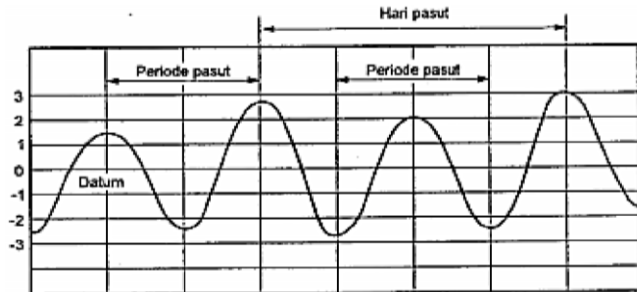
Tabel 2. 1 Komponen Pasang Surut (Ramadhan 2011)

Jenis Nama dan Simbol Komponen-Komponen Pasang Surut	Kecepatan Sudut (Derajat/Jam)	Periode (Jam)
<i>Semi Diurnal</i>		
1. <i>Pricipal Lunar</i> (M2)	28,9841	12,4206
2. <i>Principal Solar</i> (S2)	30,0000	12,0000

Jenis Nama dan Simbol Komponen-Komponen Pasang Surut	Kecepatan Sudut (Derajat/Jam)	Periode (Jam)
2. <i>Larger Lunar Elliptic</i> (N2)	28,4397	12,6583
4. <i>Luni Solar</i> (K2)	30,0821	11,9672
<i>Diurnal</i>		
1. <i>Luni Solar</i> (K1)	15,0410	23,9344
2. <i>Principal Lunar</i> (O1)	13,9430	25,8193
3. <i>Principal Solar</i> (P1)	14,9589	24,0658
4. Perubahan Jarak Bulan Ke Bumi (Q1)	13,3986	26,8683
<i>Shallow Water</i>		
1. Dua kali kecepatan sudut M2 akibat pengaruh perairan dangkal (M4)	57,9680	6,2102
2. Interaksi M2 dan S2 di perairan dangkal (MS4)	58,9841	6,1033

2.1.3 Gerakan Pasang Surut Laut

Gerakan vertikal pasut menurut sifatnya dibagi dua, yaitu gerakan periodik yang disebabkan oleh pengaruh gravitasi bulan dan matahari serta variasi non pasut yang disebabkan oleh faktor-faktor non astronomis yang mempengaruhi tinggi pasut yaitu kedalaman perairan, keadaan meteorologi serta faktor hidrografis lainnya. Tinggi pasang surut adalah amplitudo total dari variasi muka air tertinggi dan air terendah. Kinematika pasut pada suatu tempat dapat digambarkan sebagai fluktuasi tinggi terhadap waktu. Ilustrasi gerakan gelombang pasang surut laut dapat dilihat pada gambar 2.7.



Gambar 2.7 Gelombang Pasang Surut Laut (Triatmodjo 2009)

2.2 Model Global Ocean Tide (GOT)

Model GOT terdiri dari beberapa konstanta pasang surut laut yang diperoleh dari pengamatan tinggi muka air laut menggunakan *bathymetry* maupun stasiun tetap pasang surut laut dan beberapa misi satelit altimetri pada seluruh permukaan bumi yang tertutup air laut dalam suatu periode tertentu. Konstanta-konstanta pasang surut laut disajikan dalam bentuk grid, dimana resolusi spasial dari masing-masing grid model GOT bervariasi dan terus berkembang seiring dengan perkembangan teknologi satelit altimetri. Pada penelitian ini, menggunakan tiga model GOT dengan perbandingan secara garis besar dapat dilihat pada tabel 2.2.

Tabel 2.2 Perbandingan Model *GOT*

Model	<i>FES2014</i>	<i>EOT11a</i>	<i>TPX09</i>
Tipe	A	E	A
Lama pengamatan	20 tahun <i>long altimeter time series</i> dan <i>tide gauges</i>	32 tahun <i>long altimeter time series</i>	20 tahun <i>long altimeter time series</i> dan <i>tide gauges</i>
Negara	Perancis	Jerman	USA
Grid	$1/16^{\circ}$	$1/8^{\circ}$	$1/30^{\circ}$
Konstanta yang tersedia	2N2, K1, K2, M2, M4, MF, MM, MSQM,	2N2, K1, K2, M2, M4, MF, MM, MSQ,	2N2, K1, K2, M2, M4, MN4, MS4,

Model	FES2014	EOT11a	TPX09
	MTM, N2, O1, P1, Q1, S1, dan S2	MTM, N2, O1, OM1, OM2, PQ, Q1, S2, SA, dan SSA	N2, O1, P1, Q1, dan S2
Sumber	Lyard (2016)	Rieser (2012)	Egbert (2010)

Keterangan :

E, *empirical model* yaitu model *ocean tide* menggunakan data altimetri.

H, *hydrodynamic model* yaitu model *ocean tide* menggunakan data pengamatan langsung pasang surut dan dapat juga menggunakan *model bathymetry*.

A, *Asimilasi model* yaitu model *ocean tide* menggunakan data altimetri dan data pengukuran langsung.

2.2.1 **Model GOT FES2014**

Model GOT *FES* (*Finite Element Solution*) mulai dikembangkan pada tahun 1994 dengan sebutan model Le Provost atau model GOT *FES94.1*. Model *FES94.1* merupakan model GOT *FES* pertama dengan resolusi $0.5^\circ \times 0.5^\circ$ menggunakan persamaan non linier barotropik perairan dangkal dengan parameterisasi gesekan dasar akibat kecepatan pembangkit pasang surut air laut oleh faktor astronomis termasuk pasang surut air laut numi padat, pasang surut air laut pembebanan, dan pengaruhnya. Pada tahun 1999, model GOT *FES* dikembangkan dan dinamakan *FES99* yang merupakan representasi lebih dari 80% variabilitas laut. Model GOT *FES99* berdasarkan pemodelan kombinasi data in-situ dan altimetri dengan akurasi mencapai beberapa centimeter untuk lautan terbuka dan beberapa desimeter di daerah pesisir (Le, Provost dkk 1994). Pada tahun 2004, model GOT *FES* dikembangkan dan dinamakan *FES2004*, model GOT merupakan model

kombinasi dari pengamatan pasang surut air laut langsung dan data altimetri (T/P dan ERS-2) yang tidak membatasi kondisi batas terbuka dan data asimilasi dengan memperhitungkan es di daerah kutub. Resolusi model GOT *FES2004* yaitu $1/8^\circ$ dengan jumlah konstanta harmonik pasang surut air laut yang tersedia sebanyak 28 buah. Pada tahun 2012, model GOT *FES* dikembangkan dan dinamakan *FES2012*, menggunakan model kombinasi dari pengamatan pasang surut air laut langsung dan data satelit altimetri yang lebih panjang yaitu T/P, Jason-1, Jason-2, ERS-1, ERS-2, dan Envisat dengan resolusi $1/16^\circ$ dan 32 konstanta harmonik pasang surut air laut yang dimodelkan (Lyard 2006). Pada tahun 2014 hingga 2016, mulai dikembangkan model yang terbaru yaitu model GOT *FES2014* yang merupakan perbaikan dari model GOT *FES2012*. Model GOT *FES2014* telah dikembangkan, diimplementasikan dan divalidasi oleh *LEGOS*, *NOVELTIS* dan *CLS*, dalam proyek yang didanai oleh *CNES*. *FES* di produksi oleh kelompok pasang surut laut Perancis yang dipimpin oleh C. Le Provost dkk (Lyard 2016).

Kelebihan dari model GOT *FES2014* yaitu deret waktu altimeter yang lebih panjang dan standar altimeter yang lebih baik, teknik pemodelan dan asimilasi data yang ditingkatkan, *bathymetry* laut yang lebih akurat dan *mesh* halus di sebagian besar wilayah perairan dangkal. Upaya khusus telah didedikasikan untuk mengatasi masalah utama pasang *non-linear* dan untuk penentuan arus pasang surut yang akurat. Model GOT *FES2014* didasarkan pada resolusi persamaan *tidal barotropic (T-UGO model)* dalam konfigurasi spektral. Sebuah grid elemen hingga global baru ($\sim 2,9$ juta node, 50% lebih dari *FES2012*) digunakan dan model fisik telah diperbaiki, dan menghasilkan data

yang lebih akurat (independen dari data insitu dan penginderaan jauh) terhadap versi FES2012 sebelumnya. Keakuratan ditingkatkan dengan mengasimilasi data altimetri jangka panjang (*Topex/Poseidon, Jason-1, Jason-2, TPN-JIN, dan ERS-1, ERS-2, ENVISAT*) dan pengukur pasang surut melalui metode asimilasi *representer* yang lebih baik. Konstanta pasang surut didistribusikan pada $1/16^\circ$ grid (amplitudo dan fase) untuk setiap produk pasang surut. Algoritma prediksi baru didistribusikan dalam paket model GOT *FES2014* untuk menyediakan ketinggian dan arus pasang surut di setiap lokasi samudra dunia. Kode prediksi baru ini memungkinkan komputasi 11 komponen konstanta harmonik HF komplementer dengan cara metode *admittance* tertentu dan sekitar 100 periode panjang gelombang laut ekuilibrium (Lyard 2016).

2.2.2 Model GOT EOT11a

Model GOT *EOT11a* merupakan tipe *empirical ocean tide* yang diperoleh oleh analisis residual data multi misi satelit altimeter. (*Technische Universität München* 2017). Data satelit altimetri yang digunakan dapat dilihat pada tabel 2.3.

Tabel 2.3 Data yang Digunakan *EOT11a* (*Technische Universität München* 2017)

<i>Mission</i>	<i>Freq.</i>	<i>Cycles</i>	<i>Dates</i>
<i>Envisat</i>	1 Hz	006 – 094	14-05-2002 18:33:08 s.d. 22-10-2010 00:10:40
<i>Envisat (Extended Mission)</i>	1 Hz	095 - 113	26-10-2010 07:56:16 s.d. 08-04-2012 10:54:23
<i>ERS-1 (Phase A)</i>	1 Hz	002 – 046	03-08-1991 21:18:17 s.d. 14-12-1991 21:31:01
<i>ERS-1 (Phase B)</i>	1 Hz	047 – 081	14-12-1991 21:41:09 s.d. 25-03-1992 23:16:17

<i>Mission</i>	<i>Freq.</i>	<i>Cycles</i>	<i>Dates</i>
<i>ERS-1</i> <i>(Phase C)</i>	1 Hz	082 – 101	25-03-1992 23:26:57 s.d. 23-12-1993 19:43:02
<i>ERS-1</i> <i>(Phase D)</i>	1 Hz	103 – 138	24-12-1993 22:32:23 s.d. 10-04-1994 16:23:58
<i>ERS-1</i> <i>(Phase E)</i>	1 Hz	139 – 140	11-04-1994 07:02:02 s.d. 28-09-1994 02:56:28
<i>ERS-1</i> <i>(Phase F)</i>	1 Hz	141 – 143	28-09-1994 02:56:30 s.d. 24-03-1995 00:08:48
<i>ERS-1</i> <i>(Phase G)</i>	1 Hz	144 – 156	24-03-1995 00:24:24 s.d. 02-06-1996 21:59:27
<i>ERS-2</i>	1 Hz	000 – 085	14-05-1995 01:34:00 s.d. 02-07-2003 07:10:05
<i>Geosat</i>	1 Hz	001 – 068	08-11-1986 00:46:56 s.d. 29-12-1989 15:28:24
<i>Geosat</i> <i>(Geodetic Mission)</i>	1 Hz	001 – 025	31-03-1985 00:00:00 s.d. 30-09-1986 23:55:59
<i>Geosat</i> <i>Follow-On</i>	1 Hz	037 – 222	07-01-2000 17:30:36 s.d. 07-09-2008 22:52:00
<i>Jason-1</i>	1 Hz	001 – 259	15-01-2002 06:08:06 s.d. 26-01-2009 08:49:42
<i>Jason-1</i> <i>(Extended Mission)</i>	1 Hz	262 – 374	10-02-2009 18:01:37 s.d. 03-03-2012 12:59:11
<i>Jason-1</i> <i>(Geodetic Mission)</i>	1 Hz	500 – 537	07-05-2012 16:04:16 s.d. 21-06-2013 00:51:55
<i>Jason-2</i>	1 Hz	000 – 303	04-07-2008 12:19:19 s.d. 02-10-2016 11:53:32
<i>Jason-2</i> <i>(Extended Mission)</i>	1 Hz	305 – 320	13-10-2016 20:00:22 s.d. 15-03-2007 02:34:09
<i>Jason-3</i>	1 Hz	000 – 055	12-02-2016 01:11:09 s.d. 15-08-2017 19:07:45

<i>Mission</i>	<i>Freq.</i>	<i>Cycles</i>	<i>Dates</i>
<i>Poseidon</i>	1 Hz	001 – 361	01-10-1992 16:45:02 s.d. 12-07-2002 14:28:19
<i>SARAL</i>	1 Hz	001 – 035	14-03-2013 05:44:35 s.d. 04-07-2016 11:06:30
<i>SARAL (Drifting Phase)</i>	1 Hz	100 – 111	04-07-2016 12:54:01 s.d. 28-08-2017 14:36:27
<i>Topex</i>	1 Hz	001 – 365	25-09-1992 05:19:37 s.d. 15-08-2002 17:44:37
<i>Topex (Extended Mission)</i>	1 Hz	368 – 481	16-09-2002 20:55:12 s.d. 08-10-2005 23:49:38

Pengembangan model GOT *EOT11a* mendapat dana dari *Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)* di bawah hibah BO1228/6-2 yang digunakan untuk memproses kembali data gravitasi *GRACE*. Model GOT *EOT11a* dihitung dengan menggunakan analisa data residual pasang surut altimeter multi misi dari *TOPEX/Poseidon*, *ERS-2*, *ENVISAT*, dan *Jason-1/2*. Konstanta pasang surut laut menggunakan metode analisa harmonik kuadrat terkecil dan model GOT *FES2004* untuk mengurangi gangguan yang disebabkan konstanta pasang surut laut kecil. Analisa harmonik disesuaikan untuk menentukan pasang surut laut dangkal. Model GOT *EOT11a* memiliki resolusi $1/8^\circ$ dan garis lintang tinggi *poleward* dari $81,5^\circ$. Beban pasang surut laut dihitung berdasarkan algoritma Cartwright dan Ray pada tahun 1991. Keunggulan dari Model GOT *EOT11a* sebagai berikut (Rieser, 2012):

- a. Turunan dari 13 konstanta harmonik pasang surut dari data altimetri.
- b. Untuk melengkapi spektrum pasang surut, enam gelombang periodik panjang disertakan yang diambil dari model GOT *FES2014*.

- c. Tidak menggunakan pasang S1 karena memiliki pengaruh gelombang radio besar dan pengaruh terhadap redistribusi lautan belum diklarifikasi.

Model GOT *EOT11a* memiliki daftar gelombang representasi *spherical* harmonik dapat dilihat pada table 2.4.

Tabel 2.4 Daftar Nomor Doodson yang Digunakan Pengolahan Model GOT *EOT11a* (Rieser 2012)

Notasi Darwin	Nomor Doodson	Sumber
<i>Long period waves</i>		
Ω_1	055.565	<i>HW95</i>
Ω_2	055.575	<i>HW95</i>
S_a	056.554	<i>HW95</i>
S_{sa}	057.555	<i>HW95</i>
M_m	065.455	<i>EOT11a</i>
M_f	075.555	<i>EOT11a</i>
M_{tm}	086.455	<i>FES2014</i>
M_{sgm}	093.555	<i>FES2014</i>
<i>Diurnal waves</i>		
Q_1	135.655	<i>EOT11a</i>
O_1	145.555	<i>EOT11a</i>
P_1	163.655	<i>EOT11a</i>
K_1	165.555	<i>EOT11a</i>
<i>Semi diurnal waves</i>		
$2N_2$	235.755	<i>EOT11a</i>
N_2	245.655	<i>EOT11a</i>
M_2	255.555	<i>EOT11a</i>
S_2	273.555	<i>EOT11a</i>
K_2	275.555	<i>EOT11a</i>
<i>Quarter diurnal waves</i>		
M_4	455.555	<i>EOT11a</i>

2.2.3 Model GOT *TPX09*

TPX0 adalah serangkaian model pasang surut laut *global* yang diolah menggunakan kuadrat terkecil,

Data	M2	S2	O1	K1	N2	K2	P1	M4
ERS <i>Shallow</i> H<500 m	+	-	-	+	-	-	-	-
<i>GRACE</i>	+	+	+	-	-	-	-	-
Stasiun Pasang Surut Pemanen Artic	+	+	+	+	+	+	+	-
Stasiun Pasang Surut Pemanen Antartic	+	+	+	+	+	+	+	-
18 <i>ATT tide</i> <i>gauges</i>	+	+	+	+	-	-	-	+

Keterangan :

(+) merupakan simbol bahwa model GOT pada konstanta pasang surut air laut tertentu menggunakan list data yang tercantum pada tabel.

(-) merupakan simbol bahwa model GOT pada konstanta pasang surut air laut tertentu tidak menggunakan list data yang tercantum pada tabel.

2.3 Perhitungan Nilai Komponen Konstanta Harmonik Pasang Surut Air Laut Menggunakan Metode Kuadrat Terkecil (*Least Square*)

Metode perataan kuadrat terkecil merupakan suatu metode untuk menentukan hubungan linier dari suatu data agar dapat diprediksi nilai-nilainya yang mana nilai tersebut tidak terdapat pada data-data yang ada. Analisa harmonik pasang surut laut bertujuan untuk menghitung amplitudo hasil *respons* dari kondisi laut setempat terhadap pasang surut setimbang, dan beda fasa dari gelombang tiap komponen terhadap keadaan pasang surut setimbang. Nilai perubahan amplitudo dan keterlambatan fase yang akan dihitung dinyatakan dalam sebuah konstanta harmonik. Nilai konstanta harmonik pasang surut laut yang diamati dari variasi naik turunnya muka laut adalah hasil penjumlahan (*superposisi*)

dari semua gelombang komponen harmonik pasang surut yang terjadi, dengan persamaan superposisi gelombang harmonik dapat diuraikan sebagai berikut (Ongkosongo 1989):

$$\eta = \eta_{ast} + \eta_{met} + \eta_{shall} \quad (2.3)$$

Keterangan :

- η : Elevasi pasang surut laut
 η_{ast} : Elevasi pasang surut laut yang timbul oleh faktor astronomi
 η_{met} : Elevasi pasang surut laut yang timbul oleh faktor meteorologi
 η_{shall} : Elevasi pasang surut laut yang timbul untuk perairan dangkal

Komponen pasang surut yang timbul oleh faktor astronomi dan perairan dangkal bersifat periodik. Sedangkan, gangguan meteorologi sifatnya musiman dan sesaat saja. Sehingga tanpa memperhatikan faktor meteorologi, elevasi pasang surut laut merupakan penjumlahan dari komponen yang membentuknya dan dapat dinyatakan dalam perumusan sebagai berikut (Ongkoso 1989) :

$$\eta(t_n) = Z_o + \sum_{i=1}^n C_i \cos(\omega_i t_n - g_i) \quad (2.4)$$

Karena nilai $\cos(a - b) = \cos(a) \cos(b) + \sin(a) \sin(b)$, maka perumusan (2.4), menjadi:

$$\begin{aligned} \eta(t_n) = Z_o + \sum_{i=1}^n C_i \cos(\omega_i t_n) \cos(g_i) \\ + \sum_{i=1}^n C_i \sin(\omega_i t_n) \sin(g_i) \end{aligned} \quad (2.5)$$

Dengan $D_i = C_i \cos(g_i)$ dan $E_i = C_i \sin(g_i)$, maka persamaan (2.6) menjadi :

$$\eta(t_n) = Z_o + \sum_{i=1}^n D_i \cos(\omega_i t_n) + \sum_{i=1}^n E_i \sin(\omega_i t_n) \quad (2.6)$$

$$F = A \cdot X \quad (2.7)$$

$$F = \begin{bmatrix} \eta(t_1) \\ \eta(t_2) \\ \vdots \\ \eta(t_n) \end{bmatrix}$$

$$A = \begin{bmatrix} 1 & \cos(\omega_1 t_1) & \cos(\omega_2 t_1) & \cdots & \cos(\omega_i t_1) & \sin(\omega_1 t_1) & \sin(\omega_2 t_1) & \cdots & \sin(\omega_i t_1) \\ 1 & \cos(\omega_1 t_2) & \cos(\omega_2 t_2) & \cdots & \cos(\omega_i t_2) & \sin(\omega_1 t_2) & \sin(\omega_2 t_2) & \cdots & \sin(\omega_i t_2) \\ \vdots & \vdots & \vdots & \cdots & \vdots & \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ 1 & \cos(\omega_1 t_n) & \cos(\omega_2 t_n) & \cdots & \cos(\omega_i t_n) & \sin(\omega_1 t_n) & \sin(\omega_2 t_n) & \cdots & \sin(\omega_i t_n) \end{bmatrix}$$

$$X = \begin{bmatrix} Z_0 \\ D_1 \\ D_2 \\ \vdots \\ D_i \\ E_1 \\ E_2 \\ \vdots \\ E_i \end{bmatrix}$$

$$X = (A^T \cdot A)^{-1} \cdot (A^T \cdot F) \quad (2.8)$$

Parameter D_i dan E_i pada matriks parameter tersebut digunakan untuk menghitung amplitudo dan beda fase dari komponen-komponen pasang surut laut yang dicari dengan persamaan sebagai berikut :

$$D_i = C_i \cos(g_i) \text{ dan } E_i = C_i \sin(g_i) \quad (2.9)$$

$$D_i^2 + E_i^2 = C_i^2 \cos^2(g_i) + C_i^2 \sin^2(g_i) \quad (2.10)$$

$$D_i^2 + E_i^2 = C_i^2 (\cos^2(g_i) + \sin^2(g_i)) \quad (2.11)$$

Dimana :

$$(\cos^2(g_i) + \sin^2(g_i)) = 1 \quad (2.12)$$

Maka persamaan (2.11) yang merupakan persamaan untuk mencari amplitudo menjadi :

$$D_i^2 + E_i^2 = C_i^2 \quad (2.13)$$

$$C_i = \sqrt{D_i^2 + E_i^2} \quad (2.14)$$

$$g_i = \tan^{-1} \left(\frac{D_i^2}{E_i^2} \right) \quad (2.15)$$

Keterangan :

η : Tinggi muka air (meter)

Z_o : Tinggi permukaan air rata-rata (meter)

$t_n = \frac{g_i}{\omega_i}$: Jumlah lama pengamatan

j : Komponen konstanta pasut laut ke- i

$\omega_n = \frac{2\pi}{T_i}$: Kecepatan konstanta astronomis saat konstituen ke- n (radian/jam)

T_i : Periode komponen ke- i

g_i : Fase (radian) komponen ke- i (°)

C_i : Amplitudo komponen ke- i

F : Matriks pengamatan

A : Matriks desain

X : Matriks parameter

Keunggulan dari hitungan metoda hitung kuadrat terkecil adalah sebagai berikut:

- *gap* yang biasanya terjadi pada pengamatan dapat ditolerir,
- fleksibel dalam jumlah data yang disertakan dalam hitungan,
- tidak ada asumsi yang diterapkan untuk data pengamatan di luar *range least square fitting* yang dilakukan, dan,
- fleksibilitas dalam *sampling rate* data, yang mana biasanya *sampling rate* per jam menjadi per 10 menit.

2.4 Interpolasi Inverse Distance Weighted (IDW)

Interpolasi *Inverse Distance Weighted (IDW)* merupakan metode interpolasi yang memiliki asumsi bahwa setiap nilai dari titik input mempunyai pengaruh yang bersifat lokal dan berkurang terhadap jarak dari nilai yang ada. Interpolasi *IDW* akan memiliki pengaruh yang lebih besar jika nilai titik memiliki jarak yang lebih dekat dengan nilai dari titik yang dicari dan sebaliknya. Persamaan interpolasi *IDW* sebagai berikut (Azpurua dan Ramos 2010) :

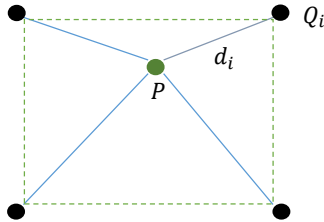
$$f(P) = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{f(Q_i)}{d_i^2}}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{d_i^2}} \quad (2.16)$$

Keterangan :

P : titik yang diestimasi nilainya

Q_i : nilai pada titik i

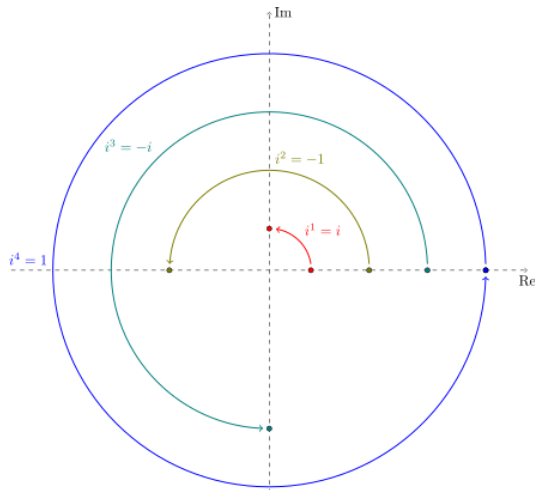
d_i : jarak antara titik i menuju titik yang diestimasi nilainya



Gambar 2.8 Ilustrasi Interpolasi *IDW* (Modifikasi dari Azpurua dan Ramos 2010)

2.5 Bilangan Kompleks

Bilangan $a + bi$ merupakan bilangan kompleks. Suku pertama a disebut bilangan *real* dari bilangan kompleks dan suku kedua bi disebut bagian imajiner murni. Dalam geometri, bilangan imajiner dilambangkan sebagai titik-titik pada sumbu vertikal pada bidang bilangan kompleks, digambarkan secara tegak lurus terhadap sumbu bilangan *real*. Bilangan imajiner dilambangkan dengan i .



Gambar 2.9 Ilustrasi Rotasi Pada Bilangan Kompleks
(Sumber : E.A. Maxwell, 2006)

Pada representasi, perkalian dengan -1 berhubungan dengan suatu rotasi 180° mengelilingi titik nol. Perkalian dengan i berhubungan dengan rotasi 90° pada arah positif yaitu berlawanan dengan jarum jam, dan persamaan $i^2 = -1$ ditafsirkan sebagai pernyataan bahwa jika diterapkan dua rotasi 90° mengelilingi titik nol, maka hasil akhirnya adalah suatu rotasi tunggal 180° . Rotasi 90° pada arah negatif yaitu searah jarum jam juga memenuhi penafsiran yang mencerminkan fakta bahwa $-i$ juga memecahkan persamaan $x^2 = -1$. Pada umumnya, perkalian dengan suatu bilangan kompleks sama dengan rotasi mengelilingi titik nol oleh argument bilangan kompleks itu, diikuti dengan perubahan skala besarnya.

Bentuk eksponensial identitas euler dirumuskan sebagai berikut (E.A. Maxwell 2006):

$$e^{i\theta} = \cos \theta + j \sin \theta \quad (2.17)$$

Dengan mengalikan masing-masing sisi persamaan dengan bilangan positif C akan diperoleh, perumusan sebagai berikut (E.A. Maxwell 2006) :

$$Ce^{i\theta} = C \cos \theta + jC \sin \theta \quad (2.18)$$

Sisi kanan persamaan 2.18 merupakan penjumlahan sebuah bilangan riil dan sebuah bilangan imajiner dan oleh karenanya adalah mempresentasikan sebuah bilangan kompleks dalam bentuk rectangular. A merupakan bilangan kompleks, di mana $A = a + jb$. Dengan menyamakan komponen-komponen riilnya diperoleh persamaan sebagai berikut (E.A. Maxwell 2006) :

$$a = C \cos \theta \quad (2.19)$$

Dengan menyamakan komponen-komponen imajiner diperoleh persamaan sebagai berikut (E.A. Maxwell 2006) :

$$b = C \sin \theta \quad (2.20)$$

Selanjutnya dengan mengkuadratkan dan menjumlahkan persamaan-persamaan 2.19 dan 2.20 diperoleh persamaan sebagai berikut (E.A. Maxwell 2006) :

$$a^2 + b^2 = C^2 \quad (2.21)$$

Atau

$$C = \sqrt{a^2 + b^2} \quad (2.22)$$

Dengan membagi persamaan 2.19 dan 2.20 diperoleh persamaan sebagai berikut (E.A. Maxwell 2006) :

$$\frac{b}{a} = \tan \theta \quad (2.23)$$

2.6 Perhitungan Nilai Ketidaksesuaian Model GOT

Perhitungan ketidaksesuaian pada nilai dari data Model GOT terhadap nilai pasang surut referensi menggunakan metode statistika yaitu *Root Mean Square (RMS)* untuk menghitung nilai ketidaksesuaian pada masing-masing titik dan masing-masing konstanta, *Root Sum Square (RSS)* untuk menghitung nilai ketidaksesuaian rata-rata pada masing-masing model GOT, dan perhitungan presentase

ketidaksesuaian untuk melihat besar presentase ketidaksesuaian pada masing-masing model GOT. Penjabaran rumusan matematis dijelaskan lebih lanjut pada masing-masing poin penjelasan.

2.6.1 Root Mean Square (RMS)

Nilai simpangan pada setiap titik dapat dihitung menggunakan deviasi *Root Mean Square (RMS)* dari nilai konstanta harmonik untuk setiap komponen konstanta harmonik j dihasilkan dari model pasang surut laut global dengan nilai model pasang surut permanen atau referensi. Sehingga, H. S. Fok tahun 2012 pada penulisannya merumuskan untuk mengkoreksi tinggi permukaan laut yang dianggap benar yaitu stasiun pasang surut tetap dijadikan koreksi dari nilai *ocean tide global model* dengan rumusan sebagai berikut :

$$RMS_j = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \left\{ \left[\frac{1}{T} \int_0^T [h_1^{glo} \cos(G_{glo}) - h_1^{ref} \cos(G_{ref})]^2 + [h_2^{glo} \sin(G_{glo}) - h_2^{ref} \sin(G_{glo})]^2 \right\}} \quad (2.24)$$

$$RMS_j = \sqrt{\frac{1}{2N} \sum_{i=1}^N \left\{ [h_1^{glo}(i,j) - h_1^{ref}(i,j)]^2 + [h_2^{glo}(i,j) - h_2^{ref}(i,j)]^2 \right\}} \quad (2.25)$$

Keterangan:

N : Jumlah data dari lokasi dimana fase dan *quadrature amplitudes* yang sudah terhitung

G_{glo} : Phase model pasang surut global (derajat)

G_{ref} : Phase model pasang surut referensi (derajat)

h_1 : *Tidal elevation tide, imajiner part* (meter)

h_2 : *Tidal elevation tide, real part* (meter)

i : Lokasi

j : Komponen konstanta harmonik

glo : *global ocean tide model*

ref : stasiun pasang surut referensi atau tetap

2.6.2 Root Sum of Square (RSS)

Nilai simpangan rata-rata pada semua titik dalam satu komponen konstanta pasang surut laut dapat dihitung menggunakan deviasi *Root Sum of Square (RSS)* dari penjumlahan simpangan yang dihitung dari *RMS*. Sehingga H. S. Fok tahun 2012 pada penulisannya merumuskan bahwa nilai *Root Sum of Square (RSS)* yang merupakan nilai rata-rata dari semua nilai simpangan dari sembilan komponen konstanta pasang surut laut yang digunakan di semua titik pengamatan, sebagai berikut :

$$RSS = \sqrt{\sum_{k=1}^n RMS_k^2} \quad (2.26)$$

$$RSS = \sqrt{RMS_{k_1}^2 + RMS_{k_2}^2 + RMS_{k_3}^2 + \dots + RMS_{k_n}^2} \quad (2.27)$$

Keterangan :

n : jumlah komponen konstanta pasang surut laut

k : komponen ke $-n$

2.6.3 Root Sum of Square In-phase and Quadrature Amplitude (RSSIQ)

Root Sum of Square of the In-phase and Quadrature Amplitude (RSSIQ) merupakan metode analisa statistika untuk menghitung perbedaan relatif amplitudo dan fase pasang surut laut yang dijadikan referensi. Perhitungan *RSSIQ* pada penelitian ini dijadikan untuk menaksir semua fraksi dari

penyimpangan model GOT dengan nilai yang diperoleh dari *Root Sum of Square (RSS)*. H. S. Fok tahun 2012 pada penulisannya menuliskan rumusan *Root Sum of Square of the In-phase and Quadrature amplitude (RSSIQ)* sebagai berikut :

$$RSSIQ = \sqrt{\frac{1}{2N} \sum_{j=1}^K \sum_{i=1}^N \left\{ (h_1^{ref}(i,j))^2 + (h_2^{ref}(i,j))^2 \right\}} \quad (2.28)$$

Keterangan :

K : jumlah banyaknya konstanta pasang surut laut

j : konstanta pasang surut ke $-n$

N : Jumlah data dari lokasi dimana fase dan *quadrature amplitudes* yang sudah terhitung

i : titik ke $-n$

h_1^{ref} : *Tidal elevation tide, imajiner part* (meter)

h_2^{ref} : *Tidal elevation tide, real part* (meter)

Sebagai konsekuensi, ketidaksesuaian D di persentase dapat dihitung menggunakan rumus $\frac{RSS}{RSSIQ} \times 100\%$. Nilai terbesar dari indikasi kesalahan terbesar D untuk menguji kesesuaian model GOT terhadap stasiun pasang surut laut yang dijadikan referensi atau permanen.

2.7 Peta Pasang Surut Air Laut

Peta pasang surut (*Co-Tidal Charts*) merupakan bagian peta laut yang menggambarkan hasil kegiatan survey oseanografi berupa peta kontur amplitudo (*Co-Amplitude*) dan fase (*Co-Phase*). Peta pasang surut dibuat untuk mengetahui sifat-sifat pasang surut air laut pada suatu perairan, yang nantinya bisa digunakan untuk memprediksi pasang surut air laut di daerah lain yang belum ada stasiun pengamatan pasang surut air laut dan dimanfaatkan untuk kepentingan ilmiah maupun pemanfaatan praktis secara luas.

Untuk menentukan *co-amplitude* dan *co-phase* dapat menggunakan dengan dua cara yaitu, berdasarkan data pengamatan pasang surut air laut dan berdasarkan hasil simulasi (Pariwono, 1989).

2.8 Regresi Linear

Persamaan regresi adalah persamaan untuk mengestimasi nilai sebuah variabel tak bebas dari variabel bebas yang diketahui nilainya. Regresi linear sederhana yaitu regresi linear yang hanya melibatkan dua variabel yaitu X dan Y . Rumusan matematis garis regresi linear dapat dituliskan sebagai berikut (E. Hinkle, 2002) :

$$Y = a + bX \quad (2.29)$$

$$a = \frac{(\sum Y)(\sum X^2) - (\sum X)(\sum XY)}{(n)(\sum X^2) - (\sum X)^2} \quad (2.30)$$

$$b = \frac{(n)(\sum XY) - (\sum X)(\sum Y)}{(n)(\sum X^2) - (\sum X)^2} \quad (2.31)$$

Rumusan matematis untuk menghitung nilai koefisien korelasi sebagai berikut (E. Hinkle, 2002) :

$$r = \frac{n \sum XY - (\sum X)(\sum Y)}{\sqrt{\{(N \sum X^2 - (\sum X)^2)\{n \sum Y^2 - (\sum Y)^2\}}} \quad (2.32)$$

Keterangan :

Y : variabel terikat

X : variabel bebas

a : intersep

b : koefisien regresi atau slop

n : banyak pasangan variabel

Ukuran koefisien korelasi berdasarkan aturan praktis dapat dilihat pada tabel 2.6.

Tabel 2.6 Tingkat Hubungan Ukuran Koefisien Korelasi (E. Hinkle, 2002)

Ukuran korelasi	Tingkat Hubungan
0,90 -1,00 (-0,90 - (-1,00))	Samgat Kuat
0,70 - <0,90 (-0,70 - <-0,90)	Kuat

Ukuran korelasi	Tingkat Hubungan
0,50 – <0,70 (-0,50 – <-0,70)	Cukup Kuat
0,30 – <0,50 (-0,30 – <-0,50)	Lemah
0,00 – <0,30 (0,00 – <-0,30)	Sangat Lemah

2.9 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu dilakukan oleh H.S. Fok dkk dengan judul *Evaluation of Ocean Tide Models Used for Jason-2 Altimetry Corrections*. Penelitian ini menghitung nilai kesesuaian model pasang surut air laut dari *Jason-2 Geophysical Data Record (GDR)* terhadap model *GOT EOT08a, FES2004, GOT00.2, GOT4.7, NAO.99b, TPXO.6.2., TPXO.7.1., TPXO.7.2.,* dan *OSU06* di daerah Barat Laut Pasifik dan Teluk Mexico dengan fokus pada daerah pesisir. Penelitian ini menggunakan sembilan konstanta harmonik utama sebagai bahan perbandingan dengan menggunakan metode statistika.

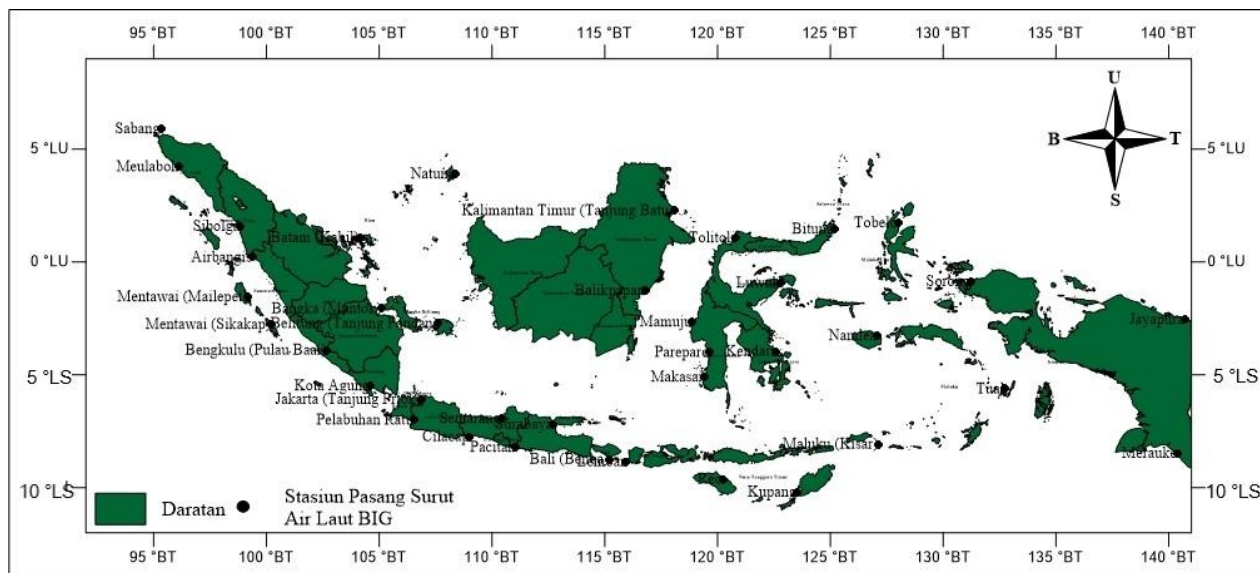
Metode yang digunakan pada penelitian ini yaitu yang pertama *reference ground truth data analys* dan yang kedua multi misi *altimetry sea level time series variance-reduction analysis*. Pada metode pertama menggunakan interpolasi bilinear setelah di dapatkan nilai dihitung nilai *RMS, RSS, RSSIQ* hingga menghasilkan nilai kesesuaian (*D%*). Pada metode kedua menghitung tinggi prediksi air laut pada model *GOT* sebagai koreksi *SSH anomaly* pada data altimetry yang ingin di evaluasi. Penelitian ini menyimpulkan bahwa akurasi setiap daerah memiliki nilai yang signifikan dengan nilai *RMS 2 – 3 cm*.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB III METODOLOGI

3.1. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian tugas akhir ini di daerah perairan laut Indonesia yang secara geografis terletak antara $06^{\circ} 00' 00''$ LU sampai $-11^{\circ} 08' 00''$ LS dan $95^{\circ} 00' 00''$ BT sampai $141^{\circ} 45' 00''$ BT, yang tersebar di 38 stasiun pasang surut laut permanen milik Badan Informasi Geospasial yang dipilih tersebar di Indonesia. Rincian lokasi stasiun dapat dilihat pada tabel 3.1.



Gambar 3. 1. Persebaran Stasiun Pasang Surut BIG yang Digunakan

Tabel 3.1. Daftar Stasiun Pasang Surut Permanen BIG (BIG, 2015)

No.	Nama Stasiun	Latitude	Longitude
1.	Airbangis	0,20° LU	99,38° BT
2.	Bangka	-2,08° LU	105,13° BT
3.	Batam (Kabil)	1,07° LU	104,14° BT
4.	Belitung (Tanjung Pandan)	-2,74° LU	107,63° BT
5.	Bengkulu (Pulau Baai)	-3,92° LU	102,28° BT
6.	Kota Agung	-5,50° LU	104,62° BT
7.	Sibolga	1,43° LU	98,47° BT
8.	Mentawai (Sikakap)	-2,78° LU	100,22° BT
9.	Natuna	3,89° LU	108,39° BT
10.	Sabang	5,89° LU	95,32° BT
11.	Cilacap	-7,75° LU	109,02° BT
12.	Jakarta (Tanjung Priok)	-6,09° LU	106,88° BT
13.	Pacitan	-8,22° LU	111,07° BT
14.	Semarang	-6,94° LU	110,42° BT
15.	Surabaya	-7,20° LU	112,72° BT
16.	Pelabuhan Ratu	-6,59° LU	106,33° BT
17.	Meulaboh	4,07° LU	96,07° BT
18.	Balikpapan	-1,27° LU	116,81° BT
19.	Bali (Benoa)	-8,75° LU	115,21° BT
20.	Kalimantan Timur (Tanjung Batu)	2,27° LU	118,09° BT
21.	Nusa Tenggara Barat (Tanjung Luar)	-8,77° LU	116,52° BT
22.	Tolitoli	1,05° LU	120,80° BT
23.	Mamuju	-2,67° LU	118,89° BT
24.	Bitung	1,44° LU	125,19° BT
25.	Makasar	-5,11° LU	119,42° BT
26.	Kendari	-3,97° LU	122,58° BT
27.	Kupang	-10,2° LU	123,53° BT
28.	Luwuk	-0,95° LU	122,80° BT
29.	Pare-pare	-4,01° LU	119,62° BT

No.	Nama Stasiun	Latitude	Longitude
30.	Reo	-8,28° LU	120,45° BT
31.	Lembar (Lombok)	8,44° LU	116,04° BT
32.	Merauke	-8,48° LU	140,39° BT
33.	Jayapura	-2,55° LU	140,71° BT
34.	Maluku (Kisar)	-8,08° LU	127,15° BT
35.	Namlea	-3,27° LU	127,08° BT
36.	Sorong	-0,88° LU	131,24° BT
37.	Tobelo	1,72° LU	128,01° BT
38.	Tual	-5,63° LU	132,74° BT

3.2 Data dan Peralatan

Data dan peralatan yang digunakan untuk mengerjakan tugas akhir ini, sebagai berikut :

3.2.1. Data

Data yang digunakan dalam penelitian tugas akhir ini sebagai berikut :

- a) *Raw data* pasang surut laut BIG sebanyak 38 stasiun pasang surut laut dengan rentang waktu 3 tahun yaitu 2014 – 2016.
- b) Data komponen konstanta harmonik model GOT *FES2014*.
- c) Data komponen konstanta harmonik model GOT *TPX09*.
- d) Data komponen konstanta harmonik model GOT *EOT11a*.

3.2.2. Peralatan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian tugas akhir ini sebagai berikut :

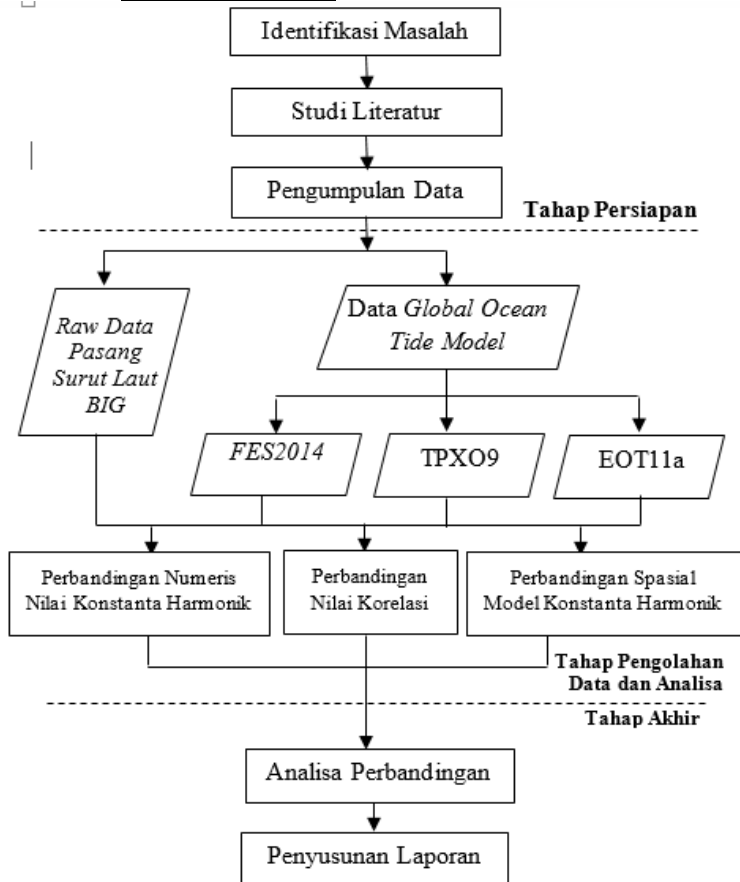
- a) Perangkat keras laptop
- b) Perangkat lunak *Panoply version 4.9.5*
- c) Perangkat lunak *MATLAB R2015a*
- d) Perangkat lunak *Grapher 8*
- e) Perangkat lunak *Surfer 11*

f) Perangkat lunak *MicrosoftExcel* 2013

3.3 Metode Penelitian

Tahap penelitian tugas akhir dapat dilihat pada gambar 3.2.

3.3.1. Tahap Penelitian



Gambar 3.2 Diagram Tahap Penelitian

Penjelasan tahapan penelitian, sebagai berikut :

a. Tahap Persiapan

Tahap persiapan merupakan tahap awal dalam penelitian tugas akhir ini. Tahap persiapan terdiri dari identifikasi masalah, studi literatur, dan pengumpulan data. Identifikasi masalah merupakan tahap awal pada penelitian ini. Pada tahap ini dilakukan identifikasi model GOT yang digunakan untuk menguji kesesuaian, merumuskan tujuan dan manfaat yang akan diperoleh pada penelitian tugas akhir. Studi literatur bertujuan untuk mendapatkan referensi yang berhubungan dengan analisa kesesuaian model GOT. Setelah mendapatkan informasi dasar, dilakukan pengumpulan data.

b. Tahap Pengolahan Data

Tahap pengolahan data merupakan tahap kedua dalam penelitian tugas akhir ini. Tahap pengolahan data terdiri dari interpolasi *Inverse Distance Weighted*, mencari nilai penyimpangan dari sembilan konstanta harmonik pasang surut laut yaitu K1, O1, P1, Q1, K2, S2, M2, N2, dan M4 secara numeris dan *plotting co-tidal chart* dan tipe pasang pada 38 titik stasiun pasang surut air laut yang dipilih, lalu melakukan perhitungan nilai korelasi antara nilai stasiun referensi dengan GOT kemudian dilakukan *plotting* grafik korelasi.

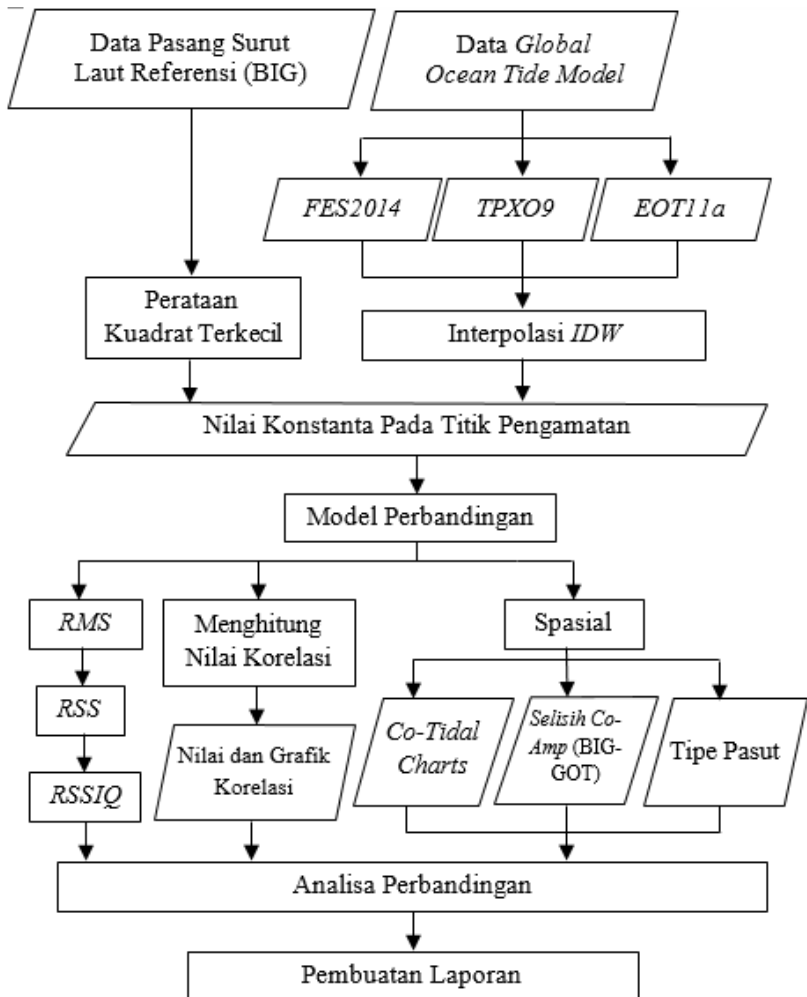
c. Tahap Analisa

Hasil dari tahap pengolahan data dilakukan analisa terkait dengan nilai penyimpangan terhadap sembilan konstanta harmonik pasang surut air laut model GOT *FES2014*, *TPX09*, dan *EOT11a* di perairan Indonesia dan analisa spasial *co-tidal chart* antar model GOT dan tipe pasang surut air laut secara spasial.

d. Penyusunan Laporan

Penyusunan laporan merupakan tahap terakhir dari penelitian ini agar hasil penelitian ini tercatat secara sistematis sesuai dengan aturan penulisan yang telah ditetapkan.

3.3.2. Tahap Pengolahan Data



Gambar 3.3 Diagram Tahap Pengolahan Data
Penjelasan tahap pengolahan data, sebagai berikut :

- a. Data yang diperoleh ada dua jenis format yaitu, *.txt dan *.nc. deskripsi pengumpulan data dapat dilihat sebagai berikut :
yang dengan rincian sebagai berikut :
- i) Data pengamatan pasang surut dari stasiun permanen milik Badan Informasi Geospasial dapat diunduh pada alamat website <https://www.tides.big.go.id>, data pengamatan pasang surut yang diunduh adalah data tahun 2015 sampai tahun 2017, data yang diunduh berupa teks (*.txt).
 - ii) Data komponen konstanta harmonik pasang surut laut model GOT *FES2014* dapat diunduh pada alamat website ftp://ftp.legos.obs-mip.fr/pub/soa/maree/tide_model/global_solution/, data yang diunduh dalam format netcdf (*.nc).
 - iii) Data komponen konstanta harmonik pasang surut laut model GOT *EOT11a* dapat diunduh pada alamat website <ftp://dgfi.tum.de/pub/EOT11a/>, data yang diunduh dalam format netcdf (*.nc).
 - iv) Data komponen konstanta harmonik pasang surut laut model GOT *TPX09* dapat diunduh pada alamat website, http://volkov.oce.orst.edu/tides/tpx09_atlas.html, data yang diunduh dalam format netcdf (*.nc).
- b. Pada tahap awal pengolahan data dibagi menjadi dua pengolahan yang berbeda, hal ini dikarenakan jenis format data yang berbeda. Pengolahan data stasiun pasang surut Badan Informasi Geospasial (BIG) dan model GOT dirincikan sebagai berikut :
- i) Pengolahan data pasang surut laut lokal (referensi)
Data pasang surut laut lokal (referensi) menggunakan data dari BIG. Data pasang surut permanen lokal diolah untuk mendapatkan nilai konstanta pada titik masing-masing stasiun menggunakan metode *least square*, dengan perumusan terlampir pada BAB II. Pengolahan data pasang surut laut lokal (referensi) diolah menggunakan perangkat lunak *MATLAB R2015a*.

ii) Pengolahan data model GOT

Data model GOT yang digunakan pada penelitian tugas akhir ini ada tiga macam, yaitu *FES2014*, *EOT11a*, dan *TPX09*, dengan format penyimpanan dan spesifikasi yang berbeda, sehingga perlu untuk mengetahui *name of datasets* untuk kemudian dapat diolah menggunakan perangkat lunak *MATLAB R2015a*. Nilai model GOT berbentuk *grid* yang pada masing-masing *grid* terkandung nilai konstanta pasang surut laut hasil interpolasi. Namun, titik-titik koordinat stasiun pasang surut lokal (referensi) tidak selalu dilalui *grid* pada masing-masing model GOT dan untuk melihat selisih pada nilai tidak dapat diidentifikasi karena pada masing-masing model menggunakan resolusi *grid* berbeda sehingga dilakukan interpolasi *IDW* untuk mendapatkan nilai konstanta pasang surut laut pada titik koordinat yang sama yang diolah menggunakan perangkat lunak *MATLAB R2015a* dengan perumusan terlampir pada BAB II.

- c. Mencari nilai penyimpanan dilakukan secara beruntun menggunakan metode statistika yaitu *RMS*, *RSS*, dan *RSSIQ* diolah menggunakan perangkat lunak *MATLAB R2015a* dengan perumusan terlampir pada BAB II.
- d. Memotong area pengamatan yaitu Perairan Indonesia dengan batas koordinat $09^{\circ} 00' 00''$ LU sampai $-12^{\circ} 00' 00''$ LS dan $95^{\circ} 00' 00''$ BT sampai $141^{\circ} 00' 00''$ BT lalu dilakukan *plotting* yaitu :

i. *Co-Tidal chart*

Co-Tidal chart merupakan peta pasang surut air laut, hal ini dilakukan untuk mengetahui karakteristik pasang surut air laut di Perairan Indonesia. *Co-Amplitude* untuk mengetahui perambatan nilai amplitude yang tegak lurus dan paralel terhadap garis pantai dengan melihat kontur pada gradasi warna. *Co-Phase* untuk mengetahui arah rambatan gelombang pasang surut air laut masing-

- masing konstanta, arah rambatan pada *co-phase* selalu tegak lurus terhadap garis pantai.
- ii. Selisih *Co-Amplitude* Nilai Referensi dan GOT
 Nilai *co-amplitude* referensi dengan GOT dilakukan pengurangan sehingga dihasilkan selisih yang kemudian di lakukan *plotting* secara spasial menggunakan perangkat lunak *Surfer* untuk melihat nilai selisih amplitude pada masing-masing konstanta.
 - iii. Tipe pasang surut air laut,
Plotting nilai tipe pasang surut air laut menggunakan nilai dari stasiun referensi BIG dilakukan sesuai dengan perumusan perhitungan nilai tipe pasang surut air laut pada BAB II yang di *plotting* menggunakan perangkat lunak *Surfer*.
- e. Menghitung nilai korelasi pada masing-masing GOT dengan stasiun referensi sebagai acuan, kemudian dilakukan *plotting* grafik menggunakan perangkat lunak *Grapher* pada 38 stasiun pasang surut air laut.
 - f. Menganalisa perbandingan numeris dari hasil perhitungan *RMS*, *RSS*, dan *RSSIQ*.
 - g. Menganalisa perbandingan nilai korelasi pada masing-masing GOT di 38 stasiun pasang surut air laut.
 - h. Menganalisa selisih nilai antara model GOT yang satu dengan model GOT yang lain secara spasial dari hasil *plotting* menggunakan analisa dari skala warna pada masing-masing model GOT dari hasil *plotting* model di masing-masing konstanta harmonik pasang surut air laut.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Pengolahan Data Pengamatan Stasiun Pasang Surut Air Laut Referensi dan Model GOT

Data pengamatan pasang surut di masing-masing stasiun pasang surut air laut didapatkan dari data prediksi pasang surut air laut Badan Informasi Geospasial (BIG). Perhitungan nilai konstanta pasang surut laut pada masing-masing stasiun dihitung menggunakan metode statistika *least square*, yang baik digunakan untuk data dengan waktu yang panjang, pada penelitian ini digunakan data selama tiga tahun dengan interval waktu satu jam. Nilai konstanta harmonik pasang surut air laut model GOT merupakan hasil interpolasi IDW yang diolah dari nilai yang sudah tersedia dalam bentuk grid.

4.1.1. Hasil Pengolahan Nilai Konstanta Pasang Surut Air Laut M2 Stasiun BIG dan model GOT

Nilai konstanta M2 merupakan komponen pasang surut utama yang timbul oleh faktor astronomi yaitu gaya gravitasi bulan dengan orbit lingkaran dan sejajar ekuator bumi.

Tabel 4.1 Nilai Konstanta Pasang Surut Air Laut M2 BIG dan Model GOT

Nama Stasiun	Nilai Amplitudo M2 (m)			
	BIG	FES2014	TPX09	EOT11a
Air Bangis	0.41623	0.29709	0.36750	0.40650
Bangka (Muntok)	0.11817	0.29843	0.14199	0.16305
Batam (Kabil)	0.60815	0.32672	0.33463	0.52400
Belitung (Tanjung Pandan)	0.03494	0.06955	0.08637	0.08186
Bengkulu (Pulau Baai)	0.35399	0.12825	0.28462	0.40634
Kota Agung	0.34016	0.05150	0.34436	0.37259
Sibolga	0.30831	0.29887	0.36908	0.37123

Nama Stasiun	Nilai Amplitudo M2 (m)			
	BIG	<i>FES2014</i>	<i>TPX09</i>	<i>EOT11a</i>
Mentawai (Sikakap)	0.37712	0.28678	0.38547	0.34705
Natuna	0.39389	0.43035	0.47128	0.42916
Sabang	0.44420	0.32200	0.17393	0.17481
Cilacap	0.47675	0.46255	0.49056	0.49723
Tanjung Priok (Jakarta)	0.04952	0.05353	0.08104	0.07430
Pacitan	0.56674	1.27598	0.69387	0.73184
Semarang	0.09153	1.50903	0.04900	0.45190
Surabaya	0.27312	0.20649	0.50200	0.40118
Palabuhan Ratu	0.37029	0.09200	0.37097	0.37279
Meulaboh	0.12916	0.31241	0.23163	0.24100
Balikpapan	0.57914	0.15757	0.1444	0.15133
Benoa (Bali)	0.67231	0.31386	0.42200	0.53319
Tanjung Batu (Kaltim)	0.72350	0.39244	0.20003	0.32802
Tanjung Luar (NTB)	0.69102	0.74556	0.40546	0.06169
Tolitoli	0.62769	0.49982	0.07238	0.35352
Mamuju	0.63805	0.41725	0.05700	0.05589
Bitung	0.33627	0.54501	0.36041	0.36031
Makassar	0.23834	0.52806	0.14921	0.14918
Kendari	0.63474	0.48635	0.56441	0.56708
Kupang	0.70792	0.61233	0.26112	0.30446
Luwuk	0.62944	0.54222	0.27450	0.38491
Pare-pare	0.62844	0.52970	0.06200	0.10303
Reo	0.29573	0.61863	0.33673	0.34036
Lembar (Lombok)	0.05963	0.74556	0.06700	0.36089
Merauke	0.35934	0.35545	0.57632	0.42944
Jayapura	0.34665	0.29670	0.10500	0.31398
Kisar (Maluku)	0.55072	0.47249	0.38863	0.38548

Nama Stasiun	Nilai Amplitudo M2 (m)			
	BIG	<i>FES2014</i>	<i>TPX09</i>	<i>EOT11a</i>
Namlea	0.52133	0.29932	0.42341	0.40446
Sorong	0.49567	0.57937	0.45347	0.45945
Tobelo	0.51093	0.58013	0.42275	0.42677
Tual	0.51904	0.50761	0.51586	0.48833

Keterangan : pengolahan menggunakan software Matlab tanda titik (.) berarti koma (,)

4.1.2. Hasil Pengolahan Nilai Konstanta Pasang Surut Air Laut S2 Stasiun BIG dan model GOT

Nilai konstanta S2 merupakan komponen pasang surut utama yang timbul oleh faktor astronomi yaitu gravitasi matahari dengan orbit lingkaran dan sejajar ekuator bumi.

Tabel 4.2 Nilai Konstanta Pasang Surut Air Laut S2 BIG dan Model *GOT*

Nama Stasiun	Nilai Amplitudo S2 (m)			
	BIG	<i>FES2014</i>	<i>TPX09</i>	<i>EOT11a</i>
Air Bangis	0.16501	0.10808	0.16741	0.18150
Bangka (Muntok)	0.05595	0.08708	0.07700	0.09119
Batam (Kabil)	0.16378	0.13359	0.19215	0.14363
Belitung (Tanjung Pandan)	0.02239	0.09016	0.06648	0.10470
Bengkulu (Pulau Baai)	0.14144	0.02926	0.11700	0.17254
Kota Agung	0.13137	0.01538	0.10491	0.10610
Sibolga	0.14035	0.10542	0.17945	0.19944
Mentawai (Sikakap)	0.14881	0.11248	0.18310	0.15998
Natuna	0.11488	0.21416	0.03818	0.05326
Sabang	0.20121	0.12097	0.13979	0.13860
Cilacap	0.22560	0.19620	0.04499	0.05841
Tanjung Priok (Jakarta)	0.04505	0.02551	0.02332	0.00996
Pacitan	0.28239	0.33831	0.10538	0.10500

Nama Stasiun	Nilai Amplitudo S2 (m)			
	BIG	<i>FES2014</i>	<i>TPX09</i>	<i>EOT11a</i>
Semarang	0.09247	0.39489	0.06100	0.00669
Surabaya	0.14925	0.12136	0.33800	0.05929
Palabuhan Ratu	0.15079	0.01234	0.07932	0.08310
Meulaboh	0.06518	0.11368	0.13057	0.12041
Balikpapan	0.41628	0.20609	0.41450	0.38466
Benoa (Bali)	0.34948	0.13837	0.09650	0.08970
Tanjung Batu (Kaltim)	0.41100	0.09316	0.32609	0.34896
Tanjung Luar (NTB)	0.35951	0.47169	0.11102	0.06625
Tolitoli	0.35824	0.13617	0.07010	0.33492
Mamuju	0.35823	0.37048	0.28300	0.05594
Bitung	0.22184	0.17114	0.27093	0.23431
Makassar	0.14551	0.41013	0.34471	0.35383
Kendari	0.35015	0.16484	0.20471	0.22353
Kupang	0.35821	0.37806	0.40900	0.38202
Luwuk	0.35018	0.17754	0.05050	0.19055
Pare-pare	0.35114	0.41070	0.17900	0.35803
Reo	0.15754	0.39524	0.33741	0.34112
Lembar (Lombok)	0.11763	0.47169	0.05300	0.08214
Merauke	0.11075	0.10715	0.38243	0.36954
Jayapura	0.09406	0.07384	0.04700	0.38861
Kisar (Maluku)	0.23375	0.26433	0.27497	0.27745
Namlea	0.25891	0.12447	0.11606	0.10274
Sorong	0.20053	0.19060	0.23947	0.24333
Tobelo	0.22219	0.19053	0.26245	0.26377
Tual	0.20705	0.19857	0.24145	0.24373

Keterangan : pengolahan menggunakan software Matlab tanda titik (.) berarti koma (,)

4.1.3. Hasil Pengolahan Nilai Konstanta Pasang Surut Air Laut N2 Stasiun BIG dan Model GOT

Nilai konstanta N2 merupakan komponen pasang surut utama yang timbul oleh faktor perubahan jarak bulan ke bumi akibat lintasan yang berbentuk elips.

Tabel 4.3 Nilai Konstanta Pasang Surut Air Laut N2 BIG dan Model GOT

Nama Stasiun	Nilai Amplitudo N2 (m)			
	BIG	<i>FES2014</i>	<i>TPX09</i>	<i>EOT11a</i>
Air Bangis	0.08420	0.06770	0.06194	0.06658
Bangka (Muntok)	0.01298	0.02165	0.00822	0.05741
Batam (Kabil)	0.10496	0.07326	0.06684	0.08563
Belitung (Tanjung Pandan)	0.01728	0.02505	0.02693	0.03305
Bengkulu (Pulau Baai)	0.07604	0.02198	0.05100	0.07258
Kota Agung	0.07570	0.02852	0.06303	0.07280
Sibolga	0.06102	0.06853	0.06096	0.06763
Mentawai (Sikakap)	0.07988	0.06444	0.06500	0.05923
Natuna	0.09067	0.08881	0.11345	0.09902
Sabang	0.08493	0.07167	0.03612	0.03171
Cilacap	0.09625	0.11157	0.12183	0.11904
Tanjung Priok (Jakarta)	0.00916	0.01371	0.01897	0.02067
Pacitan	0.10978	0.27411	0.22808	0.22049
Semarang	0.03550	0.29988	0.03400	0.02725
Surabaya	0.06824	0.06812	0.11700	0.08906
Palabuhan Ratu	0.07905	0.02487	0.07539	0.08319
Meulaboh	0.03116	0.07049	0.04309	0.04101
Balikpapan	0.09958	0.02813	0.02755	0.02236
Benoa (Bali)	0.12623	0.04997	0.11150	0.13620

Nama Stasiun	BIG	Nilai Amplitudo N2 (m)			
		<i>FES2014</i>	<i>TPX09</i>	<i>EOT11a</i>	
Tanjung (Kaltim)	Batu	0.12239	0.09598	0.00300	0.02113
Tanjung Luar (NTB)		0.12891	0.12048	0.11111	0.06213
Tolitoli		0.10548	0.11302	0.00628	0.03311
Mamuju		0.10865	0.05094	0.00300	0.00237
Bitung		0.05562	0.11680	0.03206	0.03606
Makassar		0.04340	0.07590	0.01803	0.01241
Kendari		0.10784	0.10286	0.07354	0.06859
Kupang		0.11979	0.10226	0.08130	0.09426
Luwuk		0.10658	0.11487	0.04000	0.04632
Pare-pare		0.10751	0.07630	0.01100	0.01448
Reo		0.05136	0.10160	0.02746	0.03144
Lembar (Lombok)		0.01621	0.12048	0.03300	0.07850
Merauke		0.07387	0.07708	0.08600	0.02807
Jayapura		0.07319	0.07109	0.00500	0.05363
Kisar (Maluku)		0.10241	0.07863	0.03513	0.03447
Namlea		0.09277	0.06583	0.05402	0.05302
Sorong		0.09451	0.12794	0.04801	0.04804
Tobelo		0.09455	0.12386	0.04000	0.04100
Tual		0.09900	0.09580	0.06278	0.05990

Keterangan : pengolahan menggunakan software Matlab tanda titik (.) berarti koma (,)

4.1.4. Hasil Pengolahan Nilai Konstanta Pasang Surut Air Laut K2 Stasiun BIG dan Model GOT

Nilai konstanta K2 merupakan komponen pasang surut utama yang timbul oleh faktor perubahan jarak matahari ke bumi akibat lintasan yang berbentuk elips.

Tabel 4.4 Nilai Konstanta Pasang Surut Air Laut K2 BIG dan Model *GOT*

Nama Stasiun	Nilai Amplitudo K2 (m)			
	BIG	<i>FES2014</i>	<i>TPX09</i>	<i>EOT11a</i>
Air Bangis	0.03798	0.02933	0.04624	0.05515
Bangka (Muntok)	0.00783	0.04099	0.02000	0.01813
Batam (Kabil)	0.03390	0.03686	0.05025	0.04686
Belitung (Tanjung Pandan)	0.00879	0.04031	0.02907	0.04775
Bengkulu (Pulau Baai)	0.03359	0.01351	0.03200	0.05976
Kota Agung	0.03370	0.00586	0.02643	0.03912
Sibolga	0.03229	0.02854	0.04982	0.05638
Mentawai (Sikakap)	0.03407	0.03077	0.04968	0.05374
Natuna	0.03185	0.05960	0.01281	0.01897
Sabang	0.04978	0.03270	0.03801	0.04500
Cilacap	0.05612	0.03581	0.01140	0.02195
Tanjung Priok (Jakarta)	0.01827	0.00347	0.01221	0.01304
Pacitan	0.06943	0.10115	0.02300	0.03008
Semarang	0.02009	0.11381	0.02200	0.01319
Surabaya	0.04710	0.03349	0.10400	0.01121
Palabuhan Ratu	0.03852	0.00515	0.02396	0.03667
Meulaboh	0.01600	0.03075	0.03672	0.04254
Balikpapan	0.11626	0.05856	0.11451	0.11673
Benoa (Bali)	0.08478	0.03914	0.02300	0.01517
Tanjung Batu (Kaltim)	0.10637	0.02413	0.10175	0.09729
Tanjung Luar (NTB)	0.08640	0.12245	0.02700	0.00310
Tolitoli	0.09581	0.03600	0.01988	0.09011
Mamuju	0.09516	0.09968	0.08100	0.10181
Bitung	0.05886	0.04656	0.07569	0.06263

Nama Stasiun	Nilai Amplitudo K2 (m)			
	BIG	<i>FES2014</i>	<i>TPX09</i>	<i>EOT11a</i>
Makassar	0.03913	0.11058	0.09884	0.10097
Kendari	0.09194	0.04621	0.06303	0.06277
Kupang	0.09120	0.10156	0.09848	0.10429
Luwuk	0.09218	0.04839	0.01600	0.05188
Pare-pare	0.09297	0.11085	0.05500	0.10405
Reo	0.04068	0.10624	0.09601	0.09313
Lembar (Lombok)	0.03761	0.12245	0.01400	0.02283
Merauke	0.02778	0.02768	0.11512	0.11771
Jayapura	0.02376	0.01829	0.01400	0.10829
Kisar (Maluku)	0.05665	0.07191	0.07649	0.07433
Namlea	0.06526	0.03614	0.03551	0.02902
Sorong	0.04925	0.05212	0.06640	0.06667
Tobelo	0.05475	0.05151	0.07311	0.07240
Tual	0.05066	0.05329	0.06882	0.06597

Keterangan : pengolahan menggunakan software Matlab tanda titik (.) berarti koma (,)

4.1.5. Hasil Pengolahan Nilai Konstanta Pasang Surut Air Laut K1 Stasiun BIG dan Model GOT

Nilai konstanta K1 merupakan komponen pasang surut utama yang timbul oleh faktor deklinasi sistem bulan dan matahari.

Tabel 4.5 Nilai Konstanta Pasang Surut Air Laut K1 BIG dan Model GOT

Nama Stasiun	Nilai Amplitudo K1 (m)			
	BIG	<i>FES2014</i>	<i>TPX09</i>	<i>EOT11a</i>
Air Bangis	0.11402	0.13326	0.16519	0.17982
Bangka (Muntok)	0.70663	0.83489	0.34224	0.45246
Batam (Kabil)	0.31302	0.15829	0.25133	0.29189

Nama Stasiun	Nilai Amplitudo K1 (m)			
	BIG	<i>FES2014</i>	<i>TPX09</i>	<i>EOT11a</i>
Belitung (Tanjung Pandan)	0.53115	0.39319	0.62184	0.65340
Bengkulu (Pulau Baai)	0.12687	0.62097	0.13200	0.18385
Kota Agung	0.13725	0.54525	0.52181	0.25520
Sibolga	0.08953	0.13650	0.16530	0.17024
Mentawai (Sikakap)	0.11902	0.12197	0.17631	0.17307
Natuna	0.32735	0.18918	0.33505	0.36977
Sabang	0.09238	0.13299	0.14763	0.14753
Cilacap	0.16633	0.21309	0.18849	0.19425
Tanjung Priok (Jakarta)	0.24510	0.38431	0.40178	0.44004
Pacitan	0.18061	0.49445	0.41520	0.42942
Semarang	0.19465	0.50326	0.07967	0.05287
Surabaya	0.39473	0.43426	0.37900	0.30583
Palabuhan Ratu	0.14818	0.28735	0.26566	0.28075
Meulaboh	0.07629	0.13232	0.14753	0.14812
Balikpapan	0.22162	0.31780	0.37110	0.37177
Benoa (Bali)	0.21453	0.39051	0.24050	0.46917
Tanjung Batu (Kaltim)	0.17887	0.32471	0.16701	0.34553
Tanjung Luar (NTB)	0.21893	0.17469	0.24464	0.22286
Tolitoli	0.14964	0.31929	0.06658	0.33837
Mamuju	0.15618	0.22880	0.22200	0.05540
Bitung	0.14412	0.29798	0.30658	0.31476
Makassar	0.18646	0.20321	0.34116	0.35113
Kendari	0.14365	0.28116	0.38190	0.38679
Kupang	0.28163	0.16099	0.28653	0.29499
Luwuk	0.14657	0.29134	0.22250	0.33791
Pare-pare	0.15384	0.20268	0.27372	0.34869

Nama Stasiun	Nilai Amplitudo K1 (m)			
	BIG	<i>FES2014</i>	<i>TPX09</i>	<i>EOT11a</i>
Reo	0.28869	0.16980	0.33234	0.33974
Lembar (Lombok)	0.25120	0.17469	0.29700	0.27550
Merauke	0.16704	0.21931	0.76807	0.82986
Jayapura	0.18602	0.23225	0.09400	0.81679
Kisar (Maluku)	0.15707	0.16063	0.29037	0.29576
Namlea	0.14486	0.23341	0.32287	0.31539
Sorong	0.16811	0.30095	0.28282	0.29249
Tobelo	0.16202	0.29771	0.28409	0.28795
Tual	0.16804	0.21338	0.27180	0.28157

Keterangan : pengolahan menggunakan software Matlab tanda titik (.) berarti koma (,)

4.1.6. Hasil Pengolahan Nilai Konstanta Pasang Surut Air Laut O1 Stasiun BIG dan Model GOT

Nilai konstanta O1 merupakan komponen pasang surut utama yang timbul oleh faktor deklinasi bulan.

Tabel 4.6 Nilai Konstanta Pasang Surut Air Laut O1 BIG dan Model GOT

Nama Stasiun	Nilai Amplitudo O1 (m)			
	BIG	<i>FES2014</i>	<i>TPX09</i>	<i>EOT11a</i>
Air Bangis	0.06167	0.08373	0.09393	0.09603
Bangka (Muntok)	0.45390	0.55329	0.52567	0.15119
Batam (Kabil)	0.29595	0.09884	0.11279	0.42562
Belitung (Tanjung Pandan)	0.32785	0.20643	0.44826	0.46548
Bengkulu (Pulau Baai)	0.07176	0.48915	0.07800	0.10994
Kota Agung	0.07810	0.45812	0.39215	0.53810
Sibolga	0.04844	0.08591	0.09402	0.09287
Mentawai (Sikakap)	0.06608	0.07598	0.10124	0.09034
Natuna	0.24857	0.11775	0.32167	0.31321

Nama Stasiun	Nilai Amplitudo O1 (m)			
	BIG	<i>FES2014</i>	<i>TPX09</i>	<i>EOT11a</i>
Sabang	0.03663	0.08393	0.08184	0.08087
Cilacap	0.09473	0.16821	0.16140	0.13433
Tanjung Priok (Jakarta)	0.13409	0.32339	0.22113	0.23271
Pacitan	0.10207	0.35216	0.37016	0.36684
Semarang	0.06904	0.35670	0.05800	0.22897
Surabaya	0.21391	0.35939	0.25200	0.27236
Palabuhan Ratu	0.08478	0.27626	0.10694	0.11014
Meulaboh	0.03801	0.08357	0.08239	0.08099
Balikpapan	0.15643	0.20543	0.24111	0.24136
Benoa (Bali)	0.12038	0.34266	0.14150	0.36268
Tanjung Batu (Kaltim)	0.11616	0.20568	0.08366	0.21501
Tanjung Luar (NTB)	0.12313	0.13966	0.14382	0.04071
Tolitoli	0.10832	0.20455	0.04158	0.21202
Mamuju	0.11053	0.16522	0.12500	0.19973
Bitung	0.10150	0.19403	0.19233	0.20302
Makassar	0.16064	0.15309	0.20803	0.21129
Kendari	0.10269	0.18227	0.24398	0.24584
Kupang	0.24239	0.12855	0.17557	0.17305
Luwuk	0.10475	0.18934	0.13800	0.21735
Pare-pare	0.10855	0.15284	0.16400	0.20693
Reo	0.24654	0.13618	0.20471	0.20865
Lembar (Lombok)	0.15900	0.13966	0.18700	0.24186
Merauke	0.10164	0.14375	0.48679	0.32597
Jayapura	0.11157	0.15137	0.09000	0.29853
Kisar (Maluku)	0.10626	0.12047	0.18707	0.18650
Namlea	0.10079	0.15557	0.20335	0.19873
Sorong	0.10926	0.20093	0.19622	0.20553

Nama Stasiun	Nilai Amplitudo O1 (m)			
	BIG	<i>FES2014</i>	<i>TPX09</i>	<i>EOT11a</i>
Tobelo	0.10241	0.19630	0.19063	0.19470
Tual	0.10943	0.14662	0.20948	0.20708

Keterangan : pengolahan menggunakan software Matlab tanda titik (.) berarti koma (,)

4.1.7. Hasil Pengolahan Nilai Konstanta Pasang Surut Air Laut P1 Stasiun BIG dan Model GOT

Nilai konstanta P1 merupakan komponen pasang surut utama yang timbul oleh faktor deklinasi matahari.

Tabel 4.7 Nilai Konstanta Pasang Surut Air Laut P1 BIG dan Model GOT

Nama Stasiun	Nilai Amplitudo P1 (m)			
	BIG	<i>FES2014</i>	<i>TPX09</i>	<i>EOT11a</i>
Air Bangis	0.03960	0.04416	0.04890	0.05659
Bangka (Muntok)	0.22916	0.25776	0.09734	0.12839
Batam (Kabil)	0.11931	0.05243	0.07832	0.09005
Belitung (Tanjung Pandan)	0.17701	0.11232	0.18682	0.19708
Bengkulu (Pulau Baai)	0.04450	0.22066	0.03900	0.05657
Kota Agung	0.04717	0.19922	0.13294	0.10288
Sibolga	0.03178	0.04518	0.04982	0.05419
Mentawai (Sikakap)	0.04127	0.04036	0.05166	0.05515
Natuna	0.12440	0.06262	0.11151	0.12035
Sabang	0.03412	0.04403	0.04561	0.04915
Cilacap	0.05700	0.06685	0.05707	0.06277
Tanjung Priok (Jakarta)	0.08713	0.12331	0.12378	0.13123
Pacitan	0.06179	0.16003	0.14409	0.14313
Semarang	0.06626	0.16233	0.02100	0.01764
Surabaya	0.13870	0.14541	0.12400	0.10080
Palabuhan Ratu	0.05090	0.09128	0.08095	0.08382

Nama Stasiun	Nilai Amplitudo P1 (m)			
	BIG	<i>FES2014</i>	<i>TPX09</i>	<i>EOT11a</i>
Meulaboh	0.02809	0.04376	0.04441	0.04860
Balikpapan	0.08190	0.10170	0.12977	0.12102
Benoa (Bali)	0.07385	0.13078	0.07150	0.15471
Tanjung Batu (Kaltim)	0.06359	0.10520	0.04791	0.11594
Tanjung Luar (NTB)	0.07534	0.05826	0.07207	0.07213
Tolitoli	0.05466	0.10377	0.02023	0.11140
Mamuju	0.05726	0.07478	0.06900	0.01781
Bitung	0.05346	0.09727	0.09211	0.10198
Makassar	0.07099	0.06692	0.10707	0.11589
Kendari	0.05338	0.09164	0.11385	0.12997
Kupang	0.11664	0.05408	0.08693	0.09360
Luwuk	0.05399	0.09498	0.06700	0.11131
Pare-pare	0.05648	0.06681	0.08400	0.11283
Reo	0.11443	0.05676	0.09981	0.10977
Lembar (Lombok)	0.09030	0.05826	0.08900	0.08896
Merauke	0.06037	0.07221	0.21855	0.24020
Jayapura	0.06703	0.07666	0.03100	0.23532
Kisar (Maluku)	0.05679	0.05289	0.08853	0.09616
Namlea	0.05314	0.07651	0.09811	0.10676
Sorong	0.06098	0.09912	0.08683	0.09371
Tobelo	0.05854	0.09772	0.08606	0.09301
Tual	0.06050	0.06951	0.08865	0.09328

Keterangan : pengolahan menggunakan software Matlab tanda titik (.) berarti koma (,)

4.1.8. Hasil Pengolahan Nilai Konstanta Pasang Surut Air Laut Q1 Stasiun BIG dan Model GOT

Nilai konstanta Q1 merupakan komponen pasang surut utama yang timbul oleh faktor perubahan jarak bulan ke bumi.

Tabel 4.8 Nilai Konstanta Pasang Surut Air Laut Q1 BIG dan Model GOT

Nama Stasiun	Nilai Amplitudo Q1 (m)			
	BIG	FES2014	TPX09	EOT11a
Air Bangis	0.01159	0.01766	0.01625	0.01628
Bangka (Muntok)	0.05951	0.09878	0.07200	0.01478
Batam (Kabil)	0.04526	0.02087	0.01740	0.06210
Belitung (Tanjung Pandan)	0.05797	0.04302	0.07388	0.07518
Bengkulu (Pulau Baai)	0.01422	0.09013	0.01400	0.01697
Kota Agung	0.01609	0.08434	0.05252	0.08846
Sibolga	0.00940	0.01825	0.01581	0.01329
Mentawai (Sikakap)	0.01309	0.01581	0.01703	0.01697
Natuna	0.05515	0.02539	0.06768	0.06110
Sabang	0.00487	0.01794	0.01360	0.00894
Cilacap	0.01996	0.04161	0.04134	0.03659
Tanjung Priok (Jakarta)	0.02705	0.05673	0.03777	0.03593
Pacitan	0.02160	0.07099	0.06742	0.06989
Semarang	0.01182	0.07240	0.00600	0.04566
Surabaya	0.03918	0.06500	0.05200	0.04579
Palabuhan Ratu	0.01761	0.05199	0.02032	0.02025
Meulaboh	0.00645	0.01786	0.01430	0.01077
Balikpapan	0.03074	0.04784	0.04855	0.04665
Benoa (Bali)	0.02596	0.06040	0.02850	0.06084
Tanjung Batu (Kaltim)	0.02240	0.04990	0.01496	0.04567
Tanjung Luar (NTB)	0.02678	0.03238	0.02900	0.00677

Nama Stasiun	Nilai Amplitudo Q1 (m)			
	BIG	<i>FES2014</i>	<i>TPX09</i>	<i>EOT11a</i>
Tolitoli	0.02339	0.05027	0.00879	0.04561
Mamuju	0.02284	0.03941	0.02400	0.04263
Bitung	0.02030	0.04856	0.04317	0.04649
Makassar	0.03421	0.03632	0.04118	0.04235
Kendari	0.02161	0.04562	0.05587	0.05509
Kupang	0.05538	0.02985	0.03736	0.03574
Luwuk	0.02197	0.04744	0.03100	0.04610
Pare-pare	0.02279	0.03627	0.03300	0.04162
Reo	0.05314	0.03165	0.04272	0.04610
Lembar (Lombok)	0.03416	0.03238	0.03700	0.03984
Merauke	0.01877	0.02788	0.06622	0.02617
Jayapura	0.02045	0.02914	0.01900	0.02160
Kisar (Maluku)	0.01789	0.02708	0.04319	0.04422
Namlea	0.01738	0.04010	0.04724	0.04736
Sorong	0.01859	0.05061	0.04657	0.04798
Tobelo	0.01750	0.04968	0.04472	0.04556
Tual	0.01832	0.02879	0.05096	0.05060

Keterangan : pengolahan menggunakan software Matlab tanda titik (.) berarti koma (,)

4.1.9. Hasil Pengolahan Nilai Konstanta Pasang Surut Air Laut M4 Stasiun BIG dan Model GOT

Nilai konstanta M4 merupakan komponen pasang surut utama yang timbul oleh faktor dua kali kecepatan sudut (M_2) akibat perairan dangkal.

Tabel 4.9 Nilai Konstanta Pasang Surut Air Laut M4 BIG dan Model *GOT*

Nama Stasiun	Nilai Amplitudo M4 (m)			
	BIG	<i>FES2014</i>	<i>TPX09</i>	<i>EOT11a</i>
Air Bangis	0.00005	0.00110	0.01671	0.01386

Nama Stasiun	Nilai Amplitudo M4 (m)			
	BIG	<i>FES2014</i>	<i>TPX09</i>	<i>EOT11a</i>
Bangka (Muntok)	0.00001	0.00900	0.00300	0.00431
Batam (Kabil)	0.00001	0.00132	0.01140	0.00906
Belitung (Tanjung Pandan)	0.00001	0.00470	0.00632	0.00391
Bengkulu (Pulau Baai)	0.00001	0.00147	0.00600	0.01529
Kota Agung	0.00002	0.00367	0.00493	0.00721
Sibolga	0.00002	0.00111	0.01530	0.00965
Mentawai (Sikakap)	0.00002	0.00101	0.01456	0.00815
Natuna	0.00002	0.00106	0.00361	0.00141
Sabang	0.00001	0.00108	0.00224	0.00394
Cilacap	0.00002	0.02254	0.00283	0.00807
Tanjung Priok (Jakarta)	0.00001	0.00415	0.00707	0.00375
Pacitan	0.00002	0.02495	0.00154	0.00412
Semarang	0.00001	0.03427	0.00100	0.00193
Surabaya	0.00003	0.01186	0.01000	0.00197
Palabuhan Ratu	0.00002	0.00191	0.00583	0.00806
Meulaboh	0.00001	0.00104	0.00281	0.00400
Balikpapan	0.00002	0.00548	0.00221	0.01166
Benoa (Bali)	0.00001	0.01108	0.00300	0.00270
Tanjung Batu (Kaltim)	0.00003	0.00227	0.00482	0.01109
Tanjung Luar (NTB)	0.00001	0.02145	0.00100	0.00154
Tolitoli	0.00002	0.00276	0.00028	0.01182
Mamuju	0.00003	0.00186	0.00140	0.00725
Bitung	0.00001	0.00232	0.00224	0.00700
Makassar	0.00001	0.00175	0.00200	0.00586
Kendari	0.00002	0.00341	0.00200	0.01272
Kupang	0.00003	0.00132	0.00707	0.00806

Nama Stasiun	Nilai Amplitudo M4 (m)			
	BIG	<i>FES2014</i>	<i>TPX09</i>	<i>EOT11a</i>
Luwuk	0.00002	0.00108	0.01100	0.00632
Pare-pare	0.00002	0.00175	0.00100	0.00539
Reo	0.00001	0.00151	0.00100	0.00568
Lembar (Lombok)	0.00009	0.02145	0.00100	0.00287
Merauke	0.00001	0.00035	0.04804	0.03114
Jayapura	0.00001	0.00090	0.00300	0.00900
Kisar (Maluku)	0.00002	0.00093	0.00316	0.00355
Namlea	0.00002	0.00268	0.00100	0.00200
Sorong	0.00002	0.00309	0.00123	0.00860
Tobelo	0.00002	0.00221	0.00200	0.00408
Tual	0.00002	0.00056	0.00100	0.00372

Keterangan : pengolahan menggunakan software Matlab tanda titik (.) berarti koma (.)

4.2. Hasil dan Analisa Perhitungan Nilai Simpangan Konstanta Harmonik Pasang Surut Air Laut

Hasil perhitungan nilai simpangan konstanta pasang surut air laut pada masing-masing titik dan masing-masing nilai konstanta dihitung menggunakan metode statistika yaitu perhitungan *Root Mean Square (RMS)*. Nilai simpangan yang paling kompleks pada masing-masing model *GOT* terjadi pada nilai konstanta harmonik M2, di daerah perairan laut dangkal (Laut Jawa bagian Barat) memiliki simpangan yang lebih kompleks daripada di daerah perairan laut dalam. Komponen M2 merupakan komponen pasang surut utama yang timbul oleh faktor astronomi yaitu gaya gravitasi bulan.

Laut Jawa merupakan laut yang sangat kompleks, hal ini terjadi karena Laut Jawa di pengaruhi oleh dua rambatan yang berbeda. Pada bagian timur pasang surut Laut Jawa memperoleh rambatan dari Samudra Pasifik melalui perairan laut dalam, sedangkan pada bagian barat pasang surut Laut Jawa menerima rambatan dari Samudra Pasifik melalui Laut

Cina Selatan melewati laut dangkal. Hal ini, menunjukkan bahwa perairan dangkal setengah tertutup dapat berubah tergantung pada mekanisme resonansi daerah tersebut. Resonansi adalah peristiwa ikut bergetarnya suatu benda karena benda lain bergetar yang memiliki frekuensi yang sama.

4.2.1 Hasil perhitungan nilai simpangan konstanta pasang surut air laut model *GOT FES2014*

Hasil perhitungan nilai simpangan konstanta pasang surut air laut dihitung dengan menggunakan data dari model *GOT FES2014* dan hasil perhitungan nilai konstanta harmonik pasang surut air laut menggunakan data dari Badan Informasi Geospasial (BIG) yang dijadikan sebagai titik referensi, hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel 4.10 dan gambar 4.1.

Analisa nilai simpangan model *GOT FES2014* pada masing-masing konstanta di 38 titik stasiun pasang surut air laut dilakukan dengan melihat grafik pada Gambar 4.1. Nilai simpangan yang paling kompleks pada setiap stasiun terdapat pada nilai konstanta harmonik M2 dengan nilai maksimum yaitu 1.17815 (stasiun Pacitan) dan nilai minimum yaitu 0.07357 (stasiun Belitung Tanjung Pandan). Nilai konstanta harmonik M2 terlihat lebih kompleks pada perairan dangkal Pulau Jawa daripada perairan laut dalam. Nilai simpangan yang sangat kecil terjadi pada nilai konstanta harmonik M4 dengan nilai maksimum yaitu 0.02687 (stasiun Semarang) dan nilai minimum yaitu 0.00035 (stasiun Merauke).

Tabel 4.10. Nilai Simpangan model *GOT FES2014* Pada Masing-masing Titik

Nama Stasiun	<i>RMS</i> (m)				
	M2	S2	N2	K2	K1
Air Bangis	0.21232	0.04329	0.07124	0.03394	0.15240
Bangka (Muntok)	0.15647	0.02450	0.01871	0.02682	0.98687
Batam (Kabil)	0.22539	0.07752	0.06503	0.04516	0.30410

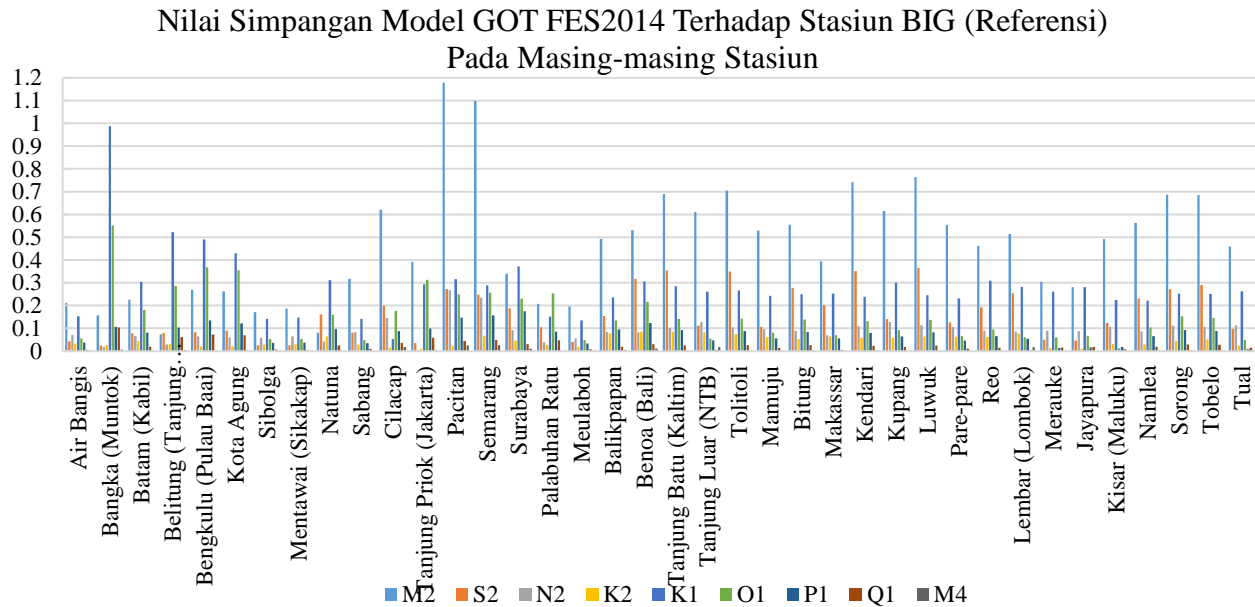
Nama Stasiun	<i>RMS</i> (m)				
	M2	S2	N2	K2	K1
Belitung (Tanjung Pandan)	0.07357	0.07938	0.02954	0.03033	0.52210
Bengkulu (Pulau Baai)	0.26940	0.08260	0.06355	0.02046	0.49024
Kota Agung	0.26266	0.08992	0.06046	0.02059	0.42980
Sibolga	0.17037	0.02555	0.05905	0.02897	0.14207
Mentawai (Sikakap)	0.18601	0.02666	0.06454	0.03076	0.14669
Natuna	0.08162	0.16044	0.04105	0.06395	0.31114
Sabang	0.31738	0.08095	0.08357	0.02911	0.14124
Cilacap	0.62032	0.19919	0.14564	0.01467	0.05318
Tanjung Priok (Jakarta)	0.39211	0.03605	0.00322	0.01051	0.29352
Pacitan	1.17815	0.27225	0.26858	0.02290	0.31534
Semarang	1.09802	0.24875	0.23355	0.06706	0.28892
Surabaya	0.33901	0.18779	0.09260	0.04566	0.37168
Palabuhan Ratu	0.20792	0.10477	0.03856	0.02814	0.15118
Meulaboh	0.19599	0.04038	0.05507	0.01868	0.13374
Balikpapan	0.49337	0.15346	0.08344	0.07805	0.23494
Benoa (Bali)	0.53124	0.31680	0.08231	0.08491	0.30640
Tanjung Batu (Kaltim)	0.68935	0.35426	0.10203	0.08324	0.28451
Tanjung Luar (NTB)	0.61031	0.11235	0.12944	0.08249	0.26069
Tolitoli	0.70465	0.34940	0.10410	0.07372	0.26691
Mamuju	0.52978	0.10698	0.09681	0.06150	0.24221
Bitung	0.55471	0.27724	0.08764	0.05344	0.24957
Makassar	0.39456	0.20229	0.06999	0.06436	0.25254
Kendari	0.74171	0.35035	0.10954	0.05890	0.23874
Kupang	0.61478	0.14086	0.12671	0.05877	0.30083
Luwuk	0.76452	0.36470	0.11322	0.06392	0.24570
Pare-pare	0.55309	0.12661	0.10659	0.06288	0.23114

Nama Stasiun	<i>RMS</i> (m)				
	M2	S2	N2	K2	K1
Reo	0.46212	0.19196	0.09014	0.06164	0.30800
Lembar (Lombok)	0.51450	0.25342	0.08716	0.07740	0.28252
Merauke	0.30455	0.05063	0.08946	0.01399	0.26152
Jayapura	0.28048	0.04588	0.08750	0.01009	0.28069
Kisar (Maluku)	0.49070	0.12258	0.10619	0.03075	0.22428
Namlea	0.56261	0.23202	0.08608	0.02853	0.22103
Sorong	0.68659	0.27208	0.11142	0.04472	0.25183
Tobelo	0.68568	0.29040	0.10639	0.05156	0.25170
Tual	0.45862	0.09723	0.11347	0.02503	0.26203

Nama Stasiun	<i>RMS</i> (m)			
	O1	P1	Q1	M4
Air Bangis	0.05554	0.03783	0.00580	0.00080
Bangka (Muntok)	0.55113	0.10630	0.10345	0.00637
Batam (Kabil)	0.18080	0.08105	0.01901	0.00094
Belitung (Tanjung Pandan)	0.28681	0.10377	0.06134	0.00332
Bengkulu (Pulau Baai)	0.36804	0.13504	0.07256	0.00104
Kota Agung	0.35440	0.12210	0.07025	0.00260
Sibolga	0.05224	0.03667	0.00713	0.00079
Mentawai (Sikakap)	0.05268	0.03781	0.00430	0.00072
Natuna	0.15929	0.09625	0.02492	0.00075
Sabang	0.04915	0.03480	0.00950	0.00077
Cilacap	0.17716	0.08757	0.03603	0.01593
Tanjung Priok (Jakarta)	0.31247	0.09926	0.05918	0.00293
Pacitan	0.24979	0.14701	0.04486	0.01765
Semarang	0.25740	0.15623	0.04903	0.02423
Surabaya	0.23051	0.17540	0.03025	0.00836

Nama Stasiun	<i>RMS (m)</i>			
	O1	P1	Q1	M4
Palabuhan Ratu	0.25450	0.08563	0.04794	0.00134
Meulaboh	0.04933	0.03342	0.00846	0.00074
Balikpapan	0.13499	0.09564	0.01934	0.00389
Benoa (Bali)	0.21664	0.12344	0.02997	0.00784
Tanjung Batu (Kaltim)	0.14165	0.09163	0.02530	0.00161
Tanjung Luar (NTB)	0.05403	0.04662	0.00472	0.01516
Tolitoli	0.14319	0.08786	0.02571	0.00194
Mamuju	0.08116	0.05601	0.01325	0.00133
Bitung	0.13926	0.08395	0.02598	0.00163
Makassar	0.06995	0.05582	0.00475	0.00124
Kendari	0.13177	0.08025	0.02361	0.00240
Kupang	0.09262	0.06408	0.01819	0.00093
Luwuk	0.13699	0.08284	0.02478	0.00076
Pare-pare	0.06559	0.04651	0.01025	0.00124
Reo	0.09556	0.06580	0.01520	0.00107
Lembar (Lombok)	0.06174	0.05421	0.00318	0.01312
Merauke	0.06035	0.01396	0.01673	0.00026
Jayapura	0.06655	0.01621	0.01814	0.00064
Kisar (Maluku)	0.01212	0.01807	0.00752	0.00067
Namlea	0.10400	0.06616	0.01976	0.00190
Sorong	0.15283	0.09163	0.02897	0.00217
Tobelo	0.14533	0.08821	0.02824	0.00155
Tual	0.04924	0.00858	0.01477	0.00040

Keterangan : pengolahan menggunakan software Matlab tanda titik (.) berarti koma (,)



**Gambar 4.1 Grafik Nilai Simpangan Model GOT FES2014 Terhadap Stasiun BIG (Referensi)
Pada Masing-masing Stasiun**

4.2.2 Hasil perhitungan nilai simpangan konstanta pasang surut air laut model *GOT TPX09*

Hasil perhitungan nilai simpangan konstanta pasang surut air laut dihitung dengan menggunakan nilai data dari *TPX09 Global Ocean Tide Model* dan hasil perhitungan nilai konstanta harmonik pasang surut air laut menggunakan nilai dari Badan Informasi Geospasial (BIG) yang dijadikan sebagai titik referensi, hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel 4.11. dan gambar 4.2.

Analisa nilai simpangan model *GOT TPX09* pada masing-masing konstanta di 38 titik stasiun pasang surut air laut dilakukan dengan melihat grafik pada Gambar 4.2. Nilai simpangan yang paling kompleks pada setiap stasiun terdapat pada nilai konstanta harmonik M2 dengan nilai maksimum yaitu 0.60795 (stasiun Tanjung Luar NTB) dan nilai minimum yaitu 0.03190 (stasiun Bitung). Nilai konstanta harmonik M2 terlihat lebih kompleks pada perairan dangkal (Pulau Jawa) daripada perairan laut dalam. Nilai simpangan yang sangat kecil terjadi pada nilai konstanta harmonik M4 dengan nilai maksimum yaitu 0.04802 (stasiun Lembar Lombok) dan nilai minimum yaitu 0.00024 (stasiun Tolitoli). Hal ini juga terjadi pada konstanta pasang surut air laut O1 memiliki nilai simpangan besar yaitu 0.48211 di daerah Bangka Muntok dan 0.40140 di daerah Tanjung Pandan.

Tabel 4.11. Nilai Simpangan *TPX09 Global Ocean Tide Model* Pada Masing-masing Titik

Nama Stasiun	RMS (m)				
	M2	S2	N2	K2	K1
Air Bangis	0.16325	0.02457	0.06906	0.04219	0.10656
Bangka (Muntok)	0.06658	0.01883	0.00831	0.01329	0.98906
Batam (Kabil)	0.60956	0.09940	0.05370	0.02763	0.19113

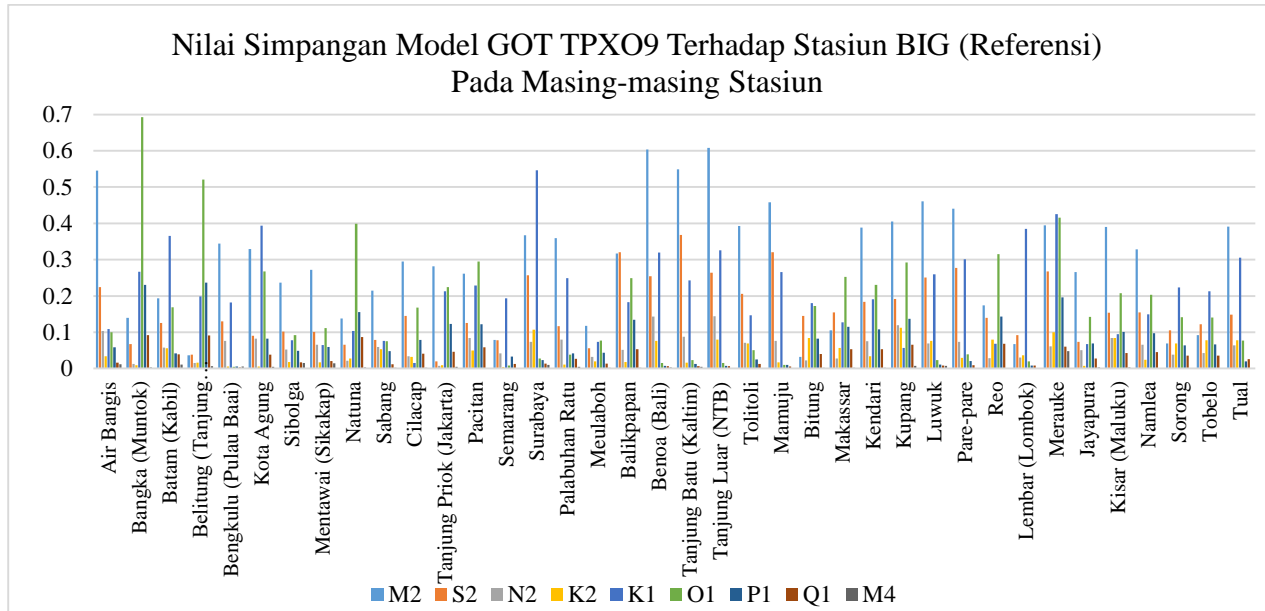
Nama Stasiun	<i>RMS</i> (m)				
	M2	S2	N2	K2	K1
Belitung (Tanjung Pandan)	0.03333	0.02221	0.00251	0.01504	0.66432
Bengkulu (Pulau Baai)	0.13007	0.03682	0.05822	0.03657	0.09424
Kota Agung	0.06430	0.07626	0.04999	0.04737	0.10258
Sibolga	0.10109	0.01068	0.04584	0.03467	0.08781
Mentawai (Sikakap)	0.15911	0.01954	0.06386	0.03669	0.09708
Natuna	0.19841	0.10411	0.00585	0.04613	0.44630
Sabang	0.37538	0.16372	0.04679	0.01131	0.11848
Cilacap	0.07582	0.20695	0.03535	0.08600	0.13105
Tanjung Priok (Jakarta)	0.20855	0.02765	0.01078	0.01663	0.32361
Pacitan	0.16133	0.28429	0.02848	0.10751	0.14417
Semarang	0.05586	0.04674	0.00162	0.01421	0.26806
Surabaya	0.18731	0.07558	0.03546	0.02616	0.56316
Palabuhan Ratu	0.02459	0.10877	0.04463	0.05601	0.11094
Meulaboh	0.00645	0.02668	0.00854	0.02319	0.08438
Balikpapan	0.54073	0.12412	0.08926	0.06642	0.15709
Benoa (Bali)	0.33685	0.31222	0.00299	0.01363	0.18020
Tanjung Batu (Kaltim)	0.61783	0.15884	0.13642	0.06274	0.10386
Tanjung Luar (NTB)	0.36775	0.31583	0.00264	0.01543	0.18514
Tolitoli	0.57672	0.14536	0.12079	0.05411	0.07370
Mamuju	0.54178	0.13584	0.06792	0.05141	0.14408
Bitung	0.34580	0.13230	0.03566	0.02055	0.06929
Makassar	0.09184	0.05875	0.03613	0.02347	0.20070
Kendari	0.31182	0.15362	0.10125	0.08056	0.20267
Kupang	0.61920	0.28145	0.03865	0.02771	0.24321

Nama Stasiun	<i>RMS</i> (m)				
	M2	S2	N2	K2	K1
Luwuk	0.27594	0.23101	0.07477	0.08988	0.15555
Pare-pare	0.39959	0.14498	0.07139	0.04787	0.18666
Reo	0.28932	0.02388	0.08616	0.03492	0.28120
Lembar (Lombok)	0.21987	0.11298	0.04032	0.00445	0.25236
Merauke	0.84158	0.27943	0.19961	0.12027	0.59243
Jayapura	0.28817	0.04980	0.05072	0.00908	0.27754
Kisar (Maluku)	0.38813	0.02599	0.11801	0.05102	0.21575
Namlea	0.23180	0.13442	0.08316	0.06452	0.17605
Sorong	0.44834	0.10439	0.10990	0.02137	0.25290
Tobelo	0.47988	0.11627	0.11206	0.02537	0.24578
Tual	0.31988	0.06804	0.11547	0.05904	0.23339

Nama Stasiun	<i>RMS</i> (m)			
	O1	P1	Q1	M4
Air Bangis	0.07674	0.03748	0.01119	0.01181
Bangka (Muntok)	0.48211	0.05416	0.05464	0.00213
Batam (Kabil)	0.36213	0.12173	0.03160	0.00807
Belitung (Tanjung Pandan)	0.40104	0.10015	0.04928	0.00447
Bengkulu (Pulau Baai)	0.09484	0.04607	0.01362	0.00425
Kota Agung	0.10502	0.05057	0.01525	0.00350
Sibolga	0.06301	0.02802	0.00916	0.01083
Mentawai (Sikakap)	0.08751	0.04215	0.01221	0.01031
Natuna	0.26602	0.05297	0.04531	0.00256
Sabang	0.04029	0.01881	0.00537	0.00158
Cilacap	0.12865	0.06128	0.01861	0.00201
Tanjung Priok (Jakarta)	0.09926	0.03906	0.02609	0.00500
Pacitan	0.13731	0.06521	0.02022	0.00110

Nama Stasiun	<i>RMS</i> (m)			
	O1	P1	Q1	M4
Semarang	0.10433	0.00544	0.00940	0.00070
Surabaya	0.26403	0.06815	0.03115	0.00705
Palabuhan Ratu	0.11481	0.05530	0.01626	0.00412
Meulaboh	0.04659	0.02043	0.00660	0.00199
Balikpapan	0.22078	0.10224	0.03066	0.00156
Benoa (Bali)	0.15948	0.07539	0.02342	0.00213
Tanjung Batu (Kaltim)	0.17571	0.07591	0.02168	0.00339
Tanjung Luar (NTB)	0.16138	0.07600	0.02404	0.00072
Tolitoli	0.16764	0.07216	0.02159	0.00019
Mamuju	0.17964	0.07611	0.02645	0.00101
Bitung	0.15588	0.06982	0.01892	0.00159
Makassar	0.21942	0.07572	0.03111	0.00141
Kendari	0.15879	0.06524	0.03020	0.00143
Kupang	0.23613	0.09450	0.02782	0.00498
Luwuk	0.15322	0.06403	0.02528	0.00778
Pare-pare	0.18459	0.07454	0.03003	0.00069
Reo	0.25605	0.09348	0.03179	0.00071
Lembar (Lombok)	0.20625	0.08610	0.03109	0.00077
Merauke	0.44734	0.14689	0.07827	0.03398
Jayapura	0.06331	0.01427	0.01891	0.00211
Kisar (Maluku)	0.16322	0.06697	0.03194	0.00225
Namlea	0.15172	0.06275	0.02713	0.00072
Sorong	0.03685	0.00315	0.01875	0.00087
Tobelo	0.02972	0.00526	0.01763	0.00142
Tual	0.15945	0.06320	0.03536	0.00071

Keterangan : pengolahan menggunakan software Matlab tanda titik (.) berarti koma (,)



**Gambar 4.2 Grafik Nilai Simpangan Model GOT TPX09 Terhadap Stasiun BIG (Referensi)
Pada Masing-masing Stasiun**

4.2.3 Hasil perhitungan nilai simpangan konstanta pasang surut air laut *EOT11a Global Ocean Tide Model*

Hasil perhitungan nilai simpangan konstanta pasang surut air laut dihitung dengan menggunakan data dari model *GOT EOT11a* dan hasil perhitungan nilai konstanta harmonik pasang surut air laut menggunakan nilai dari Badan Informasi Geospasial (BIG) yang dijadikan sebagai titik referensi, hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel 4.12.

Analisa nilai simpangan model *GOT EOT11a* pada masing-masing konstanta di 38 titik stasiun pasang surut air laut dilakukan dengan melihat grafik pada Gambar 4.3. Nilai simpangan yang paling kompleks pada setiap stasiun terdapat pada nilai konstanta harmonik M2 dengan nilai maksimum yaitu 0.44501 (stasiun Tanjung Luar NTB) dan nilai minimum yaitu 0.02787 (stasiun Bitung). Nilai konstanta harmonik M2 terlihat lebih kompleks pada perairan dangkal (Pulau Jawa) daripada perairan laut dalam. Nilai simpangan yang sangat kecil terjadi pada nilai konstanta harmonik M4 dengan nilai maksimum yaitu 0.03106 (stasiun Merauke) dan nilai minimum yaitu 0.00120 (stasiun Natuna). Hal ini juga terjadi pada konstanta pasang surut air laut O1 memiliki nilai simpangan besar yaitu 0.28593 di daerah Tanjung Pandan.

Tabel 4.12. Nilai Simpangan model *GOT EOT11a* Pada Masing-masing Titik

Nama Stasiun	RMS (m)				
	M2	S2	N2	K2	K1
Air Bangis	0.08185	0.02080	0.01810	0.03369	0.11072
Bangka (Muntok)	0.10959	0.05054	0.01377	0.03824	0.33970
Batam (Kabil)	0.70304	0.10810	0.11921	0.05463	0.39232

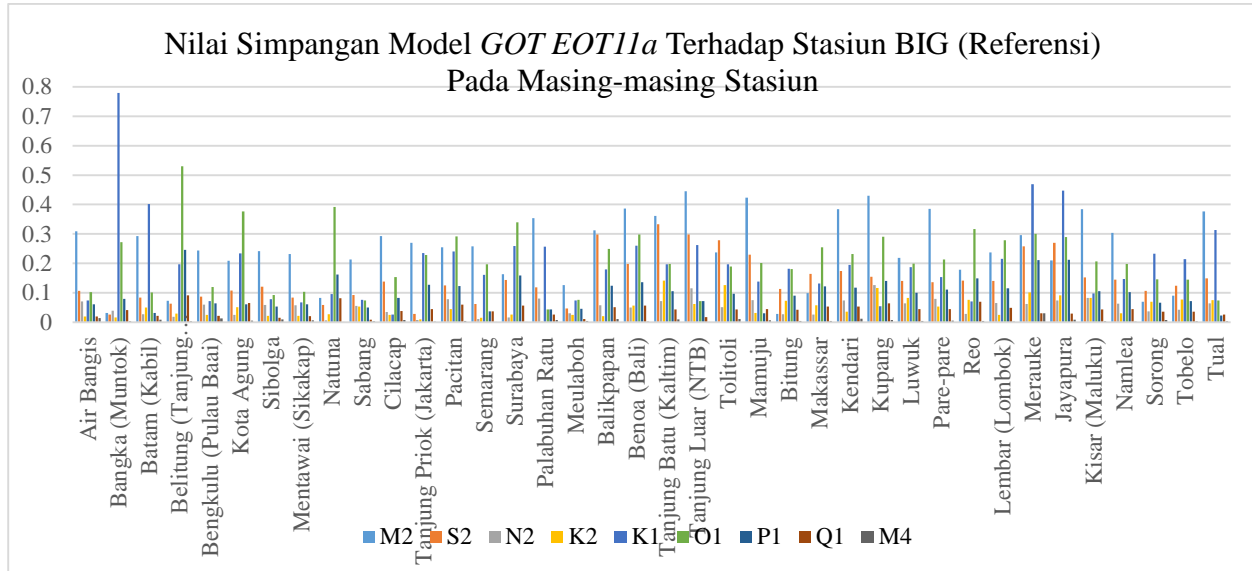
Nama Stasiun	<i>RMS</i> (m)				
	M2	S2	N2	K2	K1
Belitung (Tanjung Pandan)	0.02392	0.03078	0.01412	0.01772	0.33783
Bengkulu (Pulau Baai)	0.07010	0.03729	0.01821	0.02635	0.13743
Kota Agung	0.00697	0.08443	0.00497	0.02395	0.15702
Sibolga	0.04109	0.03338	0.00846	0.03415	0.08353
Mentawai (Sikakap)	0.11849	0.02714	0.02491	0.02981	0.12360
Natuna	0.24041	0.09462	0.05395	0.00180	0.19042
Sabang	0.47865	0.15271	0.09732	0.07541	0.05725
Cilacap	0.18918	0.20978	0.02279	0.00973	0.17741
Tanjung Priok (Jakarta)	0.11171	0.04128	0.00912	0.00428	0.14457
Pacitan	0.29093	0.28115	0.04123	0.01001	0.19433
Semarang	0.07884	0.05016	0.02412	0.02625	0.02606
Surabaya	0.15062	0.11159	0.01317	0.04966	0.27208
Palabuhan Ratu	0.05422	0.11251	0.00340	0.02180	0.17326
Meulaboh	0.03827	0.03078	0.00830	0.00952	0.05813
Balikpapan	0.49985	0.17801	0.09797	0.14592	0.23327
Benoa (Bali)	0.48187	0.31917	0.07347	0.13289	0.21703
Tanjung Batu (Kaltim)	0.53753	0.16822	0.08550	0.13118	0.21417
Tanjung Luar (NTB)	0.52544	0.31917	0.08028	0.13776	0.22104
Tolitoli	0.47357	0.14616	0.07222	0.11782	0.19900
Mamuju	0.47150	0.14071	0.09339	0.11533	0.20912
Bitung	0.31434	0.14026	0.06301	0.08387	0.19525
Makassar	0.11258	0.04569	0.02014	0.04723	0.23310
Kendari	0.34191	0.12935	0.03812	0.06433	0.15012
Kupang	0.71830	0.25334	0.11750	0.13665	0.27066

Nama Stasiun	<i>RMS (m)</i>				
	M2	S2	N2	K2	K1
Luwuk	0.27959	0.22277	0.04276	0.03943	0.19418
Pare-pare	0.44226	0.12687	0.06933	0.09207	0.21942
Reo	0.21004	0.02376	0.05308	0.03463	0.27790
Lembar (Lombok)	0.22517	0.12128	0.04999	0.05849	0.24407
Merauke	0.72726	0.20918	0.15661	0.07463	0.56757
Jayapura	0.23791	0.05150	0.08421	0.02747	0.04427
Kisar (Maluku)	0.29290	0.02093	0.06462	0.04948	0.20567
Namlea	0.16599	0.13716	0.03769	0.03153	0.18300
Sorong	0.33404	0.03194	0.04250	0.04525	0.20166
Tobelo	0.40401	0.12492	0.07339	0.07648	0.02694
Tual	0.23330	0.05925	0.05752	0.03727	0.18674

Nama Stasiun	<i>RMS (m)</i>			
	O1	P1	Q1	M4
Air Bangis	0.05663	0.03616	0.00965	0.00984
Bangka (Muntok)	0.43990	0.30183	0.07299	0.00305
Batam (Kabil)	0.04077	0.04817	0.04869	0.00641
Belitung (Tanjung Pandan)	0.28593	0.20979	0.05067	0.00276
Bengkulu (Pulau Baai)	0.06433	0.03424	0.01099	0.01082
Kota Agung	0.07053	0.03117	0.01452	0.00511
Sibolga	0.04944	0.03286	0.00891	0.00684
Mentawai (Sikakap)	0.05208	0.03133	0.01142	0.00577
Natuna	0.27955	0.14919	0.04150	0.00099
Sabang	0.04397	0.03821	0.00438	0.00278
Cilacap	0.08424	0.04786	0.01818	0.00570
Tanjung Priok (Jakarta)	0.15592	0.09382	0.02376	0.00266
Pacitan	0.09259	0.05250	0.02099	0.00293

Nama Stasiun	<i>RMS</i> (m)			
	O1	P1	Q1	M4
Semarang	0.03101	0.07831	0.01070	0.00137
Surabaya	0.22731	0.17432	0.03401	0.00139
Palabuhan Ratu	0.07442	0.03562	0.01596	0.00569
Meulaboh	0.03915	0.02785	0.00504	0.00282
Balikpapan	0.09920	0.05664	0.02480	0.00826
Benoa (Bali)	0.12592	0.06131	0.02308	0.00192
Tanjung Batu (Kaltim)	0.05461	0.03580	0.02182	0.00786
Tanjung Luar (NTB)	0.12015	0.06396	0.02303	0.00109
Tolitoli	0.04973	0.02863	0.02161	0.00837
Mamuju	0.09043	0.04894	0.02630	0.00515
Bitung	0.04378	0.02603	0.02070	0.00495
Makassar	0.13881	0.06817	0.03094	0.00415
Kendari	0.16423	0.07448	0.02944	0.00901
Kupang	0.18398	0.08403	0.02714	0.00569
Luwuk	0.09863	0.05441	0.02518	0.00447
Pare-pare	0.11897	0.06238	0.02913	0.00382
Reo	0.19496	0.09222	0.03509	0.00402
Lembar (Lombok)	0.16601	0.08992	0.03339	0.00205
Merauke	0.32906	0.16869	0.07171	0.02201
Jayapura	0.17225	0.09372	0.01916	0.00636
Kisar (Maluku)	0.14062	0.07265	0.03244	0.00252
Namlea	0.11366	0.05852	0.02823	0.00158
Sorong	0.11133	0.05647	0.01851	0.00607
Tobelo	0.16310	0.00648	0.01799	0.00289
Tual	0.16498	0.07817	0.03538	0.00265

Keterangan : pengolahan menggunakan software Matlab tanda titik (.) berarti koma (,)



**Gambar 4.3 Grafik Nilai Simpangan Model *GOT EOT11a* Terhadap Stasiun BIG (Referensi)
Pada Masing-masing Stasiun**

4.2.4 Hasil Perhitungan Jumlah Nilai Simpangan Konstanta Pasang Surut Air Laut

Hasil perhitungan jumlah nilai simpangan nilai kelompok data konstanta pasang surut air laut merupakan jumlah dari nilai *RMS* pada masing-masing titik. Nilai model *GOT FES2014*, *TPX09*, dan *EOT11a* sebagai model pengamatan dan Badan Informasi Geospasial (BIG) yang dijadikan sebagai titik referensi, hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel 4.13.

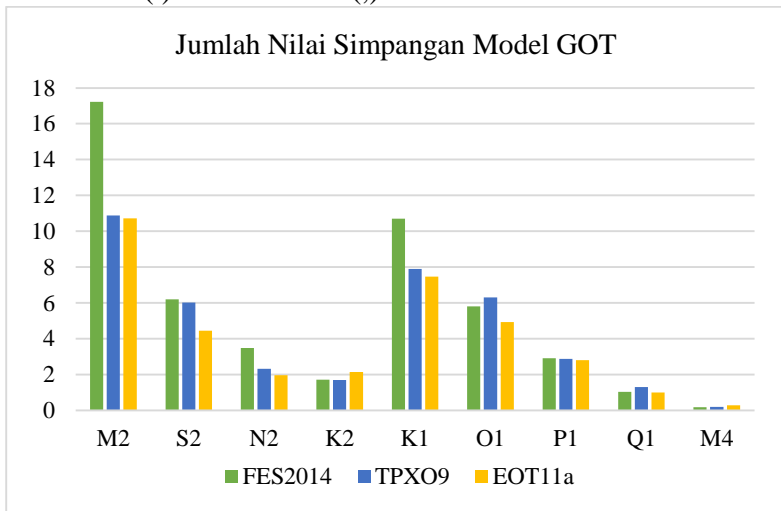
Jumlah nilai simpangan terbesar yaitu nilai konstanta M2 pada masing-masing model *GOT*, yang terkecil merupakan model *GOT EOT11a*. Jumlah nilai simpangan terkecil yaitu nilai konstanta M4 pada masing-masing model *GOT*, yang terkecil merupakan model *GOT FES2014*. *FES2014* memiliki misi untuk pemodelan laut dangkal, pada penelitian ini hasil kesesuaian *FES2014* membuktikannya. *EOT11a* merupakan tipe model *GOT empirical*, sehingga untuk pemodelan laut dangkal model *EOT11a* tidak lebih baik dari model *GOT FES2014* dan *TPX09* yang merupakan tipe pasang surut asimilasi. Ilustrasi perbandingan dapat dilihat pada Gambar 4.4.

Tabel 4.13 Jumlah Nilai Simpangan Konstanta *Global Ocean Tide Model* di 38 Titik Pengamatan

Model	RSS (m)				
	M2	S2	N2	K2	K1
<i>FES2014</i>	17.22644	6.19149	3.48359	1.70760	10.69199
<i>TPX09</i>	10.88661	6.01266	2.31968	1.69834	7.88800
<i>EOT11a</i>	10.71669	4.44668	1.96846	2.14673	7.46987

Model	RSS (m)			
	O1	P1	Q1	M4
<i>FES2014</i>	5.79680	2.91362	1.03237	0.15103
<i>TPX09</i>	6.30202	2.86586	1.29739	0.15190
<i>EOT11a</i>	4.93218	2.80484	0.99743	0.28187

Keterangan : pengolahan menggunakan software Matlab
tanda titik (.) berarti koma (,)



Gambar 4.4 Grafik Jumlah Nilai Simpangan Model GOT

4.2.5 Hasil Perhitungan Nilai Simpangan Rata-rata dan Presentase Ketidaksesuaian model GOT

Hasil perhitungan presentase ketidaksesuaian (D%) model GOT merupakan nilai RSS pada masing-masing model GOT dibandingkan dengan jumlah nilai dari perbedaan relatif amplitudo dan fase dari masing-masing titik pengamatan. Nilai model GOT *FES2014*, *TPX09*, dan *EOT11a* sebagai model pengamatan

dan nilai model Badan Informasi Geospasial (BIG) yang dijadikan sebagai titik referensi, hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel 4.14.

Niai simpangan antar model *GOT* tidak memiliki perbedaan nilai yang signifikan. Presentase nilai ketidaksesuaian (D%) memiliki nilai yang sangat kecil yaitu model *GOT EOT11a* (0,961%), *TPXO9* (1,060%) dan *FES2014* (1,322%) yang berarti bahwa model *GOT* memiliki kesesuaian yang kuat di Perairan Indonesia. Tipe model *empirical* merupakan model *GOT* yang lebih sesuai dari model asimilasi dikarenakan nilainya yang lebih independen dan lebih halus dari *noise*. Perhitungan asimilasi merupakan nilai hitung kombinasi dari *empirical* dan hidrodinamik, dimana nilai hidrodinamik merupakan perhitungan yang menggunakan bidang referensi geoid yang tiap waktunya mengalami perubahan sehingga perlu memperhitungkan lebih kompleks lagi. Sedangkan untuk model *empirical* menggunakan bidang ellipsoid yaitu bidang matematis yang tidak perlu memperhitungkan naik dan turunnya permukaan bumi.

Tabel 4.14 Nilai Presentase Ketidaksesuaian model *GOT* ($RSSIQ = 37.21120$)

Model	<i>RSS</i> (m)	D (%)
<i>FES2014</i>	49.19693	1.32210
<i>TPXO9</i>	39.42246	1.05942
<i>EOT11a</i>	35.76475	0.96113

Keterangan : pengolahan menggunakan software Matlab
tanda titik (.) berarti koma (,)

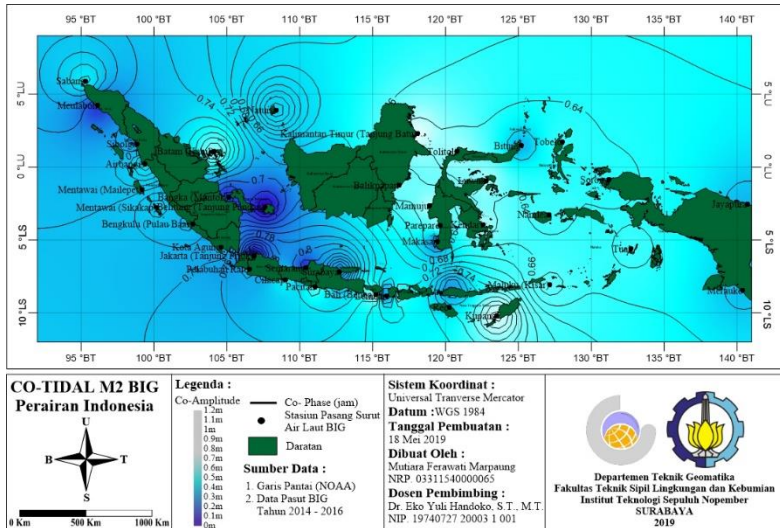
4.3. Hasil dan Analisa *Co-Tidal* (Peta Pasang Surut Air Laut)

Analisa peta pasang surut air laut dilakukan untuk mengetahui karakteristik pasang surut dan menggambarkan variasi perambatan di Perairan Indonesia dengan nilai dari kontur amplitudo, fase, dan bilangan formzhal. *Co-Amplitudo* digunakan untuk mengetahui nilai kontur amplitudo pada perairan. *Co-Phase* digunakan untuk mengetahui variasi nilai dan arah rambatan gelombang pasang surut air laut. Pada *Co-Phase* dapat ditemukan adanya *aphidromic point* yaitu adanya lokasi tidak terjadi pasang dan surut air laut.

4.3.1 Co-Tidal M_2

Nilai amplitudo konstanta M_2 BIG yang ditunjukkan pada gambar 4.5. Nilai amplitudo masuk dari perairan Indonesia bagian barat dan daerah perairan Pulau Papua dari nilai rendah dan meningkat semakin besar ke bagian Perairan Laut dalam bagian Timur Indonesia (Laut Sulawesi, Laut Halmahera, Laut Seram, Laut Banda, Laut Timor dan Laut Arafuru). Terjadi nilai amplitudo yang kompleks pada Perairan Indonesia bagian Barat (Laut Jawa).

Pola perambatan fase M_2 BIG yang ditunjukkan pada gambar 4.5 untuk gambar peta yang lengkap terdapat di lampiran. Gelombang pasang surut air laut dimulai dari kontur jam 0.64 menuju 0.8 yaitu rambatan dari Samudera Pasifik menuju Laut Jawa.

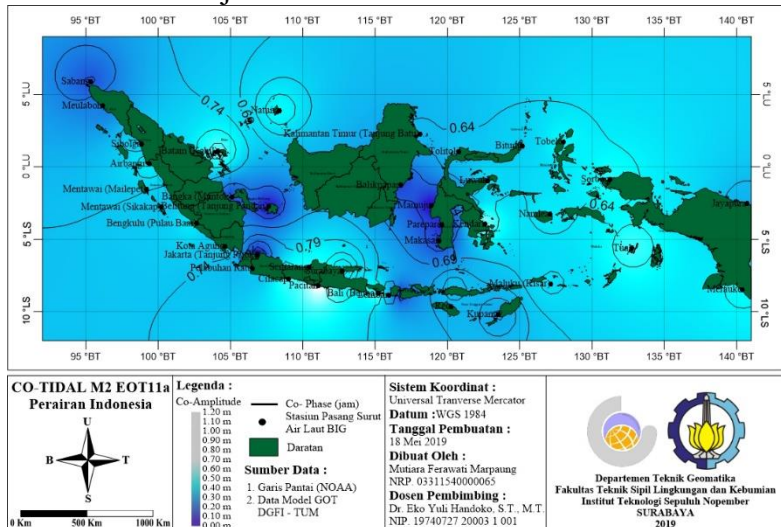


Gambar 4.5 Peta *Co-Tidal M₂ Model BIG*

Nilai amplitudo konstanta M_2 *EOT11a* yang ditunjukkan pada gambar 4.6 untuk gambar peta yang lengkap terdapat di lampiran. Nilai amplitudo masuk dari perairan Indonesia bagian barat yaitu Laut Jawa bagian Barat, daerah Perairan Sabang, dan Selat Makassar dari nilai rendah dan meningkat semakin besar ke bagian Perairan Laut dalam bagian Timur Indonesia (Laut Sulawesi, Laut Halmahera, Laut Seram, Laut Banda, Laut Timor dan Laut Arafuru) dan Laut Jawa bagian Tengah. Terjadi nilai amplitudo yang kompleks pada Perairan Indonesia bagian Barat (Laut Jawa).

Pola perambatan fase M_2 *EOT11a* yang ditunjukkan pada gambar 4.6 untuk gambar peta yang lengkap terdapat di lampiran. Gelombang pasang surut air laut dimulai dari kontur jam 0.64

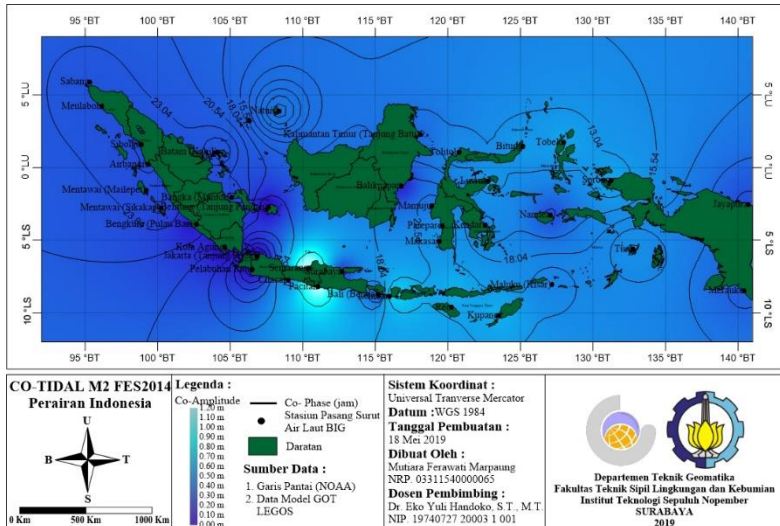
menuju 0.8 yaitu rambatan dari Samudera Pasifik menuju Laut Jawa.



Gambar 4.6 Peta *Co-Tidal M₂ Model EOT11a*

Nilai amplitudo konstanta M_2 *FES2014* yang ditunjukkan pada gambar 4.7 untuk gambar peta yang lengkap terdapat di lampiran. Nilai amplitudo masuk dari perairan Indonesia bagian barat dan daerah perairan Pulau Papua dari nilai rendah dan meningkat semakin besar ke bagian Tengah Perairan Indonesia. Terjadi nilai amplitudo yang kompleks pada Perairan daerah Pacitan dan Surabaya.

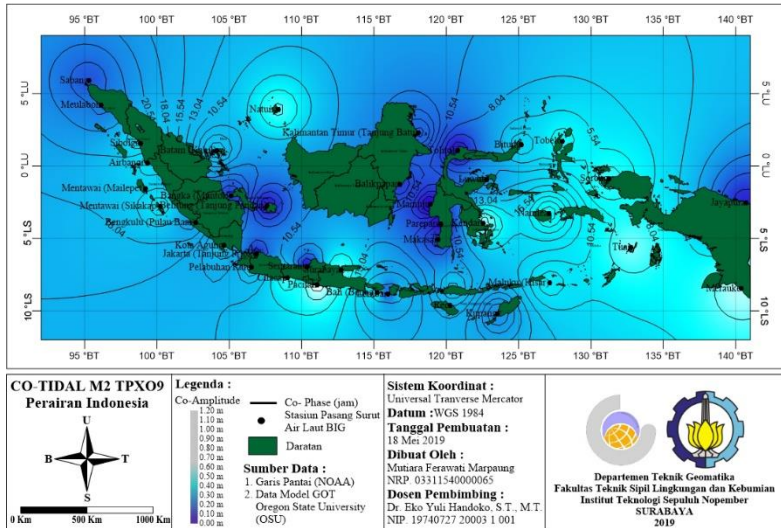
Pola perambatan fase M_2 *FES2014* yang ditunjukkan pada gambar 4.7 untuk gambar peta yang lengkap terdapat di lampiran. Gelombang pasang surut air laut dimulai dari kontur jam 13.04 menuju 18.04 yaitu rambatan dari Samudera Pasifik menuju Laut Jawa.



Gambar 4.7 Peta *Co-Tidal* M_2 Model FES2014

Nilai amplitudo konstanta M_2 $TPX09$ yang ditunjukkan pada gambar 4.8 untuk gambar peta yang lengkap terdapat di lampiran. Nilai amplitudo masuk dari perairan Indonesia bagian barat dan perairan sebelah timur Pulau Papua dari nilai rendah dan meningkat semakin besar ke bagian Perairan Laut dalam bagian Timur Indonesia (Laut Sulawesi, Laut Halmahera, Laut Seram, Laut Banda, Laut Timor dan Laut Arafuru). Terjadi nilai amplitudo yang kompleks pada Perairan Indonesia bagian Barat (Laut Jawa).

Pola perambatan fase M_2 $TPX09$ yang ditunjukkan pada gambar 4.8 untuk gambar peta yang lengkap terdapat di lampiran. Gelombang pasang surut air laut dimulai dari kontur jam 0.64 menuju 0.8 yaitu rambatan dari Samudera Pasifik menuju Laut Jawa.

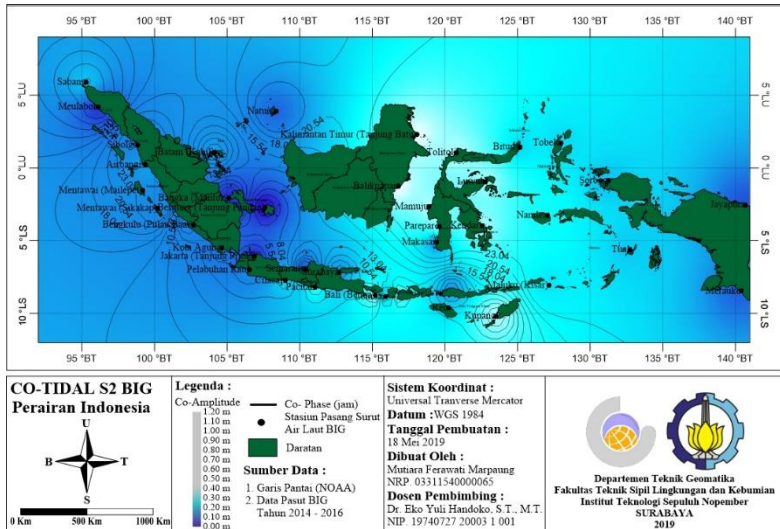


Gambar 4.8 Peta *Co-Tidal* M_2 Model TPX09

4.3.2 Co-Tidal S_2

Nilai amplitudo konstanta S_2 BIG yang ditunjukkan pada gambar 4.9 untuk gambar peta yang lengkap terdapat di lampiran.. Nilai amplitudo masuk dari perairan Indonesia bagian barat dan daerah perairan Pulau Papua dari nilai rendah dan meningkat semakin besar ke daerah perairan Selat Makassar. Terjadi nilai amplitudo yang kompleks pada Perairan Indonesia bagian Barat (Laut Jawa).

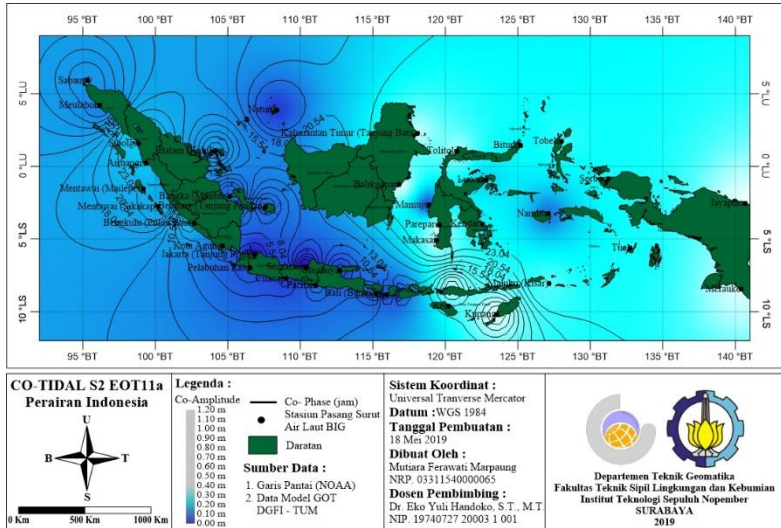
Pola perambatan fase S_2 BIG yang ditunjukkan pada gambar 4.9 untuk gambar peta yang lengkap terdapat di lampiran.. Gelombang pasang surut air laut dimulai dari kontur jam 5.54 menuju 23.54 yaitu rambatan dari Samudera Hindia melalui Laut Jawa.



Gambar 4.9 Peta $Co\text{-Tidal } S_2$ Model BIG

Nilai amplitudo konstanta S_2 $EOT11a$ yang ditunjukkan pada gambar 4.10 untuk gambar peta yang lengkap terdapat di lampiran. Nilai amplitudo masuk dari perairan Indonesia bagian barat dan meningkat semakin besar ke daerah perairan Indonesia bagian Timur.

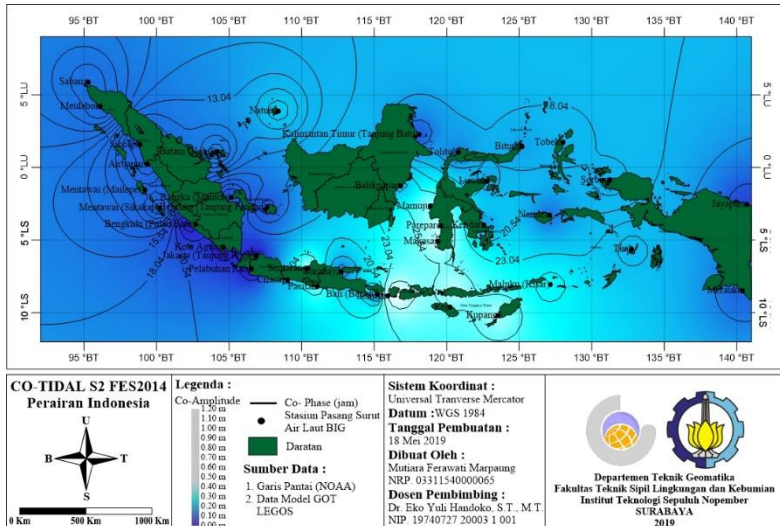
Pola perambatan fase S_2 $EOT11a$ yang ditunjukkan pada gambar 4.10 untuk gambar peta yang lengkap terdapat di lampiran. Gelombang pasang surut air laut dimulai dari kontur jam 5.54 menuju 27.54 yaitu rambatan dari Samudera Hindia melalui Laut Jawa menuju daerah perairan Indonesia bagian Timur.



Gambar 4.10 Peta *Co-Tidal S₂ Model EOT11a*

Nilai amplitudo konstanta S_2 *FES2014* yang ditunjukkan pada gambar 4.11 untuk gambar peta yang lengkap terdapat di lampiran.. Nilai amplitudo masuk dari perairan Indonesia bagian barat dan perairan sebelah timur perairan Indonesia dari nilai rendah dan meningkat semakin besar ke bagian Perairan Laut dalam bagian Tengah perairan.

Pola perambatan fase S_2 *FES2014* yang ditunjukkan pada gambar 4.11 untuk gambar peta yang lengkap terdapat di lampiran. Gelombang pasang surut air laut dimulai dari kontur jam 8.04 menuju 23.04 yaitu rambatan dari Samudera Pasifik melalui Laut Sulawesi.

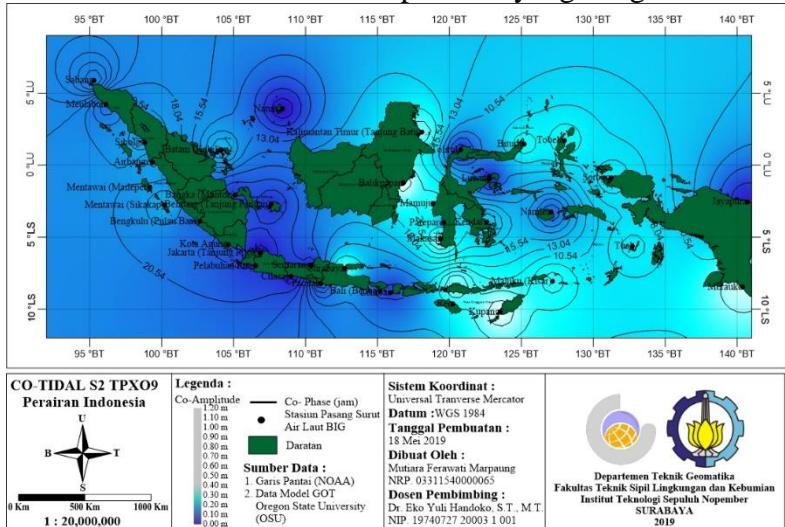


Gambar 4.11 Peta *Co-Tidal S₂ Model FES2014*

Nilai amplitudo konstanta S_2 $TPX09$ yang ditunjukkan pada gambar 4.12 untuk gambar peta yang lengkap terdapat di lampiran. Nilai amplitudo masuk dari perairan Indonesia bagian barat dan perairan Indonesia bagian Timur dari nilai rendah dan meningkat semakin besar ke bagian Perairan bagian Tengah Indonesia. Terjadi nilai amplitudo yang kompleks pada daerah Perairan Surabaya dan Pacitan.

Pola perambatan fase S_2 $TPX09$ yang ditunjukkan pada gambar 4.12 untuk gambar peta yang lengkap terdapat di lampiran. Gelombang pasang surut air laut dimulai dari kontur jam 10.54 menuju 18.54 yaitu rambatan dari Samudera Pasifik melalui Laut Sulawesi dan Samudera Hindia melalui Laut Banda. Daerah perairan Laut

Jawa kontur Co-Phase lebih rapat yang disebabkan kedalaman perairan yang dangkal.

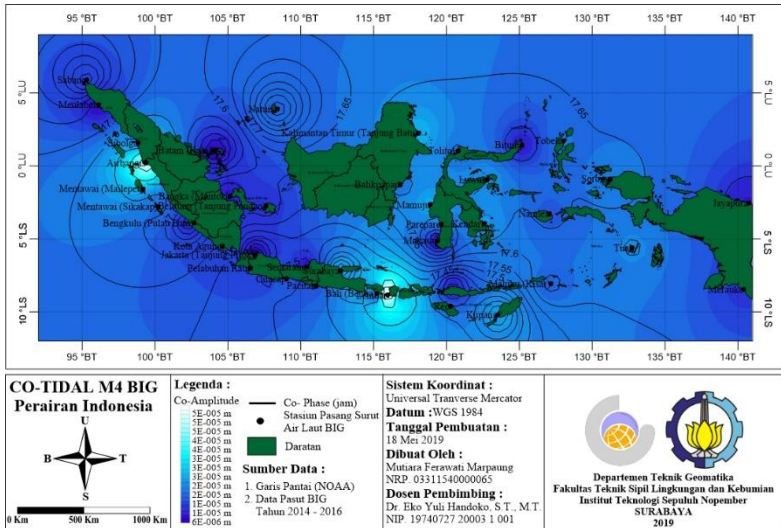


Gambar 4.12 Peta *Co-Tidal S₂* Model TPX09

4.3.3 Co-Tidal M₄

Nilai amplitudo konstanta M_4 BIG yang ditunjukkan pada gambar 4.13 untuk gambar peta yang lengkap terdapat di lampiran. Nilai amplitudo masuk dari beberapa daerah perairan yaitu Sabang, Tanjung Priok, Bitung, Jayapura dan Merauke dari nilai rendah dan meningkat semakin besar menyebar ke daerah sekitar.

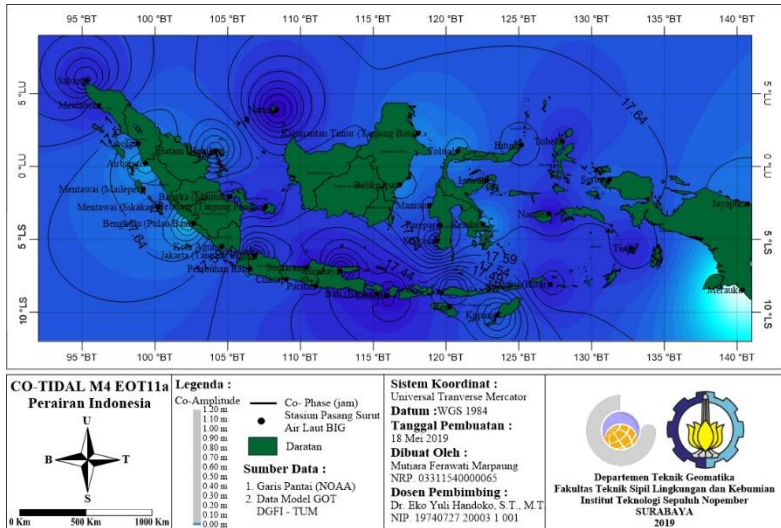
Pola perambatan fase M_4 BIG yang ditunjukkan pada gambar 4.13 untuk gambar peta yang lengkap terdapat di lampiran. Gelombang pasang surut air laut dimulai dari kontur jam 17.5 menuju 17.7 yaitu rambatan dari Samudera Hindia melalui Laut Bali menuju ke Utara daerah perairan Indonesia.



Gambar 4.13 Peta *Co-Tidal* M_4 Model BIG

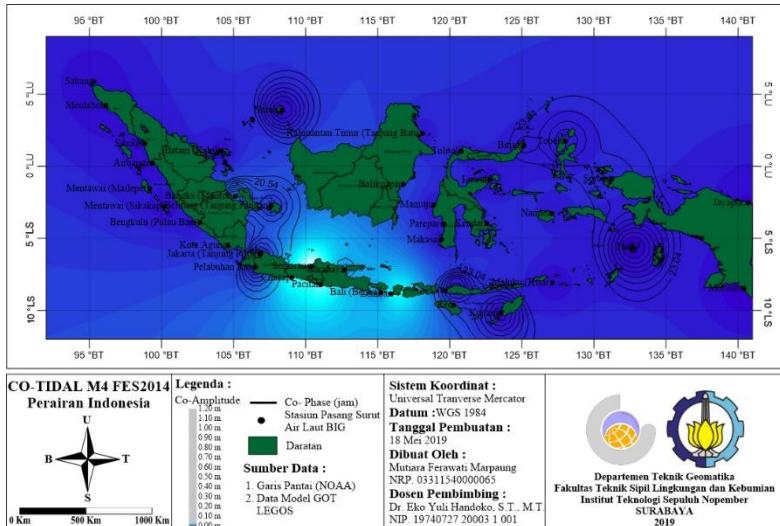
Nilai amplitudo konstanta M_4 $EOT11a$ yang ditunjukkan pada gambar 4.14 untuk gambar peta yang lengkap terdapat di lampiran. Nilai amplitudo masuk dari Samudra Hindia melalui perairan Laut Bali, Laut Natuna dan Laut Halmahera menuju daerah perairan sekitar dari nilai rendah dan meningkat semakin besar ke daerah perairan sekitarnya. Terjadi nilai amplitudo yang kompleks pada daerah Perairan Merauke.

Pola perambatan fase M_4 $EOT11a$ yang ditunjukkan pada gambar 4.14 untuk gambar peta yang lengkap terdapat di lampiran. Gelombang pasang surut air laut dimulai dari kontur jam 17.44 menuju 17.64 yaitu rambatan dari Samudera Hindia melalui Laut Bali menuju ke Utara daerah perairan Indonesia.



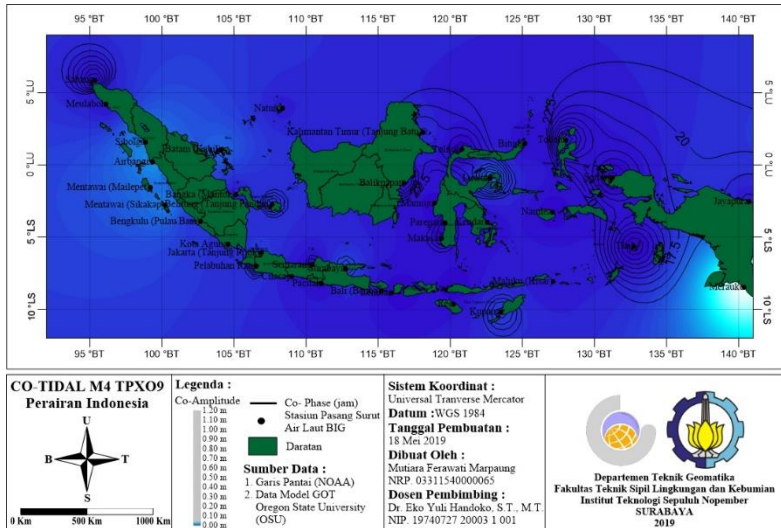
Gambar 4.14 Peta *Co-Tidal* M₄ Model EOT11a

Nilai amplitudo konstanta M₄ FES2014 yang ditunjukkan pada gambar 4.15 untuk gambar peta yang lengkap terdapat di lampiran. Terjadi nilai amplitudo yang kompleks pada daerah Perairan Surabaya dan Pacitan. Pola perambatan fase M₄ FES2014 yang ditunjukkan pada gambar 4.15 untuk gambar peta yang lengkap terdapat di lampiran. Gelombang pasang surut air laut dimulai di beberapa daerah yaitu Laut Jawa, Laut Natuna, Laut Sawu.



Gambar 4.15 Peta *Co-Tidal* M_4 Model *FES2014*

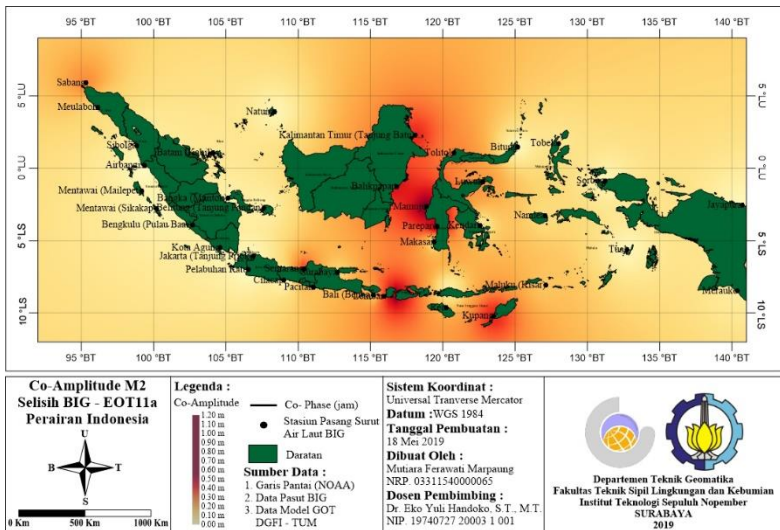
Nilai amplitudo konstanta M_4 *TPX09* yang ditunjukkan pada gambar 4.16 untuk gambar peta yang lengkap terdapat di lampiran. Terjadi nilai amplitudo yang kompleks di daerah Perairan Merauke. Pola perambatan fase M_4 *TPX09* yang ditunjukkan pada gambar 4.16 untuk gambar peta yang lengkap terdapat di lampiran. Gelombang pasang surut air laut dimulai dari kontur jam 17.5 menuju 22.5 yaitu rambatan dari daerah perairan Indonesia bagian Timur menuju Barat.



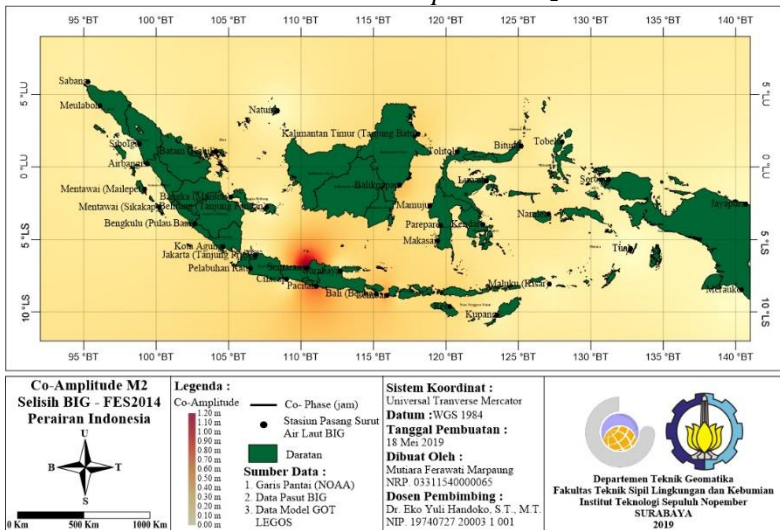
Gambar 4.16 Peta *Co-Tidal M4* Model TPX09

4.3.4 Selisih Co-Amplitudo M_2

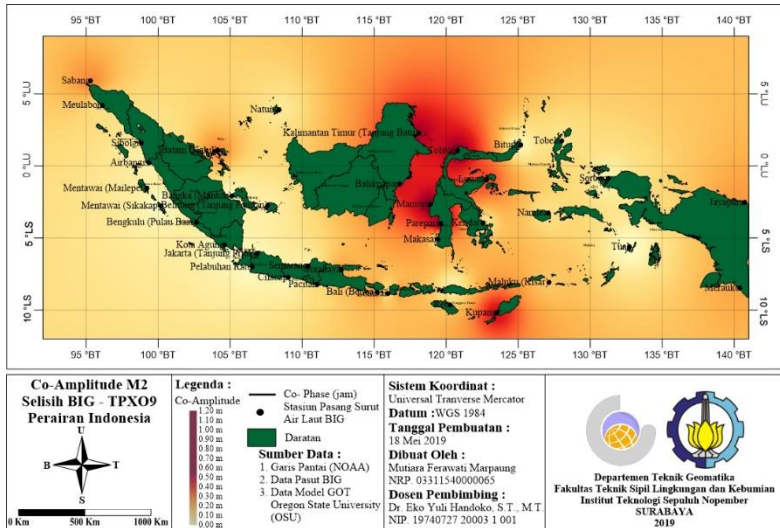
Pola selisih nilai amplitudo M_2 pada model BIG – *EOT11a* hampir sama dengan pola selisih nilai amplitudo M_2 pada model BIG – *TPX09* yaitu terdapat perbedaan nilai yang besar sepanjang Laut Jawa dan Laut Natuna dan memiliki perambatan selisih nilai amplitudo M_2 yang besar pada daerah Laut Sulawesi dan Laut Timor. Sedangkan, pada perambatan selisih nilai amplitudo M_2 pada model BIG – *FES2014* memiliki perbedaan yang besar pada perairan daerah Pacitan dan Surabaya. Untuk gambar peta yang lengkap terdapat di lampiran.



Gambar 4.17 Selisih Peta Co-Amplitudo M₂ BIG – EOT11a



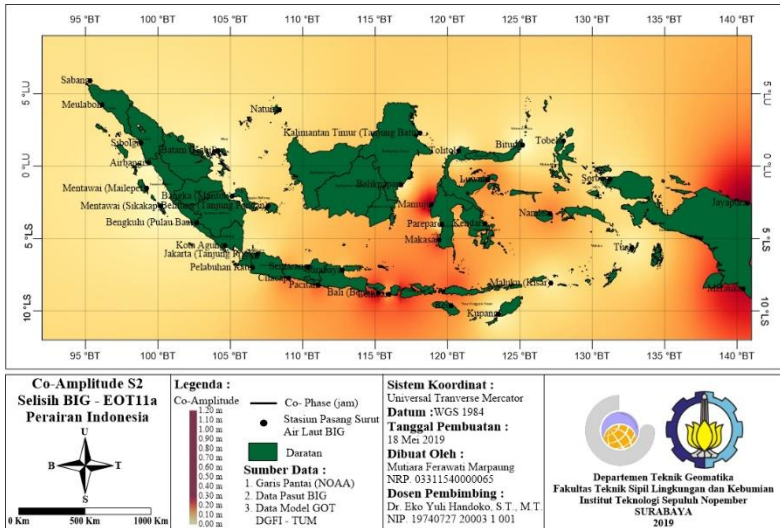
Gambar 4.18 Peta Selisih Co-Amplitudo M₂ BIG – FES2014



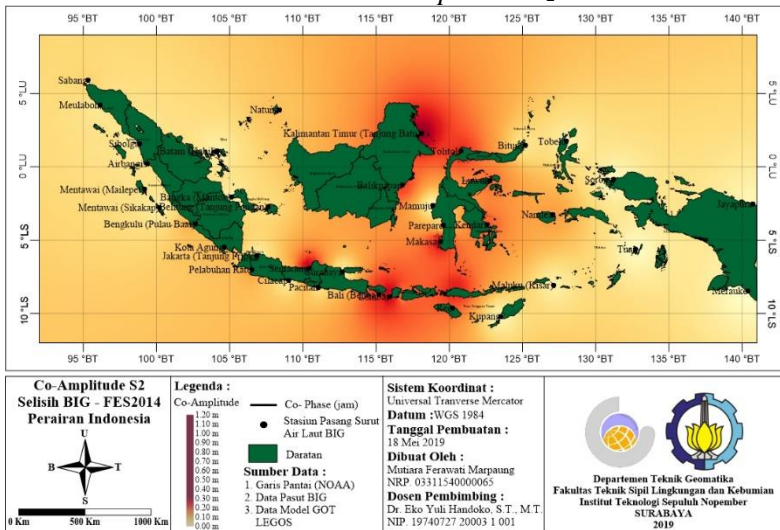
Gambar 4.19 Peta Selisih $Co\text{-Amplitudo } M_2 \text{ BIG} - TPX09$

4.3.5 Selisih $Co\text{-Amplitudo } S_2$

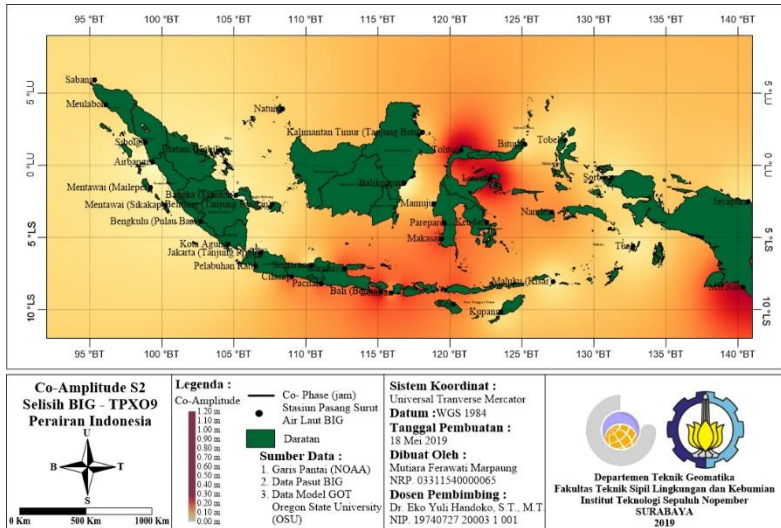
Pola selisih nilai amplitudo S_2 pada model BIG – $EOT11a$ memiliki nilai perbedaan yang signifikan pada daerah perairan Tanjung Pandan, Laut Flores dan perairan daerah Pulau Papua. Pola selisih nilai amplitudo BIG – $FES2014$ memiliki nilai perbedaan pada daerah perairan Laut Jawa, Laut Flores, dan Laut Natuna. Pola selisih nilai amplitudo BIG – $TPX09$ memiliki nilai perbedaan pada daerah perairan Laut Jawa, Laut Flores, dan Laut Arafuru. Untuk gambar peta yang lengkap terdapat di lampiran.



Gambar 4.20 Peta Selisih $Co-Amplitudo S_2$ BIG – EOT11a



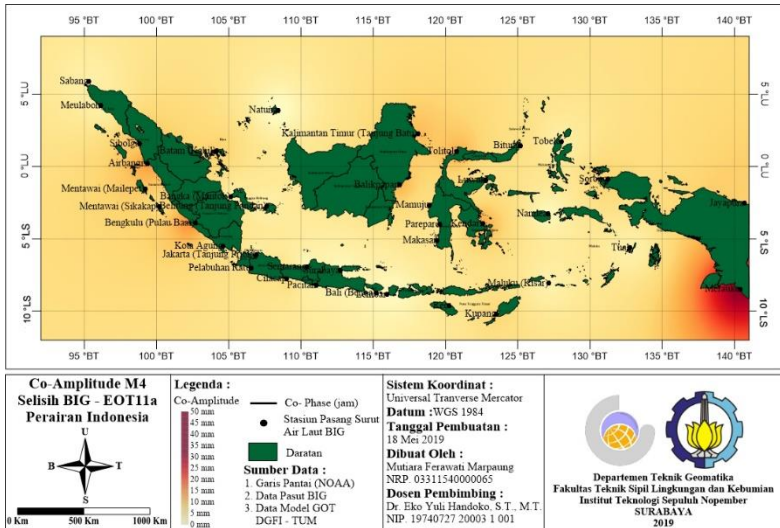
Gambar 4.21 Peta Selisih $Co-Amplitudo S_2$ BIG – FES2014



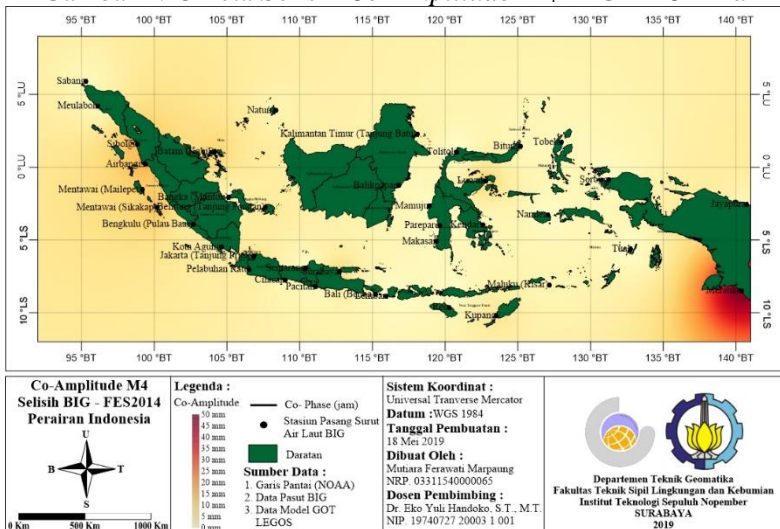
Gambar 4.22 Peta Selisih $Co\text{-Amplitudo } S_2$ BIG – TPX09

4.3.6 Selisih Co-Amplitudo M_4

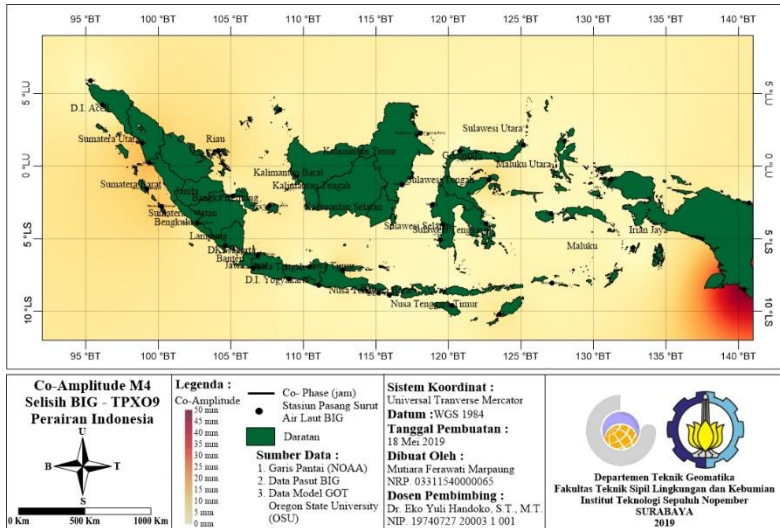
Pola selisih nilai amplitudo M_4 pada model BIG – *EOT11a* memiliki nilai perbedaan yang signifikan pada daerah perairan Merauke, Laut Sulawesi, Kendari dan bagian Barat daerah Perairan Pulau Sumatera. Pola selisih nilai amplitudo BIG – *FES2014* memiliki nilai perbedaan pada daerah perairan Pacitan, Surabaya, dan Bali. Pola selisih nilai amplitudo BIG – *TPX09* memiliki nilai perbedaan pada daerah perairan Merauke. Untuk gambar peta yang lengkap terdapat di lampiran.



Gambar 4.23 Peta Selisih *Co-Amplitudo M4* BIG – *EOT11a*



Gambar 4.24 Peta Selisih *Co-Amplitudo M4* BIG – *FES2014*



Gambar 4.25 Peta Selisih *Co-Amplitudo* M₄ BIG – TPX09

4.4. Hasil dan Analisa Nilai Koefisien Korelasi antara Nilai Model GOT Terhadap Nilai Model BIG (Referensi)

Hasil dan analisa nilai koefisien korelasi nilai model GOT terhadap nilai model BIG di 38 stasiun dapat dilihat pada tabel 4.16 dengan grafik koefisien korelasi terlampir pada lampiran. Pada titik stasiun yang lain model GOT bernilai positif yang berarti bahwa model GOT memiliki hubungan nilai yang selaras dengan model referensi. Analisa nilai korelasi untuk tingkat hubungan sangat kuat (0,900 – 1,00 dan -0,900 – (-1,00)), kuat (0,700 -<0,900 dan -0,700 - <-0,900), cukup kuat (0,500 – 7,00 dan -0,500 - <-7,00) menunjukkan bahwa nilai elevasi gelombang pasang surut hasil dari model GOT terhadap referensi memiliki tipe yang sama dengan beda elevasi yang tidak tinggi. Sedangkan untuk tingkat hubungan lemah (0,300 – 0,500 dan -0,300 -<0,500) dan sangat lemah (0,00 - <0,300 dan 0,00 - <-0,300)

menunjukkan bahwa nilai elevasi gelombang pasang surut hasil dari model *GOT* terhadap referensi memiliki tipe yang berbeda. Perbedaan tipe pasang surut di suatu wilayah dimungkinkan karena adanya pengaruh dari efek lokal seperti angin dan arus secara tidak langsung yang kemungkinan tidak diperhitungkan oleh model *GOT*. Untuk gambar grafik yang lengkap terdapat di lampiran.

Tabel 4.15 Nilai Koefisien Korelasi Pada Masing –masing Model *GOT* dan tingkat hubungannya

Nama Stasiun	$r_{FES2014}$	Tingkat Hubungan	r_{TPX09}	Tingkat Hubungan	r_{EOT11a}	Tingkat Hubungan
Air Bangis	0.376	Lemah	0.590	Cukup Kuat	0.545	Cukup Kuat
Bangka	0.814	Kuat	0.761	Kuat	0.805	Kuat
Batam (Kabil)	0.521	Cukup Kuat	0.413	Lemah	0.619	Cukup Kuat
Tanjung Pandan	0.951	Sangat kuat	0.799	Kuat	0.920	Sangat kuat
Pulau Baai	0.293	Lemah	0.893	Kuat	0.620	Cukup Kuat
Kota Agung	0.299	Lemah	0.672	Cukup Kuat	0.670	Cukup Kuat
Sibolga	0.778	Kuat	0.566	Cukup Kuat	0.837	Kuat
Mentawai (Sikakap)	0.850	Kuat	0.833	Kuat	0.633	Cukup Kuat
Natuna	0.320	Lemah	0.913	Sangat kuat	0.934	Sangat kuat
Sabang	0.799	Kuat	0.837	Kuat	0.832	Kuat
Cilacap	0.757	Kuat	0.659	Cukup Kuat	0.677	Cukup Kuat
Tanjung Priok	0.873	Kuat	0.998	Sangat kuat	0.955	Sangat kuat
Pacitan	0.667	Cukup Kuat	0.787	Kuat	0.792	Kuat

Nama Stasiun	$\Gamma_{FES2014}$	Tingkat Hubungan	Γ_{TPX09}	Tingkat Hubungan	Γ_{EOT11a}	Tingkat Hubungan
Semarang	0.400	Lemah	0.400	Lemah	0.253	Sangat Lemah
Surabaya	0.889	Kuat	0.642	Cukup Kuat	0.453	Lemah
Palabuhan Ratu	0.502		0.715	Kuat	0.655	Cukup Kuat
Meulaboh	0.850	Kuat	0.877	Kuat	0.880	Kuat
Balikpapan	0.395	Lemah	0.398	Lemah	0.383	Lemah
Benoa Bali	0.704	Kuat	0.835	Kuat	0.731	Kuat
Tanjung Batu (Kaltim)	0.753	Kuat	0.721	Kuat	0.514	Cukup Kuat
Tanjung Luar (NTB)	0.804	Kuat	0.796	Kuat	0.421	Lemah
Tolitoli	0.788	Kuat	0.627	Cukup Kuat	0.830	Kuat
Mamuju	0.833	Kuat	0.549	Cukup Kuat	0.311	Lemah
Bitung	0.781	Kuat	0.866	Kuat	0.880	Kuat
Makassar	0.730	Kuat	0.423	Lemah	0.448	Lemah
Kendari	0.756	Kuat	0.744	Kuat	0.746	Kuat
Kupang	0.719	Kuat	0.818	Kuat	0.847	Kuat
Luwuk	0.783	Kuat	0.665	Cukup Kuat	0.719	Kuat
Pare-pare	0.795	Kuat	0.238	Sangat Lemah	0.362	Lemah
Reo	0.587	Cukup Kuat	0.632	Cukup Kuat	0.630	Cukup Kuat
Lembar	0.345	Lemah	0.815	Kuat	0.625	Cukup Kuat
Merauke	0.416	Lemah	0.708	Kuat	0.729	Kuat
Jayapura	0.865	Kuat	0.769	Kuat	0.681	Cukup Kuat
Kisar	0.844	Kuat	0.483	Lemah	0.471	Lemah
Namlea	0.535	Cukup Kuat	0.820	Kuat	0.681	Cukup Kuat

Nama Stasiun	$r_{FES2014}$	Tingkat Hubungan	r_{TPX09}	Tingkat Hubungan	r_{EOT11a}	Tingkat Hubungan
Sorong	0.858	Kuat	0.783	Kuat	0.653	Cukup Kuat
Tobelo	0.851	Kuat	0.800	Kuat	0.802	Kuat
Tual	0.853	Kuat	0.753	Kuat	0.740	Kuat

Keterangan :

- pengolahan menggunakan software Matlab tanda titik (.) berarti koma (,)
- tingkat hubungan kelompok ukuran koefisien korelasi berdasarkan aturan praktis pada tabel 2.6

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Hasil penelitian dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut :

1. Metode pengolahan data model GOT menggunakan IDW menghasilkan nilai yang cukup bagus, hal ini ditandai dengan selisih nilai yang kecil antara model referensi dengan model GOT, dengan nilai terlampir pada tabel 4.1, 4.2, 4.3, 4.4, 4.5, 4.6, 4.7, 4.8, 4.9.
2. Daerah yang memiliki selisih nilai amplitude besar yaitu nilai konstanta M2 pada daerah perairan Bali, Semarang, Kupang dan Laut Sulawesi (BIG – EOT11a), daerah perairan Pacitan dan Semarang (BIG – FES2014), dan daerah perairan Batam Kabil, Sabang, Kupang, dan Laut Sulawesi (BIG – TPXO9).
3. Berdasarkan uji korelasi nilai model GOT terhadap nilai stasiun pasang surut BIG (referensi) menunjukkan :
4. Korelasi paling baik ditunjukkan pada daerah Perairan Tanjung Priok dengan tingkat hubungan sangat kuat pada model TPXO9 (0,988) dan EOT11a (0,955), model FES2014 tingkat hubungan kuat (0,873).
5. Korelasi paling buruk ditunjukkan pada daerah Perairan Balikpapan dengan tingkat hubungan lemah pada model EOT11a (0,383), FES2014 (0,395) dan TPXO9 (0,398).
6. Perhitungan nilai simpangan menunjukkan :
7. Nilai simpangan rata-rata terbesar terdapat pada nilai konstanta M2 yaitu 17,22644 (FES2014), 10,88661 (TPXO9), 10,71669 (EOT11a).
8. Nilai simpangan rata-rata terkecil terdapat pada nilai konstanta M4 yaitu 0,15103 (FES2014), 0,15190 (TPXO9), 0,28187 (EOT11a).

9. Hasil perhitungan presentase nilai ketidaksesuaian merupakan penilaian secara numeris mengenai kesesuaian model. Jika diurutkan model yang paling sesuai yaitu EOT11a (0,96113 %), TPX09 (1,02608 %), lalu FES2014 (1,15013 %). Pada penelitian ini menunjukkan bahwa untuk model GOT di perairan Indonesia lebih baik menggunakan pemodelan empirical model yaitu EOT11a.

5.2. Saran

Saran yang diberikan untuk penelitian selanjutnya yaitu :

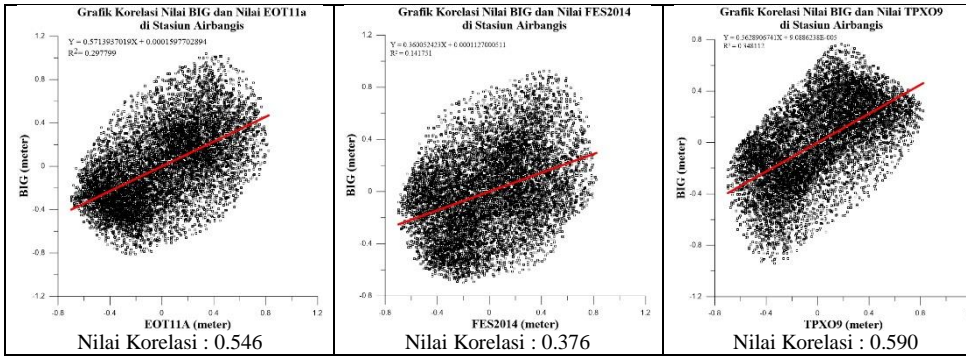
1. Mengukur posisi stasiun pasang surut BIG (referensi) secara detail menggunakan GPS pada titik stasiun dikarenakan informasi mengenai posisi stasiun pasang surut BIG (referensi) tidak detail, sedangkan nilai model GOT memiliki grid yang rapat untuk mencegah nilai ganda saat penentuan nilai model GOT.
2. Menggunakan stasiun pasang surut BIG (referensi) yang lebih rapat dengan catatan memiliki data yang lengkap dengan periode waktu yang sama.
3. Menggunakan data stasiun pasang surut BIG (referensi) dengan waktu yang lebih panjang.

DAFTAR PUSTAKA

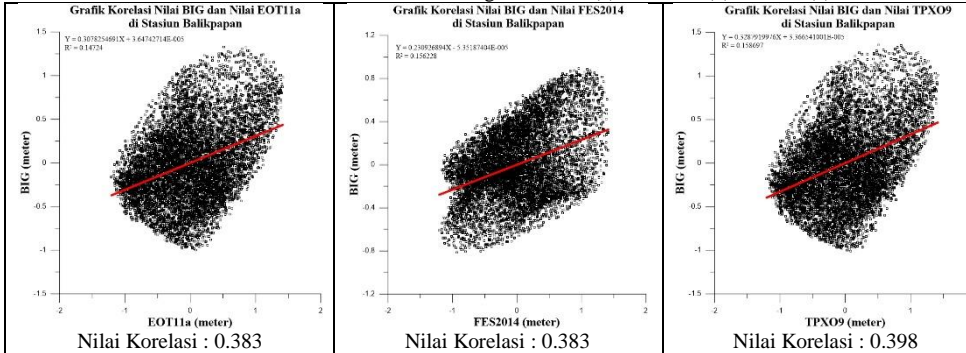
- Andersen, O.B. 1995. Intercomparison of Recent Ocean Tide Models. *Journal of Geophysics: Volume 100, NO. C12*, pages25, 261-25, 282.
- Azpurua, M. dan K. D. Ramos. 2010. A comparison of Spatial Interpolation Methods for Estimation of Average Electromagnetic Field Magnitude. *Progress in Electromagnetics Research: Vol. 1*, pp.135-145.
- Badan Informasi Geospasial dan Pusat Hidrografi dan Oseanografi TNI AL. 2018. Data Kelautan Tuntas, Indonesia Menuju Poros Maritim Dunia, <URL:<http://m.katadata.co.id/infografik/2018/08/25/hari-maritim-nasional-data-rujukan-kelautan-rampung>>, Dikunjungi pada tanggal 29 September 2018, jam 23.09.
- Dietrich, G. 1944. Die schwingungssysteme der halb- und eintagigen tiden in den ozeanen. *Veroeffetl. Inst. Meerskd. Berlin University*, 41: 1 – 68.
- Egbert, G. D., Erofeeva, S. Y., & Ray, R. D. 2010. Assimilation of altimetry data for nonlinear shallow-water tides: Quarter-diurnal tides of the Northwest European Shelf. *Continental Shelf Research*, 30(6), 668-679. doi:10.1016/j.csr.2009.10.011.
- Fok, H. S., dkk. 2012. Evaluation of Ocean Tide Model Used for Jason-2 Altimetry Corrections. *Marine Geodesy*: 33:S1, 285-303.
- Gordon, A. L. 2005. Oceanography of the Indonesian Seas and Their Throughflow. *Oceanography*, 18 (4), 14–27.
- Hinkle, E dan Wiersma. 2002. *Applied Statistics for Behavioral* 5th Edition. USA : CengageLearning.
- J. I. Pariwono. 1985. Australian Cooperative Programmes in Marine Science: Tides and Tidal Phenomena in The Asean Region. *Flinders Univ of S. Australia*, p. 77pp.
- Le Provost, C., Genco, M. L., Lyard, F., Vincent, P., & Canceil, P. 1994. Spectroscopy of the world ocean tides from a finite

- element hydrodynamic model. *Journal of Geophysical Research*, 99(C12), 24777-24797. doi:10.1029/94jc01381.
- Lyard, F., F. Lefevre, T. Letellier dan O. Francis. 2006. Modelling The Global Ocean Tides: a Modern Insight from FES2004, *Ocean Dynamics*, 56, 394 – 415.
- Lyard F., L. Carrere, M. Cancet, A. Guillot, N. 2016. Picot : FES2014, a New Finite Elements Tidal Model for Global Ocean, in Preparation, To Be Submitted to *Ocean Dynamics*.
- M. A. D. K. Ramos. 2010. A Comparison of Spatial Interpolation Methods for Estimation of Average Electromagnetic Field Magnitude. *Electromagnetics Research* :Vol. 1, pp 135 – 145.
- Maxwell, E. A. 2006. *Fallacies In Mathematics*. Sydney: Cambridge University.
- Ongkosongo. 1989. *Pasang Surut*. Jakarta: LIPI.
- Poerbandono dan Djunarsjah, Eka. 2005. *Survey Hidrografi*. Bandung: Refika Aditama.
- Ramadhan, Muhammad. 2011. Komparasi Hasil Pengamatan Pasang Surut di Perairan Pulau Pramuka dan Kabupaten Pati dengan Prediksi Pasang Surut Tide Model River. *Jurnal Segara*. ISSN: 1907–0659. Vol. VII (1):110.
- Triatmodjo, Bambang. 1999. *Teknik Pantai*. Yogyakarta: Universitas Gajah Mada
- Technische Universität München. 2017. Empirical Ocean Tide Model (EOT), <URL: <https://openadb.dgfi.tum.de/en/products/empirical-ocean-tide-model/>>, Dikunjungi pada 4 November 2018, jam 23:49.

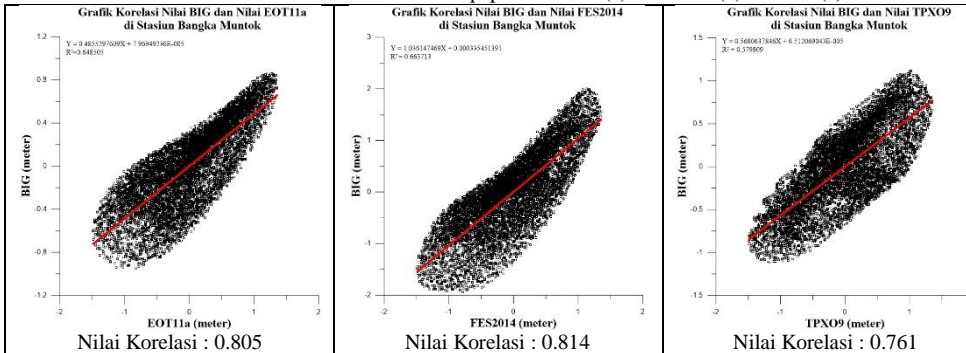
LAMPIRAN I
GRAFIK KOEFISIEN KORELASI



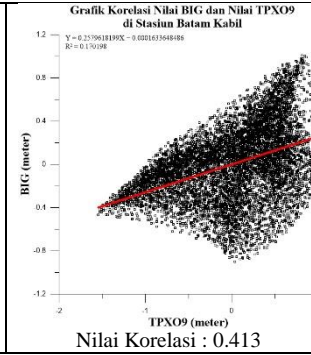
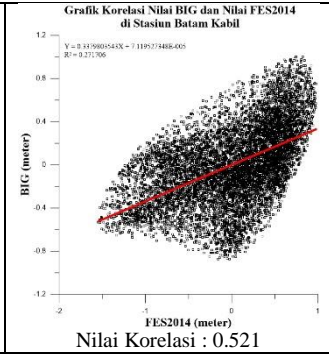
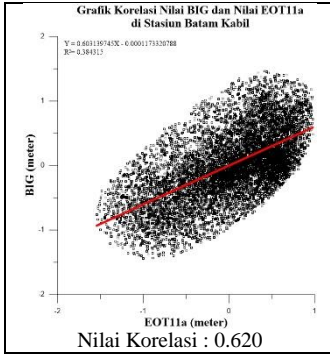
Grafik Korelasi Nilai di Stasiun Airbangs EOT11a (a) FES2014 (b) TPX09 (c)



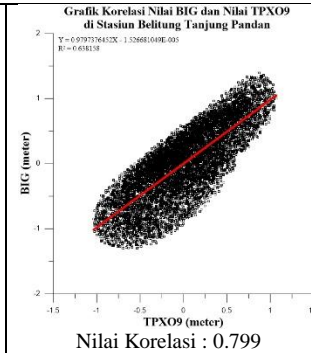
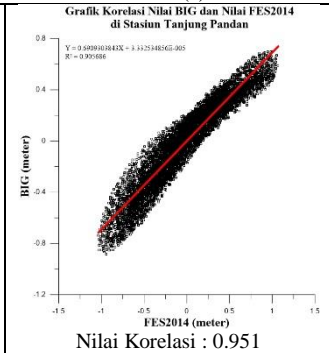
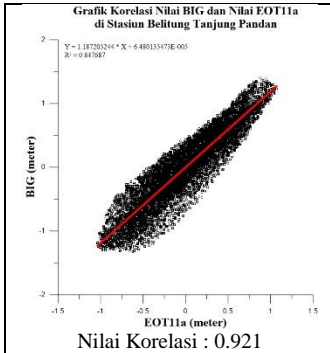
Grafik Korelasi Nilai di Stasiun Balikpapan EOT11a (a) FES2014 (b) TPX09 (c)



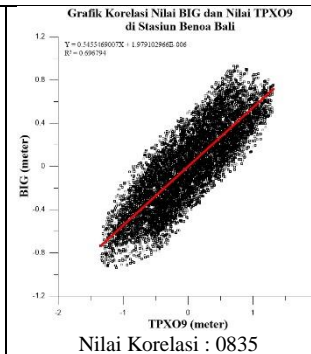
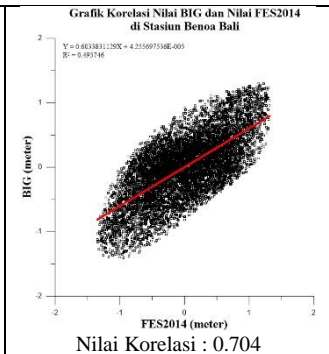
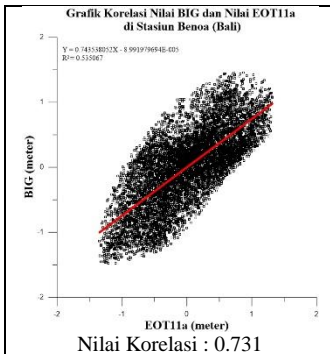
Grafik Korelasi Nilai di Stasiun Bangka Muntok EOT11a (a) FES2014 (b) TPX09 (c)



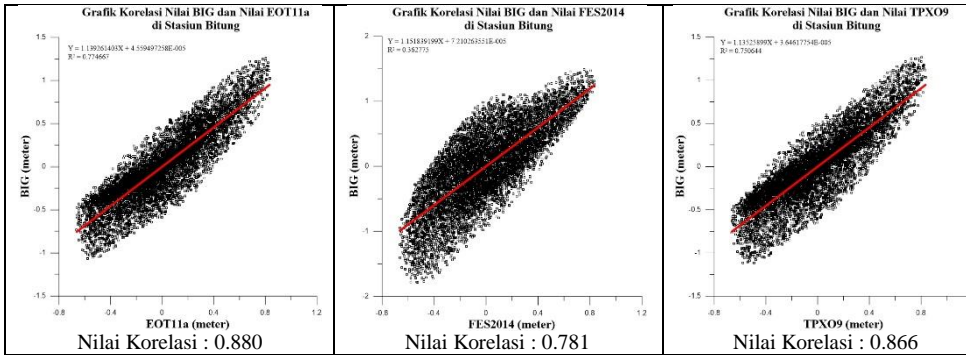
Grafik Korelasi Nilai di Stasiun Batam Kabil EOT11a (a) FES2014 (b) TPX09 (c)



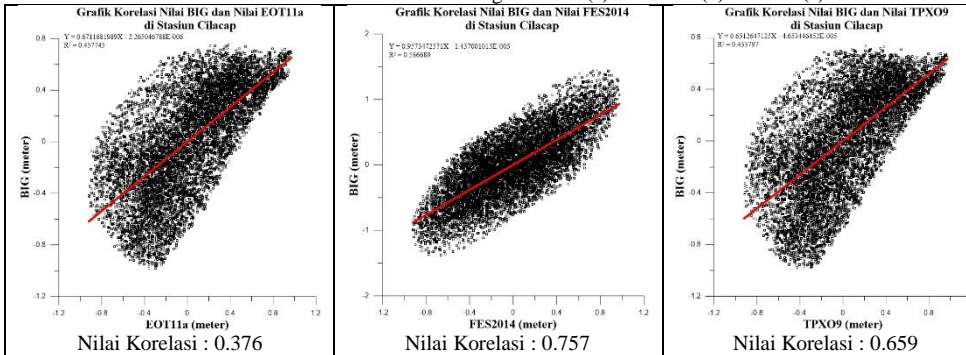
Grafik Korelasi Nilai di Stasiun Tanjung Pandan EOT11a (a) FES2014 (b) TPX09 (c)



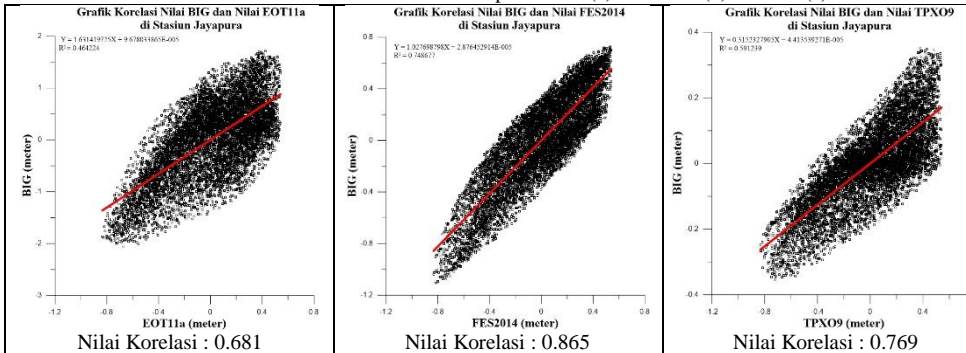
Grafik Korelasi Nilai di Stasiun Benoa Bali EOT11a (a) FES2014 (b) TPX09 (c)



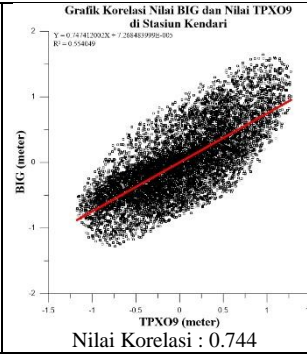
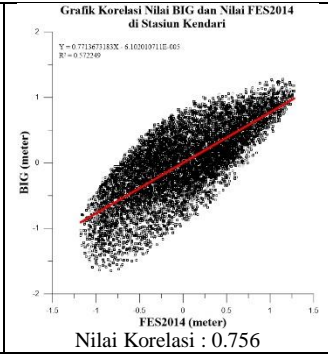
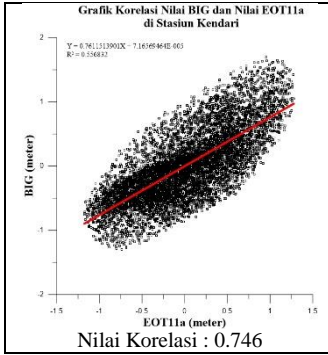
Grafik Korelasi Nilai di Stasiun Bitung EOT11a (a) FES2014 (b) TPX09 (c)



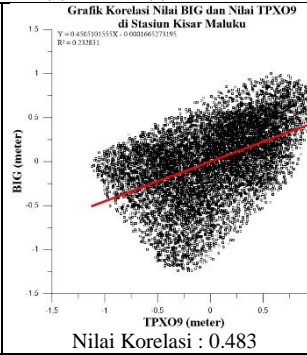
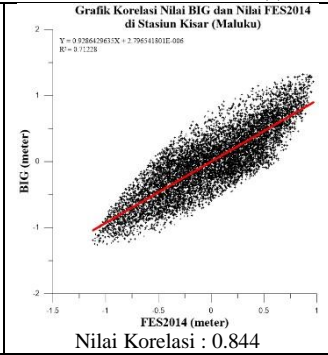
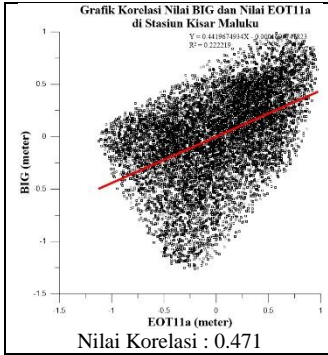
Grafik Korelasi Nilai di Stasiun Cilacap EOT11a (a) FES2014 (b) TPX09 (c)



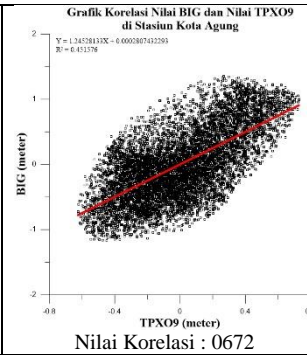
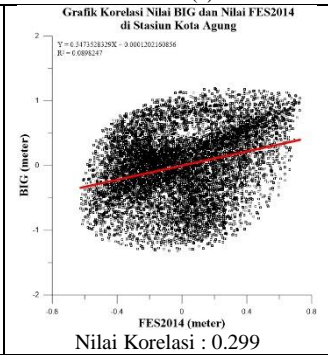
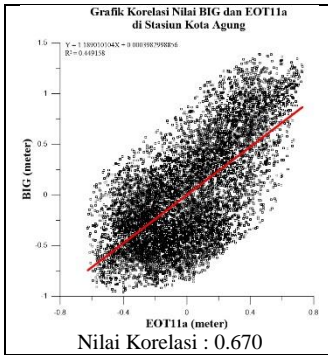
Grafik Korelasi Nilai di Stasiun Jayapura EOT11a (a) FES2014 (b) TPX09 (c)



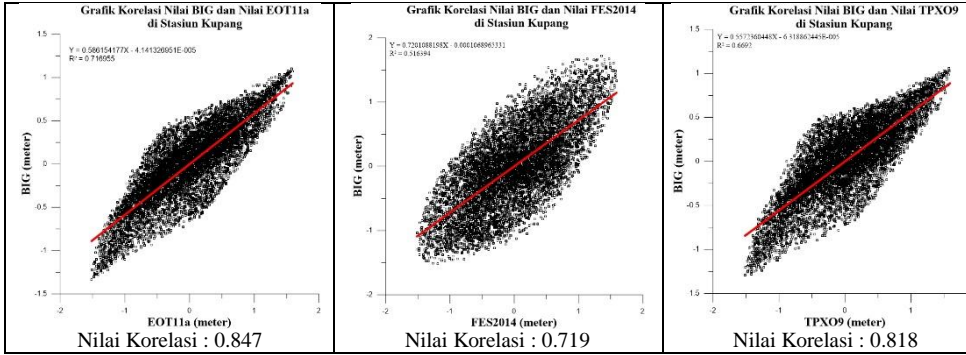
Grafik Korelasi Nilai di Stasiun Kendari EOT11a (a) FES2014 (b) TPX09 (c)



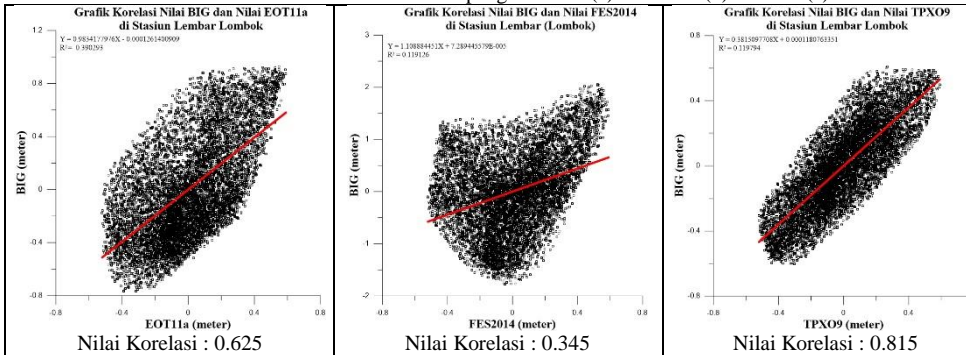
Grafik Korelasi Nilai di Stasiun Kisar Maluku EOT11a (a) FES2014 (b) TPX09 (c)



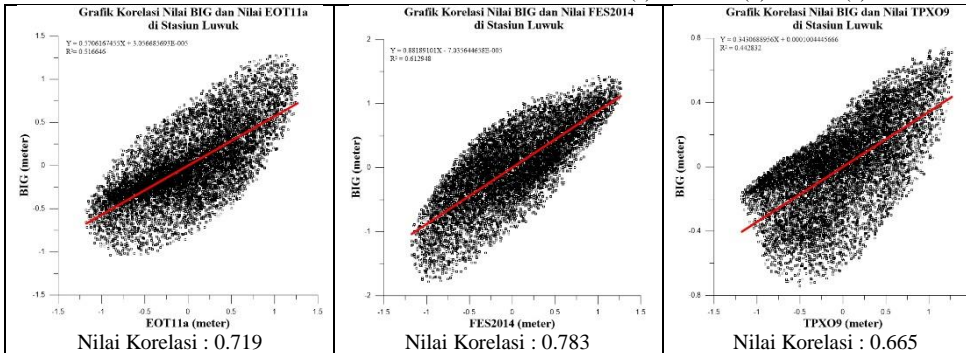
Grafik Korelasi Nilai di Stasiun Kota Agung EOT11a (a) FES2014 (b)TPX09(c)



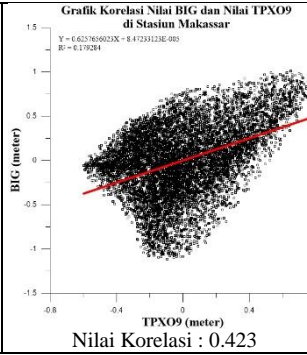
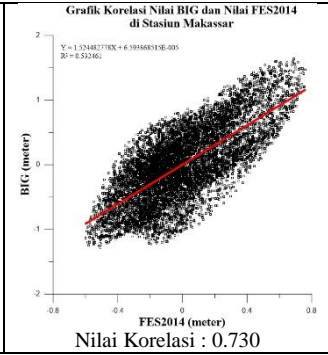
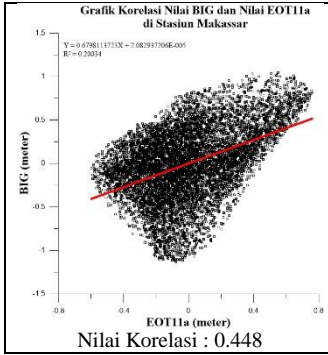
Grafik Korelasi Nilai di Stasiun Kupung EOT11a (a) FES2014 (b) TPX09 (c)



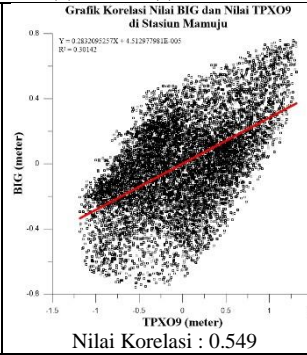
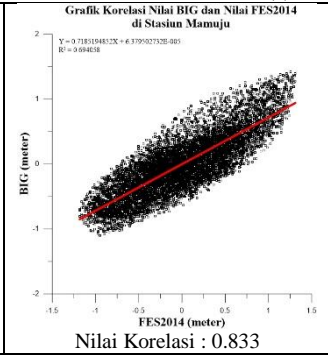
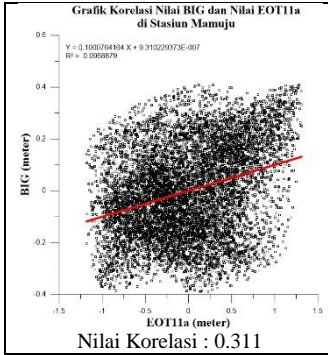
Grafik Korelasi Nilai di Stasiun Lembar Lombok EOT11a (a) FES2014 (b) TPX09 (c)



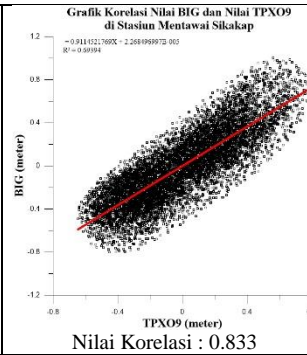
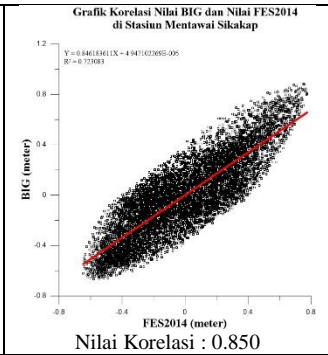
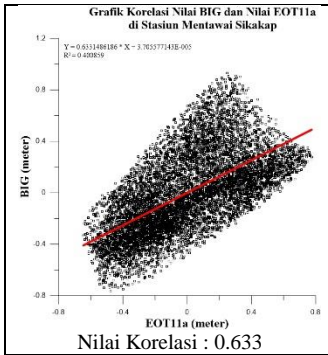
Grafik Korelasi Nilai di Stasiun Luwuk EOT11a (a) FES2014 (b) TPX09 (c)



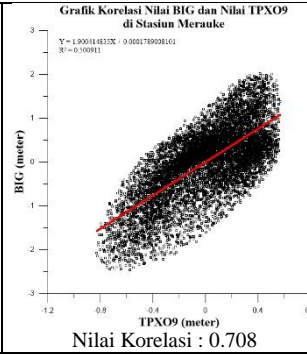
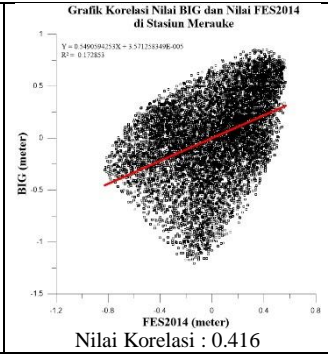
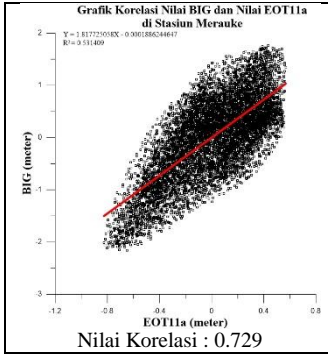
Grafik Korelasi Nilai di Stasiun Makassar EOT11a (a) FES2014 (b) TPX09 (c)



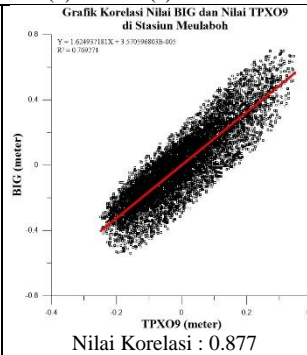
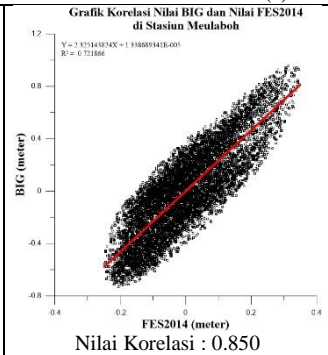
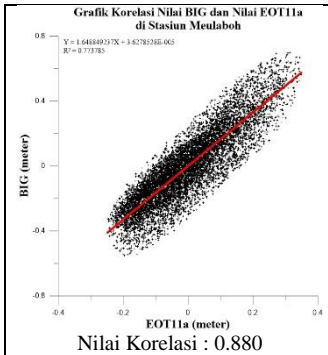
Grafik Korelasi Nilai di Stasiun Mamuju EOT11a (a) FES2014 (b) TPX09 (c)



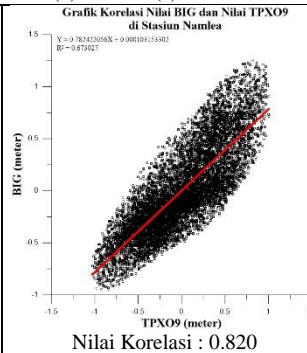
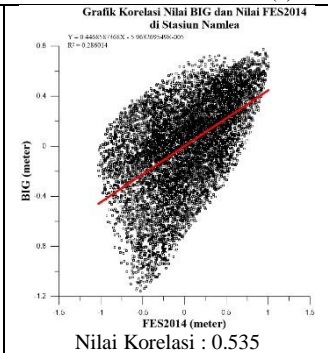
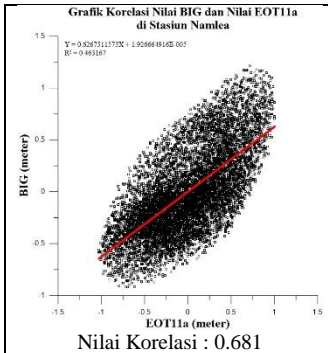
Grafik Korelasi Nilai di Stasiun Mentawai Sikap EOT11a (a) FES2014 (b) TPX09 (c)



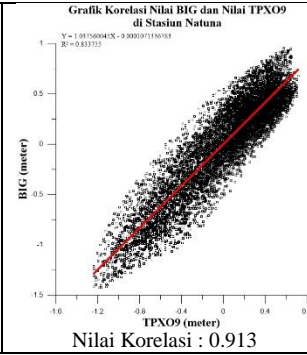
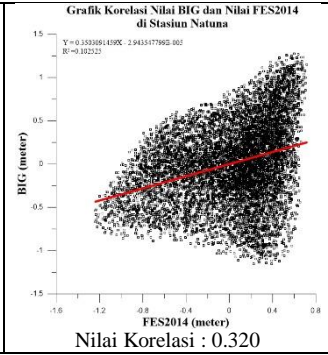
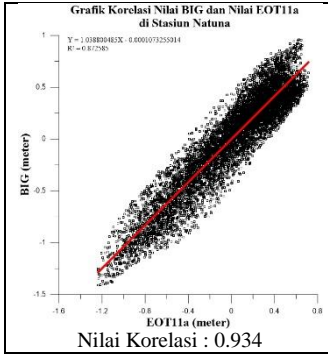
Grafik Korelasi Nilai di Stasiun Merauke EOT11a (a) FES2014 (b) TPX09 (c)



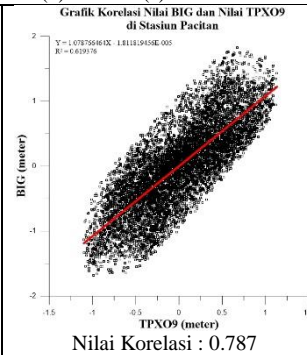
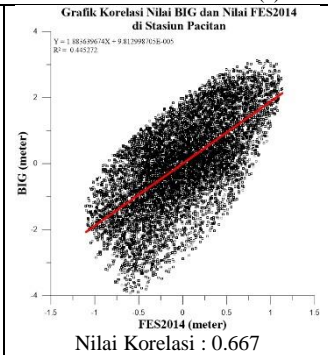
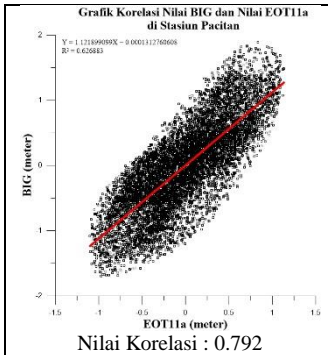
Grafik Korelasi Nilai di Stasiun Meulaboh EOT11a (a) FES2014 (b) TPX09 (c)



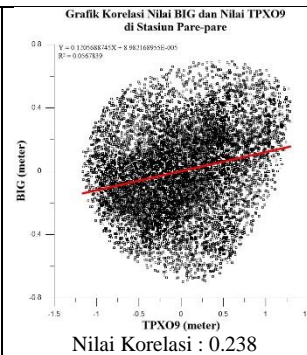
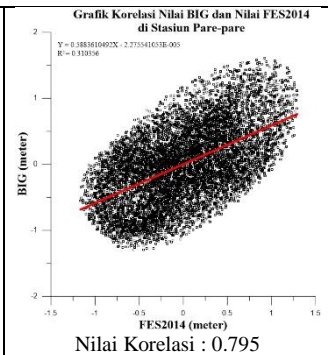
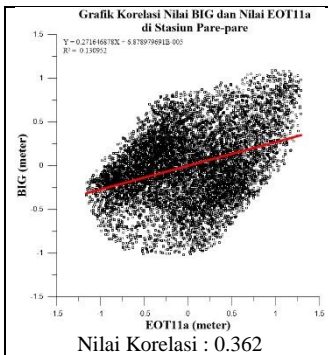
Grafik Korelasi Nilai di Stasiun Namlea EOT11a (a) FES2014 (b) TPX09 (c)



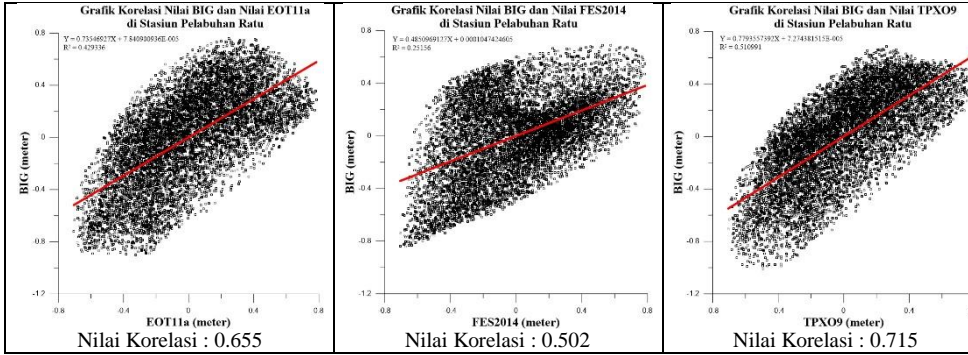
Grafik Korelasi Nilai di Stasiun Natuna EOT11a (a) FES2014 (b) TPX09 (c)



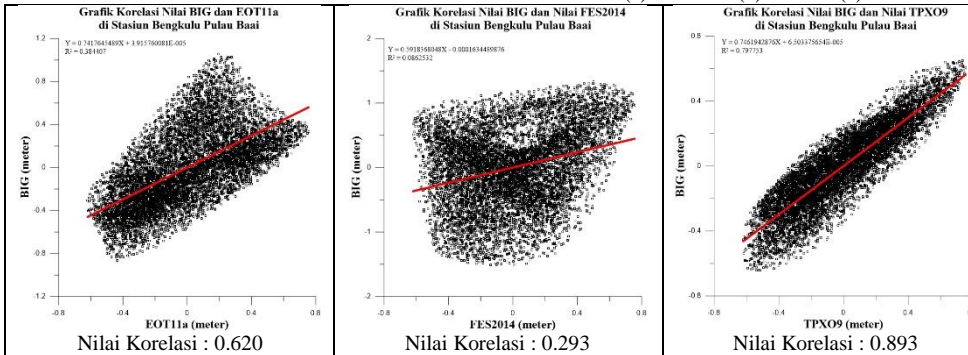
Grafik Korelasi Nilai di Stasiun Pacitan EOT11a (a) FES2014 (b) TPX09 (c)



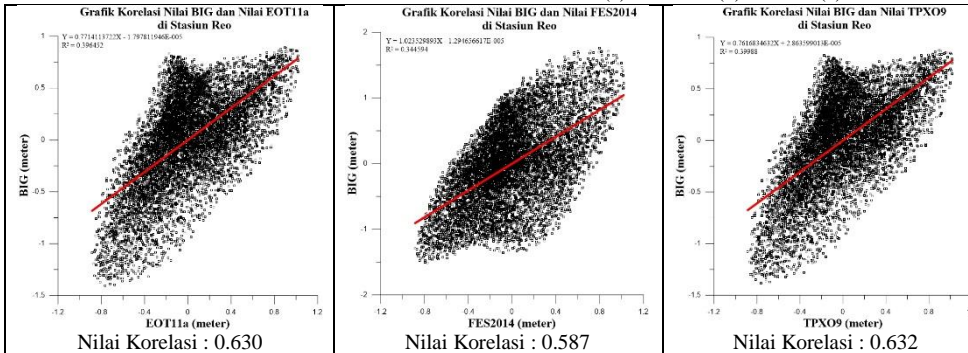
Grafik Korelasi Nilai di Stasiun Pare-pare EOT11a (a) FES2014 (b) TPX09 (c)



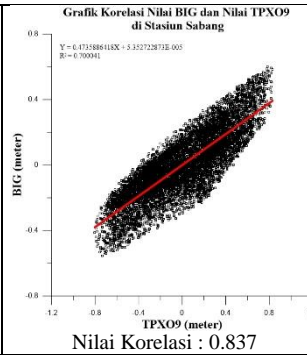
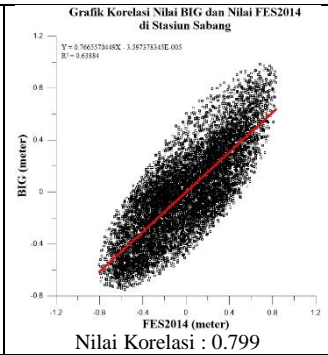
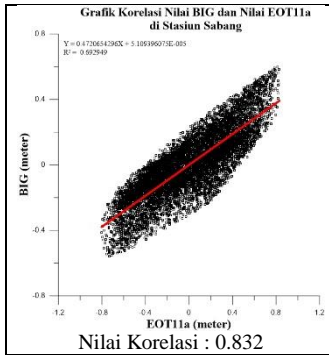
Grafik Korelasi Nilai di Stasiun Pelabuhan Ratu EOT11a (a) FES2014 (b) TPX09 (c)



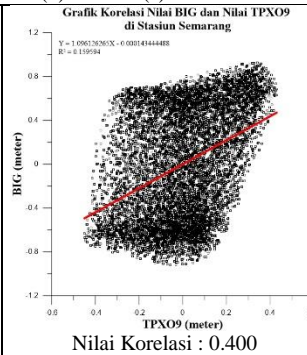
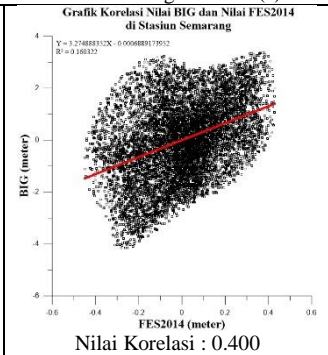
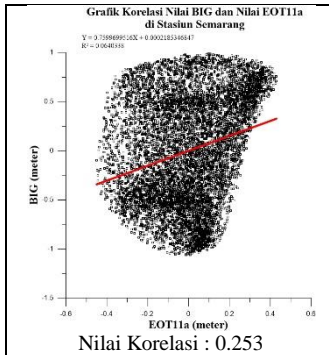
Grafik Korelasi Nilai di Stasiun Pulau Baai EOT11a (a) FES2014 (b) TPX09 (c)



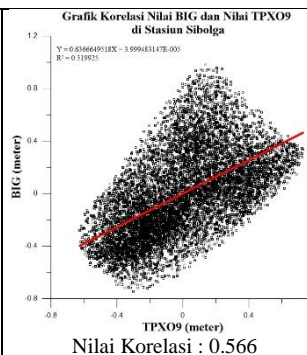
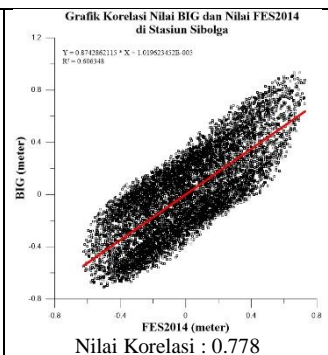
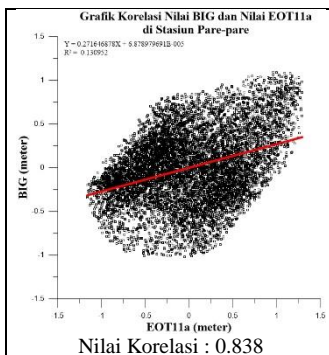
Grafik Korelasi Nilai di Stasiun Reo EOT11a (a) FES2014 (b) TPX09 (c)



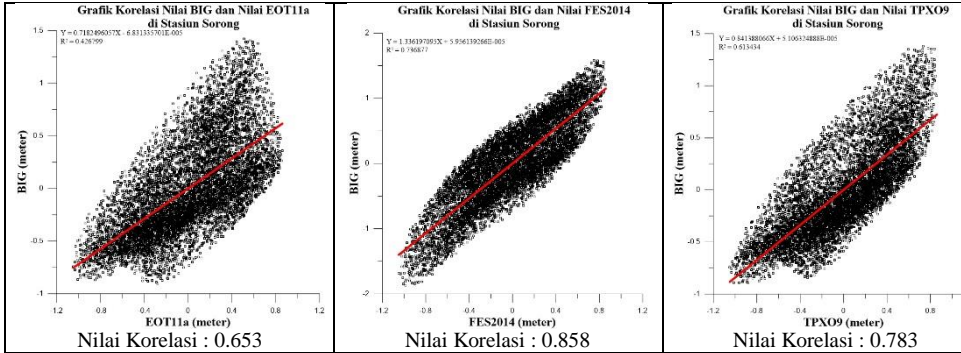
Grafik Korelasi Nilai di Stasiun Sabang EOT11a (a) FES2014 (b) TPX09 (c)



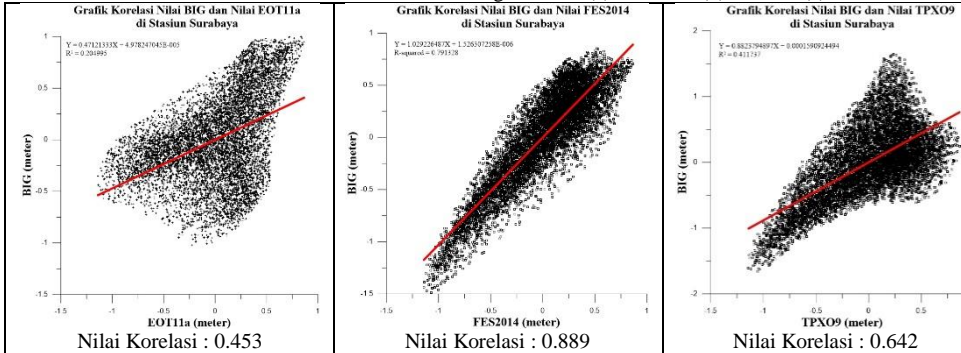
Grafik Korelasi Nilai di Stasiun Semarang EOT11a (a) FES2014 (b) TPX09 (c)



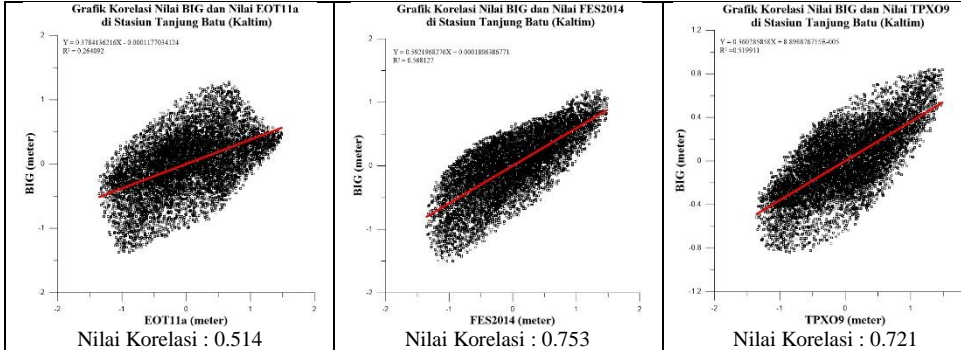
Grafik Korelasi Nilai di Stasiun Sibolga EOT11a (a) FES2014 (b) TPX09 (c)



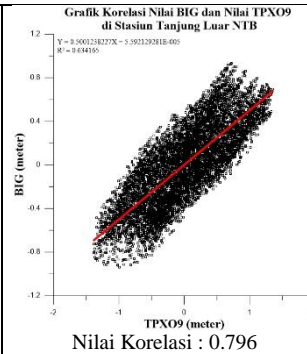
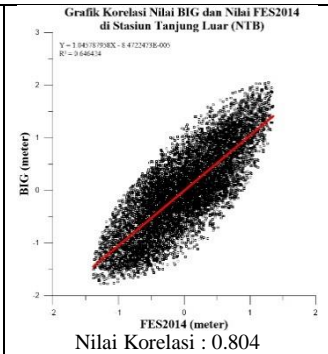
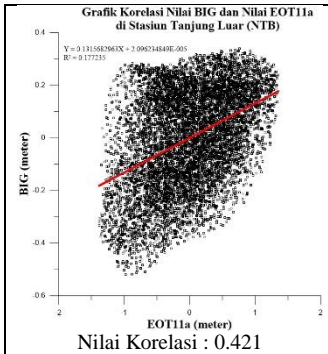
Grafik Korelasi Nilai di Stasiun Sorong EOT11a (a) FES2014 (b) TPX09 (c)



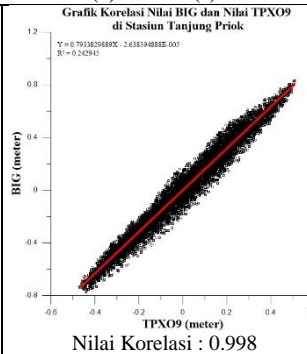
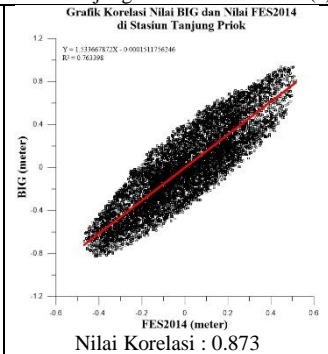
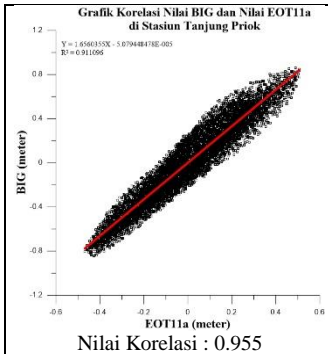
Grafik Korelasi Nilai di Stasiun Surabaya EOT11a (a) FES2014 (b) TPX09 (c)



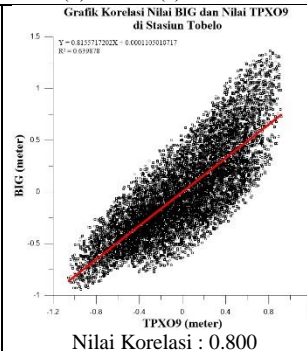
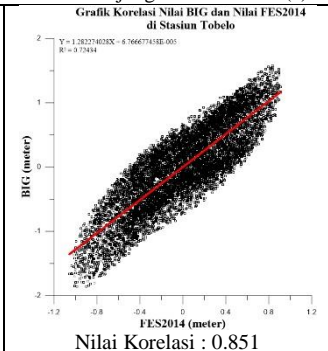
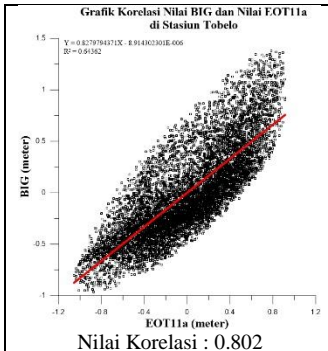
Grafik Korelasi Nilai di Stasiun Tanjung Batu EOT11a(a) FES2014(b) TPX09(c)



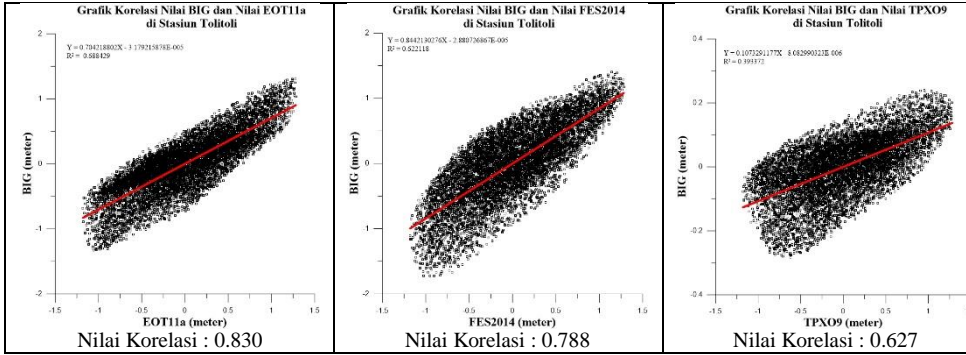
Grafik Korelasi Nilai di Stasiun Tanjung Luar NTB EOT11a (a) FES2014 (b) TPX09 (c)



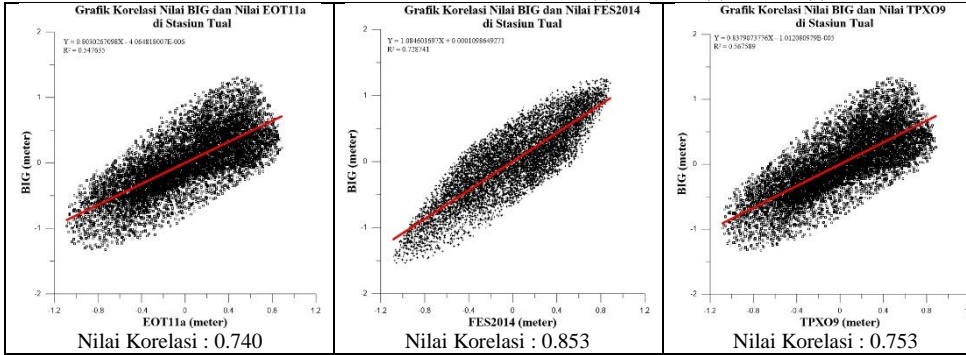
Grafik Korelasi Nilai di Stasiun Tanjung Priok EOT11a(a) FES2014(b) TPX09(c)



Grafik Korelasi Nilai di Stasiun Tobelo EOT11a (a) FES2014 (b) TPX09 (c)



Grafik Korelasi Nilai di Stasiun Tolitoli EOT11a (a) FES2014 (b) TPX09 (c)



Grafik Korelasi Nilai di Stasiun Tual EOT11a (a) FES2014 (b) TPX09 (c)

LAMPIRAN II

PETA *CO-TIDAL* BIG, *FES2014*, *EOT11a*, DAN *TPX09*

PETA SELISIH *CO-AMPLITUDE* BIG – *FES2014*

PETA SELISIH *CO-AMPLITUDE* BIG – *FES2014*

PETA SELISIH *CO-AMPLITUDE* BIG – *FES2014*

BIODATA PENULIS



Penulis bernama Mutiara Ferawati Marpaung merupakan anak pertama dari tiga bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di SDS. Kartika X-4 Jakarta, SMP Negeri 235 Jakarta, SMA Negeri 63 Jakarta. Setelah lulus SMA pada tahun 2014, penulis bekerja di salah satu Bank Swasta sebagai Costumer Service, lalu pada tahun 2015 melanjutkan pendidikan S1 Departemen Teknik Geomatika FTSLK-ITS melalui jalur SBMPTN. Selama menjadi

mahasiswa penulis aktif dalam beberapa organisasi, di antaranya sebagai Badan Kinerja Majelis Wali Amanat Wakil Mahasiswa (MWA WM) ITS 2017/2018, Ketua Biro Kompetisi Departemen Keprofesian dan Keilmiahian Himpunan Mahasiswa Geomatika (HIMAGE) ITS 2017/2018 - 2018/2019, Bendahara Mahasiswa Bona Pasogit (MBP) ITS 2017/2018, dan Tim Pengakaji di Komunitas Teknokrat Muda Indonesia. Penulis memiliki beberapa prestasi selama perkuliahan diantaranya Juara II Volli Putri Dies Natalis ITS 58th, Juara I Futsal Putri acara Dies Natalis ITS 57th, Juara II Futsal Putri acara Dies Natalis ITS 56th dan 55th, dan PKM Penelitian terdananai Kemenristekdikti. Pada bidang pengaplikasian ilmu, penulis kerja praktik di Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI) Geoteknologi Bandung dibimbing oleh Ibu Deasy Arisa S.T., M.Sc., P.hD dan Bapak Iwan Hermawan, S.T., M.Sc., P.Hd mengenai GPS Processing. Penulis mengambil penelitian Tugas Akhir di bidang Hidrografi dengan judul “Analisa Kesesuaian Global Ocean Tide Model di Perairan Indonesia” yang dibimbing oleh Bapak Dr. Eko Yuli Handoko, S.T., M.T.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”