TUGAS AKHIR - RM 184831

STUDI PENENTUAN KOMPONEN PASANG SURUT DENGAN METODE LEAST SQUARE MENGGUNAKAN SATELIT ALTIMETRI JASON PADA PERAIRAN JAWA

MUHAMMAD NAHDI FEBRIANSYAH
NRP 0331164000 0047

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

DEPARTEMEN TEKNIK GEOMATIKA
Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan, dan Kebumian
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2020

TUGAS AKHIR – RM 184831

STUDI PENENTUAN KOMPONEN PASANG SURUT DENGAN METODE LEAST SQUARE MENGGUNAKAN SATELIT ALTIMETRI JASON PADA PERAIRAN JAWA

MUHAMMAD NAHDI FEBRIANSYAH
NRP 0331164000 0047

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

DEPARTEMEN TEKNIK GEOMATIKA
Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan, dan Kebumian
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2020

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

UNDERGRADUATE THESIS - RM 184831

STUDY OF DETERMINATION OF TIDAL COMPONENTS BY LEAST SQUARE METHOD USING JASON SATELLITE IN JAVA WATERS

MUHAMMAD NAHDI FEBRIANSYAH
NRP 03311640000047

Supervisor
Dr. Eko Yuli Handoko, S.T.,M.T.

GEOMATICS ENGINEERING DEPARTMENT
Faculty of Civil, Planning, and Geo Engineering
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2020

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

Studi Penentuan Komponen Pasang Surut dengan Metode *Least Square* Menggunakan Satelit Altimetri Jason pada Perairan Jawa

Nama Mahasiswa : Muhammad Nahdi Febriansyah
NRP : 03311640000047
Departemen : Teknik Geomatika
Dosen Pembimbing : Dr. Eko Yuli Handoko, S.T., M.T.

ABSTRAK

Pasang surut air laut merupakan fenomena naik atau turunnya permukaan laut yang bisa dijadikan acuan untuk mengetahui kondisi perairan suatu daerah. Salah satu teknologi berperan pada studi oceanografi pengamatan pasang surut adalah satelit Altimetri yang memiliki skala secara global. Dalam hal ini digunakan satelit altimetri Jason-2 dan Jason-3 untuk menghitung SSH yang di interpolasikan diatas titik normal untuk menentukan 9 komponen pasang surut di daerah perairan Jawa. Dalam penentuan konstanta pasang surut digunakan analisis harmonik metode *Least Square* dengan menerapkan Frekuensi aliasing karena perbedaan interval waktu pengamatan. Dari hasil hitung komponen pasang surut didapatkan standar deviasi amplitudo yang berorde milimeter sampai centimeter dan untuk standar deviasi fase memiliki variasi dalam besaran derajat. Didapatkan pengaruh pembentukan pasang surut berdasarkan nilai amplitudo tertinggi dan terendah, pada utara Pulau Jawa komponen pasang surut K2 dan P1 memiliki pengaruh paling dominan, untuk komponen pasang surut M4 dan MS4 memiliki pengaruh paling rendah. Sedangkan pada selatan Pulau Jawa komponen pasang surut K2, P1, dan S2 memiliki pengaruh paling dominan, untuk komponen pasang surut M4 memiliki pengaruh paling rendah dalam pembentukan gelombang pasang surut. Kemudian dihitung nilai RMS komponen pasang surut satelit altimetri terhadap stasiun pasang surut, dihasilkan RMS paling besar pada komponen pasang

surut P1 yaitu sebesar 0.176 m dan RMS terkecil yaitu pada komponen pasang surut M4 sebesar 0.018.

Kata kunci: Altimetri, *Least Square*, Komponen Pasang Surut.

Study of Determination of Tidal Components by Least Square Method Using Jason Altimetry Satellite in Java Waters

Name : Muhammad Nahdi Febriansyah
NRP : 03311640000047
Department : Geomatics Engineering
Supervisor : Dr. Eko Yuli Handoko, ST., MT.

ABSTRACT

Tide is a phenomenon of rising or falling sea level that can be used as a reference to determine the condition of the waters of an area. One technology that plays a role in oceanographic studies of tidal observations is the Altimetry satellite which has a global scale. In this case, the Jason-2 and Jason-3 altimetry satellites are used to calculate the SSH interpolated above the normal point to determine 9 tidal components in the Java waters. In determining tidal constants, the harmonic analysis method of Least Square is used by applying the frequency of aliasing due to the difference in the observation time interval. From the results of the tidal component calculation, the standard deviation of the amplitude of the order of millimeters to centimeters and for the standard deviation of phases vary in degrees. The effect of tidal formation is based on the highest and lowest amplitude values, in the north of Java the tidal components K2 and P1 have the most dominant influence, for the tidal components M4 and MS4 have the lowest influence. Whereas in the south of Java the tidal components K2, P1, and S2 have the most dominant influence, for the tidal component M4 has the lowest influence in the formation of tidal waves. Then the RMS value of the altimetry satellite tidal component is calculated against the tidal station, the highest RMS

is generated on the tidal component P1 of 0.176 m and the smallest RMS of the M4 tidal component of 0.018.

Keywords: Altimetry, Least Square, Tidal Component

LEMBAR PENGESAHAN

STUDI PENENTUAN KOMPONEN PASANG SURUT DENGAN METODE LEAST SQUARE MENGGUNAKAN SATELIT ALTIMETRI JASON PADA PERAIRAN JAWA

TUGAS AKHIR
Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Program Studi S–1 Departemen Teknik Geomatika
Fakultas Teknik Sipil Perencanaan dan Kebumian
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:
MUHAMMAD NAHDI FEBRIANSYAH
NRP. 03311640000047

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:

Dr. Eko Yuli Handoko, S.T., M.T.
NIP. 19740727 200003 1 001 ( )

KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, PERENCANAAN, DAN KEBUMIAN
DEPARTEMEN TEKNIK GEOMATIKA

SURABAYA, 4 AGUSTUS 2020

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

KATA PENGANTAR

Puji syukur senantiasa penulis haturkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa yang telah melimpahkan rahmat serta karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir dengan judul "Studi Penentuan Komponen Pasang Surut dengan Metode *Least Square* Menggunakan Satelit Altimetri Jason Pada Perairan Jawa" dengan lancar dan tepat pada waktunya. Laporan ini disusun untuk memenuhi salah satu prasyarat untuk menyelesaikan studi dan memperoleh gelar Sarjana Strata-1 di Departemen Teknik Geomatika, Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan dan Kebumian, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Tersusunnya laporan ini tidak terlepas dari dukungan dan bantuan dari banyak pihak. Untuk itu, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada:

1. Orang tua penulis Aminah dan Sadiman, serta kakak penulis Anita Jati Laksana yang telah menjadi pemberi semangat dan dukungan penuh.
2. Bapak Danar Guruh Pratatomo, S.T., M.Sc., Ph.D selaku Kepala Departemen Teknik Geomatika ITS.
3. Bapak Dr. Eko Yuli Handoko, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing tugas akhir yang senantiasa memberikan bimbingan.
4. Bapak Ir. Yuwono, M.T.selaku dosen wali yang telah mendampingi saya selama studi di Departemen Teknik Geomatika ITS.
5. Laboratorium Geodesi dan Surveying di Departemen Teknik Geomatika Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
6. Segenap Bapak Ibu Dosen beserta staf Teknik Geomatika ITS yang telah memberikan ilmu dan membantu kelancaran pengerjaan Laporan Tugas Akhir ini.

7. Badan Informasi Geospasial yang bersedia menyediakan data untuk mendukung Laporan Tugas Akhir.
8. Rekan-rekan saudara seperjuangan Teknik Geomatika ITS angkatan 2016 (G18) yang selalu memberikan semangat dan dukungan serta masukan yang membangun.
9. Teman-teman di Laboratorium Geodesi dan Surveying yaitu Desi, Loly, Harrino, Rara, dan khususnya udin yang telah membantu dan menemani penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir.
10. Serta berbagai pihak yang telah membantu selama penulisan Laporan Tugas Akhir.

Laporan Tugas Akhir ini disusun sebagai penunjang untuk menambah wawasan ilmu pengetahuan kepada para pembaca. Tak ada gading yang tak retak, penulis mohon maaf jika masih terdapat kekurangan dalam Laporan Tugas Akhir ini, semoga penelitian ini dapat bermanfaat.

Surabaya, 4 Agustus 2020

Penulis

DAFTAR ISI

ABSTRAK v
ABSTRACT vii
LEMBAR PENGESAHAN ix
KATA PENGANTAR xi
DAFTAR ISI xiii
DAFTAR GAMBAR xv
DAFTAR TABEL xvii
BAB I PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 2
1.3 Batasan Masalah 3
1.4 Tujuan 3
1.5 Manfaat 4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA 5
2.1 Satelit Altimetri 5
2.2 Prinsip Dasar Satelit Altimetri 5
2.3 *Sea Surface Height* 7
2.4 Koreksi 10
2.5 Satelit Altimetri Jason 12
2.6 *Intercalibrated* Tandem Mission 15
2.7 *Tidal Aliasing* 15
2.8 *Inverse Distance Weight* 17
2.9 Pasang Surut 18
2.9.1 Komponen Harmonik Pasang Surut 20
2.9.2 Metode Kuadrat Terkecil 22
2.10 Korelasi 25
2.11 Penelitian Sebelumnya 26
BAB III METODOLOGI PENELITIAN 29
3.1 Lokasi Penelitian 29

3.2 Data dan Peralatan 30
3.2.1 Data 30
3.2.2 Peralatan 31
3.3 Metodologi 31
BAB IV HASIL DAN ANALISIS 39
4.1 Pengecekan RADS 39
4.2 Kontrol Kualitas Data dan Hitungan SSH 40
4.3 Penentuan Titik Normal 44
4.4 Perhitungan Bias dan *Intercalibrated* 45
4.5 Periode dan Frekuensi Aliasing 49
4.6 Pentuan Komponen Pasang Surut 50
4.7 Perbandingan Variasi Spasial 63
4.7.1 Komponen Pasut M2 64
4.7.2 Komponen Pasut S2 65
4.7.3 Komponen Pasut K1 67
4.7.4 Komponen Pasut O1 68
4.7.5 Komponen Pasut N2 69
4.7.6 Komponen Pasut K2 70
4.7.7 Komponen Pasut P1 72
4.7.8 Komponen Pasut M4 73
4.7.9 Komponen Pasut MS4 74
4.8 Analisis Amplitudo dan Fase 75
BAB V PENUTUP 81
5.1 Kesimpulan 81
5.2 Saran 82
DAFTAR PUSTAKA 83
LAMPIRAN 89
BIODATA PENULIS 109

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Prinsip radar satelit altimetri 6
Gambar 2.2 Prinsip Satelit Altimetri 8
Gambar 2.3 Satelit Jason-2 12
Gambar 2.4 Satelit Altimetri Jason-3 13
Gambar 2.5 Frekuensi Aliasing 16
Gambar 2.6 Kurva Pasang Surut 19
Gambar 3.1 Lokasi Penelitian 30
Gambar 3.2 Diagram Alir Pelaksanaan Penelitian 32
Gambar 3.3 Diagram Alir Tahap Pengolahan Data 34
Gambar 4.1 Pengecekan Data 39
Gambar 4.2 Grafik data pasang surut yang mengalami bias referensi (kiri); setelah koreksi shifting (kanan) pada stasiun pasang surut (a1,b1) Sunda Kelapa; (a2,b2) Binuangeun; (a3,b3) Pangandaran; (a4,b4) Pacitan 41
Gambar 4.3 *Script Perhitungan SSH* 43
Gambar 4.4 Selisih antara data Jason-2 dan Jason-3 46
Gambar 4.5 Script Perhitungan rata-rata SSH 46
Gambar 4.6 SSH sebelum dan sesudah Interkalibrasi 48
Gambar 4.7 (a) Time Series sebelum Interkalibrasi, dan (b) Time Series sesudah Interkalibrasi 48
Gambar 4.8 Gridding data pada perairan Jawa 63
Gambar 4.9 Kontur Pasang Surut M2: (a) Hasil Jason-2 dan-3; (b) Hasil Stasiun Pasut; (c) Selisih Amplitudo 65
Gambar 4.10 Kontur Pasang Surut S2: (a) Hasil Jason-2 dan-3; (b) Hasil Stasiun Pasut; (c) Selisih Amplitudo 66
Gambar 4.11 Kontur Pasang Surut K1: (a) Hasil Jason-2 dan-3; (b) Hasil Stasiun Pasut; (c) Selisih Amplitudo 67
Gambar 4.12 Kontur Pasang Surut O1: (a) Hasil Jason-2 dan-3; (b) Hasil Stasiun Pasut; (c) Selisih Amplitudo 68

Gambar 4.13 Kontur Pasang Surut N2: (a) Hasil Jason-2 dan-3; (b) Hasil Stasiun Pasut; (c) Selisih Amplitudo 70
Gambar 4.14 Kontur Pasang Surut K2: (a) Hasil Jason-2 dan-3; (b) Hasil Stasiun Pasut; (c) Selisih Amplitudo 71
Gambar 4.15 Kontur Pasang Surut P1, (a) Hasil Jason-2 dan-3; (b) Hasil Stasiun Pasut; (c) Selisih Amplitudo 72
Gambar 4.16 Kontur Pasang Surut M4: (a) Hasil Jason-2 dan-3; (b) Hasil Stasiun Pasut; (c) Selisih Amplitudo 74
Gambar 4.17 Kontur Pasang Surut MS4: (a) Hasil Jason-2 dan-3; (b) Hasil Stasiun Pasut; (c) Selisih Amplitudo 75

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Karakteristik misi Jason-2 13
Tabel 2.2 Penjelasan Kontantan Harmonik Pasut 21
Tabel 2.3 Korelasi antar variabel 25
Tabel 3.1 Lokasi Penelitian 29
Tabel 3.2 Parameter dan Model yang telah ditentukan 35
Tabel 4.1 Batas-batas koreksi 42
Tabel 4.2 Hasil Perhitungan Sea Surface Height 43
Tabel 4.3 Sea Surface Height titik normal 45
Tabel 4.4 Perhitungan Bias Jason-2 dan Jason-3 47
Tabel 4.5 Hasil Perhitungan Periode dan Frekuensi Aliasing 49
Tabel 4.6 Komponen pasut pada lokasi penelitian 1 50
Tabel 4.7 Perbedaan nilai komponen pasut di lokasi penelitian 1 50
Tabel 4.8 Komponen pasut pada lokasi penelitian 2 51
Tabel 4.9 Perbedaan nilai komponen pasut di lokasi penelitian 2 52
Tabel 4.10 Komponen pasut pada lokasi penelitian 3 53
Tabel 4.11 Perbedaan nilai komponen pasut di lokasi penelitian 3 53
Tabel 4.12 Komponen pasut di lokasi penelitian 4 54
Tabel 4.13 Perbedaan nilai komponen pasut di lokasi penelitian 4 54
Tabel 4.14 Komponen pasut pada lokasi penelitian 5 55
Tabel 4.15 Perbedaan nilai komponen pasut di lokasi penelitian 5 55
Tabel 4.16 Perbedaan nilai komponen pasut di lokasi penelitian 6 57
Tabel 4.17 Konstanta pasut di lokasi penelitian 7 58

Tabel 4.18 Perbedaan nilai komponen pasut di lokasi penelitian 7 58
Tabel 4.19 Komponen pasut pada lokasi penelitian 8..... 59
Tabel 4.20 Perbedaan nilai komponen pasut di lokasi penelitian 8 59
Tabel 4.21 Komponen pasut pada lokasi penelitian 9..... 60
Tabel 4.22 Perbedaan nilai komponen pasut di lokasi penelitian 9 61
Tabel 4.23 Komponen pasut di lokasi penelitian 10..... 62
Tabel 4.24 Perbedaan nilai komponen pasut di lokasi penelitian 10 62
Tabel 4.25 Perbandingan Altimetri dan Stasiun Pasut..... 75
Tabel 4.26 Nilai Amplitudo Tertinggi dan Terendah..... 77

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perairan Jawa merupakan wilayah perairan yang membentang di sebagian besar di wilayah Indonesia. Pada perairan Jawa ini memiliki banyak potensi baik dari segi ekologi maupun oceanografi yang dapat menghasilkan sumber daya alam yang melimpah (Sella 2008). Selain memiliki keunikan kondisi oseanografi, perairan di Jawa juga memiliki potensi terjadinya bencana alam seperti tsunami. Salah satu fenomena yang bisa dijadikan acuan untuk mengetahui kondisi perairan suatu daerah yaitu dengan pengamatan pasang surut. Pasang surut merupakan naik atau turunnya permukaan laut merupakan hal yang sering mengemuka dengan perubahan gerak relatif dari materi suatu planet, bintang, dan benda – benda angkasa lainnya yang diakibatkan aksi tarik menarik. Studi tentang pasang surut cukup penting, mengingat banyak hal untuk keperluan teknis maupun sains pada wilayah laut, misalnya untuk keperluan pembangunan pelabuhan di wilayah pantai dan pengeboran *offshore rig* atau lepas pantai (Mardhiyah 2017).

Pada komponen penyusun pasang surut dapat ditentukan dengan analisis harmonik dengan metode *Least Square*, dengan dasar bahwa pasang surut yang terjadi adalah superposisi atau penjumlahan berbagai ampitudo dan beda fase dari masing-masing komponen pembangkit pasang surut. Untuk bisa menganalisa pasang surut tersebut dibutuhkan data yang lengkap dan akurat. Bahkan diperlukan pengamatan yang cukup lama untuk bisa menentukan dengan baik karakteristik pasang surut suatu perairan.

Pengamatan perubahan kedudukan air laut pertama telah dilakukan dengan memantau melalui stasiun pasang-surut pada abad ke-18. Pengamatan stasiun pasang surut tersebut dilakukan disepanjang garis pantai (Church, et al. 2011). Pada pengamatan stasiun pasang surut memiliki beberapa keterbatasan seperti distribusi, dampak lokal dan khususnya dipengaruhi oleh

pergerakan tanah vertikal seperti penurunan muka tanah. Meskipun demikian sampai saat ini karakteristik dari kedudukan pasang surut di wilayah perairan belum dipahami secara baik dan komprehensif. Ketersediaan akan data di wilayah perairan Indonesia terbatas. Keterbatasan akan data ini disebabkan karena sulitnya melakukan pengambilan data terutama di daerah lepas pantai. Maka dari itu perilaku kedudukan pasang surut, baik variasi temporal maupun spasialnya di wilayah perairan Jawa merupakan salah satu data penting yang diperlukan untuk mendukung keselamatan pelayaran. Untuk kepentingan pasang surut yang akan mendatang (seperti prediksi pasang surut), hasil sangat ditentukan oleh lama pengamatan, interval data, dan lokasi pengamatan (Safi'i 2018).

Perkembangan teknologi saat ini, pasang surut dapat ditentukan menggunakan satelit Altimetri (Safi'i 2018). Satelit Altimetri menangkap fenomena permukaan laut dari hasil pengukuran jarak dari permukaan laut ke satelit. Satelit altimetri didesain khusus untuk mempelajari dinamika lautan. Teknologi satelit altimetri dapat digunakan pada pengamatan pasang surut air laut pada wilayah yang lebih luas. Penelitian ini akan menggunakan satelit altimetri Jason-2 dan Jason-3 yang merupakan misi kerjasama 4 badan yaitu NASA, CNES, EUMETSAT dan NOAA dalam pengamatan pasang surut.

Gabungan satelit altimeteri dan data pengukur pasang surut menawarkan pendekatan yang valid untuk menentukan gerakan vertikal di lokasi pengukur pasang surut (R. S. Nerem 2002). Dalam penelitian ini, akan memanfaatkan data satelit Altimetri Jason-2 dan Jason-3 dalam penentuan Komponen dari Pasang Surut di Perairan Jawa.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut maka muncul perumusan masalah yaitu:

a. Bagaimana nilai komponen pasang surut air laut pada 10 titik pengamatan di wilayah perairan Jawa selama tahun

2008-2019 menggunakan data Satelit Altimetri Jason-2 dan Jason-3?

b. Bagaimana perbandingan nilai komponen pasang surut air laut menggunakan data Satelit Altimetri Jason-2 dan Jason-3 pada 10 titik pengamatan terhadap pengamatan stasiun pasang surut di wilayah perairan Jawa?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini yaitu:

a. Wilayah daerah penelitian terletak pada 10 titik pengamatan. Secara geografis titik 1 berada pada Perairan Serang, titik 2 berada pada Perairan Cirebon, titik 3 berada pada Perairan Pemalang, titik 4 berada pada Perairan Tuban, titik 5 berada pada Perairan Lamongan, titik 6 berada pada Perairan Binuangeun, titik 7 berada pada Perairan Ciamis, titik 8 berada pada Perairan Purworejo, titik 9 berada pada Perairan Pacitan, dan titik 10 berada pada Perairan Malang
b. Data yang digunakan yaitu data hasil ukuran satelit altimetri Jason-2 dari tahun 2008-2016 dan Jason-3 dari tahun 2016-2019 yang diproduksi oleh RADS (*Radar Altimetry Database System*).
c. Komponen pasang surut yang di analisis adalah nilai amplitudo dan fase M2, S2, K1, O1, N2, K2, P1, M4, dan MS4.
d. Metode analisis harmonik yang digunakan untuk menentukan nilai komponen surut adalah metode *Least Square*.

1.4 Tujuan

Tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini yaitu:

a. Mengetahui nilai komponen pasang surut pada 10 titik pengamatan di perairan Jawa menggunakan data Satelit Altimetri Jason-2 dan Jason-3.

b. Mengetahui hasil perbandingan nilai komponen pasang surut air laut menggunakan data Satelit Altimetri Jason-2 dan Jason-3 pada 10 titik pengamatan terhadap pengamatan stasiun pasang surut di wilayah perairan Jawa.

1.5 Manfaat

Adapun manfaat yang ingin diperoleh dari penelitian tugas akhir ini adalah menghasilkan informasi berkaitan karakteristik pasut di perairan Jawa, menyediakan bahan referensi pendukung untuk membantu dalam penentuan kebijakan perihal pengelolaan sumber daya laut dan sebagai penyedia data pendukung untuk menggambarkan kondisi laut terutama di daerah *offshore* pada masa yang mendatang.

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Satelit Altimetri

Teknologi satelit altimetri merupakan salah satu teknologi pengindraan jauh yang digunakan untuk mengamati dinamika topografi permukaan laut yang tereferensi terhadap suatu bidang tertentu. Bidang tertentu tersebut dapat berupa suatu bidang referensi tinggi yang dapat berupa ellipsoid, geoid, atau *mean sea surface*. Dalam penggunaannya bidang-bidang referensi tersebut menjadi acuan untuk menentukan kedudukan muka laut. Adapun pemilihan bidang referensi tinggi tersebut disesuaikan dengan tujuan pemanfaatannya. Pada saat ini secara umum sistem satelit altimetri mempunyai tiga obyektif ilmiah jangka panjang, yaitu:

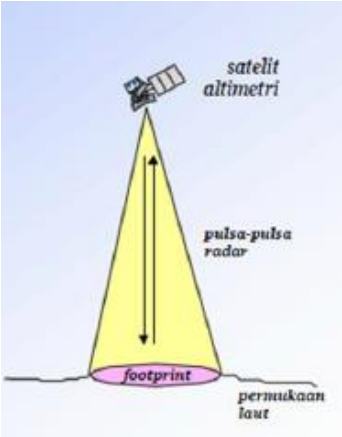
1. Mengamati sirkulasi lautan global,
2. Memantau volume dari lempengan es kutub, dan
3. Mengamati perubahan muka laut rata-rata (MSL) global.

2.2 Prinsip Dasar Satelit Altimetri

Satelit altimetri merupakan salah satu teknologi yang terus dikembangkan sampai saat ini untuk mengetahui dan mendapatkan data permukaan laut serta fenomenanya. Sistem satelit altimetri terdiri atas tiga komponen utama yaitu radar altimeter, radiometer, dan Positioning System. Radar altimeter digunakan untuk mengamati tinggi satelit di atas permukaan laut dan sistem pelacak yang berfungsi untuk menentukan tinggi satelit diatas elipsoid referensi tertentu dengan teknik penentuan tinggi teliti. Radar altimeter akan mengukur jarak dari satelit ke permukaan target dengan memanfaatkan informasi waktu tempuh. Radiometer berfungsi untuk mengukur kondisi atmosfer, sedangkan Positioning System berfungsi untuk menentukan posisi satelit yang presisi pada bidang orbitnya.

Satelit altimetri mempunyai jangkauan hampir seluruh bumi ini merupakan gabungan dari teknik radar (mengukur jarak vertikal

satelit dengan permukaan laut) dan teknik penentuan posisi teliti (orbit). Satelit altimetri mengirimkan pulsa radiasi dan mengukur interval waktu antara perambatan gelombang radar yang dipancarkan satelit dan gelombang radar (elektromagnetik) yang dipantulkan oleh permukaan laut, kemudian diterima kembali oleh satelit sehingga ketinggian permukaan laut dapat diketahui. Hasil pengukuran ini disebut jarak altimeter, nilai *R'* menyatakan suatu ketinggian satelit di atas permukaan laut.



Gambar 2.1 Prinsip radar satelit altimetri
(Abidin 2001)

Informasi utama yang ingin ditentukan dengan satelit altimetri adalah topografi dari muka laut. Hal ini dilakukan dengan mengukur ketinggian satelit diatas permukaan laut (*R*) dengan menggunakan waktu tempuh (Δt) dari pulsa radar yang dikirimkan ke permukaan laut dan dipantulkan balik ke satelit, dengan persamaan (Abidin 2001) sebagai berikut :

$$R = \frac{c\,\Delta t}{2} \qquad (2.1)$$

dimana:

R = Jarak antara satelit dengan permukaan laut sesaat/ ketinggian satelit (m)
c = kecepatan rambat gelombang elektromagnet (m/s)
Δt = perbedaan waktu tempuh saat pemancaran dan saat penerimaan sinyal (s)

Receiver pada satelit mencatat sinyal yang dipantulkan oleh permukaan laut. Pengukuran kedudukan muka laut dilakukan dengan memanfaatkan data waktu tempuh pulsa saat dikirimkan dan dipantulkan kembali ke satelit. Data waktu tempuh pulsa yang diperoleh dikonversi menjadi data jarak dengan menghitung selisih waktu antara keduanya.

2.3 *Sea Surface Height*

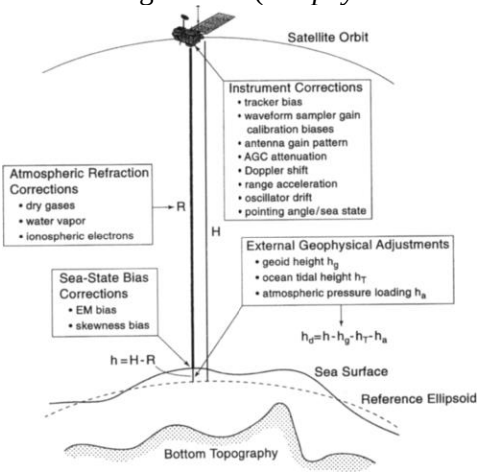
Sea Surface Height (SSH) merupakan ketinggian permukaan laut yang bereferensi terhadap bidang ellipsoid, pada hal ini yaitu WGS 84. Data tempuh gelombang elektromagnetik dikonversi mejadi data jarak, yang menghasilkan jarak satelit satelit diatas permukaan laut sementara (R). SSH dapat dihitung dari tinggi satelit di atas ellipsoid (H) dan jarak observasi antara satelit altimetri dengan permukaan laut sementara (R). Maka, formulasi hitungan secara sederhana dirumuskan persamaan (2.2) berikut (Andersen dan Scharroo 2011)

$$h_{\mathrm{SSH}} = \mathrm{H} - R - \Sigma\Delta RGeocorr \qquad (2.2)$$

dimana:
h_{SSH} = tinggi permukaan laut diatas ellipsoid/SSH (m)
H = tinggi satelit diatas ellipsoid (m)
R = jarak observasi antena altimeter satelit dengan permukaan air sementara (m)
$\Sigma\Delta RGeocorr$ = jumlah koreksi jarak dan koreksi geofisika (m)

Dalam buku *Coastal Altimetry* oleh Andersen dan Scharroo (2011), dijelaskan bahwa koreksi yang digunakan dalam penentuan

nilai R terbagi menjadi dua, yakni: koreksi jarak (*Range Correction*) dan koreksi geofisika (*Geophysical Correction*).



Gambar 2.2 Prinsip Satelit Altimetri
(Fu dan Cazenave 2001)

Pada koreksi jarak (*Range Correction*) karena interaksi antara sinyal radar dengan atmosfer dan dengan permukaan laut, terdiri dari koreksi troposfer kering ($\Delta Rdry$) digunakan untuk gas – gas kering seperti nitrogen dan oksigen, koreksi troposfer basah ($\Delta Rwet$) untuk uap air, koreksi ionosfer ($\Delta Riono$) untuk menghilangkan efek dari electron bebas dalam atmosfer, serta koreksi *Sea State Bias* ($\Delta Rssb$) yang mengoreksi efek elektromagnetik, kemiringan (*Skewness*), serta bias pada jalur pelacakan (*Tracker Biases*). Koreksi yang berhubungan dengan fenomena geofisika (*Geophysical)* terdiri dari koreksi dinamika atmosferik ($\Delta RDAC$) untuk menghilangkan waktu pemuatan akibat tekanan atmosferik dan koreksi pasang-surut ($\Delta Rtides$) untuk koreksi komponen pasang-surut termasuk *Solid Earth Tides*, *Loading Tides*, serta *Pole Tides*. Dengan koreksi jarak dan koreksi

geofisika digabungkan dalam satu koreksi sebagai berikut (Handoko, Fernandes dan Lazaro 2017):

$$\Sigma\Delta RGeocorr = \Delta Rdry + \Delta Rwet + \Delta Riono + \Delta Rssb + \Delta R_{DAC} + \Delta Rtides \quad (2.3)$$

dimana:

$\Delta Rdry$ = Koreksi troposfer kering untuk gas kering seperti nitrogen dan oksigen

$\Delta Rwet$ = Koreksi troposfer basah untuk uap air

$\Delta Riono$ = Koreksi ionosfer

$\Delta Rssb$ = Koreksi *Sea State Bias*

ΔR_{DAC} = Koreksi dinamika atmosferik

$\Delta Rtides$ =Koreksi pasang surut

Koreksi pasang surut laut sejauh ini merupakan koreksi yang paling mempengaruhi variasi ketinggian permukaan laut temporal. Ray et al. (1991) menemukan bahwa pasang surut laut (*Ocean tide*) bertanggung jawab atas lebih dari 80% dari total varian sinyal di sebagian besar wilayah. Selain sinyal pasang surut laut (*Ocean tide*) yang mendominasi, koreksi pasang surut mencakup koreksi untuk beberapa sinyal pasang surut yang lebih kecil: *Solid Earth Tides*, *Loading Tides*, serta *Pole Tides*. Jumlah dari koreksi pasang surut dapat ditulis sebagai berikut (Andersen and Scharroo 2011):

$$\Delta Rtides = \Delta R_{oceantides} + \Delta R_{loadingtides} + \Delta R_{poletides} + \Delta R_{solidtides} \quad (2.4)$$

Pada koreksi pasang surut, satelit altimetri mengukur *geocentric tide* atau *elastic ocean tides*, yang merupakan penjumlahan seperti formulasi berikut (Andersen and Scharroo 2011):

$$\Delta R_{elastic\ ocean\ tides} = \Delta R_{oceantides} + \Delta R_{loadingtides} \quad (2.5)$$

Pengamatan stasiun pasang surut hanya mengukur *Ocean Tide*, berbeda dengan satelit altimetri yang mengukur dari luar

angkasa dan mengamati sejumlah pasang surut air laut (*Ocean Tide*) serta perpindahan muatan kecil (*small loading displacement*) di dasar laut karena muatan pada kolom air. Sedangkan *Loading tide* mempunyai besaran sekitar 4-6% dari *Ocean Tide* (Andersen and Scharroo 2011).

Untuk fokusan pada komponen pasang surut air laut serta perbandingannya dengan pengamatan stasiun pasang surut. Oleh karena itu koreksi *elastic ocean tide* tidak diaplikasikan pada data tingggi muka air laut, maka data altimetri tinggi permukaan air atau *Sea Surface Height* (SSH) masih mengandung sinyal pasang surut air laut (*Ocean Tide*) dan pasang surut pembebanan (*Loading Tide*). Sehingga, nilai SSH terkoreksi dapat menggunakan persamaan (2.6):

$$h_{\mathrm{SSH}} = \mathrm{H} - R - \Delta Rdry - \Delta Rwet - \Delta Riono - \Delta Rssb - \Delta R_{DAC} - \Delta Rpoletides - \Delta Rsolidtides \quad (2.6)$$

2.4 Koreksi

Andersen dan Scharroo (2011) menjelaskan bahwa perkiraan tinggi permukaan laut (*sea level)* dan variasinya didapatkan dari perhitungan jarak altimeter satelit dengan akurasi yang tinggi. Dalam hal ini, akurasi dihasilkan setelah beberapa koreksi diaplikasikan kedalam nilai ketinggian permukaan laut *(Sea Surface Height)*. Koreksi tersebut dibagi menjadi dua grup, yakni: Koreksi Jarak (*Range Correction*) dan Koreksi Geofisika (*Geophysical Correction*). Koreksi jarak terkait dengan modifikasi kecepatan radar dan pantulan permukaan terhadap pulsa radar. Sedangkan, koreksi geofisika berkaitan dengan pasang-surut air laut dan tekanan atmosfer. Berikut penjelasan mengenai koreksi – koreksi tersebut.

a. Koreksi Troposfer Kering (*Dry Tropospheric correction /DTC*)

   Jalur sinyal radar yang melalui atmosfer atmosfer akan terhambat oleh gas – gas (nitrogen, oksigen, dll) yang berada di lapisan troposfer. Keterlambatan sinyal tersebut

akan memberikan efek jarak yang lebih panjang, sehingga perlu dikoreksi dengan DTC. Terdapat dua jenis model yang sering digunakan untuk DTC, yakni: *European Centre for Medium-Range Forecasts* (ECMWF) dan *U.S. National Centers for Environmental Prediction* (NCEP). Keduanya menyajikan grid reguler pada interval reguler dan tekanan permukaan akan diinterpolasi dari grid ini.

b. Koreksi Troposfer Basah (*Wet Tropospheric correction /WTC*)

Refraksi akibat *wet troposphere* terkait dengan keberadaan uap air di lapisan troposfer, dan kandungan air di dalam awan. Keterlambatan akibat refraksi ini dapat dikoreksi menggunakan WTC. Meskipun lebih kecil dari DTC, koreksi ini lebih rumit kerena tingginya variasi temporal dalam ruang dan waktu yang cepat. WTC dapat dihitung menggunakan *on-board microwave radiometer* (MWR) pada satelit atau kumpulan pengamatan *ground-base* seperti ECMWF. Kandungan uap air ini dapat dideteksi secara akurat menggunakan tiga frekuensi *microwave* yang terdapat dalam satelit seperti TOPEX/Poseidon (TMR) dan Jason (JMR).

c. Koreksi Ionosfer (*Ionospheric Correction*)

Pembiasan terhadap gelombang elektromagnetik di lapisan ionosfer bumi berhubungan dengan keberadaan elektron bebas dan ion pada *altitude* diatas 100 km seperti H+, N+, O+, dan He+. Refraksi pada lapisan ionosfer ini dapat dikoreksi menggunakan model JPL (*Jet Propulsion Laboratory*) GIM (*Global Ionosphere Map*), model NIC09 (*NOAA Ionosphere Climatology* 2009), serta koreksi *dual-frequency ionosphere*.

d. Koreksi *Sea State Bias* (SSB)

SSB merupakan bias dari perhitungan jarak altimeter terhadap gelombang laut. Pembiasan semakin meningkat karena tiga hal, yakni: *electromagnetic (EM)*

bias, *skewness bias*, dan *instrument tracker bias*. Koreksi SSB didapatkan menggunakan model BM4 *parametric* dan model *non-parametric sea state*.

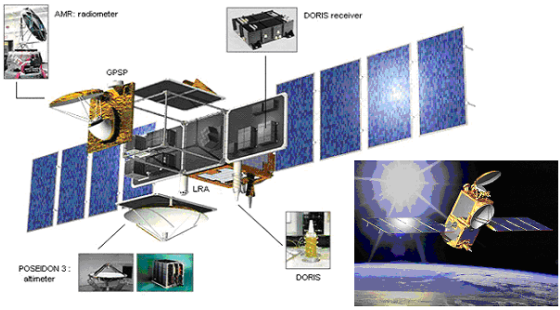
e. Koreksi Pasang-Surut (*Tides correction*)

Koreksi pasang surut terdiri dari *Ocean Tide*, *Loading Tide*, *Solid Earth Tide*, dan *Pole Tide*. Dari koreksi tersebut, *Ocean Tide* yang paling mendominasi.

f. Koreksi Dinamika Atmosferik (*Dynamic Atmospheric correction/DAC*)

Lautan akan bereaksi terhadap kondisi tekanan udara (*inverted barometer*) yang besar, laut akan naik ketika tekanan rendah dan turun ketika tekanan tinggi. Model *two-dimensional Gravity wave* (MOG2D) digunakan sebagai koreksi DAC.

2.5 Satelit Altimetri Jason



Gambar 2.3 Satelit Jason-2
(CNES, et al., 2011)

Satelit Altimetri Jason-2 atau OSTM (Ocean Surface Topography Mission) diluncurkan 20 Juni 2008 dari Vandenberg, California. Misi Jason-2 adalah mengambil alih dan melanjutkan misi Topex/Poseidon dan Jason-1. Jason-2 melibatkan kerja sama NASA, CNES, EUMETSAT dan NOAA. Seperti satelit altimetri

pada umumnya, Jason 2 juga memiliki radar altimeter yang berguna memantau tinggi permukaan laut.

Gambar 2.4 Satelit Altimetri Jason-3
(CNES, et al., 2018)

Satelit Altimetri Jason-3 yang mulai diluncurkan 17 Januari 2016 dan merupakan misi kerjasama yang sama dengan satelit Jason-2. Tujuan utama diluncurkannya satelit ini adalah melanjutkan misi Jason-2 yaitu untuk misi topografi muka air laut global. Satelit ini memiliki orbit, instrumen, dan akurasi pengukuran yang sama dengan Jason-2. Untuk menentukan orbit instrumen, misi Jason-3 menggunakan kombinasi pengukuran GPS, DORIS, dan laser ranging. Instrumen utama Jason-3 adalah radar altimeter, radar altimeter dapat mengukur sea level variation dengan akurasi hingga 2,5 cm.

Tabel 2.1 Karakteristik misi Jason-2
(https://podaac.jpl.nasa.gov/)

Karakteristik	Jason-2	Jason-3
Semi-major axis	771443 km	7714.432 km
Eksentrisitas	0.000095	0.000098
Inklinasi	66.04°	66.04°
Argumen Perigee	90.0°	90.0°

Tinggi Referensi (Ekuator)	1336 km	1339.65 Km
Periode satu lintasan orbit (Nodal Periode)	6745.72 sec	6745.7605 *sec*
Periode Pengulangan (*Cycle*)	9.9156 hari	9.91564 hari
Jarak antar lintasan pada ekuator	315 km	315.55 km
Ground track control kanal	+1 km	+1 km (pada ekuator)
Kecepatan orbit	7.2 km/s	7.2 km/s
Kecepatan	5.8 km/s	5.8 km/s
Kekuatan Satelit	511 W	703 W
Wahana Peluncur	Delta II (7320)	Falcon 9
Berat Satelit	525 kg	510 kg
Instrumen	• *Poseidon-3 Altimeter* • *Advance Microwave Radiometer* (AMR). • DORIS • Precision GPS • *Light Particle Telescope (LPT)* • *Laser Retroreflector Array* (LRA) • *CARMEN-2 Radiation Detectors* • *Time Transfer by Laser Link (T2L2)*	• *Poseidon-3B* • *Advance Microwave Radiometer* (AMR) • DORIS • *Precision* GPS • *Light Particle Telescope (LPT)* • *Laser Retroreflector Array* (LRA) • *CARMEN-2 Radiation Detectors* • *Time Transfer by Laser Link (T2L2)*

Dengan orbit adalah *non-sun-synchronous satelit Jason melewati* 254 *pass*, dan Resolusi temporal atau siklus berulang (*cycle*) satelit Jason adalah 10 hari, tepatnya 9.9156 hari dengan

jarak antar lintasan satelit terpisah sejauh 315 km di ekuator. Yang disebut dengan 1 *pass* adalahperjalanan satelit dari kutub utara ke kutub selatan untuk pass bernomor genap (*Descending Pass*), atau kutub selatan ke utara untuk pass bernomor ganjil *(Ascending Pass*).

2.6 *Intercalibrated* Tandem Mission

Dalam tandem mission pada setiap misi baru diimplementasi dengan keberadaan satelit pada ground track secara bersamaan menyebabkan adanya periode 180 hari antara Jason-1 dan Jason-2, 240 hari antara Jason-2 dan Jason-3. Sejak kedua satelit terbang diatas wilayah yang hampir sama (perbedaan jarak sekitar 1 menit) satu sama lain, keduanya harus mengamati variabilitas samudera yang sama. Apabila kedua pengukuran tersebut berbeda dari variabilitas sebenarnya, hal ini menyebabkan adanya nilai residu karena masing-masing satelit memiliki perbedaan koreksi instrumen dan model. Tahap periode tandem sangat penting untuk mendeteksi sejumlah masalah, termasuk masalah dalam model sea state bias, kesalahan dalam radiografi, dan kesalahan yang berkorelasi secara geografis yang berkaitan dengan perbedaan dalam kerangka referensi yang digunakan untuk menghitung orbit (Chambers dkk 2003). Berikut merupakan persamaan untuk interkalibrasi misi tandem yang menghasilkan data Jason-3 yang terkoreksi.

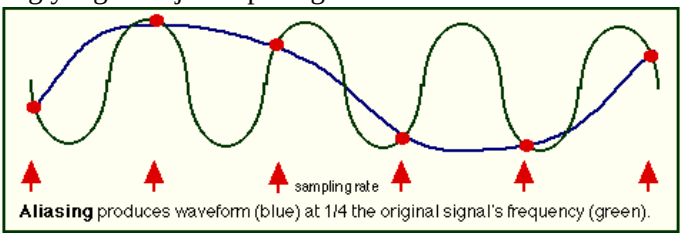
$$Corrected\ SSH\ (J3) = SSH\ (J3) - bias\ (J2, J3) \qquad (2.7)$$

2.7 *Tidal Aliasing*

Interval pencuplikan data satelit altimetri Jason-2 dan Jason-3 sebesar 9.9156 hari atau 237.975 jam yang jauh lebih besar dibandingkan interval waktu pencuplikan (dt) data pasang surut pada umumnya yaitu setiap 1 jam. Dengan pengamatan dt =1 jam akan mencerminkan karakter fenomena pasut, sedangkan jika dt >

1 jam maka semakin tidak menggambarkan fenomena pasut sebenarnya. Hal ini dikatakan sebagai fenomena aliasing frekuensi komponen pasut, yaitu berubahnya frekuensi asli komponen pasut menjadi frekuensi palsu (alias) yaitu nol, setengah tahunan, maupun tahunan.

Frekuensi aliasing merupakan suatu frekuensi baru dari sebuah gelombang dengan frekuensi tertentu yang digunakan untuk mengatasi permasalahan berupa atau periode atau interval pengambilan data (*sampling rate*) yang lebih besar dibandingkan periode gelombang pasang surut itu sendiri. Frekuensi aliasing ini terjadi pada pengukuran pasang surut menggunakan satelit altimetri. Berikut merupakan gambaran gambaran frekuensi aliasing yang ditunjukan pada gambar berikut:



Gambar 2.5 Frekuensi Aliasing

Frekuensi aliasing bisa dihitung dengan beberapa metode, salah satunya dengan metode pelipatan (*folding*). Berikut langkah-langkah perhitungan frekuensi aliasing menggunakan metode pelipatan (Yanagi, et al. 1997):

1. Menghitung frekuensi Nyquist (frekuensi terkecil yang bias diamati oleh data pengamatan dengan interval waktu pengamatan yang ada) dengan rumus:

$$f_N = \frac{1}{2\,\Delta t} \tag{2.8}$$

2. $n = round\ (\Delta t\ x\ f)$

3. $Ta = \frac{1}{2\,mf_N \pm f}$, m= 0, 1, 2, … n (2.9)
4. Mencari nilai Ta yang frekuensinya terletak di dalam selang $[-f_N, f_N]$, maka formula Ta diatas menjadi:

$$Ta = min\,|\frac{1}{2\,mf_N \pm f}| \quad (2.10)$$

Perhitungan diatas menghasilkan periode baru pada komponen gelombang pasang surut. Perhitungan frekuensi aliasing dari periode aliasing tersebut ditunjukan pada persamaan berikut ini:

$$Fa = \frac{1}{Ta} \quad (2.11)$$

dimana:

Δt = periode pengulangan orbit satelit (jam)

f = frekuensi gelombang pasang surut yang sebenarnya (*cycle* per *hour*)

Ta = periode aliasing (jam)

Fa = frekuensi aliasing (*cycle* per *hour*)

2.8 *Inverse Distance Weight*

Interpolasi inverse Distance Weight (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.

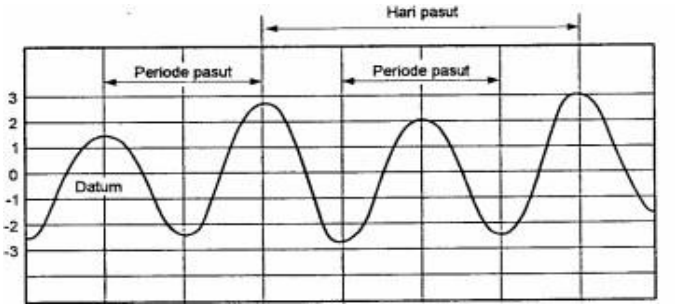
Secara umum, persamaan interpolasi IDW adalah sebagai berikut (Azpurua dan Ramos 2010):

$$P = \frac{\sum_{i=1}^{n} Qi \frac{1}{d_i^2}}{\sum_{i=1}^{n} \frac{1}{d_i^2}} \tag{2.12}$$

dimana:
P = titik yang diestimasi nilainya
Qi = nilai pada titik *i*
d_i = jarak antara titik *i* menuju titik yang diestimasi nilainya

2.9 Pasang Surut

Pasang surut adalah fluktuasi muka air laut sebagai fungsi waktu karena adanya gaya tarik benda-benda di langit, terutama matahari dan bulan terhadap massa air laut di bumi. Puncak gelombang disebut pasang tinggi dan lembah gelombang disebut surut rendah. Perbedaan vertikal antara pasang tinggi dan surut rendah disebut rentang pasang surut (*tidal range*). Periode pasang surut adalah waktu antara puncak atau lembah gelombang ke puncak atau lembah gelombang berikutnya. Pasang surut laut merupakan hasil dari gaya tarik gravitasi dan efek sentrifugal. Efek sentrifugal adalah dorongan ke arah luar pusat rotasi. Gravitasi bervariasi secara langsung dengan massa tetapi berbanding terbalik terhadap jarak. Meskipun ukuran bulan lebih kecil dari matahari, gaya tarik gravitasi bulan dua kali lebih besar daripada gaya tarik matahari dalam membangkitkan pasang surut laut karena jarak bulan lebih dekat daripada jarak matahari ke bumi. Gaya tarik gravitasi menarik air laut ke arah bulan dan matahari dan menghasilkan dua tonjolan (*bulge*) pasang surut gravitasional di laut. Lintang dari tonjolan pasang surut ditentukan oleh deklinasi, yaitu sudut antara sumbu rotasi bumi dan bidang orbital bulan dan matahari.



Gambar 2.6 Kurva Pasang Surut
(Triatmodjo 2009)

Pasang surut memiliki tipe pada setiap daerah berbeda-beda. Hal tersebut disebabkan oleh perbedaan letak geografisnya. Selain itu, pasang surut juga dipengaruhi oleh frekuensi air pasang dengan surut setiap harinya dimana adanya perbedaan respon setiap lokasi terhadap gaya pembangkit pasang surut.

Pada umumnya sifat pasut di suatu perairan ditentukan dengan menentukan perbandingan antara amplitudo (tinggi gelombang) unsur-unsur pasang surut tunggal utama dengan unsur-unsur pasang surut ganda utama menggunakan bilangan *formzahl* (F) menggunakan empat nilai konstanta (K_1, O_1, M_2 dan S_2) melalui persamaan sebagai berikut (Ongkosongo 1989):

$$F = \frac{K_1 + O_1}{M_2 + s_2} \tag{2.13}$$

dimana:

F = bilangan *formzahl*

K_1 = amplitudo komponen pasang surut tunggal utama yang disebabkan oleh gaya tarik bulan dan matahari (m)

O_1 = amplitudo komponen pasang surut tunggal utama yang disebabkan oleh gaya tarik bulan (m)

M_2 = amplitudo komponen pasang surut ganda utama yang disebabkan oleh gaya tarik bulan (m)

S_2 = amplitudo komponen pasang surut ganda utama yang disebabkan oleh gaya tarik matahari (m)

Menurut Triatmodjo (2010), dilihat dari pola gerakan muka lautnya dan nilai *formzahl*, pasang surut dapat dibagi menjadi empat jenis yaitu:

a. $0 \leq F \leq 0.25$, *semi diurnal tide* atau pasut harian ganda (dua kali pasang dan dua kali surut dalam 24 jam);
b. $0.25 < F \leq 1.5$, pasang surut campuran condong harian ganda (*mixed tide, prevailing semi diurnal*) merupakan pasut 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;
c. $1.5 < F \leq 3$, pasang surut campuran condong harian tunggal (*mixed tide, prevailing diurnal*) merupakan pasut 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;
d. $F > 3$, *diurnal tide* atau pasut harian tunggal (satu kali pasang dan satu kali surut dalam 24 jam).

2.9.1 Komponen Harmonik Pasang Surut

Dalam penentuan konstanta pasang surut berhubungan dengan komponen- komponen gaya pembangkit pang surut. Komponen-komponen gaya pembangkit pasut dikembangkan oleh Doodson menggunakan teori potensial dan kaidah segitiga bola pada bidang permukaan bumi dan pengaruh matahari serta benda-benda langit lainnya sehingga diperoleh komponen-komponen harmonik yang membentuk pola pasut (Poerbandono 1999).

Pada komponen-komponen pasang surut laut dimodelkan sesuai dengan periode masing-masing komponen ke dalam bentuk persamaan sinusoidal. Persamaan sinusoidal tersebut dibentuk oleh variabel berupa frekuensi gelombang, amplitudo gelombang, dan fase. Karena pengelompokan gelombang pasang surut dilakukan

berdasarkan periode gelombangnya, maka besar periode dan frekuensi gelombang pasang surut di setiap tempat adalah sama. Besar amplitudo dan fase gelombang pasang surut laut dapat berubah-ubah sesuai perairan yang diamati (Khusuma, 2008). Secara garis besar komponen pasang surut dapat dikategorikan ke dalam 4 kelompok (Triatmodjo 1999), yaitu:

a. Konstanta harmonik periode setengah harian (*semidiurnal period tide*), terdiri dari M_2, S_2, N_2, dan K_2.
b. Konstanta harmonik periode harian (*diurnal period tide*), terdiri dari K_1, O_1, dan P_1.
c. Konstanta harmonik periode panjang (*long period tide*), terdiri dari M_f dan M_m.
d. Konstanta perairan dangkal (*shallow water tide*), terdiri dari M_4 dan MS_4.

Berikut merupakan tabel tentang penjelasan kontantan harmonik pasut:

Tabel 2.2 Penjelasan Kontantan Harmonik Pasut
(Poerbandono dan Djunarsjah 2005)

Nama Konstanta	**Simbol**	**Periode (jam)**	**Kec. Sudut (^{o}/jam)**	**Fenomena**
Principal lunar	M2	12.42	28.984	Gravitasi bulan dengan orbit lingkaran dan sejajar ekuator bumi
Principal solar	S2	12.00	30.000	Gravitasi matahari dengan orbit lingkaran dan sejajar ekuator bumi
Larger lunar elliptic	N2	12.66	28.440	Perubahan jarak bulan dengan bumi akibat lintasan elips
Luni solar semi diurnal	K2	11.98	30.082	Perubahan jarak bumi dengan matahari akibat lintasan elips
Luni solar diurnal	K1	23.93	15.041	Deklinasi sistem bulan dan matahari
Principal lunar diurnal	O1	25.82	13.943	Deklinasi bulan
Principal solar diurnal	P1	24.07	14.959	Deklinasi Matahari
Main lunar	M4	6.21	57.968	Dua kali kecepatan sudut M2 akibat pengaruh bulan di perairan dangkal
Main luni-solar	MS4	6.10	58.084	Interaksi M2 dan S2 di perairan dangkal

2.9.2 Metode Kuadrat Terkecil

Metode perataan kuadrat terkecil (*least square*) adalah salah satu analisa harmonik dan merupakan metode yang paling populer dalam menyelesaikan masalah hitungan perataan yang 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.

Menurut Ongkosongo (1989), variasi naik turunnya muka air laut adalah hasil penjumlahan (superposisi) dari semua gelombang komponen harmonik pasut yang terjadi. Untuk itu tinggi muka air laut dapat dituliskan dalam persamaan berikut:

$$h(t_i) = So + \sum C_n \cos(\omega_n t_i - g_n) \qquad (2.14)$$

Karena nilai $\cos(a - b) = \cos(a) \cos(b) + \sin(a) \sin(b)$, maka perumusan (2.13), menjadi:

$$h(t_i) = So + \sum C_n \cos(\omega_n t_i) \cos(g_n) + \sum C_n \sin(\omega_n t_i) \sin(g_n) \qquad (2.15)$$

Dengan $A_n = C_n \cos(g_n)$ dan $B_n = C_n \sin(g_n)$, maka persamaan (2.14) menjadi :

$$h(t_i) = So + \sum A_n \cos(\omega_n t_i) + \sum B_n \sin(\omega_n t_i) \qquad (2.16)$$

Selanjutnya, berdasarkan persamaan (2.14) maka dapat diuraikan pada persamaan kuadrat terkecil dalam tahap-tahap berikut ini:

- Persamaan pengamatan tinggi muka air laut.

$$F = A \,.\, X \qquad (2.17)$$

- Persamaan koreksi (reduksi).

$$V = A \,.\, X - F \qquad (2.18)$$

dengan matriks desain dan matriks normal sebagai berikut:

$$A = \begin{bmatrix} 1 & \cos(\omega 1\ t1) & \sin(\omega 1t1) \cdots & \cos(\omega n\ t1) & \sin(\omega nt1) \\ 1 & \cos(\omega 1\ t2) & \sin(\omega 1t2) \ldots & \cos(\omega n\ t2) & \sin(\omega nt2) \\ 1 & \vdots & \vdots \quad \cdots & \vdots & \vdots \\ 1 & \cos(\omega 1\ ti) & \sin(\omega 1ti) \cdots & \cos(\omega n\ ti) & \sin(\omega nti) \end{bmatrix}$$

$$F = \begin{bmatrix} h(t_1) \\ h(t_2) \\ \vdots \\ h(ti) \end{bmatrix}$$

- Perhitungan parameter.

$$X = (A^T.A)^{-1}(A^T.F) \tag{2.19}$$

$$X = \begin{bmatrix} So \\ A_1 \\ B_1 \\ \vdots \\ A_n \\ B_n \end{bmatrix}$$

- Penentuan nilai amplitudo komponen pasang surut.

$$C_n = \sqrt{An^2 + Bn^2} \tag{2.20}$$

- Penentuan nilai fase komponen pasang surut.

$$g_n = tan^{-1}\left(\frac{Bn^2}{An^2}\right) \tag{2.21}$$

Keterangan:
$h(ti)$ = tinggi permukaan air pada waktu ke-*i* (m)
So = tinggi rata-rata permukaan air (m)
ti = waktu ke-*i* (jam)
C_n = amplitudo komponen ke-n (m)
$\omega_n = 2\pi f_n$ = kecepatan sudut-n (rad/jam)
g_n = fase komponen ke-n (°)

Besar amplitudo dan beda fase setiap komponen pasang surut laut dapat dihitung dengan menggunakan analisis harmonik pasang surut laut. Analisis harmonik dapat dilakukan dengan dua metode, yaitu metode *admiralty* dan metode kuadrat terkecil.

Metode kuadrat terkecil banyak digunakan setelah alat penghitung numeris modern ditemukan. Hal ini dikarenakan metode kuadrat terkecil memerlukan proses penghitungan matriks dengan dimensi matriks yang besar (tergantung pada jumlah data). Untuk melakukan analisis harmonik diatas sebuah lokasi perairan, diperlukan data pengukuran pasang surut laut dari lokasi perairan tersebut. Data pengukuran pasang surut laut dari lapangan adalah tinggi permukaan air di atas datum pada waktu ke-*i* (*h(ti)*). Pada pengukuran pasang surut laut dengan menggunakan palem, datum yang digunakan adalah dasar dari palem pasang surut laut.

Standar deviasi dari amplitude dan fase harmonik menggunakan perambatan kesalahan dari matriks variansi-kovariansi parameter dari perataan. Informasi mengenai standar deviasi amplito dan fase dari komponen-komponen pasang surut berguna sebagai nilai yang menunjukan kualitas parameter hasil hitung perataan. Dimulai dengan menghitung matriks variansi-kovariansi parameter sebagai berikut:

$$\sum \mathrm{xx} = \sigma_o . (A^T . A)^{-1} \tag{2.22}$$

dengan $\sigma_o = \frac{V^T.V}{n-u}$

- Perhitungan standar deviasi amplitudo menggunakan persamaan.

$$\sigma_C^2 = \left(\frac{\partial_C}{\partial_A}\right)^2 \sigma A^2 + \left(\frac{\partial_C}{\partial_B}\right)^2 \sigma B^2 + \left(\frac{\partial_C}{\partial_A}\right)\left(\frac{\partial_C}{\partial_B}\right) \sigma AB \tag{2.23}$$

dimana, $\frac{\partial_C}{\partial_A} = \frac{A}{C_n} = \frac{A}{\sqrt{\mathrm{An}^2+\mathrm{Bn}^2}}$, $\frac{\partial_C}{\partial_B} = \frac{B}{C_n} = \frac{B}{\sqrt{\mathrm{An}^2+\mathrm{Bn}^2}}$

Jadi, standar deviasi untuk amplitude komponen pasang surut yaitu: $\sigma_C = \sqrt{\sigma_C^2}$

- Perhitungan standar deviasi fase menggunakan persamaan.

$$\sigma_g^2 = \left(\frac{\partial g}{\partial_A}\right)^2 \sigma A^2 + \left(\frac{\partial g}{\partial_B}\right)^2 \sigma B^2 + \left(\frac{\partial g}{\partial_A}\right)\left(\frac{\partial g}{\partial_B}\right) \sigma AB \quad (2.24)$$

dimana, $\frac{\partial g}{\partial_A} = \frac{B}{C_n^2} = \frac{B}{\mathrm{An}^2+\mathrm{Bn}^2}$, $\frac{\partial g}{\partial_B} = \frac{A}{C_n^2} = \frac{A}{\mathrm{An}^2+\mathrm{Bn}^2}$

Jadi, standar deviasi untuk fase komponen pasang surut yaitu: $\sigma_g = \sqrt{\sigma_g^2}$

2.10 Korelasi

Koefisien Korelasi merupakan indeks atau bilangan yang digunakan untuk mengukur keeratan (kuat, lemah atau tidak ada) hubungan antar variabel. Salah satu metode dalam perhitungan korelasi linier adalah Pearson sederhana sebagai berikut (Hasan 2013):

$$r = \frac{n(\sum xy) - (\sum x)\,(\sum y)}{\sqrt{(n(\sum x^2) - (\sum x)^2)(n(\sum y^2) - (\sum y)^2)}} \quad (2.25)$$

dimana:
r = Koefisien Korelasi
x = Variabel X
y = Variabel Y
n = jumlah pengamatan

Tabel 2.3 Korelasi antar variabel
(Hasan 2013)

Nilai Koefisien Korelasi *r* (±)	**Kriteria**
0	Tidak ada korelasi
0< r≤ 0.20	Korelasi sangat rendah / lemah sekali
0.20< r ≤0.40	Korelasi rendah / lemah tapi pasti
0.40< r ≤0.70	Korelasi yang cukup berarti

0.70< r ≤0.90	Korelasi yang tinggi, kuat
0.90< r < 1	Korelasi yang tinggi, kuat sekali, dapat diandalkan
1	Korelasi Sempurna

Koefisien korelasi memiliki nilai antara -1 dan +1 (-1≤KK≤+1) dengan keterangan seperti berikut.

a. Jika KK bernilai positif maka variabel-variabel berkorelasi positif. Semakin dekat nilai KK ke +1 maka semakin kuat korelasinya. Demikian pula sebaliknya.
b. Jika KK bernilai negatif maka variabel-variabel berkorelasi negatif, Semakin dekat nilai KK ke -1 maka semakin kuat korelasinya. Demikian pula sebaliknya.
c. Jika KK bernilai 0 (nol) maka variabel-variabel tidak menunjukkan korelasi.
d. Jika KK bernilai +1 atau -1 maka variabel-variabel menunjuukkan korelasi positif atau negatif yang sempurna

2.11 Penelitian Sebelumnya

Pada pelaksanaan penelitian ini dilakukan studi literatur terhadap penelitian sebelumnya yang terkait. Pertaman, penelitian yang dilakukan oleh F. H Khusuma (2008) yang berjudul Analisis Harmonik dengan Menggunakan Teknik Kuadrat Terkecil untuk Penentuan Komponen-komponen Pasut di Perairan Dangkal dari Data Topex/Poseidon. Dalam penelitiannya melakukan analisis harmonic dengan metode *least square* dan melakukan perbandingan statistic selama 10 tahun, didapatkan bahwa hasil analisis di perairan dalam lebih baik dari hasil analisis di perairan dangkal secara statistic. Hal ini mungkin disebabkan oleh banyaknya *nois*e pada data di perairan dangkal. Dan juga nilai keterlambatan fase dari komponen harmonic pasang surut yang diperoleh kurang baik, dengan nilai error yang bervariasi.

Kedua, penelitian oleh Fardin Seifi dkk (2019) berjudul *Assessment of the Accuracy of Recent Empirical and Assimilated Tidal Models for the Great Barrier Reef, Australia, Using Satellite and Coastal Data*. Penelitian ini membahas sembilan konstituen pasut (yaitu, K1, O1, P1, Q1, M2, S2, N2, K2 dan M4) dihitung dari pengamatan SSH untuk T / P, Jason-1, Jason-2 dan elevasi dari stasiun pengamatan pasut digunakan untuk menyelidiki kinerja model pasut regional dan global diatas Great Barrier Reef Australia, yaitu TPXO8, TPXO9, EOT11a, HAMTIDE, FES2012, FES2014, OSUNA, OSU12, GOT 4.10 dan DTU10. Didapatkan hasil FES2012 membandingkan lebih banyak dan lebih baik dengan nilai *root mean square* (RMS) 10.9 cm dan 7.7 cm di atas pantai dan *shelf zones*, sedangkan untuk bagian yang lebih dalam, model FES2014 lebih baik yaitu sebesar 7.5 cm. Selain itu, dampak fluktuasi topografi dasar laut pada kinerja model menunjukkan bahwa kombinasi variasi batimetri dan kedekatan dengan pantai atau pulau berkontribusi terhadap akurasi prediksi ketinggian pasang surut dari model.

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

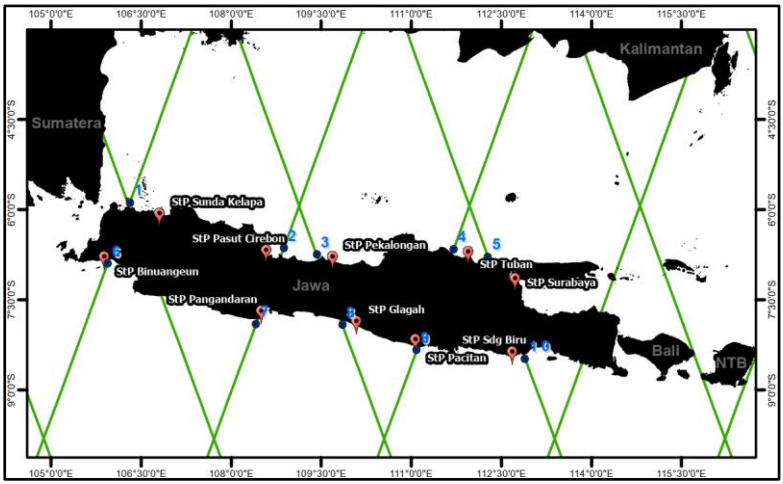
BAB III
METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Pada penelitian ini dilakukan pada perairan Jawa yang terletak pada 10 titik normal. Secara geografis, berikut merupakan lokasi penelitian yang akan dilakukan.

Tabel 3.1 Lokasi Penelitian

Titik	Koordinat Geografis	Deskripsi Geografis	Terletak pada Pass
1	5°52'53.18" LS 106°18'59.05" BT	Perairan Serang	229
2	6°38'16.82" LS 108°52'36.93" BT	Perairan Cirebon	051
3	6°44'53.38" LS 109°25'39.65" BT	Perairan Pemalang	064
4	6°39'19.14" LS 111°42'19.48" BT	Perairan Tuban	127
5	6°47'15.73" LS 112°16'38.42" BT	Perairan Lamongan	140
6	6°53'59.49" LS 105°56'50.51" BT	Perairan Binuangeun	229
7	7°54'20.47" LS 108°24'55.19" BT	Perairan Ciamis	051
8	7°55'1.28" LS 109°51'13.88" BT	Perairan Purworejo	064
9	8°20'29.51" LS 111° 5'24.15" BT	Perairan Pacitan	127
10	8°28'55.89" LS 112°53'44.38" BT	Perairan Malang	140



Gambar 3.1 Lokasi Penelitian
(Google Earth 2019)

3.2 Data dan Peralatan

Adapun data dan peralatan yang akan digunakan dalam melaksanakan penelitian adalah sebagai berikut:

3.2.1 Data

Adapun data yang akan digunakan antara lain:

a. Data RADS Jason-2 tahun 2008-2016 dan Jason-3 tahun 2016-2019 berasal dari *Radar Altimeter Database System* (RADS) yang dikembangkan oleh Delft Institute for Earth-Oriented Space Research (DEOS) dan NOAA.
b. Data pengamatan Stasiun Pasut yang terdiri dari stasiun pasang surut Sunda Kelapa, Cirebon, Pekalongan, Tuban, Surabaya, Binuangeun, Pangandaran, Glagah, Pacitan, dan Sendang Biru yang diperoleh dari BIG.
c. Vektor Garis pantai yang digunakan adalah GSHHG (*A Global Selfconsistent, Hierarchial, High - resolution Geography Database*).

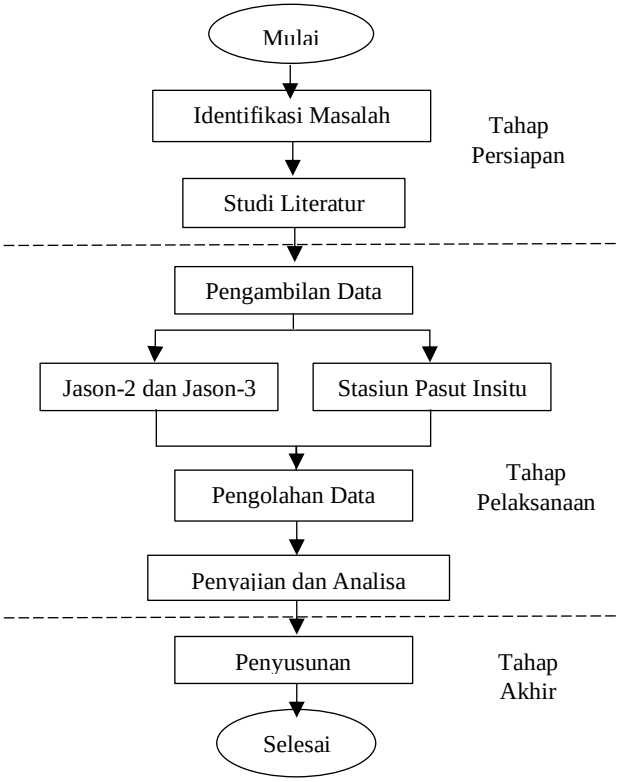
3.2.2 Peralatan

Peralatan yang akan digunakan dalam penelitian ini terdiri atas perangkat lunak sebagai berikut:

1. Software
   a. Aplikasi MATLAB R2019a untuk menghitung koreksi, perhitungan SSH, dan hitung *Least Square*
   b. Perangkat lunak pengolah data spasial untuk interpolasi dan *plotting*.
   c. Grapher 8 untuk pembuatan grafik
   d. Microsoft Excel untuk proses perhitungan penelitian
   e. Planoply 4.10.12 untuk pengecekan model parameter
2. Hardware
   a. Laptop ASUS seri X55Q AMD A12
   b. Mouse

3.3 Metodologi

Tahapan penelitian tugas akhir ini direncanakan dalam diagram alir berikut ini:



Gambar 3.2 Diagram Alir Pelaksanaan Penelitian

Keterangan:

1. **Tahap Persiapan**

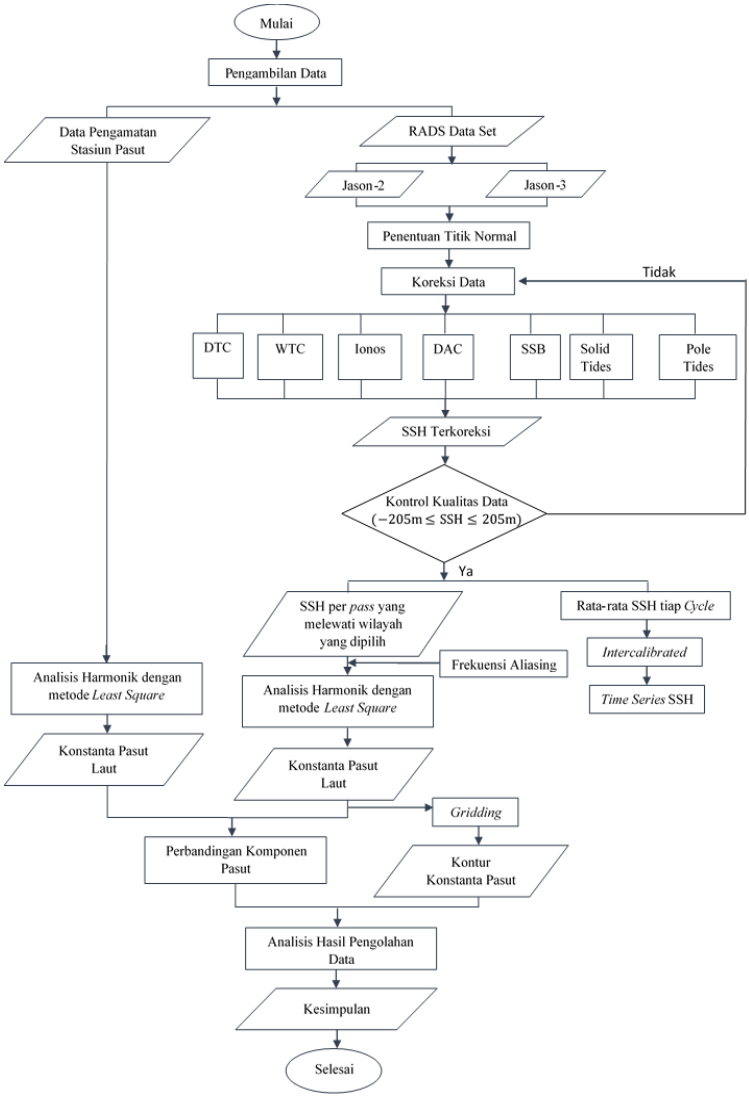
   Tahap ini terdiri dari dua proses yang dapat dilakukan secara bersamaan, yaitu identifikasimasalah dan studi literatur. Identifikasi masalah bertujuan untuk menengenali permasalahan yang akan dibahas pada proses penelitian dan mengerucutkannya. Dalam penelitian ini, hal yang akan dianalisa komponen pasang surut dengan menggunakan data satelit altimetri Jason-2. Studi literatur

merupakan pengumpulan informasi yang mendukung proses penelitian ini. Studi literatur yang dilakukan adalah berupa pengumpulan referensi yang akan menunjang pemahaman dalam komponen pasang surut dan pengolahan data satelit altimetri sehingga dapat ditentukan metode yang tepat untuk mengolah data sesuai dengan permasalahan yang telah ditentukan. Literatur juga digunakan sebagai bahan analisis pada tahap akhir terhadap hasil penelitian yang akan didapatkan.

2. Tahap Pelaksanaan

a. Pengambilan Data

Pada tahap ini dilakukan pengumpulan data yang terdiri dari data primer maupun data sekunder yang berkaitan dengan penelitian. Data penelitian dapat bersumber dari website instansi-instansi atau dari sumber terpecaya. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data pengamatan satelit altimetri Jason-2 dan Jason-3 selama tahun 2008 – 2019 yang dapat diperoleh dari RADS (*Radar Altimeter Database System*) yang merupakan sistem basis data yang menyediakan data dari berbagai satelit altimetri yang dapat dimanfaatkan untuk mencari dan memanipulasi data dari berbagai misi satelit yang dapat diakses pada http://rads.tudelft.nl/rads/rads.html, data yang kedua adalah data pengamatan Stasiun Pasang Surut yang diperoleh langsung dari BIG (Badan Informasi Geospasial) kurang lebih selama 2008-2019.



Gambar 3.3 Diagram Alir Tahap Pengolahan Data

b. Tahap Pengolahan Data

1. Penentuan Titik Normal

   Orbit satelit altimetri telah dirancang untuk dapat mengulang pengamatan di atas tempat yang sama, namun tetap saja terdapat variasi posisi tiap groundtrack yaitu ± 1 km. Oleh karena itu, untuk menciptakan kekonsistenan pada posisi titik pengamatan dan juga untuk memudahkan proses pengolahan data maka ditentukan sebuah titik normal dengan koordinat yang tetap sebagai titik pengamatan. Titik-titik yang diamati Jason-2 dan Jason-3 akan diinterpolasi nilai SSH-nya terhadap titik normal sehingga nilai SSH yang digunakan di dalam pengolahan data merupakan nilai SSH diatas titik normal. Dalam studi ini, nilai SSH di atas titik normal diperoleh dengan menggunakan interpolasi *Inverse Distance Weight* (IDW).

2. Koreksi Data

   Penerapan koreksi atau reduksi dipilih sesuai model koreksi yang ditentukan, model yang digunakan memiliki koreksi yang akurat untuk wilayah perairan Jawa. Perhitungan koreksi kecuali reduksi terhadap koreksi pasang surut laut (*Ocean Tide*) akan menghasilkan nilai SSH terkoreksi. Penerapan koreksi akan dilakukan menggunakan aplikasi MATLAB. Tabel dibawah akan menunjukkan parameter koreksi dan model yang telah ditentukan.

Tabel 3.2 Parameter dan Model yang telah ditentukan
(Handoko, Fernandes, dan Lázaro 2017)

Parameter	Jason-2 dan Jason-3
Altitude	CNES GDR-E
Range	Ku-band
Dry Troposphere	ERA-Interim

Wet Troposphere	ERA-Interim
Ionosphere	*Smoothed Dual Frequency*
Sea State Bias	*Tran2012*
DAC	*MOG2D*

3. Perhitungan *Sea Surface Height* (SSH)

   Sea Surface Height (SSH) untuk keperluan konstanta pasang surut merupakan SSH yang telah terkoreksi atau tereduksi tanpa reduksi *elastic ocean tides.* Sehingga pada formulasi pereduksian SSH, koreksi efek pasang surut laut tidak dikutsertakan.

4. Kontrol kualitas data

   Nilai SSH hasil perhitungan selanjutnya dikontrol kualitasnya dalam rentang nilai yang telah ditetapkan. Hal ini dilakukan untuk menngetahui data yang *outlier*. Misalnya data memiliki nilai ekstrim dan data kosong, berarti kemungkinan ada *human error* dalam pengolahan atau adanya keacakan data sehingga perlu dilakukan perhitungan ulang dan cek proses-proses sebelumnya. Dan pada data stasiun pasang surut pasang surut kontrol kualitas pada data dengan nilai elevasi berbeda signifikan (*shifted*), maka akan dilakukan koreksi *shifting* dengan penyamaan rerata data yang benar.

5. *Intercalibrated*

   Proses Interkalibrasi dilakukan untuk menghilangkan selisih data jarak diakibatkan oleh perbedaan koreksi instrumen dan model antara Jason baru menggantikan Jason yang lama. Perhitungan interkalibrasi dilakukan dengan

mengitung bias pada *cycle* yang terjadi misi tandem.

6. Periode dan Frekuensi Aliasing
   Pengamatan pasang surut pada umumnya memiliki interval waktu ± 1 jam, sedangkan untuk pengamatan satelit altimetri direkam setiap interval waktu 9.9156 hari. Perbedaan interval pengamatan dari yang diharuskan tersebut menyebabkan perbedaan frekuensi dan periode komponenen pasang surut yang dianalisis. Frekuensi yang digunakan adalah frekuensi aliasing yang sebanding dengan frekuensi aslinya (Emery, 1998), dan dihitung menggunakan metode pelipatan (*folding*) dengan melalui perhitungan frekuensi Nyquist.
7. Analisis Harmonik metode *Least Square*
   Analisis harmonik pasut ini melakukan perhitungan nilai konstanta harmonik pasut yang meliputi perhitungan nilai amplitudo dan fase masing-masing konstanta dari data Satelit altimetri Jason-2 dan Jason-3 dengan data pengamatan stasiun pasut, dan kemudian dilakukan perbandingan komponen pasang surut. Penelitian ini menggunakan metode *Least Square* dalam penentuan amplitudo dan fase komponen pasut M2, S2, K1, O1, N2, K2, P1, M4, dan MS4.
8. *Gridding*
   Gridding dilakukan untuk mengisi kekosongan data terhadap nilai lintang dan bujur untuk membuat kontur persebaran nilai komponenpasut. *Gridding* dilakukan berukuran setengah dari jarak antar pass Jason yaitu 1.5° x 1.5°.

9. Korelasi dan Akurasi
   Hubungan nilai komponen pasang surut diketahui dengan menghitung nilai koefisien korelasi pada pengamatan yang berbeda. Dan dalam uji tingkat akurasi komponen pasang surut diketahui dengan menghitung nilai RMS.

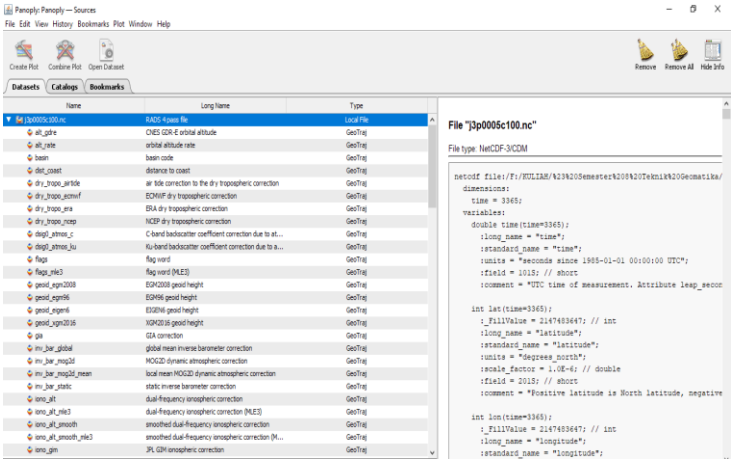
3. Tahap Akhir

Penelitian ini memperoleh hasil akhir dengan penyusunan laporan yang sesuai dengan kaidah dan sistematika yang sudah ditentukan.

BAB IV
HASIL DAN ANALISIS

4.1 Pengecekan RADS

Data satelit altimetri yang digunakan bersumber dari basis data RADS (*Radar Altimeter Database System*) dengan format SSpPPPPcCCC.XX, dimana SS merupakan nama satelit, PPPP merupakan nomer pass satelit, dan XX merupakan ekstensi file. Data RADS memiliki ekstensi NetCDF (*.nc) yang mempunyai informasi dalam bentuk parameter pengukuran jarak dan koreksi. Berikut contoh pengecekan data dari file RADS ditunjukkan pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Pengecekan Data

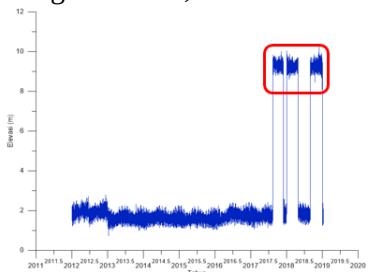
Dalam pengecekan data menggunakan perangkat lunak PANOPLY salah satunya untuk mengetahui model yang digunakan. Setelah itu data RADS yang berbentuk (*.nc) dibaca dan dilakukan perhitungan SSH ke data format *text file* (*.txt).

Untuk pengolahan dalam penelitian ini, parameter yang dibutuhkan adalah *Altitude*, MSS (*Mean Sea Surface*), koreksi

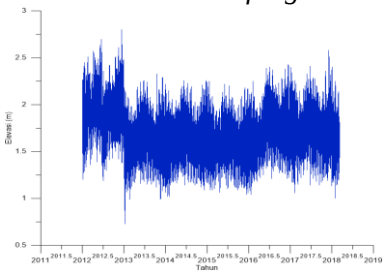
jarak yakni *Dry Tropospheric*, *Wet Tropospheric*, *Ionosfer*, *Sea State Bias*, serta koreksi fenomena geofisika yakni *Dynamic Atmospheric*, *Tides*, dan *Refrance Frame Offset*.

4.2 Kontrol Kualitas Data dan Hitungan SSH

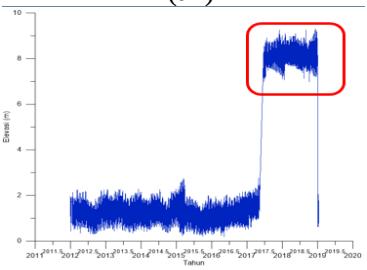
Pada pengamatan stasiun pasang surut terdapat beberapa data yang kosong, maka dilakukan interpolasi dan prediksi pada data tersebut. Penggunaan data pengamatan stasiun pasang surut dengan periode panjang, perlu diperhatikan ketika data terjadi lonjakan dan terpenggal dengan nilai elevasi yang berbeda signifikan (*shifted*). Fenomena ini dinamakan bias referensi. Maka perlu dilakukan koreksi *shifting*. Koreksi *shifting* dilakukan dengan cara menyamakan rerata kelompok data yang benar dengan rerata kelompok data yang mengalami bias referensi (Faridatunnisa, et al. 2018). Berikut merupakan grafik stasiun pasang surut yang mengalami bias, dan kemudian dilakukan koreksi *shifting*.



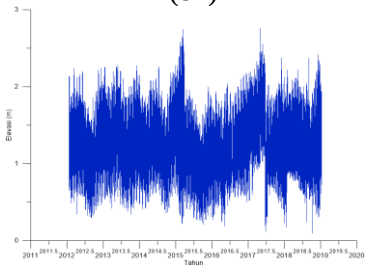
(a1)



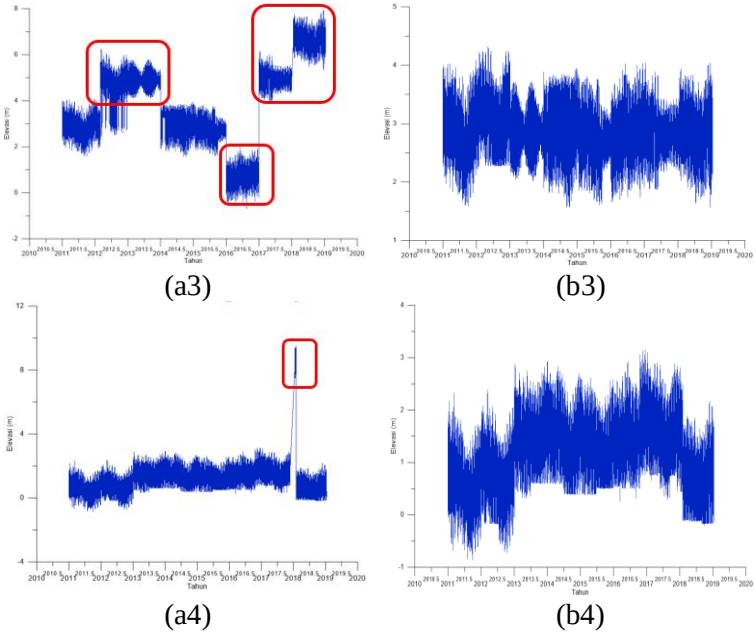
(b1)



(a2)



(b2)



Gambar 4.2 Grafik data pasang surut yang mengalami bias referensi (kiri); setelah koreksi *shifting* (kanan) pada stasiun pasang surut (a1,b1) Sunda Kelapa; (a2,b2) Binuangeun; (a3,b3) Pangandaran; (a4,b4) Pacitan

Beberapa data dari stasiun pasang surut mengalami bias referensi, yang terjadi pada stasiun pasang surut Sunda Kelapa, Binuangeun, Pangandaran, dan Pacitan. Pada penelitian ini koreksi *shifting* dilakukan dengan menyamakan rata-rata data yang memiliki bias referensi dengan data sebelumnya atau sesudahnya yang tidak mengalami bias referensi. Dengan tujuan agar data membentuk kelompok data tersebut saling menyambung atau kontinyu karena gelombang pasut membentuk gelombang sinusoidal. Seharusnya, nilai rerata kedua kelompok data tersebut tidak berbeda signifikan.

Kemudian data yang digunakan dalam pengamatan satelit altimetri pada penelitian ini adalah satelit Jason-2 dan Jason-3. *Sea Surface Height* (SSH) yang digunakan untuk keperluan penentuan komponen pasang surut laut merupakan SSH yang telah terkoreksi, tanpa menerapkan koreksi *Ocean Tide* dan *Load Tide* agar SSH masih mengandung sinyal pasang surut air laut dan pasang surut pembebanan. Untuk awal perhitungan perlu dilakukan filter data pada tiap model koreksi dengan memberi batasan nilai agar menghindari data *outlier*. Batasan-batasan tersebut sesuai dengan *handbook* RADS sebagai berikut:

Tabel 4.1 Batas-batas koreksi
(Scharro 2018)

Parameter	**Batas (m)**
Sea level anomaly	$-5.00 \leq x(m) \leq 5.00$
Dry tropospheric	$-2.40 \leq x(m) \leq -2.10$
Wet tropospheric	$-0.60 \leq x(m) \leq 0.05$
Ionosphere	$-0.40 \leq x(m) \leq 0.04$
SSB	$-1.00 \leq x(m) \leq 1.00$
DAC	$-1.00 \leq x(m) \leq 1.00$
Solid Tide	$-1.00 \leq x(m) \leq 1.00$
Pole Tide	$-0.10 \leq x(m) \leq 0.10$
MSS	$-200 \leq x(m) \leq 200$

Nilai koreksi yang melebihi Batasan-batasan diatas akan dihilangkan. Selain itu, koreksi yang tidak memiliki nilai atau NaN (*Not a Number*) akan dianggap bernilai 9.999 m sehingga termasuk dalam data *outlier*. Dalam pembacaan file NetCDF, filter data, dan perhitungan SSH diolah dengan perangkat lunak MATLAB menggunakan script pada gambar 4.3.

```
% Range and Altitude
alt_sat = ncread(dir_file, 'alt_gdre');
range = ncread(dir_file, 'range_ku');

% Range and Geophysical Corrections, % if NaN , set it to 9.999
dry = ncread(dir_file, 'dry_tropo_ncep'); dry(isnan(dry)) = 9.999 ;
wet = ncread(dir_file, 'wet_tropo_rad'); wet(isnan(wet)) = 9.999 ;
iono = ncread(dir_file, 'iono_alt_smooth'); iono(isnan(iono)) = 9.999 ;
ssb = ncread(dir_file, 'ssb_tran2012'); ssb(isnan(ssb)) = 9.999 ;
dac = ncread(dir_file, 'inv_bar_mog2d');dac(isnan(dac)) = 9.999 ;
polar_tide = ncread(dir_file, 'tide_pole'); polar_tide(isnan(polar_tide)) = 9.999 ;
solid_tide = ncread(dir_file, 'tide_solid');solid_tide(isnan(solid_tide)) = 9.999 ;
tides = polar_tide + solid_tide;

% RFO and Mean Sea Surface
MSS = ncread(dir_file, 'mss_cnesc1s11');
rfo = ncread(dir_file, 'ref_frame_offset');
```

```
% Determine cycle and pass
cycle = ncreadatt(dir_file, '/', 'cycle_number');
pass = ncreadatt(dir_file, '/', 'pass_number');
% compute decimal year
[year, month, day, hour, minute, second] = datevec(MJD + 678942);

% time vector in decimal year
dec_year = decyear([year, month, day, hour, minute, second]);

% Sea Surface Heigh (SSH) and Sea Level Anomaly (SLA)
SSH = alt_sat - range - dry - wet - iono - ssb - dac - tides - rfo;
```

Gambar 4.3 *Script Perhitungan SSH*

Berikut merupakan salah satu hasil dari perhitungan SSH pada *cycle* 1.

Tabel 4.2 Hasil Perhitungan *Sea Surface Height*

cyc	pass	MJD	Lat (°)	Long (°)	SSH (m)	YYF
1	229	54667.97	-12.9512	103.7069	-20.1136	2008.551838
1	229	54667.97	-12.9015	103.7259	-19.7422	2008.551838
1	229	54667.97	-12.8518	103.7449	-19.5381	2008.551838
1	229	54667.97	-12.802	103.7638	-19.3104	2008.551838
1	229	54667.97	-12.7523	103.7828	-19.0664	2008.551838
1	229	54667.97	-12.7025	103.8017	-18.7499	2008.551838
1	229	54667.97	-12.6528	103.8207	-18.5197	2008.551838
1	229	54667.97	-12.603	103.8396	-18.2295	2008.551838
1	229	54667.97	-12.5533	103.8585	-17.9692	2008.551838
1	229	54667.97	-12.5035	103.8774	-17.7447	2008.551838
1	229	54667.97	-12.4537	103.8963	-17.4677	2008.551838
1	229	54667.97	-12.404	103.9152	-17.1854	2008.551838

cyc	pass	MJD	Lat (°)	Long (°)	SSH (m)	YYF
1	229	54667.97	-12.3542	103.9341	-16.9717	2008.551838
1	229	54667.97	-12.3045	103.953	-16.7479	2008.551838
1	229	54667.97	-12.2547	103.9718	-16.4657	2008.551839
1	229	54667.97	-12.2049	103.9907	-16.2562	2008.551839
1	229	54667.97	-12.1551	104.0096	-15.9661	2008.551839
1	229	54667.97	-12.1054	104.0284	-15.7917	2008.551839
1	229	54667.97	-12.0556	104.0472	-15.577	2008.551839
1	229	54667.97	-12.0058	104.0661	-15.2832	2008.551839
1	229	54667.97	-11.956	104.0849	-14.9532	2008.551839
….	….	….	….	….	….	….

Pada perhitungan SSH digunakan data Jason-2 sebanyak 303 *cycle* dari *cycle* 1-303 (2008-2016), untuk Jason-3 digunakan *cycle* sebanyak 107 yaitu dari *cycle* 1-107 (2016-2019).

4.3 Penentuan Titik Normal

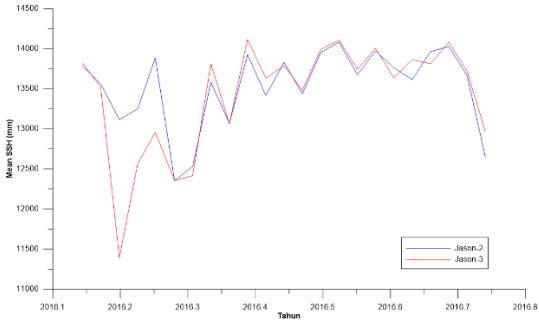
Satelit Jason-2 dan Jason-3 melakukan pengamatan pada titik yang sama setiap 9.9156 hari. Namun lintasan yang dilalui mengalami pergeseran sejauh ±1 kilometer setiap pengamatan. Untuk mendapatkan data pada posisi yang sama setiap kali pengamatan Jason-2 dan Jason-3 maka perlu ditentukan titik-titik tetap. Titik-titik inilah yang disebut sebagai titik normal. Penentuan SSH diatas titik normal dilakukan dengan interpolasi *Inverse Distance Weight* (IDW) dan didapatkan data 387 di masing-masing titik. Berikut merupakan SSH diatas titik normal.

Tabel 4.3 *Sea Surface Height* titik normal

Cyc	YYF	MJD	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	2008.541	54663.99	18.2132	24.041	24.98	31.479	31.023	11.082	19.675	24.635	25.492	29.191
2	2008.568	54673.88	18.0395	23.92	24.936	31.093	31.219	12.122	19.404	24.317	25.907	29.419
3	2008.595	54683.77	18.1171	23.822	24.97	30.675	31.699	11.027	19.477	24.206	25.019	29.422
4	2008.6221	54693.683	18.3096	23.671	24.879	30.673	31.925	10.923	19.679	20.017	24.912	29.063
5	2008.6487	54703.426	18.6909	23.673	25.02	30.921	31.744	11.32	20.514	24.416	25.427	29.196
6	2008.6763	54713.536	18.123	23.784	25.225	30.729	31.793	11.448	20.597	25.808	25.744	29.585
7	2008.7033	54723.415	18.4214	23.928	25.273	30.315	32.226	11.113	20.058	25.02	25.605	30.204
8	2008.7305	54733.358	18.1814	24.073	25.212	30.174	32.364	10.925	19.475	24.68	25.211	29.825
9	2008.7575	54743.246	18.3192	23.981	25.043	30.41	32.127	11.412	19.028	24.061	25.048	29.054
10	2008.7846	54753.17	18.3129	23.7	25.007	30.618	32.09	10.938	19.593	24.641	24.691	28.695
11	2008.8117	54763.096	18.3065	23.682	24.835	31.011	32.279	11.662	20.047	24.682	25.017	29.149
12	2008.8388	54772.988	18.3682	23.872	24.931	31.073	32.379	11.818	20.527	25.855	25.678	29.388
13	2008.8659	54782.921	18.1163	25.207	24.91	30.555	32.269	10.396	20.468	25.582	26.194	30.333
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
101	2018.8573	58431.904	18.0393	24.131	24.909	30.652	32.087	11.205	20.108	25.833	24.54	29.322
102	2018.8844	58441.793	18.1612	24.248	24.985	31.149	31.637	11.528	20.339	25.524	25.843	30.057
103	2018.9115	58451.694	18.2312	24.189	25.099	31.578	31.325	10.811	19.607	25.113	26.001	30.018
104	2018.9388	58461.671	18.2146	24.117	24.684	31.519	31.189	11.664	19.43	24.809	25.974	30.154
105	2018.9658	58471.531	18.3004	23.834	24.727	31.174	31.352	11.933	20.068	25.013	25.526	29.779
106	2018.9931	58481.471	18.1382	22.888	24.667	31.136	31.416	11.75	20.621	25.219	25.298	29.196
107	2019.0202	58491.38	18.099	23.757	25.018	31.503	31.424	11.043	20.673	25.004	25.275	28.767

4.4 Perhitungan Bias dan *Intercalibrated*

Jason-2 dan Jason-3 terjadi misi tandem yaitu pada *cycle* 281-303 dan *cycle* 1-23. Ketika satelit melakukan misi tandem untuk kalibrasi satelit yang lebih baru ada selisih data yang terjadi pada data untuk waktu yang sama. Setiap *cycle* satelit dilakukan perhitungan rata-rata SSH, dan untuk misi tandem pada Jason-2 dan Jason-3 perlu dilakukan interkalibrasi.



Gambar 4.4 Selisih antara data Jason-2 dan Jason-3

Proses Interkalibrasi dilakukan untuk menghilangkan selisih data jarak pada misi tandem diakibatkan oleh perbedaan koreksi instrumen dan model antara Jason baru (Jason-3) menggantikan Jason lama (Jason-2). Perhitungan interkalibrasi dilakukan dengan mengitung bias pada *cycle* yang terjadi misi tandem, yang akan digunakan untuk mengurangi Jason baru.

Perhitungan rata-rata SSH per*cycle* dihitung menggunakan pembobotan berdasarkan koordinat lintang. Selain itu juga dilakukan perhitungan rata-rata pada data waktu YYF dan MJD yang diambil nilai titik tengahnya yang nantinya digunakan sebagai fungsi waktu untuk keperluan analisis. Berikut merupakan *script* MATLAB dalam perhitungan rata-rata SSH pada gambar 4.5.

```
%-----Pembobotan-----%
ve = 465.1; % velocity of the earth rotation = 465.1 m/s atau 1669.6 km/h
vs = 5800; % Ground Track Jason2 dan 3 = 5800 m/s atau 5.8km/s

ink=1.1525979847;

lat_rad=(latgab/180)*pi;
sin_alpa=abs(cos(ink)/cos(lat_rad));
sin_alpa_0=abs(cos(ink));
alpa=asin(sin_alpa);
alpa_0=asin(sin_alpa_0);
cos_alpa=cos(alpa);

sin_beta_0=cos(atan(abs(((vs*sin_alpa_0)-(ve)/(vs*cos(alpa_0))))));
sin_beta=cos(atan(abs(((vs*sin_alpa)-(ve*cos(lat_rad))')/(vs*cos_alpa))));
p=(sin_beta/sin_beta_0)*cos(lat_rad);
p2=(sin_beta/sin_beta_0)*(cos(lat_rad.^2));
```

```
jumlah_w2=0;
for i=1:length(lat_rad)
    jumlah_w2=jumlah_w2+ p2(i);
end

sla1=0; ssh1=0;
for j=1:length(lat_rad)
    sla1=sla1+((p2(j))*SLAgab(j));
    ssh1=ssh1+((p2(j))*SSHgab(j));
end

rata_berat_ssh = ssh1/jumlah_w2;
```

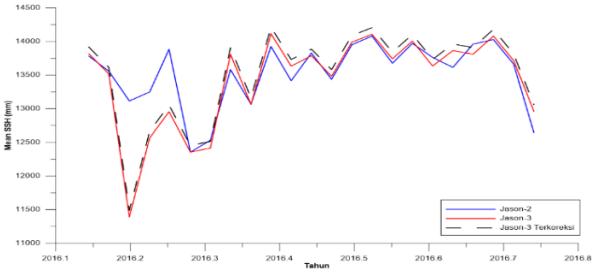
Gambar 4.5 *Script* Perhitungan rata-rata SSH

Perhitungan bias dilakukan dengan persamaan 2.7 yang dilakukan antar 2 satelit yang lama dengan yang baru pada waktu perekaman yang sama. Berikut merupakan perhitungan bias Jason-2 dan Jason-3 dengan menggunakan Microsoft Excel.

Tabel 4.4 Perhitungan Bias Jason-2 dan Jason-3

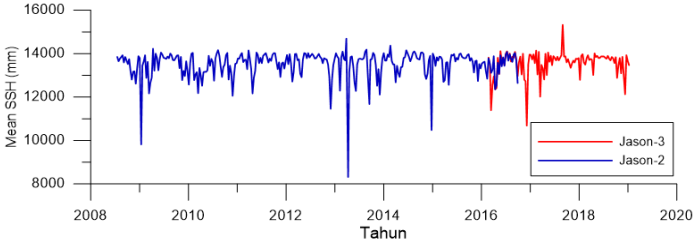
JASON-2				JASON-3				Selisih	Rata2	STD	SSH
cyc	mean_MJD	mean_SSH(mm)	mean_YYF	cyc	mean_MJD	mean_SSH(mm)	mean_YYF	SSH	SSH		Terkoreksi
281	57440.76379	13784.4	2016.14416	1	57440.76549	13819.3	2016.14417	34.9	-98.5	449.8	13917.9
282	57450.57252	13560.3	2016.17096	2	57450.66598	13517.6	2016.17122	-42.7			13616.1
283	57460.66217	13116.2	2016.19853	3	57459.52708	11391.1	2016.19543	-1725.0			11489.7
284	57470.59008	13249.5	2016.22566	4	57470.55247	12565.6	2016.22555	-683.9			12664.1
285	57480.13295	13885.2	2016.25173	5	57480.58910	12957.5	2016.25298	-927.7			13056.0
286	57490.60441	12355.7	2016.28034	6	57490.55143	12355.5	2016.28020	-0.2			12454.0
287	57500.41603	12531.4	2016.30715	7	57500.41940	12416.0	2016.30716	-115.3			12514.5
288	57510.28245	13581.9	2016.33411	8	57510.26474	13809.7	2016.33406	227.8			13908.2
289	57520.30463	13067.9	2016.36149	9	57520.31958	13062.9	2016.36153	-5.1			13161.4
290	57530.12750	13926.4	2016.38833	10	57530.13857	14114.9	2016.38836	188.5			14213.5
291	57540.02153	13416.9	2016.41536	11	57540.05433	13633.8	2016.41545	216.9			13732.3
292	57549.94035	13828.9	2016.44246	12	57549.95634	13788.7	2016.44250	-40.2			13887.3
293	57559.83728	13438.2	2016.46950	13	57559.85524	13483.5	2016.46955	45.3			13582.0
294	57569.77840	13951.7	2016.49666	14	57569.77543	13990.2	2016.49665	38.5			14088.7
295	57579.68449	14081.9	2016.52373	15	57579.67796	14107.8	2016.52371	25.9			14206.4
296	57589.67520	13677.3	2016.55103	16	57589.66409	13743.2	2016.55100	65.9			13841.7
297	57599.46917	13971.9	2016.57779	17	57599.51877	14006.4	2016.57792	34.6			14105.0
298	57609.42300	13763.4	2016.60498	18	57609.45306	13636.1	2016.60506	-127.3			13734.7
299	57619.34611	13615.4	2016.63209	19	57619.34167	13865.7	2016.63208	250.3			13964.3
300	57629.22914	13961.5	2016.65910	20	57629.19647	13811.2	2016.65901	-150.3			13909.7
301	57639.21545	14029.0	2016.68638	21	57639.17878	14081.7	2016.68628	52.7			14180.2
302	57649.14179	13664.0	2016.71350	22	57649.11627	13717.2	2016.71343	53.2			13815.8
303	57659.07783	12645.7	2016.74065	23	57659.00799	12962.4	2016.74046	316.6			13060.9

Didapatkan nilai rata-rata selisih sebesar -98.5 mm yang merupakan bias dari data Jason-2 dan Jason-3 dari *cycle* 281-303 dan *cycle* 1-23. Perhitungan menggunakan persamaan 2.7 dengan nilai rata-rata SSH Jason-3 *cycle* 1- 23 dikurangkan menggunakan nilai bias tersebut. Maka dapat digambarkan dengan grafik, SSH Jason-3 yang belum terkalibrasi dengan yang sudah terkalibrasi yang dapat dilihat pada gambar 4.6.

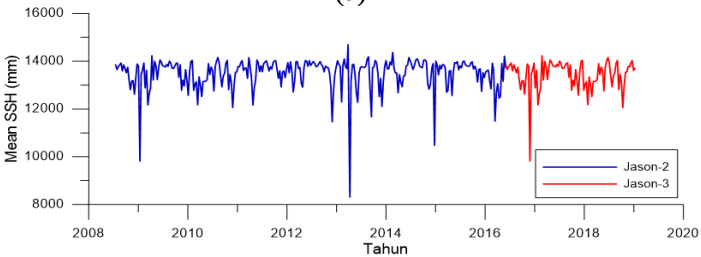


Gambar 4.6 SSH sebelum dan sesudah Interkalibrasi

Rata-rata SSH Jason-2 dan Jason-3 dapat dibentuk menjadi menjadi satu *time series* dari tahun 2008 sampai 2019 seperti yang ditunjukkan pada grafik berikut ini.



(a)



(b)

Gambar 4.7 (a) Time Series sebelum Interkalibrasi, dan (b) Time Series sesudah Interkalibrasi

Pada grafik diatas, data Jason-2 ditunjukan oleh grafik berwarna biru diambil dari *cycle* 1-290. Data Jason-3 pada grafik ditunjukan

berwarna merah diambil dari *cycle* 11-107. Pada data Jason-2 dan Jason-3 didapatkan tingkat SSH tertinggi terdapat pada *cycle* 57 pada Jason-3 dengan nilai Mean SSH 15326.6 mm. Sedangkan tingkat SSH terendah pada *cycle* 175 pada Jason-2 dengan nilai Mean SSH 8316.6 mm.

4.5 Periode dan Frekuensi Aliasing

Pengamatan, yang berbeda dengan waktu pengambilan data pasang surut pada umumnya. Pada penelitian ini penting mengingat satelit altimetri Jason-2 dan Jason-3 yang memiliki interval pengambilan data selama 9.9156 hari atau 10 hari, berbeda pada pengamatan pasang surut pada umumnya. Hal ini akan mengakibatkan fenomena frekuensi aliasing komponen utama pasang surut (Safi'i 2018) aliasing yang sebanding dengan frekuensi yang asli. Periode dan frekuensi aliasing diaplikasikan dalam analisis harmonik *least square* dalam penentuan komponen pasang surut. Periode dan frekuensi aliasing dihitung menggunakan persamaan 2.10 dan 2.11. Berikut merupakan hasil perhitungan aliasing dengan menggunakan metode *folding*.

Tabel 4.5 Hasil Perhitungan Periode dan Frekuensi Aliasing

Konstanta	T_Asli		f_Asli		T_Aliasing (Ta)		f_Aliasing (Fa)	
Pasut	jam	hari	cph	cpd	jam	hari	cph	cpd
M2	12.420	0.518	0.081	1.932	1493.698	62.121	0.00067	0.016
S2	12	0.500	0.083	2.000	1403.207	58.742	0.00071	0.017
N2	12.660	0.528	0.079	1.896	1189.739	49.523	0.00084	0.020
K2	11.980	0.499	0.084	2.005	2071.880	86.553	0.00048	0.012
K1	23.930	0.997	0.042	1.003	4143.761	173.255	0.00024	0.006
O1	25.820	1.076	0.039	0.930	1097.929	45.726	0.00091	0.022
P1	24.070	1.003	0.042	0.997	2121.671	88.874	0.00047	0.011
M4	6.210	0.259	0.161	3.865	745.454	31.061	0.00134	0.032
MS4	6.100	0.254	0.164	3.932	25929.014	1080.376	0.00004	0.001

4.6 Pentuan Komponen Pasang Surut

Dari sejumlah 303 *cycle* Jason-2 dan 103 *cycle* Jason-3 didapatkan konstanta pasang surut di perairan Jawa pada 10 titik pengamatan yang terletak pada utara dan selatan Pulau Jawa. Pada penelitian ini, analisis harmonik dengan metode Least Square dihasilkan 9 kontanta pasut yang terdiri dari M2, S2, K1, O1, K2, P1, M4, dan MS4. Kemudian digunakan hasil dari stasiun pasut untuk melihat perbedaannya dengan hasil satelit altimetri, yang digambarkan pada diagaram yang telah terlampir.

1. Lokasi penelitian 1

Titik pengamatan 1 terletak di utara Pulau Jawa yaitu pada Perairan Serang yang dilewati oleh pass 229 Jason-2 dan Jason-3. Dari tabel 4.6 ditunjukan hasil nilai amplitudo dan fase dari data Jason-2 dan Jason-3 kemudian dapat dibandingkan dengan melihat selisih hasil nilai amplitudo dan fase dari data Stasiun Pasang Surut pada tabel 4.7 berikut.

Tabel 4.6 Komponen pasut pada lokasi penelitian 1

Komponen Pasut	Amplitudo (m)	Std_Amp (m)	Fase (°)	(')	(")	Std_F (deg)
M2	0.030	0.003	118	55	22.391	3.466
S2	0.027	0.003	180	44	8.076	9.369
K1	0.036	0.002	161	15	45.981	7.783
O1	0.054	0.002	88	16	0.777	2.891
N2	0.044	0.002	123	28	41.532	7.813
K2	0.275	0.009	59	13	3.552	2.535
P1	0.252	0.009	28	7	49.879	2.792
M4	0.016	0.002	97	8	36.688	10.055
MS4	0.034	0.006	40	27	13.613	27.493

Tabel 4.7 Perbedaan nilai komponen pasut di lokasi penelitian 1

Komponen Pasut	Amplitudo (m)	Fase (°)	(')	(")
M2	0.014	28	17	28.636
S2	0.005	125	27	14.189
K1	0.001	82	15	51.539
O1	0.032	65	47	11.551

Komponen Pasut	Amplitudo (m)	Fase		
		(°)	(')	(")
N2	0.034	11	19	44.580
K2	0.271	50	39	35.782
P1	0.241	19	8	20.333
M4	0.014	5	32	30.400
MS4	0.034	14	54	23.741

Pada tabel 4.6 nilai amplitudo dan fase yang dihasilkan pada masing-masing 9 konstanta pasang surut pada lokasi pengamatan 1 menunjukan standar deviasi amplitudo dalam orde milimeter (besarannya hampir sama). Sedangkan standar deviasi fase bervariasi dalam satuan derajat dimana MS4 memiliki standar deviasi fase paling besar. Jika dibandingkan hasil konstanta pasut dari data Jason-2 dan Jason-3 dengan data stasiun pasut terdapat perbedaan nilai amplitudo dan fase yang dapat dilihat dari selisih hasil keduanya pada tabel 4.7. Untuk perbedaanya berkisar 0.001 meter pada amplitudo K1 sampai dengan 0.271 pada amplitudo K2. Nilai fase yang dihasilkan menunjukan perbedaan nilai paling kecil 5°32'30.4" pada M4 dan paling besar yaitu 125°27'14.189" pada S2.

2. Lokasi penelitian 2

Titik pengamatan 2 terletak di utara Pulau Jawa yaitu pada Perairan Cirebon yang dilewati oleh pass 051 Jason-2 dan Jason-3. Dari tabel 4.8 ditunjukan hasil nilai amplitudo dan fase dari data Jason-2 dan Jason-3 kemudian dapat dibandingkan dengan melihat selisih hasil nilai amplitudo dan fase dari data Stasiun Pasang Surut pada tabel 4.9 berikut.

Tabel 4.8 Komponen pasut pada lokasi penelitian 2

Komponen Pasut	Amplitudo (m)	Std_Amp (m)	Fase			Std_F (deg)
			(°)	(')	(")	
M2	0.067	0.005	207	9	27.516	4.548
S2	0.105	0.004	104	50	54.033	2.935
K1	0.049	0.003	68	53	57.294	5.933
O1	0.053	0.003	98	13	19.583	4.391
N2	0.010	0.003	154	43	19.401	1.291

Komponen Pasut	Amplitudo (m)	Std_Amp (m)	Fase			Std_F (deg)
			(°)	(')	(")	
K2	0.169	0.012	29	28	56.742	5.797
P1	0.191	0.012	190	40	27.751	4.976
M4	0.049	0.002	95	24	20.594	3.661
MS4	0.037	0.006	180	52	0.144	20.803

Tabel 4.9 Perbedaan nilai komponen pasut di lokasi penelitian 2

Komponen Pasut	Amplitudo (m)	Fase		
		(°)	(')	(")
M2	0.023	187	53	0.756
S2	0.062	39	27	26.433
K1	0.003	59	43	50.706
O1	0.044	5	23	21.143
N2	0.011	30	25	28.761
K2	0.160	125	59	45.498
P1	0.177	70	30	40.951
M4	0.046	12	23	39.406
MS4	0.034	128	36	47.184

Pada tabel 4.8 nilai amplitudo dan fase yang dihasilkan pada masing-masing 9 konstanta pasang surut pada lokasi pengamatan ke-2 menunjukan standar deviasi amplitudo dalam orde milimeter dan centimeter (besarannya hampir sama). Sedangkan standar deviasi fase bervariasi dalam satuan derajat dimana MS4 memiliki standar deviasi fase paling besar. Jika dibandingkan hasil konstanta pasut dari data Jason-2 dan Jason-3 dengan data stasiun pasut terdapat perbedaan nilai amplitudo dan fase yang dapat dilihat dari selisih hasil keduanya pada tabel 4.9. Untuk perbedaanya berkisar 0.003 meter pada amplitudo K1 sampai dengan 0.177 pada amplitudo P1. Nilai fase yang dihasilkan menunjukan perbedaan nilai paling kecil 5°23'21.143" pada O1 dan paling besar yaitu 187°53'0.756" pada M2.

3. Lokasi penelitian 3

Titik pengamatan 1 terletak di utara Pulau Jawa yaitu pada Perairan Pemalang yang dilewati oleh pass 064 Jason-2 dan Jason-3. Dari tabel 4.10 ditunjukan hasil nilai amplitudo dan fase dari

data Jason-2 dan Jason-3 kemudian dapat dibandingkan dengan melihat selisih hasil nilai amplitudo dan fase dari data Stasiun Pasang Surut pada tabel 4.11 berikut.

Tabel 4.10 Komponen pasut pada lokasi penelitian 3

Komponen Pasut	Amplitudo (m)	Std_Amp (m)	Fase (°)	(')	(")	Std_F (deg)
M2	0.031	0.003	231	16	7.958	5.551
S2	0.018	0.003	68	45	45.240	31.732
K1	0.031	0.002	127	57	53.833	17.675
O1	0.051	0.002	121	9	40.372	5.536
N2	0.024	0.002	104	51	39.992	13.043
K2	0.125	0.009	127	15	56.231	5.619
P1	0.127	0.009	106	10	38.157	5.272
M4	0.015	0.002	234	55	58.306	26.446
MS4	0.091	0.007	240	21	23.374	18.060

Tabel 4.11 Perbedaan nilai komponen pasut di lokasi penelitian 3

Konstanta Pasut	Amplitudo (m)	Fase (°)	(')	(")
M2	0.024	104	13	18.398
S2	0.033	19	20	0.360
K1	0.083	15	44	1.873
O1	0.027	45	32	8.468
N2	0.012	45	56	21.512
K2	0.099	13	29	10.969
P1	0.099	47	37	56.157
M4	0.014	91	12	35.507
MS4	0.089	100	50	4.174

Pada tabel 4.10 nilai amplitudo dan fase yang dihasilkan pada masing-masing 9 konstanta pasang surut pada lokasi pengamatan 3 menunjukan standar deviasi amplitudo dalam orde milimeter (besarannya hampir sama). Sedangkan standar deviasi fase bervariasi dalam satuan derajat dimana S2 memiliki standar deviasi fase paling besar. Jika dibandingkan hasil konstanta pasut dari data Jason-2 dan Jason-3 dengan data stasiun pasut terdapat perbedaan nilai amplitudo dan fase yang dapat dilihat dari selisih hasil keduanya pada tabel 4.11. Untuk perbedaanya berkisar 0.012 meter pada amplitudo N2 sampai dengan 0.099 meter pada

amplitudo K2 dan P1. Nilai fase yang dihasilkan menunjukan perbedaan nilai paling kecil 13°29'10.969" pada K2 dan paling besar yaitu 104°13'18.398" pada M2.

4. Lokasi penelitian 4

Titik pengamatan 4 terletak di utara Pulau Jawa yaitu pada Perairan Tuban yang dilewati oleh pass 127 Jason-2 dan Jason-3. Dari tabel 4.12 ditunjukan hasil nilai amplitudo dan fase dari data Jason-2 dan Jason-3 kemudian dapat dibandingkan dengan melihat selisih hasil nilai amplitudo dan fase dari data Stasiun Pasang Surut pada tabel 4.13 berikut.

Tabel 4.12 Komponen pasut di lokasi penelitian 4

Komponen Pasut	Amplitudo (m)	Std_Amp (m)	Fase (°)	(')	(")	Std_F (deg)
M2	0.038	0.006	56	17	11.737	4.396
S2	0.035	0.006	23	47	35.971	14.070
K1	0.055	0.004	110	29	38.064	5.900
O1	0.053	0.004	235	26	4.113	10.598
N2	0.061	0.004	68	15	32.974	4.070
K2	0.114	0.017	218	14	53.598	12.603
P1	0.105	0.017	22	22	47.185	13.293
M4	0.020	0.003	68	23	1.875	25.146
MS4	0.013	0.008	351	56	16.211	36.077

Tabel 4.13 Perbedaan nilai komponen pasut di lokasi penelitian 4

Komponen Pasut	Amplitudo (m)	Fase (°)	(')	(")
M2	0.012	28	11	47.783
S2	0.015	65	53	9.869
K1	0.060	17	12	21.936
O1	0.033	151	2	47.673
N2	0.053	47	43	47.426
K2	0.109	75	37	19.998
P1	0.045	56	2	38.855
M4	0.018	106	2	32.589
MS4	0.012	149	54	15.251

Pada tabel 4.12 nilai amplitudo dan fase yang dihasilkan pada masing-masing 9 konstanta pasang surut pada lokasi

pengamatan 4 menunjukan standar deviasi amplitudo dalam orde milimeter dan centimeter (besarannya hampir sama). Sedangkan standar deviasi fase bervariasi dalam satuan derajat dimana MS4 memiliki standar deviasi fase paling besar. Jika dibandingkan hasil konstanta pasut dari data Jason-2 dan Jason-3 dengan data stasiun pasut terdapat perbedaan nilai amplitudo dan fase yang dapat dilihat dari selisih hasil keduanya pada tabel 4.13. Untuk perbedaanya berkisar 0.012 meter pada amplitudo M2 dan MS4 sampai dengan 0.109 meter pada amplitudo K2. Nilai fase yang dihasilkan menunjukan perbedaan nilai paling kecil 28°11'47.783" pada K2 dan paling besar yaitu 151°2'47.673" pada M2.

5. Lokasi penelitian 5

Titik pengamatan 5 terletak di utara Pulau Jawa yaitu pada Perairan Lamongan yang dilewati oleh pass 140 Jason-2 dan Jason-3. Dari tabel 4.14 ditunjukan hasil nilai amplitudo dan fase dari data Jason-2 dan Jason-3 kemudian dapat dibandingkan dengan melihat selisih hasil nilai amplitudo dan fase dari data Stasiun Pasang Surut pada tabel 4.15 berikut.

Tabel 4.14 Komponen pasut pada lokasi penelitian 5

Komponen Pasut	Amplitudo (m)	Std_Amp (m)	Fase (°)	(')	(")	Std_F (deg)
M2	0.066	0.006	34	30	56.375	5.390
S2	0.059	0.005	108	47	28.365	4.687
K1	0.045	0.003	103	15	53.380	4.463
O1	0.014	0.004	125	13	7.994	70.283
N2	0.035	0.003	185	36	15.119	5.625
K2	0.110	0.016	99	24	24.681	10.467
P1	0.110	0.015	96	0	52.037	10.549
M4	0.032	0.003	72	59	36.405	8.939
MS4	0.058	0.008	339	15	24.047	60.775

Tabel 4.15 Perbedaan nilai komponen pasut di lokasi penelitian 5

Komponen Pasut	Amplitudo (m)	Fase (°)	(')	(")
M2	0.015	166	53	10.895
S2	0.022	29	49	30.765

Komponen Pasut	Amplitudo (m)	Fase		
		(°)	(')	(")
K1	0.068	28	16	55.820
O1	0.016	71	8	17.834
N2	0.024	66	11	53.519
K2	0.102	1	11	50.481
P1	0.051	25	21	17.477
M4	0.029	69	34	7.377
MS4	0.056	318	28	19.127

Pada tabel 4.14 nilai amplitudo dan fase yang dihasilkan pada masing-masing 9 konstanta pasang surut pada lokasi pengamatan 5 menunjukan standar deviasi amplitudo dalam orde milimeter dan centimeter. Sedangkan standar deviasi fase bervariasi dalam satuan derajat dimana O1 memiliki standar deviasi fase paling besar. Jika dibandingkan hasil konstanta pasut dari data Jason-2 dan Jason-3 dengan data stasiun pasut terdapat perbedaan nilai amplitudo dan fase yang dapat dilihat dari selisih hasil keduanya pada tabel 4.15. Untuk perbedaanya berkisar 0.015 meter pada amplitudo M2 sampai dengan 0.102 meter pada amplitudo K2. Nilai fase yang dihasilkan menunjukan perbedaan nilai paling kecil 1°11'50.481" pada K2 dan paling besar yaitu 318°28'19.6127" pada MS4.

6. Lokasi penelitian 6

Titik pengamatan 6 terletak di selatan Pulau Jawa yaitu pada Perairan Binuangeun yang dilewati oleh pass 229 Jason-2 dan Jason-3. Dari tabel 4.16 ditunjukan hasil nilai amplitudo dan fase dari data Jason-2 dan Jason-3 kemudian dapat dibandingkan dengan melihat selisih hasil nilai amplitudo dan fase dari data Stasiun Pasang Surut pada tabel 4.17 berikut.

Tabel 4.7 Komponen pasut pada lokasi penelitian 6

Komponen Pasut	Amplitudo (m)	Std_Amp (m)	Fase			Std_F (deg)
			(°)	(')	(")	
M2	0.104	0.008	99	43	52.539	5.769
S2	0.095	0.008	151	56	23.657	4.983

Komponen Pasut	Amplitudo (m)	Std_Amp (m)	Fase			Std_F (deg)
			(°)	(')	(")	
K1	0.005	0.005	187	28	28.616	88.735
O1	0.095	0.005	109	5	19.511	4.549
N2	0.144	0.005	151	36	30.133	1.901
K2	0.410	0.022	134	59	40.795	4.062
P1	0.519	0.022	116	42	43.991	3.187
M4	0.024	0.004	156	45	58.082	23.113
MS4	0.178	0.011	194	41	34.503	9.787

Tabel 4.16 Perbedaan nilai komponen pasut di lokasi penelitian 6

Komponen Pasut	Amplitudo (m)	Fase		
		(°)	(')	(")
M2	0.041	12	54	39.741
S2	0.042	10	50	2.743
K1	0.047	43	2	48.176
O1	0.055	1	8	40.751
N2	0.127	5	40	59.053
K2	0.407	73	2	29.995
P1	0.502	62	53	59.209
M4	0.023	95	9	50.882
MS4	0.177	27	49	11.937

Pada tabel 4.16 nilai amplitudo dan fase yang dihasilkan pada masing-masing 9 konstanta pasang surut pada lokasi pengamatan 6 menunjukan standar deviasi amplitudo dalam orde milimeter dan centimeter (besarannya hampir sama). Sedangkan standar deviasi fase bervariasi dalam satuan derajat dimana MS4 memiliki standar deviasi fase paling besar. Jika dibandingkan hasil konstanta pasut dari data Jason-2 dan Jason-3 dengan data stasiun pasut terdapat perbedaan nilai amplitudo dan fase yang dapat dilihat dari selisih hasil keduanya pada tabel 4.17. Untuk perbedaanya berkisar 0.023 meter pada amplitudo M4 sampai dengan 0.502 meter pada amplitudo P1. Nilai fase yang dihasilkan menunjukan perbedaan nilai paling kecil 1°8'40.751" pada O1 dan paling besar yaitu 95°9'50.882" pada M4.

7. Lokasi penelitian 7

Titik pengamatan 7 terletak di selatan Pulau Jawa yaitu pada Perairan Ciamis yang dilewati oleh pass 051 Jason-2 dan Jason-3. Dari tabel 4.18 ditunjukan hasil nilai amplitudo dan fase dari data Jason-2 dan Jason-3 kemudian dapat dibandingkan dengan melihat selisih hasil nilai amplitudo dan fase dari data Stasiun Pasang Surut pada tabel 4.19 berikut.

Tabel 4.17 Konstanta pasut di lokasi penelitian 7

Komponen Pasut	Amplitudo (m)	Std_Amp (m)	Fase (°)	(')	(")	Std_F (deg)
M2	0.109	0.008	192	40	5.786	5.435
S2	0.141	0.008	81	18	35.856	3.988
K1	0.041	0.005	124	0	49.790	23.481
O1	0.059	0.005	71	32	12.117	8.604
N2	0.028	0.005	81	43	13.417	7.866
K2	0.272	0.021	14	17	34.125	6.156
P1	0.261	0.022	170	29	18.926	6.318
M4	0.028	0.004	72	26	17.472	15.919
MS4	0.145	0.017	86	35	36.541	5.605

Tabel 4.18 Perbedaan nilai komponen pasut di lokasi penelitian 7

Komponen Pasut	Amplitudo (m)	Fase (°)	(')	(")
M2	0.084	182	30	18.266
S2	0.083	14	46	22.584
K1	0.004	71	5	19.790
O1	0.042	33	52	50.517
N2	0.023	34	8	34.777
K2	0.255	4	34	25.221
P1	0.227	33	14	4.526
M4	0.026	65	12	35.328
MS4	0.144	60	6	56.219

Pada tabel 4.18 nilai amplitudo dan fase yang dihasilkan pada masing-masing 9 konstanta pasang surut pada lokasi pengamatan 7 menunjukan standar deviasi amplitudo dalam orde milimeter dan centimeter (besarannya hampir sama). Sedangkan standar deviasi fase bervariasi dalam satuan derajat dimana K1

memiliki standar deviasi fase paling besar. Jika dibandingkan hasil konstanta pasut dari data Jason-2 dan Jason-3 dengan data stasiun pasut terdapat perbedaan nilai amplitudo dan fase yang dapat dilihat dari selisih hasil keduanya pada tabel 4.19. Untuk perbedaanya berkisar 0.023 meter pada amplitudo N2 sampai dengan 0.255 meter pada amplitudo K2. Nilai fase yang dihasilkan menunjukan perbedaan nilai paling kecil 4°34'25.221" pada K2 dan paling besar yaitu 182°30'18.266" pada M2.

8. Lokasi penelitian 8

Titik pengamatan 8 terletak di selatan Pulau Jawa yaitu pada Perairan Purworejo yang dilewati oleh pass 064 Jason-2 dan Jason-3. Dari tabel 4.20 ditunjukan hasil nilai amplitudo dan fase dari data Jason-2 dan Jason-3 kemudian dapat dibandingkan dengan melihat selisih hasil nilai amplitudo dan fase dari data Stasiun Pasang Surut pada tabel 4.21 berikut.

Tabel 4.19 Komponen pasut pada lokasi penelitian 8

Komponen Pasut	Amplitudo (m)	Std_Amp (m)	Fase (°)	(')	(")	Std_F (deg)
M2	0.281	0.009	212	43	15.150	2.538
S2	0.304	0.009	104	26	28.489	2.224
K1	0.099	0.005	18	24	22.838	2.657
O1	0.090	0.006	124	25	42.273	6.797
N2	0.074	0.006	34	51	43.844	6.484
K2	0.118	0.026	9	2	24.861	17.136
P1	0.222	0.026	185	56	28.530	8.882
M4	0.041	0.005	150	4	17.806	12.878
MS4	0.097	0.019	122	51	44.676	50.544

Tabel 4.20 Perbedaan nilai komponen pasut di lokasi penelitian 8

Komponen Pasut	Amplitudo (m)	Fase (°)	(')	(")
M2	0.141	49	37	29.550
S2	0.253	51	58	2.089
K1	0.057	118	51	31.162
O1	0.050	28	9	5.433
N2	0.030	68	50	3.196

Komponen Pasut	Amplitudo (m)	Fase		
		(°)	(')	(")
K2	0.101	121	23	24.219
P1	0.204	61	23	20.250
M4	0.033	95	47	8.206
MS4	0.087	60	51	23.076

Pada tabel 4.20 nilai amplitudo dan fase yang dihasilkan pada masing-masing 9 konstanta pasang surut pada lokasi pengamatan 7 menunjukan standar deviasi amplitudo dalam orde milimeter dan centimeter (besarannya hampir sama). Sedangkan standar deviasi fase bervariasi dalam satuan derajat dimana MS4 memiliki standar deviasi fase paling besar. Jika dibandingkan hasil konstanta pasut dari data Jason-2 dan Jason-3 dengan data stasiun pasut terdapat perbedaan nilai amplitudo dan fase yang dapat dilihat dari selisih hasil keduanya pada tabel 4.21. Untuk perbedaanya berkisar 0.03 meter pada amplitudo N2 sampai dengan 0.253 meter pada amplitudo S2. Nilai fase yang dihasilkan menunjukan perbedaan nilai paling kecil 28°9'5.433" pada O1 dan paling besar yaitu 121°23'24.219" pada K2.

9. Lokasi penelitian 9

Titik pengamatan 9 terletak di selatan Pulau Jawa yaitu pada Perairan Pacitan yang dilewati oleh pass 127 Jason-2 dan Jason-3. Dari tabel 4.22 ditunjukan hasil nilai amplitudo dan fase dari data Jason-2 dan Jason-3 kemudian dapat dibandingkan dengan melihat selisih hasil nilai amplitudo dan fase dari data Stasiun Pasang Surut pada tabel 4.23 berikut.

Tabel 4.21 Komponen pasut pada lokasi penelitian 9

Komponen Pasut	Amplitudo (m)	Std_Amp (m)	Fase			Std_F (deg)
			(°)	(')	(")	
M2	0.101	0.008	205	23	20.379	5.391
S2	0.124	0.007	65	48	32.762	3.963
K1	0.051	0.004	132	48	6.528	14.905
O1	0.023	0.005	295	26	23.939	50.235
N2	0.051	0.005	155	16	44.469	9.954

Komponen Pasut	Amplitudo (m)	Std_Amp (m)	Fase			Std_F (deg)
			(°)	(')	(")	
K2	0.313	0.021	110	47	3.214	4.961
P1	0.305	0.021	94	16	39.692	5.116
M4	0.028	0.004	151	9	2.786	19.096
MS4	0.053	0.011	159	20	41.329	96.069

Tabel 4.22 Perbedaan nilai komponen pasut di lokasi penelitian 9

Komponen Pasut	Amplitudo (m)	Fase		
		(°)	(')	(")
M2	0.023	25	21	36.021
S2	0.062	48	40	59.162
K1	0.007	126	31	43.908
O1	0.022	68	59	45.539
N2	0.030	10	56	20.331
K2	0.292	35	54	4.414
P1	0.284	73	39	2.548
M4	0.025	27	31	25.586
MS4	0.052	74	55	25.369

Pada tabel 4.22 nilai amplitudo dan fase yang dihasilkan pada masing-masing 9 konstanta pasang surut pada lokasi pengamatan 9 menunjukan standar deviasi amplitudo dalam orde milimeter dan centimeter (besarannya hampir sama). Sedangkan standar deviasi fase bervariasi dalam satuan derajat dimana MS4 memiliki standar deviasi fase paling besar. Jika dibandingkan hasil konstanta pasut dari data Jason-2 dan Jason-3 dengan data stasiun pasut terdapat perbedaan nilai amplitudo dan fase yang dapat dilihat dari selisih hasil keduanya pada tabel 4.23. Untuk perbedaanya berkisar 0.007 meter pada amplitudo K1 sampai dengan 0.292 meter pada amplitudo K2. Nilai fase yang dihasilkan menunjukan perbedaan nilai paling kecil 10°56'20.331" pada N2 dan paling besar yaitu 126°31'43.908" pada K1.

10. Lokasi penelitian 10

Titik pengamatan 10 terletak di selatan Pulau Jawa yaitu pada Perairan Malang yang dilewati oleh pass 140 Jason-2 dan Jason-3. Dari tabel 4.24 ditunjukan hasil nilai amplitudo dan fase

dari data Jason-2 dan Jason-3 kemudian dapat dibandingkan dengan melihat selisih hasil nilai amplitudo dan fase dari data Stasiun Pasang Surut pada tabel 4.25 berikut.

Tabel 4.23 Komponen pasut di lokasi penelitian 10

Komponen Pasut	Amplitudo (m)	Std_Amp (m)	Fase (°)	(')	(")	Std_F (deg)
M2	0.132	0.009	68	38	17.937	4.992
S2	0.104	0.009	113	30	51.774	5.339
K1	0.038	0.005	175	29	33.975	8.683
O1	0.056	0.006	98	31	49.758	8.111
N2	0.042	0.006	161	4	18.176	13.445
K2	0.519	0.025	106	46	0.720	3.508
P1	0.456	0.024	85	8	8.934	4.023
M4	0.021	0.005	172	18	22.866	19.806
MS4	0.075	0.012	191	26	31.357	37.872

Tabel 4.24 Perbedaan nilai komponen pasut di lokasi penelitian 10

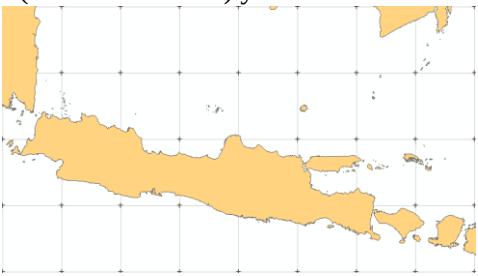
Komponen Pasut	Amplitudo (m)	Fase (°)	(')	(")
M2	0.025	85	21	10.625
S2	0.078	9	21	53.994
K1	0.020	68	43	22.409
O1	0.015	4	3	20.298
N2	0.000	16	7	53.604
K2	0.459	13	29	47.834
P1	0.448	5	53	50.359
M4	0.018	31	15	39.764
MS4	0.074	32	21	30.690

Pada tabel 4.24 nilai amplitudo dan fase yang dihasilkan pada masing-masing 9 konstanta pasang surut pada lokasi pengamatan 10 menunjukan standar deviasi amplitudo dalam orde milimeter dan centimeter (besarannya hampir sama). Sedangkan standar deviasi fase bervariasi dalam satuan derajat dimana MS4 memiliki standar deviasi fase paling besar. Jika dibandingkan hasil konstanta pasut dari data Jason-2 dan Jason-3 dengan data stasiun pasut terdapat perbedaan nilai amplitudo dan fase yang dapat dilihat dari selisih hasil keduanya pada tabel 4.25. Untuk

perbedaanya berkisar lebih kecil dari orde milimeter sebesar 0.000 meter pada amplitudo N2 sampai dengan 0.459 meter pada amplitudo K2. Nilai fase yang dihasilkan menunjukan perbedaan nilai paling kecil 4°3'20.298" pada O1 dan paling besar yaitu 85°21'10.625" pada M2.

4.7 Perbandingan Variasi Spasial

Pada pembuatan variasi spasial Co-Tidal, dilakukan dengan *Gridding* untuk mengisi kekosongan data terhadap nilai lintang dan bujur untuk membuat kontur persebaran nilai konstanta pasut. Hal yang disesuaikan pada proses gridding adalah koordinat batas wilayah yang digunakan dan ukuran grid. Batas wilayah yang digunakan 3.5°LS – 9.5°LS dan 105°BT-117°BT. Ukuran kotak grid yang digunakan setengah dari jarak antar lintasan satelit Jason-2 dan Jason-3 (315 km atau ±3°) yaitu sebesar 1.5°x 1.5°.



Gambar 4.8 Gridding data pada perairan Jawa

Hasil setelah *Gridding* menggambarkan variasi amplitudo dan fase di Perairan Jawa. Variasi ini dinyatakan dalam perambatan Co-Amplitude (meter) ditunjukkan oleh gradasi warna dan Co-Phase (°) ditunjukkan oleh garis hitam dengan interval 15°.

Untuk selanjutnya dihitung korelasi dan tingkat akurasi pada masing-masing konstanta pasang surut. Proses kontrol kualitas dan mengetahui hubungan nilai komponen pasut dilakukan dengan menghitung koefisisen korelasi (Kendartiwastra 2018), pada

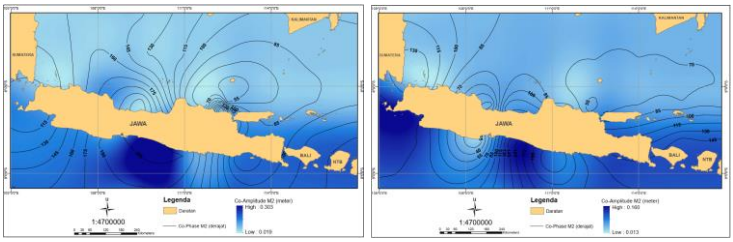
konstanta hasil analisis harmonik metode *Least Square* terhadap Jason-2, Jason-3, dan stasiun pasang surut dengan persamaan 2.25. Dan untuk verifikasi akurasi hasil analisis harmonik untuk mengestimasi konstanta pasut salah satunya dengan menghitung RMS pada konstanta pasang surut (Victor., et al. 2014). Perhitungan RMS dapat dilakukan dengan menggunakan rumus sebagai berikut (Victor., et al. 2014).

$$\text{RMS} = \left(\frac{1}{N}\sum_N \frac{1}{2}\{[H_0\cos(G_0) - H_m\cos(G_m)]^2 + [H_0\sin(G_0) - H_m\sin(G_m)]^2\}\right)^{\frac{1}{2}}$$

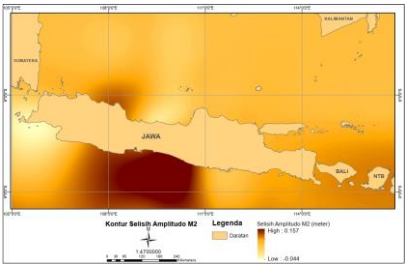
dimana N adalah jumlah poin yang digunakan, dan H_0 dan G_0 adalah amplitudo dan fase yang didapatkan dari satelit altimetri. Sedangkan H_m dan G_m adalah amplitudo dan fase dari pendekatan pasang surut untuk dibandingkan atau dalam penelitian ini dari pengamatan stasiun pasang surut.

4.7.1 Komponen Pasut M2

Hasil analisis harmonik metode *Least Square* data Jason-2 dan Jason-3 terhadap data pengamatan stasiun pasut pada konstanta M2 keduanya mempunyai korelasi yang kuat sebesar 0.723. Dan tingkat akurasi dengan RMS 0.059 meter.



(a) (b)



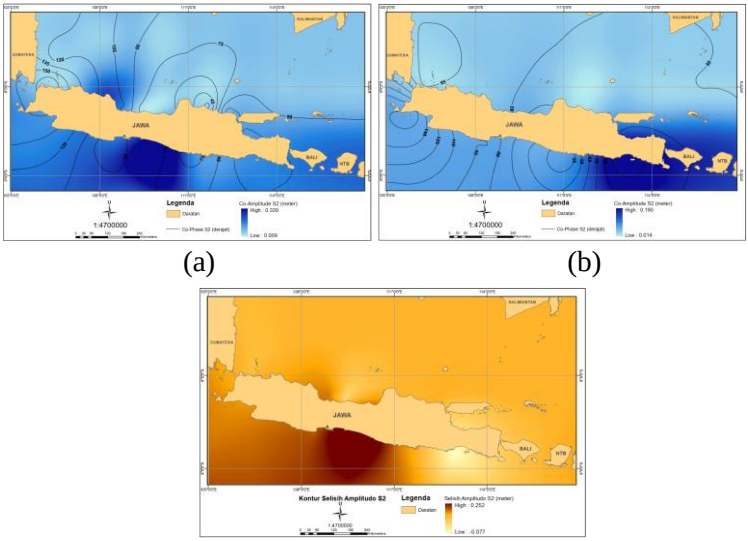
(c)

Gambar 4.9 Kontur Pasang Surut M2: (a) Hasil Jason-2 dan-3; (b) Hasil Stasiun Pasut; (c) Selisih Amplitudo

Pada Gambar 4.9(a) nilai amplitudo M2 perairan Jawa didapatkan nilai minimum 0.019 meter dan maksimum 0.303 meter. Untuk fase M2 di utara Pulau Jawa merambat dari daerah dekat Laut Jawa bagian timur menuju ke perairan barat Pulau Jawa dan kembali dari selat Sunda serta menjauh ke arah Laut Bali atau Laut Flores. Pada perairan selatan Pulau Jawa perambatan fase M2 dari arah barat (Samudera Hindia) menuju ke arah timur Pulau Jawa. Sedangkan Gambar 4.9(b) nilai amplitudo M2 perairan Jawa didapatkan nilai minimum 0.013 meter dan maksimum 0.160 meter, untuk fase sama seperti M2, pada perairan utara Pulau Jawa merambat dari daerah dekat Laut Jawa bagian timur menuju ke perairan barat Pulau Jawa. Dan pada perairan selatan Pulau Jawa perambatan fase M2 dari arah barat (Samudera Hindia) menuju ke arah timur Pulau Jawa. Dengan selisih minimum dan maksimum hasil kedua pengamatan sebesar -0.044 sampai 0.157 meter.

4.7.2 Komponen Pasut S2

Hasil analisis harmonik metode *Least Square* data Jason-2 dan Jason-3 terhadap data pengamatan stasiun pasut pada konstanta S2 keduanya mempunyai korelasi yang lemah sebesar 0.312. Dan tingkat akurasi dengan RMS 0.052 meter.



(a) (b)

(c)

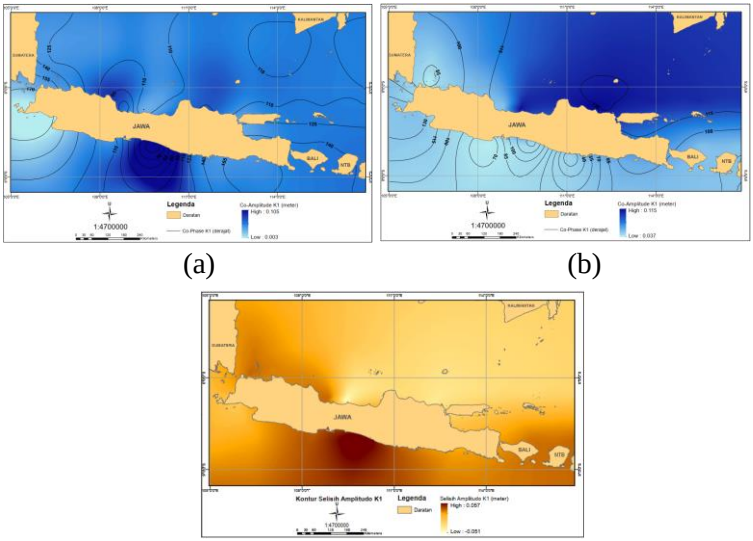
Gambar 4.10 Kontur Pasang Surut S2: (a) Hasil Jason-2 dan-3; (b) Hasil Stasiun Pasut; (c) Selisih Amplitudo

Pada Gambar 4.19(a) nilai amplitudo S2 di perairan Jawa didapatkan nilai minimum 0.009 meter dan maksimum 0.339 meter. Untuk nilai fase S2 di utara Pulau Jawa merambat dari arah timur Pulau Jawa (Laut Flores) menuju ke arah barat Laut Jawa. Pada perairan selatan merambat dari dekat perairan Jawa bagian timur menyebar kearah timur dan barat Pulau Jawa. Sedangkan pada Gambar 4.19(b) nilai amplitudo S2 di perairan Jawa didapatkan nilai minimum 0.009 meter dan maksimum 0.339 meter. Untuk nilai fase S2 di utara Pulau Jawa perambatannya bermula pada perairan Bangka/Belitung menuju ke Laut Jawa dan menjauh kearah Selat Sunda. Pada perairan selatan Pulau Jawa merambat dari dekat perairan Jawa bagian timur menyebar kearah timur dan barat Pulau Jawa. Dengan selisih minimum dan

maksimum hasil kedua pengamatan sebesar -0.077 sampai 0.252 meter.

4.7.3 Komponen Pasut K1

Hasil analisis harmonik metode *Least Square* data Jason-2 dan Jason-3 terhadap data pengamatan stasiun pasut pada konstanta K1 keduanya mempunyai korelasi yang sangat lemah sebesar -0.100. Dan tingkat akurasi dengan RMS 0.039 meter.



(a) (b)

(c)

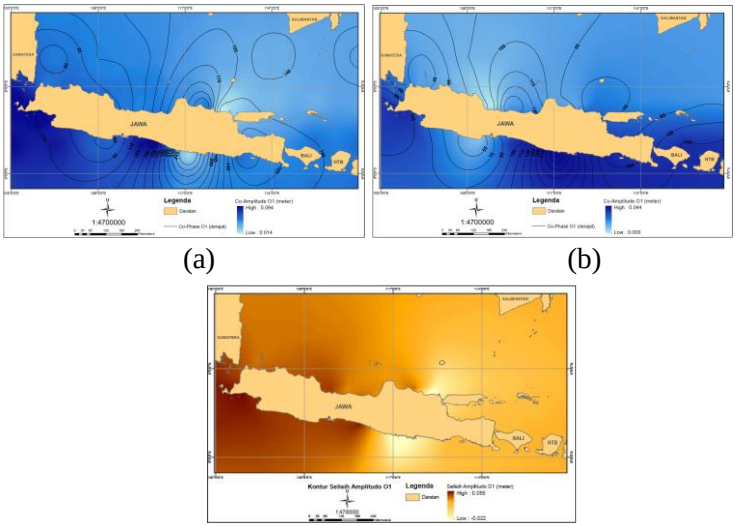
Gambar 4.11 Kontur Pasang Surut K1: (a) Hasil Jason-2 dan-3; (b) Hasil Stasiun Pasut; (c) Selisih Amplitudo

Pada Gambar 4.20(a) dihasilkan nilai amplitudo K1 di perairan Jawa minimum 0.003 meter dan maksimum 0.105 meter. Untuk nilai fase K1 di utara pulau Jawa merambat dari arah timur (Laut Flores) menuju ke arah barat laut Jawa. Pada perairan selatan pulau Jawa merambat dari depan perairan tengah pulau Jawa

menuju ke arah timur pulau Jawa. Sedangkan pada Gambar 4.20(b) nilai amplitudo K1 di perairan Jawa didapatkan nilai minimum 0.037 meter dan maksimum 0.115 meter. Untuk nilai fase K1 di utara pulau Jawa perambatannya bermula dari Selat Sunda menuju ke Laut Jawa. Pada perairan selatan merambat dari dekat perairan Jawa bagian timur menyebar kearah timur dan barat Pulau Jawa. Dengan selisih minimum dan maksimum hasil kedua pengamatan sebesar -0.051 sampai 0.057 meter.

4.7.4 Komponen Pasut O1

Hasil analisis harmonik metode *Least Square* data Jason-2 dan Jason-3 terhadap data pengamatan stasiun pasut pada konstanta O1 keduanya mempunyai korelasi yang sangat lemah sebesar 0.191. Dan tingkat akurasi dengan RMS 0.028 meter.



(a) (b)

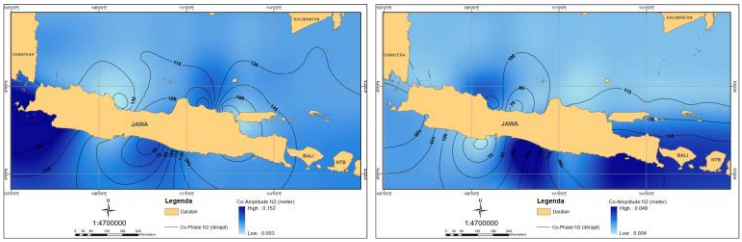
(c)

Gambar 4.12 Kontur Pasang Surut O1: (a) Hasil Jason-2 dan-3; (b) Hasil Stasiun Pasut; (c) Selisih Amplitudo

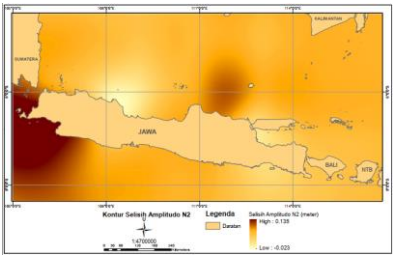
Pada Gambar 4.21(a) nilai amplitudo O1 di perairan Jawa didapatkan nilai minimum 0.014 meter dan maksimum 0.094 meter. Untuk nilai fase O1 di utara Pulau Jawa merambat dari arah Selat Sunda menuju ke arah barat Laut Jawa. Pada perairan selatan Pulau Jawa fase komponen O1 merambat dari arah barat (Samudera Hindia) menuju ke arah timur pulau Jawa. Sedangkan pada Gambar 4.21(b) nilai amplitudo O1 di perairan Jawa didapatkan nilai minimum 0.009 meter dan maksimum 0.044 meter. Untuk nilai fase O1 di utara Pulau Jawa perambatannya bermula barat Pulau Jawa dan Laut Flores menuju ke Laut Jawa. Pada perairan selatan Pulau Jawa merambat dari arah barat (Samudera Hindia) menuju ke nilai arah timur pulau Jawa. Dengan selisih minimum dan maksimum hasil kedua pengamatan sebesar -0.022 sampai 0.055 meter

4.7.5 Komponen Pasut N2

Hasil analisis harmonik metode *Least Square* data Jason-2 dan Jason-3 terhadap data pengamatan stasiun pasut pada konstanta N2 keduanya mempunyai korelasi yang sangat lemah sebesar 0.187. Dan tingkat akurasi dengan RMS 0.031 meter.



(a) (b)



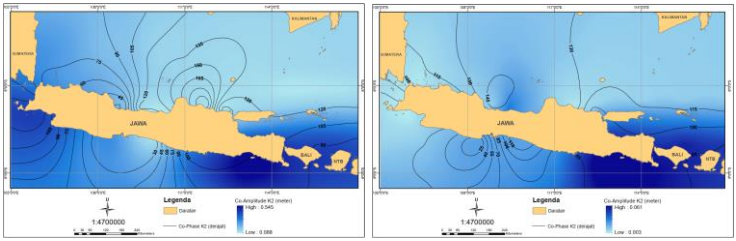
(c)

Gambar 4.13 Kontur Pasang Surut N2: (a) Hasil Jason-2 dan-3; (b) Hasil Stasiun Pasut; (c) Selisih Amplitudo

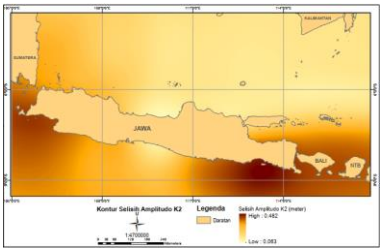
Pada Gambar 4.22(a) nilai amplitudo N2 di perairan Jawa minimum 0.003 meter dan maksimum 0.152 meter. Untuk nilai fase N2 di utara Pulau Jawa merambat dari tengah Laut Jawa menuju ke arah barat dan timur Laut Jawa. Pada perairan selatan Pulau Jawa fase komponen N2 merambat dari depan perairan tengah pulau Jawa menuju ke arah timur dan barat Pulau Jawa. Sedangkan pada Gambar 4.22(b) nilai amplitudo N2 di perairan Jawa didapatkan nilai minimum 0.009 meter dan maksimum 0.044 meter. Untuk nilai fase N2 di utara Pulau Jawa perambatannya bermula dari pesisir Jawa Tengah menuju ke timur dan barat Laut Jawa. Pada perairan selatan Pulau Jawa merambat dari pesisir Jawa Barat menjauh menuju ke timur dan barat pulau Jawa. Dengan selisih minimum dan maksimum hasil kedua pengamatan sebesar -0.023 sampai 0.135 meter

4.7.6 Komponen Pasut K2

Hasil analisis harmonik metode *Least Square* data Jason-2 dan Jason-3 terhadap data pengamatan stasiun pasut pada konstanta K2 keduanya mempunyai korelasi yang cukup kuat yaitu sebesar 0.657. Dan tingkat akurasi dengan RMS 0.170 meter.



(a) (b)



(c)

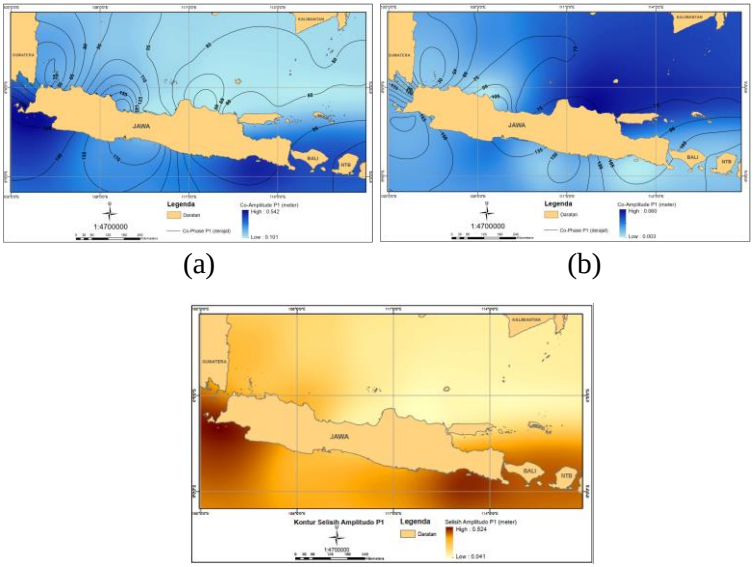
Gambar 4.14 Kontur Pasang Surut K2: (a) Hasil Jason-2 dan-3; (b) Hasil Stasiun Pasut; (c) Selisih Amplitudo

Pada Gambar 4.23(a) nilai amplitudo K2 di perairan Jawa didapatkan nilai minimum 0.088 meter dan maksimum 0.545 meter. Untuk nilai fase K2 di utara Pulau Jawa merambat dari pesisir Jawa menuju timur Laut Jawa. Pada perairan selatan Pulau Jawa fase komponen K2 merambat dari depan perairan tengah Pulau Jawa menuju ke arah timur dan barat Pulau Jawa. Sedangkan pada Gambar 4.23(b) nilai amplitudo K2 di perairan Jawa didapatkan nilai minimum 0.003 meter dan maksimum 0.061 meter. Untuk nilai fase K2 di utara Pulau Jawa perambatannya bermula dari Selat Sunda menuju Laut Jawa. Pada perairan selatan Pulau Jawa merambat dari pesisir Jawa Barat menjauh menuju ke timur dan barat pulau Jawa. Dengan selisih minimum dan

maksimum hasil kedua pengamatan sebesar 0.063 sampai 0.482 meter

4.7.7 Komponen Pasut P1

Hasil analisis harmonik metode *Least Square* data Jason-2 dan Jason-3 terhadap data pengamatan stasiun pasut pada konstanta P1 keduanya mempunyai korelasi yang kuat yaitu sebesar -0.740. Dan tingkat akurasi dengan RMS 0.176 meter.



(a) (b)

(c)

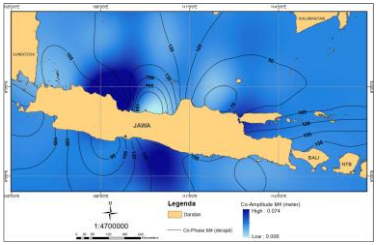
Gambar 4.15 Kontur Pasang Surut P1, (a) Hasil Jason-2 dan-3; (b) Hasil Stasiun Pasut; (c) Selisih Amplitudo

Pada Gambar 4.24(a) nilai amplitudo P1 di perairan Jawa didapatkan nilai minimum 0.101 meter dan maksimum 0.542 meter. Untuk nilai fase P1 di utara Pulau Jawa merambat dari Selat Sunda menuju timur Laut Jawa. Pada perairan selatan Pulau Jawa

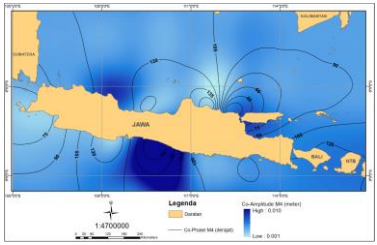
fase komponen K2 merambat dari arah timur Pulau Jawa menuju ke barat (Samudera Hindia). Sedangkan pada Gambar 4.24(b) nilai amplitudo P1 di perairan Jawa didapatkan nilai minimum 0.003 meter dan maksimum 0.060 meter. Untuk nilai fase P1 di utara Pulau Jawa perambatannya bermula dari Selat Sunda dan Laut Flores menuju ke Laut Jawa. Pada perairan selatan Pulau Jawa merambat dari arah timur Pulau Jawa menuju ke barat (Samudera Hindia). Dengan selisih minimum dan maksimum hasil kedua pengamatan sebesar 0.041 sampai 0.524 meter

4.7.8 Komponen Pasut M4

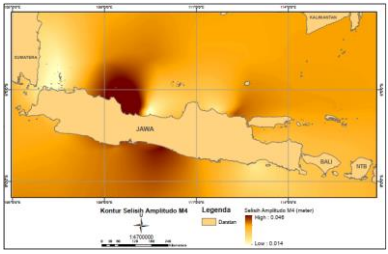
Hasil analisis harmonik metode *Least Square* data Jason-2 dan Jason-3 terhadap data pengamatan stasiun pasut pada konstanta M4 keduanya mempunyai korelasi yang cukup kuat yaitu sebesar 0.602. Dan tingkat akurasi dengan RMS 0.018 meter.



(a)



(b)



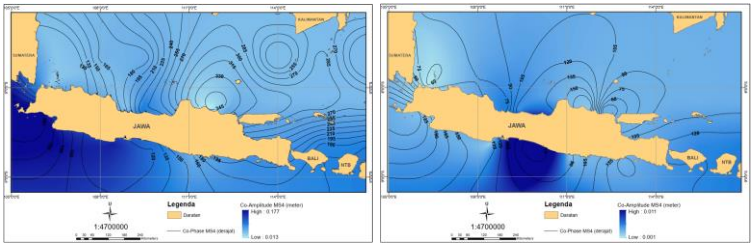
(c)

Gambar 4.16 Kontur Pasang Surut M4: (a) Hasil Jason-2 dan-3; (b) Hasil Stasiun Pasut; (c) Selisih Amplitudo

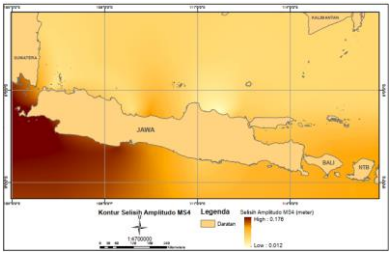
Pada Gambar 4.25(a) nilai amplitudo M4 di perairan Jawa didapatkan nilai minimum 0.006 meter dan maksimum 0.074 meter. Untuk nilai fase M4 di utara Pulau Jawa merambat dari Selat Sunda menuju tengah Laut Jawa dan kembali dari timur Pulau Jawa menuju tengah Laut Jawa. Pada perairan selatan Pulau Jawa fase komponen M4 merambat dari perairan barat Pulau Jawa menuju ke arah timur dan barat Pulau Jawa. Sedangkan pada Gambar 4.25(b) nilai amplitudo M4 di perairan Jawa didapatkan nilai minimum 0.001 meter dan maksimum 0.010 meter. Untuk nilai fase M4 di utara Pulau Jawa perambatannya bermula dari Selat Sunda menuju perairan Jawa Timur dan menjauh ke Laut Jawa bagian timur. Pada perairan selatan Pulau Jawa merambat dari arah barat (Samudera Hindia) dan pesisir Jawa Tengah menuju arah timur Pulau Jawa. Dengan selisih minimum dan maksimum hasil kedua pengamatan sebesar 0.014 sampai 0.046 meter

4.7.9 Komponen Pasut MS4

Hasil analisis harmonik metode *Least Square* data Jason-2 dan Jason-3 terhadap data pengamatan stasiun pasut pada konstanta MS4 keduanya mempunyai korelasi yang lemah yaitu sebesar 0.225. Dan tingkat akurasi dengan RMS 0.059 meter.



(a) (b)



(c)

Gambar 4.17 Kontur Pasang Surut MS4: (a) Hasil Jason-2 dan-3; (b) Hasil Stasiun Pasut; (c) Selisih Amplitudo

Pada Gambar 4.26(a) nilai amplitudo MS4 di perairan Jawa didapatkan nilai minimum 0.013 meter dan maksimum 0.177 meter. Untuk nilai fase MS4 di utara Pulau Jawa merambat dari Selat Sunda menuju timur Laut Jawa dan menjauh ke Laut Bali dan Laut Flores. Pada perairan selatan Pulau Jawa fase komponen MS4 merambat dari perairan barat Pulau Jawa menuju ke arah timur dan barat Pulau Jawa. Sedangkan pada Gambar 4.26(b) nilai amplitudo MS4 di perairan Jawa didapatkan nilai minimum 0.001 meter dan maksimum 0.011 meter. Untuk nilai fase MS4 di utara Pulau Jawa perambatannya bermula dari perairan Serang menuju perairan Jawa Timur dan menjauh ke Laut Jawa bagian timur dan Laut Bali. Pada perairan selatan Pulau Jawa merambat dari pesisir Jawa Tengah menjauh menuju timur dan barat Pulau Jawa. Dengan selisih minimum dan maksimum hasil kedua pengamatan sebesar 0.012 sampai 0.176 meter

4.8 Analisis Amplitudo dan Fase

Tabel 4.25 Perbandingan Altimetri dan Stasiun Pasut

Pengamatan	Karakteristik
Satelit Altimetri	• Lama pengamatan konsisten bertahun-tahun • Baik di daerah *off-shore*

	• Distribusi pengamatan pada lintasan satelit • Rentang pengamatan yang panjang, tergantung periode *cycle* (9.9156 hari untuk Jason) • Skala global
Stasiun Pasut	• Lama pengamatan tidak konsisten, tergantung spesifikasi dan akurasi stasiun pasut • Baik didaerah *near-shore* • Distribusi pengamatan pada daerah pesisir • Rentang pengamatan sampai satuan menit • Skala lokal sampai global

Pada Tabel 4.25 diatas penyebab variasi nilai konstanta pasang surut dari hasil Jason-2 dan Jason-3 dengan pengamatan stasiun pasut mempunyai selisih yang tidak konsisten, bergantung pada posisi dan titik yang dibandingkan.

Pada perbedaan nilai amplitudo masing-masing lokasi pengamatan menunjukan menunjukkan karakteristik pasang surut untuk Perairan Jawa. Perbedaan ini disebabkan oleh adanya tinggi muka air laut yang tidak merata, adanya daratan dan lautan, adanya gaya viskositas massa perairan dan adanya gesekan antar air dan dasar perairan. Variasi nilai tersebut juga diakibatkan oleh perbedaan tenaga pembangkit dari masing masing konstanta. Konstanta M2 dipengaruhi oleh gaya gravitasi bulan, konstanta S2 dipengaruhi oleh gravitasi matahari, konstanta K1 dipengaruhi oleh deklinasi bulan dan matahari, konstanta O1 dipengaruhi oleh deklinasi bulan, konstanta N2 dipengaruhi oleh perubahan jarak bulan, konstanta K2 dipengaruhi oleh perubahan jarak matahari, konstanta P1 dipengaruhi oleh deklinasi matahari, konstanta M4 dipengaruhi dari dua kali kecepatan M2, konstanta MS4 dipengaruhi oleh interaksi M2 dan S2 (Poerbandono dan Djunarsjah 2005).

Hasil *least square* data Jason-2 dan Jason-3 yang terdapat pada sub-bab 4.6 dan hasil least square data stasiun pasang surut

yang terlampir pada lampiran, memiliki nilai paling tinggi dan paling rendah pada 10 lokasi pengamatan ditunjukan pada Tabel 27 berikut:

Tabel 4.26 Nilai Amplitudo Tertinggi dan Terendah

Lokasi Pengamatan	**Pengamatan**	**Nilai Amplitudo (m)**	
		Terbesar	**Terkecil**
1	J2 dan J3	K2(0.275)	M4(0.016)
	Stasiun Pasut	K1(0.037)	MS4(0.001)
2	J2 dan J3	P1(0.191)	N2(0.010)
	Stasiun Pasut	K1(0.051)	M4, MS4(0.003)
3	J2 dan J3	P1(0.127)	M4(0.015)
	Stasiun Pasut	K1(0.114)	M4(0.001)
4	J2 dan J3	K2(0.114)	MS4(0.013)
	Stasiun Pasut	K1(0.115)	M4, MS4 (0.001)
5	J2 dan J3	K2, P1(0.110)	M4(0.032)
	Stasiun Pasut	K1(0.113)	MS4(0.002)
6	J2 dan J3	P1(0.519)	K1(0.005)
	Stasiun Pasut	M2(0.145)	M4, MS4 (0.001)
7	J2 dan J3	K2(0.272)	M4,N2(0.028)
	Stasiun Pasut	S2(0.058)	M4, MS4(0.001)
8	J2 dan J3	S2(0.304)	M4(0.041)
	Stasiun Pasut	M2(0.140)	M4(0.009)
9	J2 dan J3	K2(0.313)	O1(0.023)
	Stasiun Pasut	M2(0.079)	MS4(0.001)
10	J2 dan J3	K2(0.519)	M4(0.021)
	Stasiun Pasut	S2(0.182)	MS4(0.002)

Didapatakan nilai amplitude tertinggi dan terendah hasil dari analisis harmonik metode *Least Square* pada data Jason-2, Jason-3 dan stasiun pasang surut pada Tabel 4.26 pada ke 10 titik lokasi di Perairan Jawa. Pada hasil analisis harmonik Jason-2 dan Jason-3, lokasi pengamatan utara Jawa (titik 1-5) nilai amplitudo tertinggi yaitu konstanta K2 dan P1, untuk terendah pada konstanta M4 dan MS4. Sehingga dapat menjelaskan bahwa pada lokasi pengamatan di utara Jawa yaitu Perairan Serang, Cirebon, Pemalang, Tuban,

dan Lamongan konstanta K2 dan P1 memiliki pengaruh yang besar yang dipengaruhi oleh perubahan jarak bumi dengan matahari akibat lintasan elips dan deklinasi matahari, untuk konstanta M4 dan MS4 dipengaruhi oleh dua kali kecepatan sudut M2 akibat pengaruh bulan di perairan dangkal dan interaksi M2 dan S2 di perairan dangkal dan interaksi M2 dan S2 di perairan dangkal, memiliki pengaruh yang rendah dibanding konstanta lainnya dalam pembentukan pasang surut di lokasi pengamatan. Sedangkan lokasi pengamatan selatan Jawa (titik 6-10) nilai amplitudo tertinggi yaitu K2, P1, dan S2 dan untuk yang terendah pada konstanta M4. Sehingga dapat menjelaskan bahwa pada lokasi pengamatan di selatan Jawa yaitu Perairan Binuangeun, Ciamis, Purworejo, Pacitan, dan Malang konstanta K2, P1, dan S2 memiliki pengaruh yang besar karena dipengaruhi hal yang sama seperti di utara Jawa tetapi juga dipengaruhi gravitasi matahari dengan orbit lingkaran dan sejajar ekuator bumi, untuk konstanta M4 dipengaruhi oleh dua kali kecepatan sudut M2 akibat pengaruh bulan di perairan dangkal yang memiliki pengaruh paling rendah.

Hasil analisis harmonik dari data pengamatan stasiun pasut, lokasi pengamatan utara Jawa (titik 1-5) nilai amplitudo tertinggi yaitu konstanta K1, untuk terendah pada konstanta M4 dan MS4. Sehingga dapat menjelaskan bahwa pada lokasi pengamatan di utara Jawa yaitu Perairan Serang, Cirebon, Pemalang, Tuban, dan Lamongan konstanta K1 memiliki pengaruh yang besar yang dipengaruhi oleh deklinasi sistem bulan dan matahari, untuk konstanta M4 dan MS4 dipengaruhi oleh dua kali kecepatan sudut M2 akibat pengaruh bulan di perairan dangkal dan interaksi M2 dan S2 di perairan dangkal dan interaksi M2 dan S2 di perairan dangkal, memiliki pengaruh yang rendah dibanding konstanta lainnya dalam pembentukan pasang surut di lokasi pengamatan. Sedangkan lokasi pengamatan selatan Jawa (titik 6-10) nilai amplitudo tertinggi yaitu M2 dan S2, untuk terendah pada

konstanta M4. Maka dapat menjelaskan bahwa pada lokasi pengamatan di selatan Jawa yaitu Perairan Binuangeun, Ciamis, Purworejo, Pacitan, dan Malang konstanta M2 dan S2 memiliki pengaruh yang besar yang dipengaruhi oleh gravitasi bulan dengan orbit lingkaran dan sejajar ekuator bumi, untuk konstanta M4 M4 dan MS4 dipengaruhi oleh dua kali kecepatan sudut M2 akibat pengaruh bulan di perairan dangkal dan interaksi M2 dan S2 di perairan dangkal dan interaksi M2 dan S2 di perairan dangkal, memiliki pengaruh yang rendah dibanding konstanta lainnya dalam pembentukan pasang surut di lokasi pengamatan.

Pada sub bab 4.7, fase yang dihasilkan menunjukan besar nilai dari perambatan gelombang dan arah perambatan gelombang masing-masing konstanta harmonik. Adanya variasi nilai dan arah perambatan tersebut yang menggambarkan perbedaan respon di setiap lokasi terhadap gaya pembangkit pasang surut. Arah perambatan pada masing-masing konstanta tersebut dapat dilihat dengan membandingan nilai fase pada konstanta yang sama dilokasi pengamatan yang berdekatan. Apabila nilai fase di lokasi A lebih kecil dari nilai fase di lokasi B, maka komponen pasang surut tersebut akan merambat dari lokasi A menuju ke lokasi B.

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

BAB V
PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil berdasarkan penelitian yang telah dilakukan adalah sebagai berikut.

1. Lokasi penelitian utara Pulau Jawa yaitu pada Perairan Serang, Cirebon, Pemalang, Tuban, dan Lamongan nilai amplitudo tertinggi dari Jason-2 dan Jason-3 adalah komponen K2 dan P1 karena pengaruh perubahan jarak bumi dengan matahari dan deklinasi matahari, sedangkan dari stasiun pasang surut adalah K1 karena pengaruh deklinasi sistem bulan dan matahari. Untuk nilai amplitudo terendah dari Jason-2 dan Jason-3 serta stasiun pasang surut sama, yaitu komponen M4 dan MS4.
2. Lokasi penelitian selatan Pulau Jawa pada perairan Binuangeun, Ciamis, Purworejo, Pacitan, dan Malang nilai amplitudo tertinggi dari Jason-2 dan Jason-3 adalah komponen K2, P1, dan S2 karena pengaruh perubahan jarak bumi dengan matahari, deklinasi matahari dan gravitasi matahari, sedangkan dari stasiun pasang surut adalah komponen M2 dan S2 karena pengaruh gravitasi bulan dan matahari. Untuk nilai amplitudo terendah dari Jason-2 dan Jason-3 serta stasiun pasang surut sama, yaitu komponen M4.
3. Koefisien korelasi untuk proses kontrol kualitas, mulai dari yang terkuat sampai terlemah yaitu, konstanta P1 sebesar -0.740, M2 sebesar 0.723, K2 sebesar 0.657, M4 sebesar 0.602, S2 sebesar 0.312, MS4 sebesar 0.225, O1 sebesar 0.191, N2 sebesar 0.187, dan K1 sebesar -0.100.
4. RMS komponen pasang surut dari analisis harmonik metode *Least Square* data Jason-2 dan Jason-3 terhadap pengamatan stasiun pasang surut mulai dari yang terbesar yaitu pada konstanta P1 sebesar 0.176 meter, K2 sebesar 0.170 meter,

M2 sebesar 0.059 meter, MS4 sebesar 0.059 meter, S2 sebesar 0.052 meter, K1 sebesar 0.040 meter, N2 sebesar 0.031 meter, O1 sebesar 0.028 meter, dan M4 sebesar 0.018 meter

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, beberapa saran dari penulis terhadap penelitian ke depannya adalah sebagai berikut.

1. Persebaran titik pengamatan ditambah dengan persebaran yang meluas dan merata, agar memeperoleh Co-tidal lebih baik.
2. Untuk verifikasi dan validasi bagi analisis harmonik untuk kedua data dapat menggunakan data pengukuran palem pasut.
3. Untuk menguji tingkat akurasi dapat menggunakan hasil pengamatan metode lain atau dapat menggunakan model pasang surut global, misalnya FES2014.

DAFTAR PUSTAKA

Abidin, H. Z. 2001. *Geodesi Satelit.* Bandung: PT Pradnya Paramita.

Andersen, O. B., and R Scharroo. 2011. *Range and Geophysical Corrections in Coastal Regions: And Implications for Mean Sea Surface Determination. In S. Vignudelli, A. G. Kostianoy, P. Cipollini, & J. Benveniste (Eds.), Coastal Altimetry (pp. 103-145).* Berlin Heidelberg: SpringerVerlag.

Azpurua, M, and K. D. Ramos. 2010. "A comparison of Spatial Interpolation Methods for Estimation of Average Electromagnetic Field Magnitude." *Progress in* Vol. 1, pp.135-145.

Chambers, D. P., Ries, J. C., dan Urban. 2003. "Calibration and verification of Jason-1 using global along-track residuals with TOPEX." In *Marine Geodesy*, 305-318.

Chelton, D.B., J.C. Riies, B.J. Haines, and L.-L. & Callahan, P.S Fu. 2001. *Satellite Altimetry. R. Dmowska, J.R. Holton & H.T. Rossby, (Eds.), Satellite Altimetry and Earth Sciences (pp. 145-146).* San Diego: Academic Press.

Church, J. A., J. M. Gregory, N. J. White, S. M. Platten, and and J. X. Mitrovica. 2011. "Understanding and Predicting Sea Level Rise." *Oceanography 24(2):130–43.*

CNES, EUMETSAT, NASA, and NOAA. 2018. *Jason-3 Products Handbook.*

—. 2011. *OSTM/Jason-2 Products Handbook.*

Dilla Ulfiani, D F. n.d. "Pemanfaatan Satelit Altimetri dalam Penentuan Konstanta Pasut." *Institut Teknologi Bandung.*

Emery, J, and R. Thomson. 1998. "Data Analysis Methods in Phisical Oceanography." *Gray Publishing, Tunbridge, Kent, Great Britain, BPC Wheaton, Exeter.*

Faridatunnisa, Maritsa, Leni S. H., and Dwi. Lestari. 2018. "Utilization of Tide Observation and Satellite Altimetry Data

for Detecting Land Vertical Movement." *Universitas Gadjah Mada*.

Fenoglio-Marc, L., C. Braitenberg, and L. Tunini. 2011. "Sea level variability and trends in the Adriatic Sea in 1993–2008 from tide gauges and satellite altimetry." *Phys. and Chem. of the Earth*. 10.1016/j.pce.2011.05.014.

Fenoglio-Marc, L., E. Groten, and C. Dietz. 2004. "Vertical land motion in the Mediterranean Sea from altimetry and tide gauge stations." *Mar. Geod.* 27(3–4):683–701.

Fenoglio-Marc, L., T. Schöne, J., Becker, M., Manurung, P. Illigner, and Khafid. 2012. *Sea Level Change and Vertical Motion from Satellite Altimetry, Tide Gauges and GPS in the Indonesian Region.* Vols. Marine Geodesy, 35:sup1. Taylor & Francis. doi:10.1080/ 01490419.2012.718682.

Fernandes, M., C. Lázaro, A. Nunes, and R. Scharroo. 2014. "Atmospheric corrections for altimetry studies over inland." *Remote Sens,* 6, 4952–4997.

Fu, Lee-Lueng, and Anny Cazenave. 2001. *Satellite Altimetry and Earth Sciences: A Handbook of Techniques and Application.* San Diego: Academic Press.

H. G., Scherneck. 1990. *Loading Greens function for a continental shelf with a Q structure for the mantle and density constraints from the geoid.* Bulletin d'Information des Marées Terrestres, 108:7775–7792.

Handoko, E Y. 2004. *Satelit Altimetri dan Aplikasinya di Bidang Kelautan.* Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Handoko, E. Y., M. J. Fernandes, and C Lazaro. 2017. "Assessment of Altimetric Range and Geophysical Corrections and Mean Sea Surface Models-Impacts on Sea Level Variability around Indonesia Seas." *Remote Sensing* (Remote Sens,102) 9, 102: 1 - 32.

Hasan, M. I. 2013. *Pokok-pokok Statistik 1*. Bumi Aksara.

Ingham, A. E. 1974. *Sea Surveying.* New York: John Willey and Son Ltd.

Kendartiwastra, D. 2018. *Reduksi Data Pemeruman Menggunakan Tidal Zoning Melalui Pendekatan Tidal Constituent and Residual Interpolation (TCARI) (Studi Kasus: Selat Makassar).* Surabaya: FTSLK Intitut Teknologi Sepuluh Nopember.

Khusuma, F. H. 2008. *Analisis Harmonik dengan Menggunakan Teknik Kuadrat Terkecil untuk Penentuan Komponen-komponen Pasut di Perairan Dangkal dari Data Topex/Poseidon.* Bandung: Program Studi Teknik Geodesi dan Geomatika Fakultas Ilmu dan Teknologi Kebumian Institut Teknologi Bandung.

Mardhiyah, Nafisatul. 2017. *Pembuatan Model Pasang Surut Di Perairan Indonesia Berdasarkan Data Satelit Altimetri.* Bandung: Program Studi Teknik Geodesi dan Geomatika Fakultas Ilmu dan Teknologi Kebumian Institut Teknologi Bandung.

Nerem, R S, D P Chambers, C Choe, dan G T Mitchum. 2010. "Estimating Mean Sea Level Change from the TOPEX and Jason Altimeter Missions." In *Marine Geodesy*, 33: S1:435-346.

Nerem, R. S., and G. T. Mitchum. 2002. "Estimates of vertical crustal motion derived from differences of TOPEX/POSEIDON and tide gauge sea level measurements." *Geophys. Res.* 29(19):1934. doi:10.1029/2002GL015037.

Nurmaulia, S. L. 2008. *Studi Awal Penentuan Model Pasut Dari Satelit Altimetri Topex dan Jason-1 (Studi Kasus: Wilayah Perairan Indonesia).* Bandung: Program Studi Teknik Geodesi dan Geomatika Magister Institut Teknologi Bandung.

Ongkosongo. 1989. *Pasang Surut.* Jakarta: LIPI.

Poerbandono dan Djunarsjah, E. 2005. *Survei Hidrografi.* Bandung: PT. Refika Aditama.

Poerbandono. 1999. *Hidrografi Dasar.* Bandung: Jurusan Teknik Geodesi - ITB.

Putra, Widy. 2013. *Analisa Perbandingan Komponen Harmonik Pasut Insitu dan Data Satelit Altimetri Jason.* Surabaya: Program Studi Teknik Geomatika FTSP- Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Ramadhan, Muhammad. 2011. "Komparasi Hasil Pengamatan Pasang Surut di Perairan Pulau Pramuka dan Kabupaten Pati dengan Prediksi Pasang Surut Tide Model River." *Jurnal Segara* VII (1):110.

Ray, R. D., B. D. Beckley, and and F. G. Lemoine. 2010. "Vertical crustal motion derived from satellite altimetry and tide gauges and comparison with DORIS measurements." *Adv. in Space Res.* 45:1510–1522.

Ray, R. D., C. J. Koblinsky, and B. D. Beckley. 1991. "On the effectiveness of Geosat altimeter corrections." *International Journal of Remote Sensing* 12:1979–1984. doi:10.1080/01431169108955231.

Safi'i, Ayu Nur, Agung Syetiawan, Hollanda Arief Kusuma, Yustisi A. Lumban Gaol, Aninda W Rudiastuti, and Nadya Oktaviani. 2018. "Optimalisasi Data Satelit Altimetri untuk Menghitung Konstanta Harmonik Pasang Surut." *Seminar Nasional Geomatika.*

Scharro, Remko. 2018. *RADS Data Manual.* RADS, TUDelft, EUMETSAT,NOAA.

Seifi, F., D., Xiaoli, and Andersen O.B. 2019. "Assessment of the Accuracy of Recent Empirical and Assimilated Tidal Models for the Great Barrier Reef, Australia, Using Satellite and Coastal Data." *Journal MDPI.*

Sella, L. N. 2008. *Studi Awal Penentuan Model Pasut Dari Satelit Altimetri Topex dan Jason-1 (Studi Kasus: Wilayah Perairan Indonesia).* Bandung: Progam Studi Teknik Geodesi dan Geomatika ITB.

Sulaiha, Fiamanati. 2019. *Studi Variasi Permuakaan Laut Di Wilayah Laut Jawa Dan Laut Cina Selatan Menggunakan Data Satelit Altimetri Jason.* Surabaya: Departemen Teknik Geomatika FTSLK-ITS.

Triatmodjo, B. 2009. *Hidrologi Terapan.* Yogyakarta: Beta Offset.

Triatmodjo, B. 2010. *Perencanaan Pelabuhan, Edisi Ketiga.* Yogyakarta: Beta Offset.

Trisirisatayawong, I., M. Naeije, W. Simons, and L. Fenoglio-Marc. 2011. " Sea level change in the Gulf of Thailand from GPS-corrected tide gauge data and multi-satellite altimetry." *Glob. Planet.Chng.* 76:137–151.

Victor., B.D, R. A. Joao Bosco, Gutemberg Franca, and Gregerio T. 2014. "Extraction of Tide Constituents by Harmonic Analysis Using Altimetry Satellite Data in the Brazilian Coast." *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology.*

Yanagi, T., A. Morimoto, and K Ichikawa. 1997. "Co-tidal and Co-range Charts for the East China and the Yellow Sea Derived From Satellite Altimetric Data." *Journal of Oceanography* (Departement of Civil and Ocean Engineering, Ehime University) 53, pp. 303 to 309.

Yildiz, Hasan, and O.B. Anderson. 2013. "Estimates of vertical land motion along the southwestern coasts of Turkey from coastal altimetry and tide gauge data." *Advances in Space Research* Volume 51: 1572-1580.

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

LAMPIRAN

Lampiran 1. Komponen Pasut Hasil *Least Square* Stasiun Pasang Surut

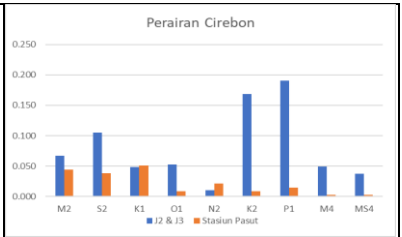
Titik	Lokasi	Konst Pasut	Amplitud (m)	Std_Amp (m)	Fase (°)	(')	(")	Std_F (deg)
1	Perairan Serang	M2	0.016	0.001	147	12	50.400	0.851
		S2	0.022	0.001	55	16	55.200	0.565
		K1	0.037	0.001	78	59	52.800	0.332
		O1	0.021	0.001	22	28	48.000	0.517
		N2	0.010	0.001	112	8	56.400	1.215
		K2	0.004	0.001	109	52	40.800	2.419
		P1	0.012	0.001	8	59	31.200	1.068
		M4	0.002	0.001	91	36	7.200	5.147
		MS4	0.001	0.001	55	21	36.000	60.008
2	Perairan Cirebon	M2	0.044	0.001	19	16	26.400	0.243
		S2	0.043	0.001	65	23	27.600	0.251
		K1	0.051	0.001	128	37	48.000	0.253
		O1	0.009	0.001	92	49	58.800	1.601
		N2	0.021	0.001	124	17	49.200	0.456
		K2	0.009	0.001	155	28	40.800	1.481
		P1	0.014	0.001	120	9	46.800	0.835
		M4	0.003	0.001	107	47	60.000	3.003
		MS4	0.003	0.001	52	15	14.400	2.461
3	Perairan Pemalang	M2	0.054	0.001	127	2	49.200	0.195
		S2	0.051	0.001	88	5	45.600	0.209
		K1	0.114	0.001	112	13	51.600	0.089
		O1	0.023	0.001	166	41	49.200	0.434
		N2	0.012	0.001	58	55	19.200	0.981
		K2	0.026	0.001	140	45	7.200	0.382
		P1	0.028	0.001	58	32	42.000	0.360
		M4	0.001	0.001	143	43	22.800	15.012
		MS4	0.002	0.001	139	31	19.200	4.735
4	Perairan Tuban	M2	0.026	0.002	84	28	58.800	0.951
		S2	0.020	0.002	89	40	44.400	1.186
		K1	0.115	0.002	127	42	0.000	0.150
		O1	0.020	0.002	84	23	16.800	1.017
		N2	0.008	0.002	115	59	20.400	2.308
		K2	0.004	0.002	142	37	33.600	5.048
		P1	0.060	0.002	78	25	26.400	0.285
		M4	0.001	0.002	174	25	33.600	18.227
		MS4	0.001	0.002	202	2	2.400	17.009
5	Perairan Lamongan	M2	0.050	0.002	47	37	44.400	0.106
		S2	0.036	0.002	78	57	57.600	0.154
		K1	0.113	0.002	131	32	49.200	0.162

Titik	Lokasi	Konst Pasut	Amplitud (m)	Std_Amp (m)	Fase (°)	(')	(")	Std_F (deg)
		O1	0.030	0.002	54	4	51.600	0.222
		N2	0.011	0.002	119	24	21.600	0.684
		K2	0.008	0.002	98	12	36.000	0.731
		P1	0.059	0.002	70	39	36.000	0.300
		M4	0.003	0.002	3	25	30.000	1.532
		MS4	0.002	0.002	20	47	6.000	4.217
6	Perairan Binuangeun	M2	0.145	0.002	112	38	31.200	0.108
		S2	0.053	0.002	162	46	26.400	0.299
		K1	0.052	0.002	144	25	40.800	0.302
		O1	0.040	0.002	107	56	38.400	0.395
		N2	0.017	0.002	145	55	30.000	0.931
		K2	0.003	0.002	61	57	10.800	4.334
		P1	0.017	0.002	179	36	43.200	0.898
		M4	0.001	0.002	61	36	7.200	19.218
		MS4	0.001	0.002	222	30	46.800	9.344
7	Perairan Ciamis	M2	0.025	0.002	10	9	46.800	0.751
		S2	0.058	0.002	96	4	58.800	0.294
		K1	0.037	0.002	52	55	30.000	0.462
		O1	0.016	0.002	37	39	21.600	1.073
		N2	0.005	0.002	47	34	37.200	3.648
		K2	0.017	0.002	9	43	8.400	0.982
		P1	0.035	0.002	137	15	14.400	0.484
		M4	0.001	0.002	137	38	52.800	8.792
		MS4	0.001	0.002	146	42	32.400	19.973
8	Perairan Purworejo	M2	0.140	0.003	163	5	45.600	0.167
		S2	0.051	0.003	52	28	26.400	0.495
		K1	0.042	0.003	137	15	54.000	0.588
		O1	0.040	0.003	96	16	37.200	0.601
		N2	0.045	0.003	103	41	45.600	0.524
		K2	0.017	0.003	130	25	48.000	1.498
		P1	0.018	0.003	124	33	7.200	1.318
		M4	0.009	0.003	54	17	9.600	2.540
		MS4	0.011	0.003	62	0	21.600	2.150
9	Perairan Pacitan	M2	0.079	0.003	230	44	56.400	0.339
		S2	0.062	0.003	17	7	33.600	0.430
		K1	0.044	0.003	6	16	22.800	0.594
		O1	0.045	0.003	226	26	38.400	0.588
		N2	0.021	0.003	166	13	4.800	1.282
		K2	0.022	0.003	74	52	58.800	1.228
		P1	0.020	0.003	167	55	40.800	1.301
		M4	0.003	0.003	123	37	37.200	7.857
		MS4	0.001	0.003	84	25	15.600	19.659
		M2	0.107	0.004	153	59	27.600	0.267

Titik	Lokasi	Konst Pasut	Amplitud (m)	Std_Amp (m)	Fase (°)	(')	(")	Std_F (deg)
10	Perairan Malang	S2	0.182	0.004	122	52	44.400	0.155
		K1	0.058	0.004	106	46	12.000	0.489
		O1	0.041	0.004	94	28	30.000	0.699
		N2	0.042	0.004	177	12	10.800	0.674
		K2	0.059	0.004	93	16	12.000	0.477
		P1	0.007	0.004	91	1	58.800	4.044
		M4	0.003	0.004	141	2	42.000	11.758
		MS4	0.002	0.004	159	5	2.400	18.014

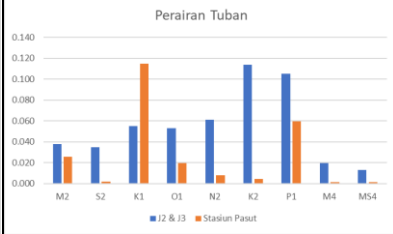
Lampiran 2. Diagram Komponen Pasang Surut di masing-masing Lokasi Penelitian

Perairan Serang

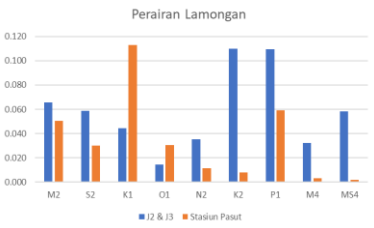


Perairan Cirebon

Perairan Pemalang

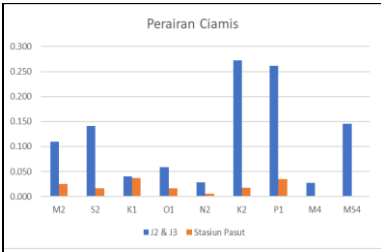


Perairan Tuban

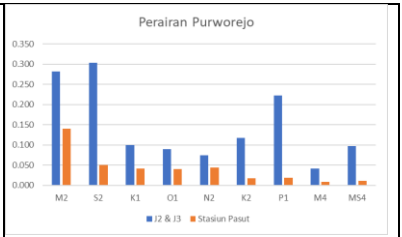


Perairan Lamongan

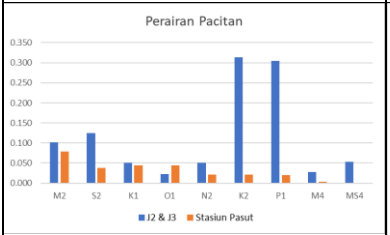
Perairan Binuangeun



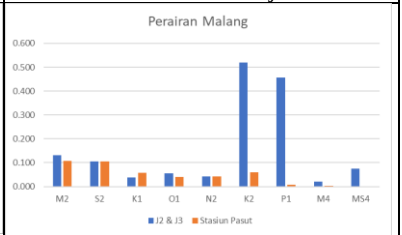
Perairan Ciamis



Perairan Purworejo

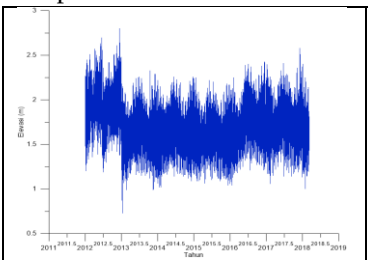


Perairan Pacitan

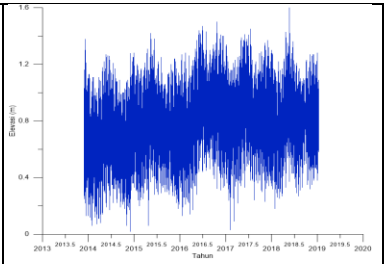


Perairan Malang

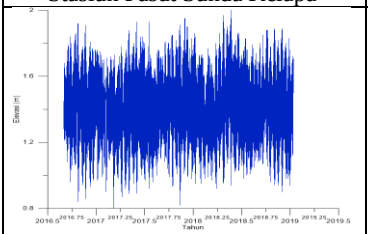
Lampiran 3. Grafik Elevasi Stasiun Pasut



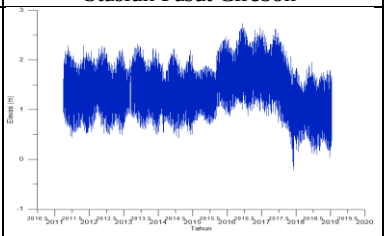
Stasiun Pasut Sunda Kelapa



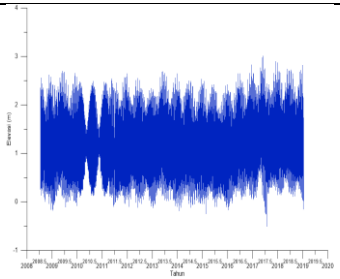
Stasiun Pasut Cirebon



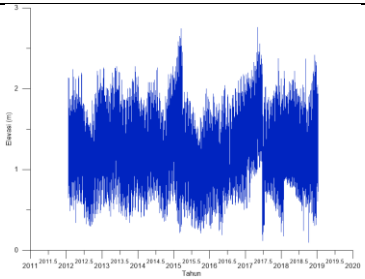
Stasiun Pasut Pekalongan



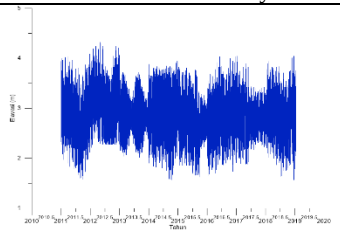
Stasiun Pasut Tuban



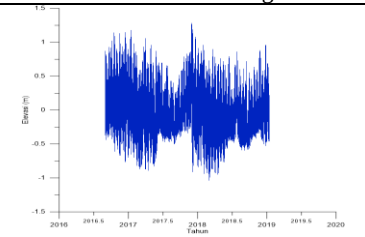
Stasiun Pasut Surabaya



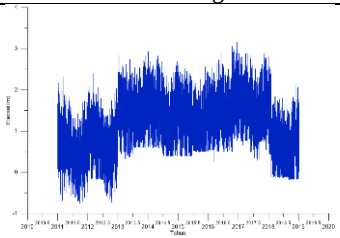
Stasiun Pasut Binuangeun



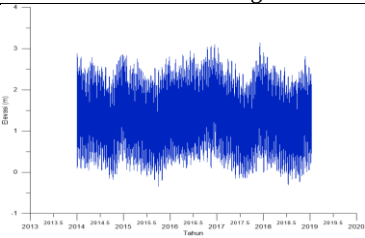
Stasiun Pasut Pangandaran



Stasiun Pasut Glagah

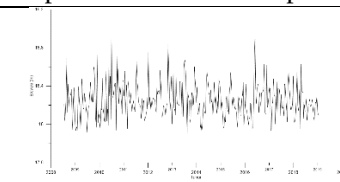


Stasiun Pasut Pacitan

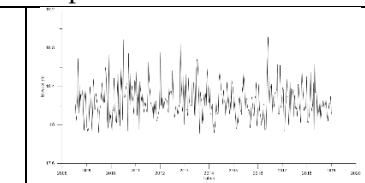


Stasiun Pasut Sendang Biru

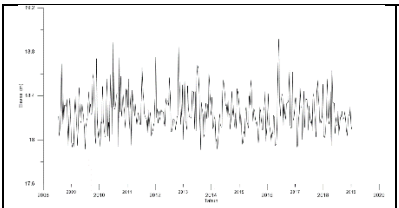
Lampiran 4. Grafik SSH pada lokasi penelitian



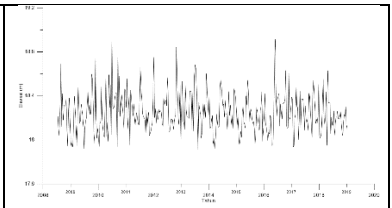
SSH di Perairan Serang



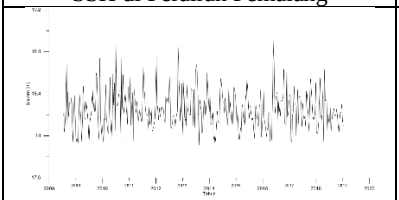
SSH di Perairan Cirebon



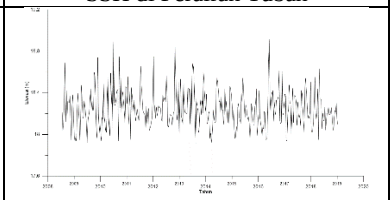
SSH di Perairan Pemalang



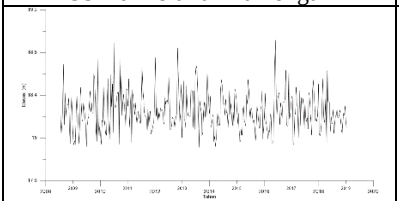
SSH di Perairan Tuban



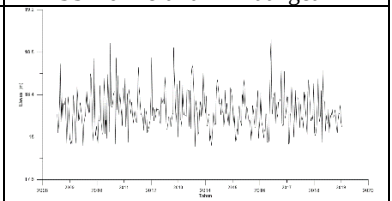
SSH di Perairan Lamongan



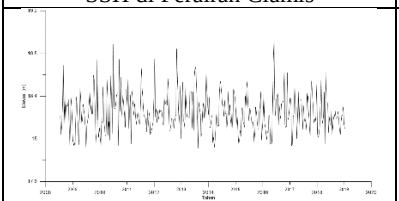
SSH di Perairan Binuangeun



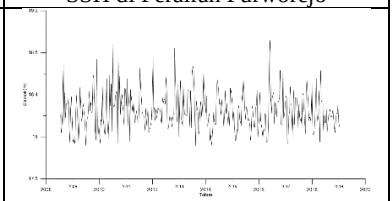
SSH di Perairan Ciamis



SSH di Perairan Purworejo

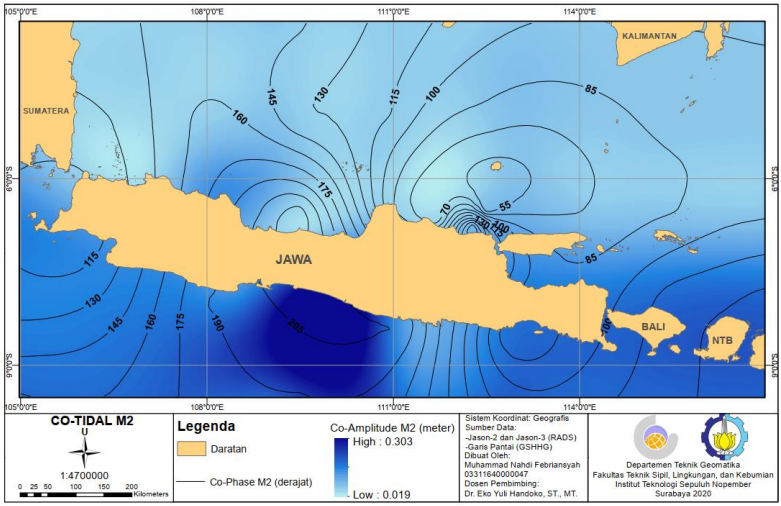


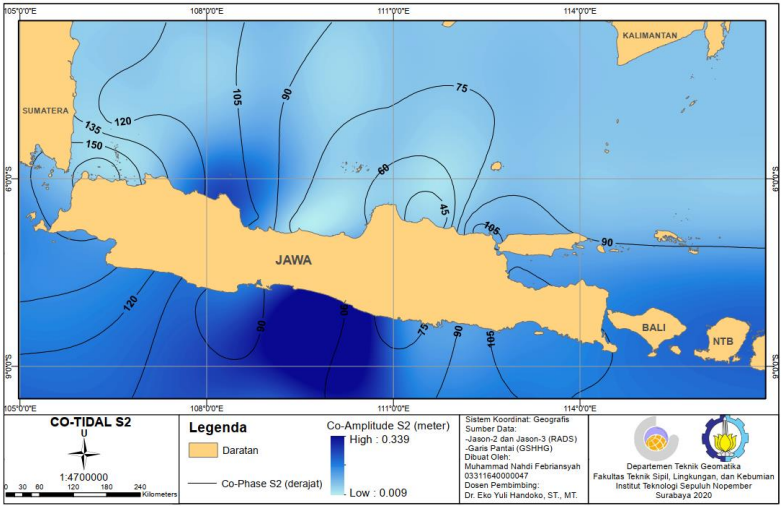
SSH di Perairan Pacitan

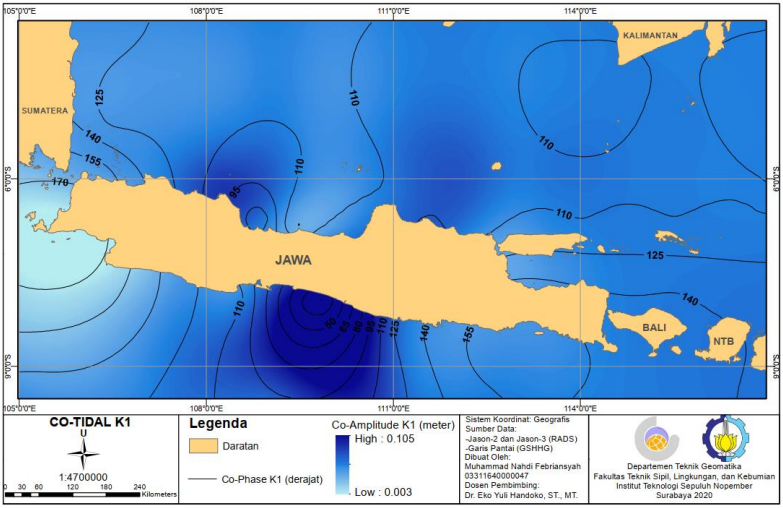


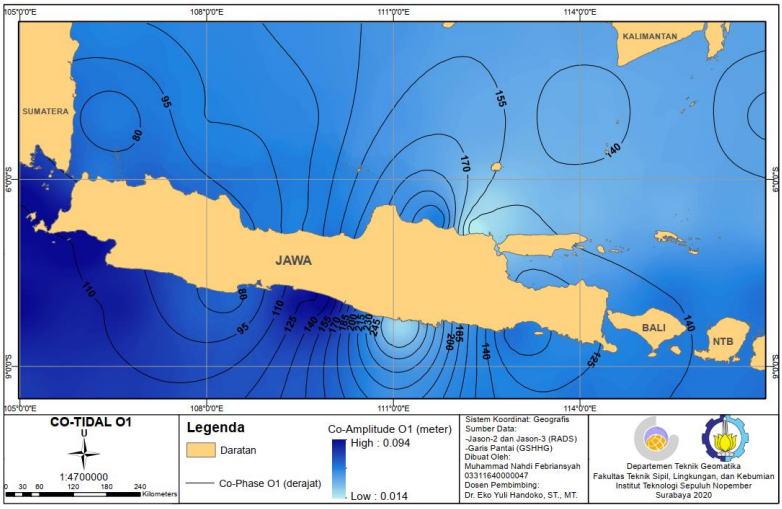
SSH di Perairan Malang

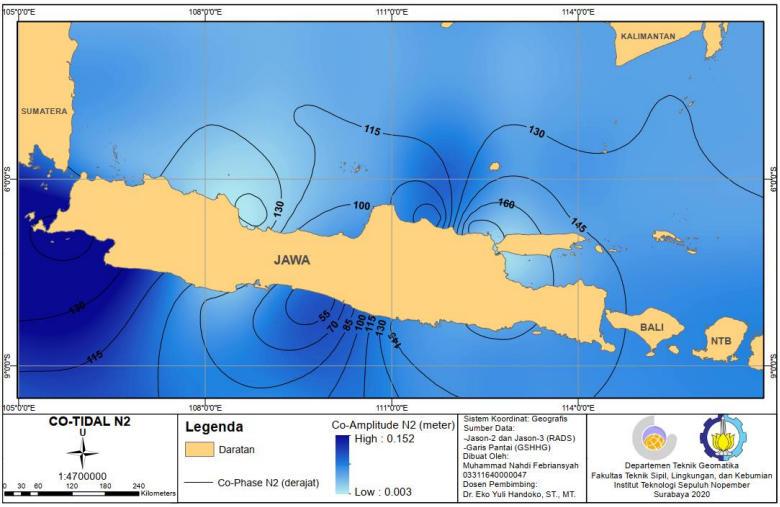
Lampiran 5. Variasi Spasial Komponen Pasang Surut Hasil Jason-2 dan Jason-3

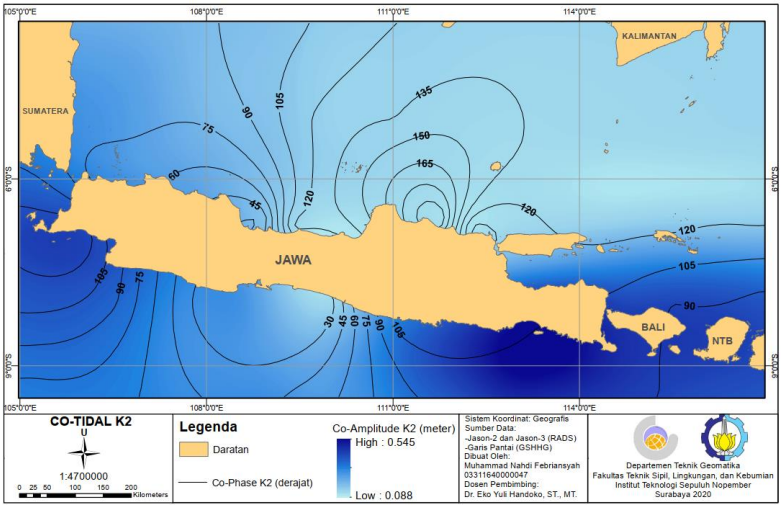


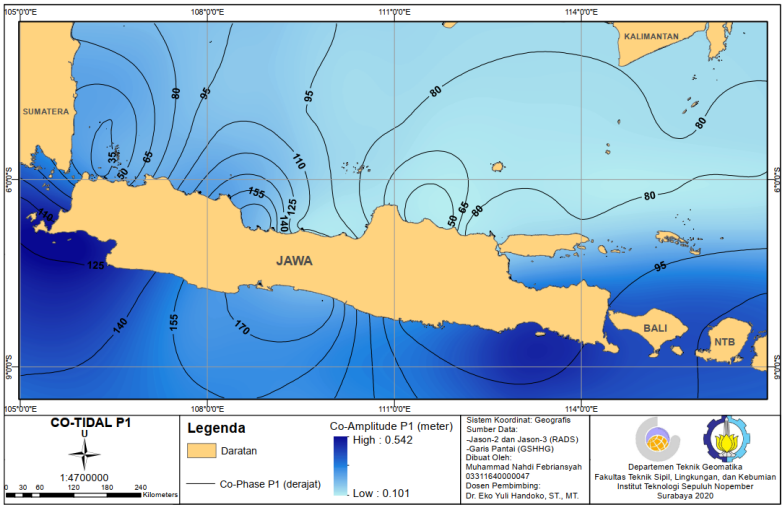


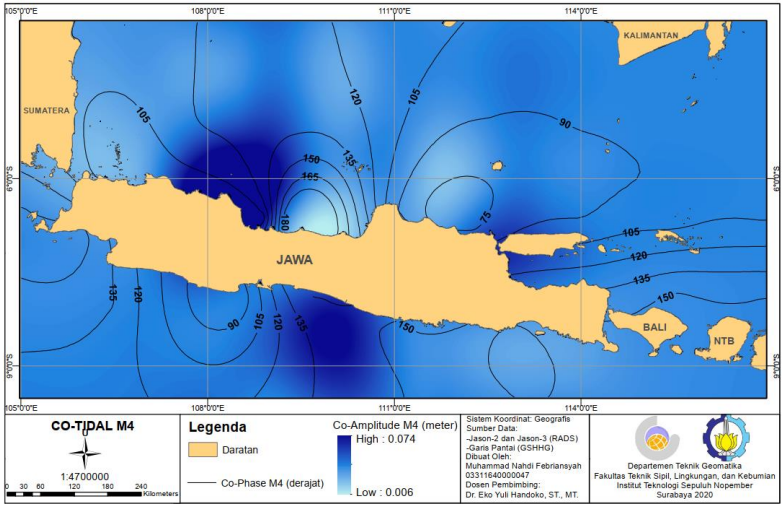

105°0'0"E
108°0'0"E
111°0'0"E
114°0'0"E
6°0'0"S
9°0'0"S
KALIMANTAN
SUMATERA
JAWA
BALI
NTB
CO-TIDAL K1
U
1:4700000
0 30 60 120 180 240 Kilometers
Legenda
Daratan
Co-Phase K1 (derajat)
Co-Amplitude K1 (meter)
High : 0.105
Low : 0.003
Sistem Koordinat: Geografis
Sumber Data:
-Jason-2 dan Jason-3 (RADS)
-Garis Pantai (GSHHG)
Dibuat Oleh:
Muhammad Nahdi Febriansyah
03311640000047
Dosen Pembimbing:
Dr. Eko Yuli Handoko, ST., MT.
Departemen Teknik Geomatika
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumian
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2020

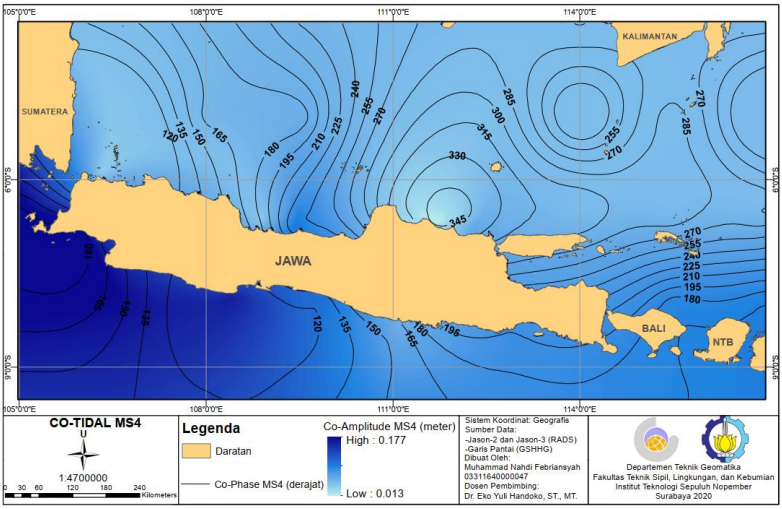

105°0'0"E
108°0'0"E
111°0'0"E
114°0'0"E
6°0'0"S
9°0'0"S
KALIMANTAN
SUMATERA
JAWA
BALI
NTB
CO-TIDAL O1
U
1:4700000
0 30 60 120 180 240 Kilometers
Legenda
Daratan
Co-Phase O1 (derajat)
Co-Amplitude O1 (meter)
High : 0.094
Low : 0.014
Sistem Koordinat: Geografis
Sumber Data:
-Jason-2 dan Jason-3 (RADS)
-Garis Pantai (GSHHG)
Dibuat Oleh:
Muhammad Nahdi Febriansyah
03311640000047
Dosen Pembimbing:
Dr. Eko Yuli Handoko, ST., MT.
Departemen Teknik Geomatika
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumian
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2020


105°0'0"E
108°0'0"E
111°0'0"E
114°0'0"E
KALIMANTAN
SUMATERA
JAWA
BALI
NTB
115
130
100
160
145
140
55
70
85
100
115
130
145
CO-TIDAL N2
U
1:4700000
0 30 60 120 180 240 Kilometers
Legenda
Daratan
Co-Phase N2 (derajat)
Co-Amplitude N2 (meter)
High : 0.152
Low : 0.003
Sistem Koordinat: Geografis
Sumber Data:
-Jason-2 dan Jason-3 (RADS)
-Garis Pantai (GSHHG)
Dibuat Oleh:
Muhammad Nahdi Febriansyah
03311640000047
Dosen Pembimbing:
Dr. Eko Yuli Handoko, ST., MT.
Departemen Teknik Geomatika
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumian
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2020

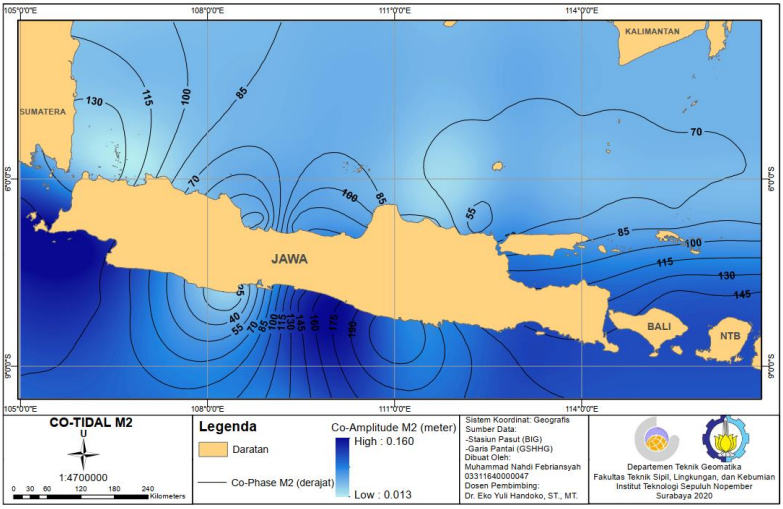

105°0'0"E
108°0'0"E
111°0'0"E
114°0'0"E
KALIMANTAN
SUMATERA
JAWA
BALI
NTB
135
150
165
120
105
90
75
60
45
30
CO-TIDAL K2
U
1:4700000
0 25 50 100 150 200 Kilometers
Legenda
Daratan
Co-Phase K2 (derajat)
Co-Amplitude K2 (meter)
High : 0.545
Low : 0.088
Sistem Koordinat: Geografis
Sumber Data:
-Jason-2 dan Jason-3 (RADS)
-Garis Pantai (GSHHG)
Dibuat Oleh:
Muhammad Nahdi Febriansyah
03311640000047
Dosen Pembimbing:
Dr. Eko Yuli Handoko, ST., MT.
Departemen Teknik Geomatika
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumian
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2020

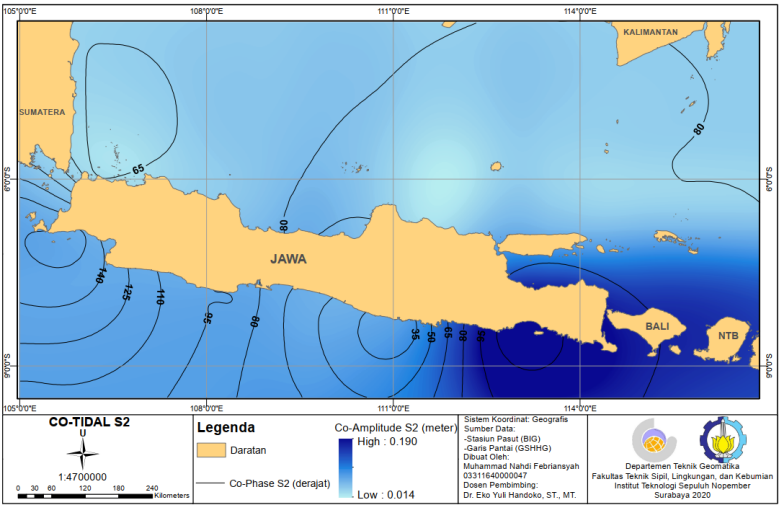

105°0'0"E
108°0'0"E
111°0'0"E
114°0'0"E
5°0'0"S
6°0'0"S
KALIMANTAN
SUMATERA
JAWA
BALI
NTB
CO-TIDAL P1
U
1:4700000
0 30 60 120 180 240 Kilometers
Legenda
Daratan
Co-Phase P1 (derajat)
Co-Amplitude P1 (meter)
High : 0.542
Low : 0.101
Sistem Koordinat: Geografis
Sumber Data:
-Jason-2 dan Jason-3 (RADS)
-Garis Pantai (GSHHG)
Dibuat Oleh:
Muhammad Nahdi Febriansyah
03311640000047
Dosen Pembimbing:
Dr. Eko Yuli Handoko, ST., MT.
Departemen Teknik Geomatika
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumian
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2020

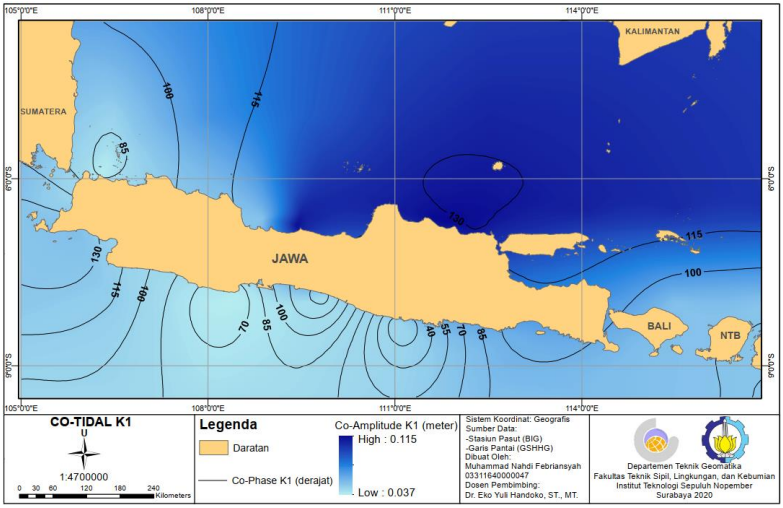

105°0'0"E
108°0'0"E
111°0'0"E
114°0'0"E
5°0'0"S
6°0'0"S
KALIMANTAN
SUMATERA
JAWA
BALI
NTB
CO-TIDAL M4
U
1:4700000
0 30 60 120 180 240 Kilometers
Legenda
Daratan
Co-Phase M4 (derajat)
Co-Amplitude M4 (meter)
High : 0.074
Low : 0.006
Sistem Koordinat: Geografis
Sumber Data:
-Jason-2 dan Jason-3 (RADS)
-Garis Pantai (GSHHG)
Dibuat Oleh:
Muhammad Nahdi Febriansyah
03311640000047
Dosen Pembimbing:
Dr. Eko Yuli Handoko, ST., MT.
Departemen Teknik Geomatika
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumian
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2020

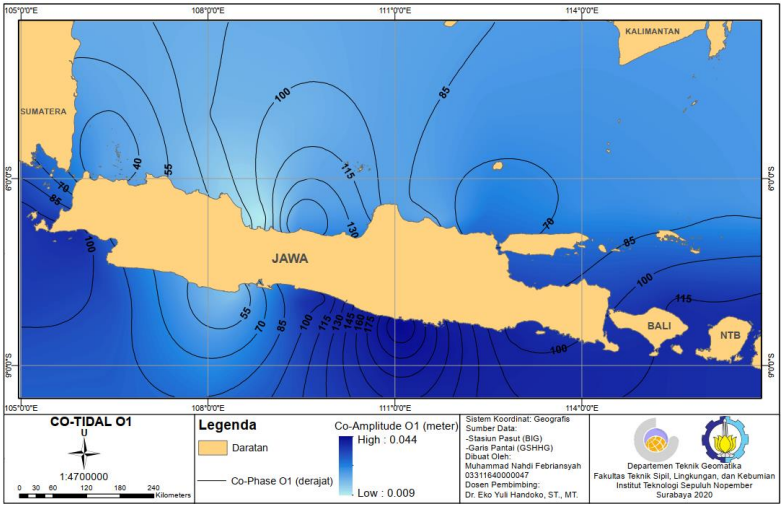


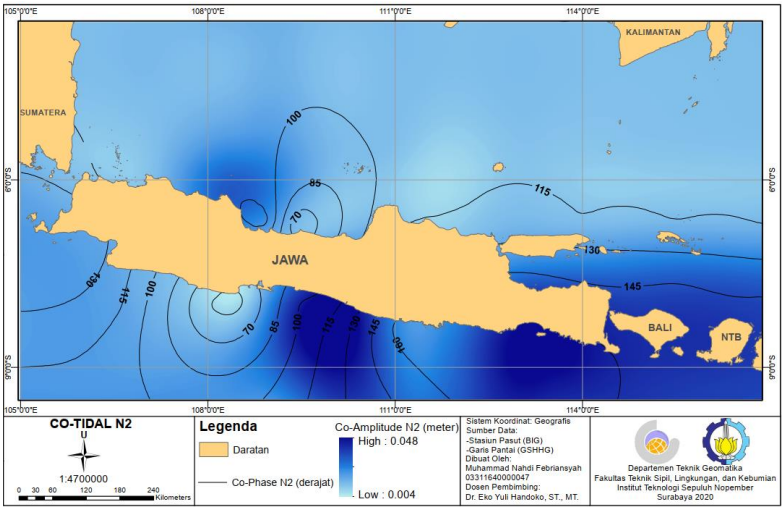
Lampiran 6. Variasi Spasial Komponen Pasang Surut Hasil Stasiun Pasut

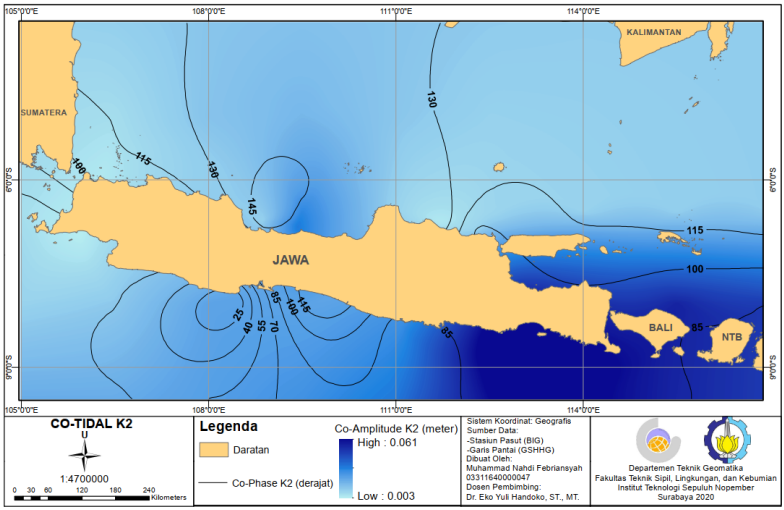


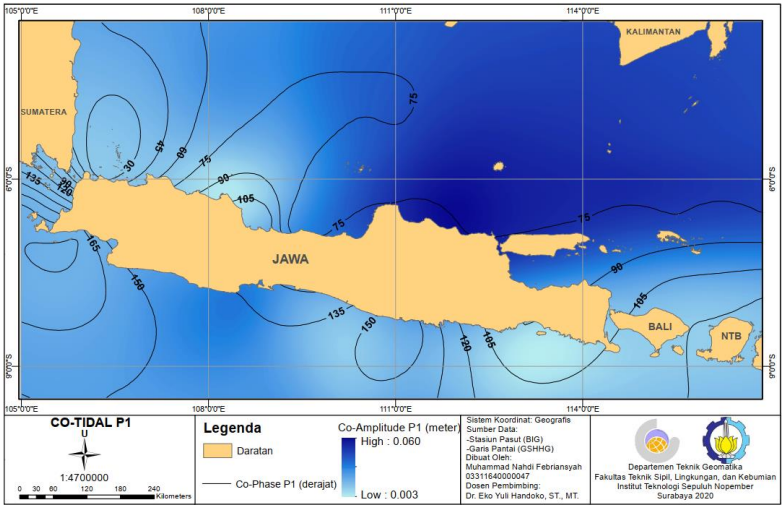

105°0'0"E
108°0'0"E
111°0'0"E
114°0'0"E
6°0'0"S
KALIMANTAN
SUMATERA
JAWA
BALI
NTB
CO-TIDAL S2
U
1:4700000
0 30 60 120 180 240 Kilometers
Legenda
Daratan
Co-Phase S2 (derajat)
Co-Amplitude S2 (meter)
High : 0.190
Low : 0.014
Sistem Koordinat: Geografis
Sumber Data:
-Stasiun Pasut (BIG)
-Garis Pantai (GSHHG)
Dibuat Oleh:
Muhammad Nahdi Febriansyah
03311640000047
Dosen Pembimbing:
Dr. Eko Yuli Handoko, ST., MT.
Departemen Teknik Geomatika
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumian
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2020

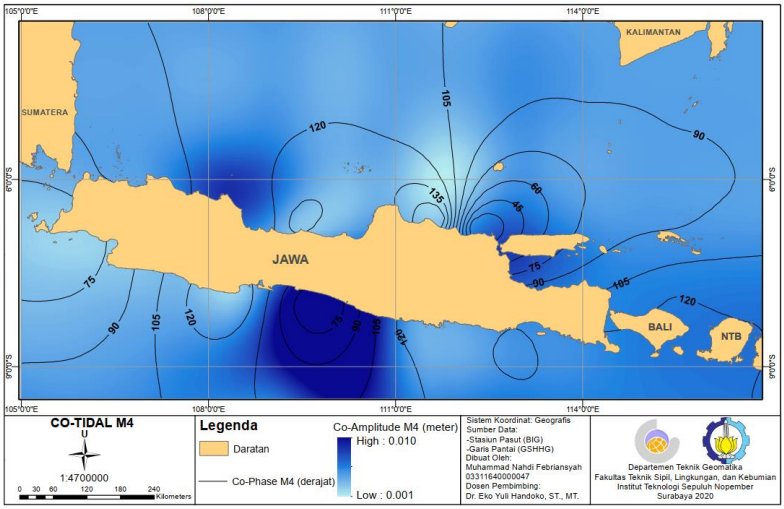

105°0'0"E
108°0'0"E
111°0'0"E
114°0'0"E
6°0'0"S
KALIMANTAN
SUMATERA
JAWA
BALI
NTB
CO-TIDAL K1
U
1:4700000
0 30 60 120 180 240 Kilometers
Legenda
Daratan
Co-Phase K1 (derajat)
Co-Amplitude K1 (meter)
High : 0.115
Low : 0.037
Sistem Koordinat: Geografis
Sumber Data:
-Stasiun Pasut (BIG)
-Garis Pantai (GSHHG)
Dibuat Oleh:
Muhammad Nahdi Febriansyah
03311640000047
Dosen Pembimbing:
Dr. Eko Yuli Handoko, ST., MT.
Departemen Teknik Geomatika
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumian
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2020

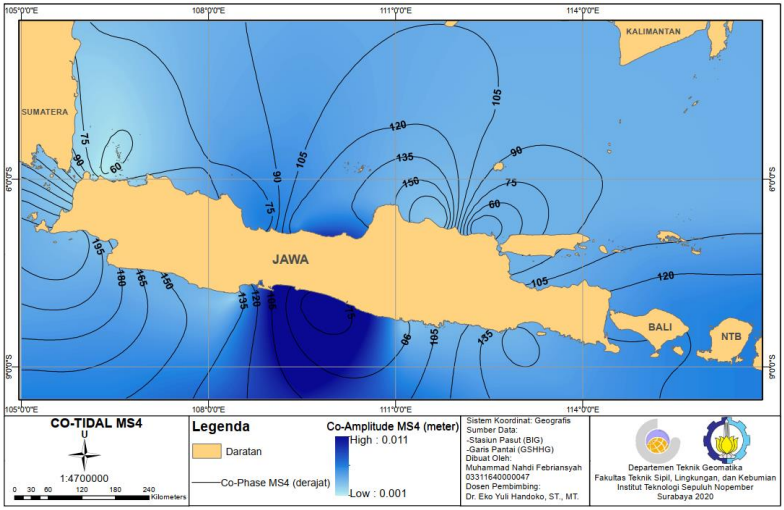

105°0'0"E
108°0'0"E
111°0'0"E
114°0'0"E
6°0'0"S
KALIMANTAN
SUMATERA
JAWA
BALI
NTB
CO-TIDAL O1
U
1:4700000
0 30 60 120 180 240 Kilometers
Legenda
Daratan
Co-Phase O1 (derajat)
Co-Amplitude O1 (meter)
High : 0.044
Low : 0.009
Sistem Koordinat: Geografis
Sumber Data:
-Stasiun Pasut (BIG)
-Garis Pantai (GSHHG)
Dibuat Oleh:
Muhammad Nahdi Febriansyah
03311640000047
Dosen Pembimbing:
Dr. Eko Yuli Handoko, ST., MT.
Departemen Teknik Geomatika
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumian
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2020


105°0'0"E
108°0'0"E
111°0'0"E
114°0'0"E
6°0'0"S
KALIMANTAN
SUMATERA
JAWA
BALI
NTB
CO-TIDAL N2
U
1:4700000
0 30 60 120 180 240 Kilometers
Legenda
Daratan
Co-Phase N2 (derajat)
Co-Amplitude N2 (meter)
High : 0.048
Low : 0.004
Sistem Koordinat: Geografis
Sumber Data:
-Stasiun Pasut (BIG)
-Garis Pantai (GSHHG)
Dibuat Oleh:
Muhammad Nahdi Febriansyah
03311640000047
Dosen Pembimbing:
Dr. Eko Yuli Handoko, ST., MT.
Departemen Teknik Geomatika
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumian
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2020

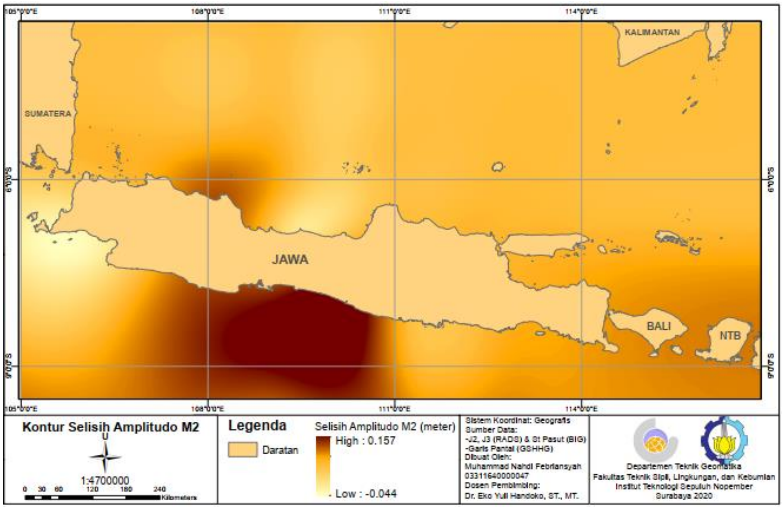

105°0'0"E
108°0'0"E
111°0'0"E
114°0'0"E
6°0'0"S
KALIMANTAN
SUMATERA
JAWA
BALI
NTB
CO-TIDAL K2
U
1:4700000
0 30 60 120 180 240 Kilometers
Legenda
Daratan
Co-Phase K2 (derajat)
Co-Amplitude K2 (meter)
High : 0.061
Low : 0.003
Sistem Koordinat: Geografis
Sumber Data:
-Stasiun Pasut (BIG)
-Garis Pantai (GSHHG)
Dibuat Oleh:
Muhammad Nahdi Febriansyah
03311640000047
Dosen Pembimbing:
Dr. Eko Yuli Handoko, ST., MT.
Departemen Teknik Geomatika
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumian
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2020

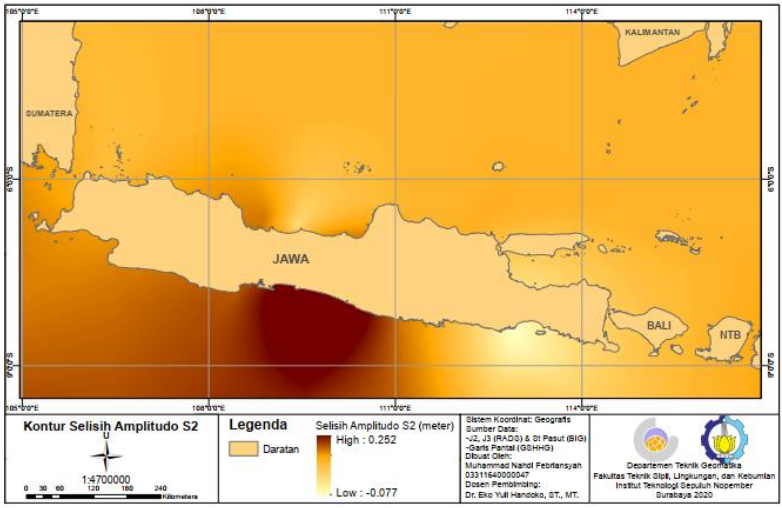

105°0'0"E
108°0'0"E
111°0'0"E
114°0'0"E
6°0'0"S
KALIMANTAN
SUMATERA
JAWA
BALI
NTB
CO-TIDAL P1
U
1:4700000
0 30 60 120 180 240 Kilometers
Legenda
Daratan
Co-Phase P1 (derajat)
Co-Amplitude P1 (meter)
High : 0.060
Low : 0.003
Sistem Koordinat: Geografis
Sumber Data:
-Stasiun Pasut (BIG)
-Garis Pantai (GSHHG)
Dibuat Oleh:
Muhammad Nahdi Febriansyah
03311640000047
Dosen Pembimbing:
Dr. Eko Yuli Handoko, ST., MT.
Departemen Teknik Geomatika
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumian
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2020

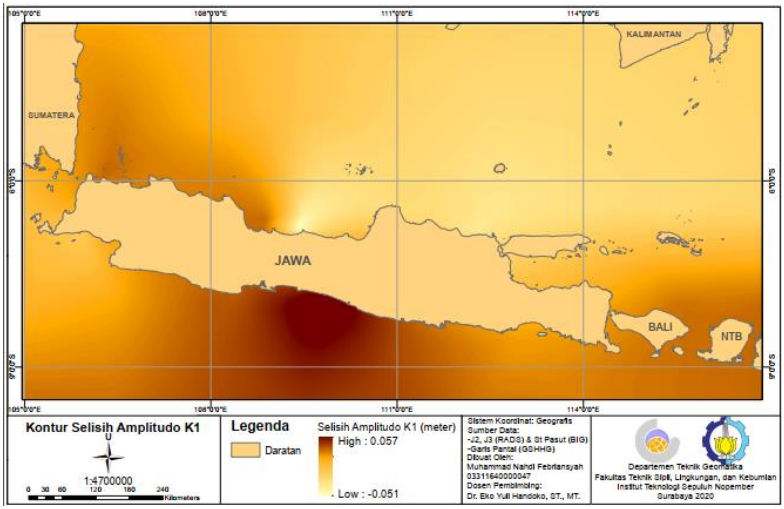

105°0'0"E
108°0'0"E
111°0'0"E
114°0'0"E
6°0'0"S
9°0'0"S
KALIMANTAN
SUMATERA
JAWA
BALI
NTB
CO-TIDAL M4
U
1:4700000
0 30 60 120 180 240 Kilometers
Legenda
Daratan
Co-Phase M4 (derajat)
Co-Amplitude M4 (meter)
High : 0.010
Low : 0.001
Sistem Koordinat: Geografis
Sumber Data:
-Stasiun Pasut (BIG)
-Garis Pantai (GSHHG)
Dibuat Oleh:
Muhammad Nahdi Febriansyah
03311640000047
Dosen Pembimbing:
Dr. Eko Yuli Handoko, ST., MT.
Departemen Teknik Geomatika
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumian
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2020

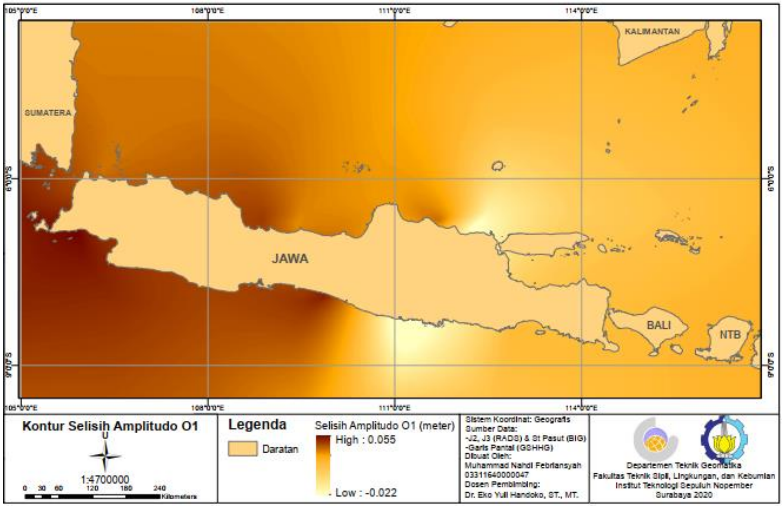

105°0'0"E
108°0'0"E
111°0'0"E
114°0'0"E
6°0'0"S
9°0'0"S
KALIMANTAN
SUMATERA
JAWA
BALI
NTB
CO-TIDAL MS4
U
1:4700000
0 30 60 120 180 240 Kilometers
Legenda
Daratan
Co-Phase MS4 (derajat)
Co-Amplitude MS4 (meter)
High : 0.011
Low : 0.001
Sistem Koordinat: Geografis
Sumber Data:
-Stasiun Pasut (BIG)
-Garis Pantai (GSHHG)
Dibuat Oleh:
Muhammad Nahdi Febriansyah
03311640000047
Dosen Pembimbing:
Dr. Eko Yuli Handoko, ST., MT.
Departemen Teknik Geomatika
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumian
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2020

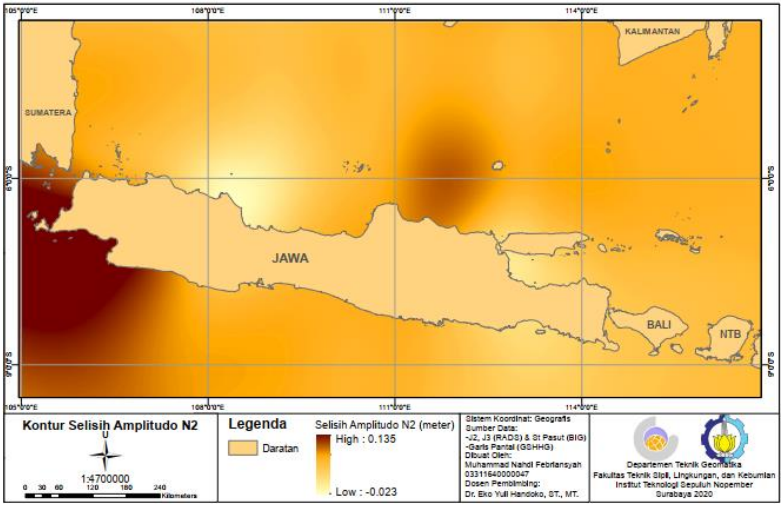
Lampiran 7. Variasi Spasial Kontur Selisih Amplitudo Komponen Pasang Surut Jason-2 dan Jason-3 dengan Stasiun Pasang Surut

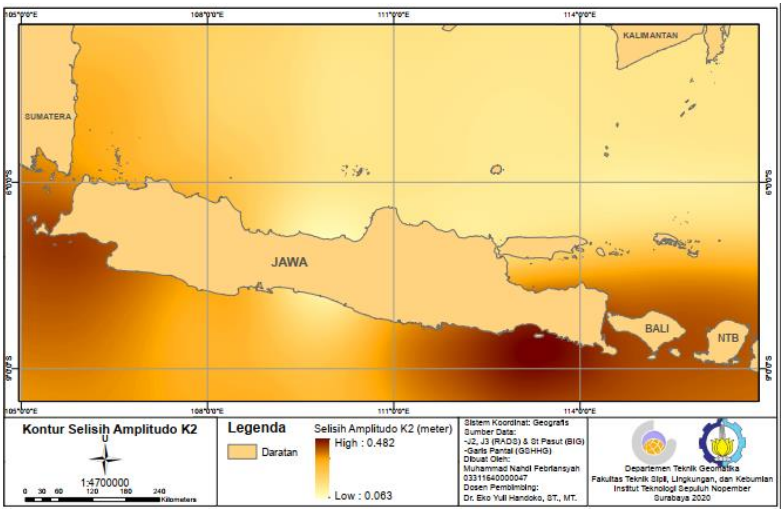


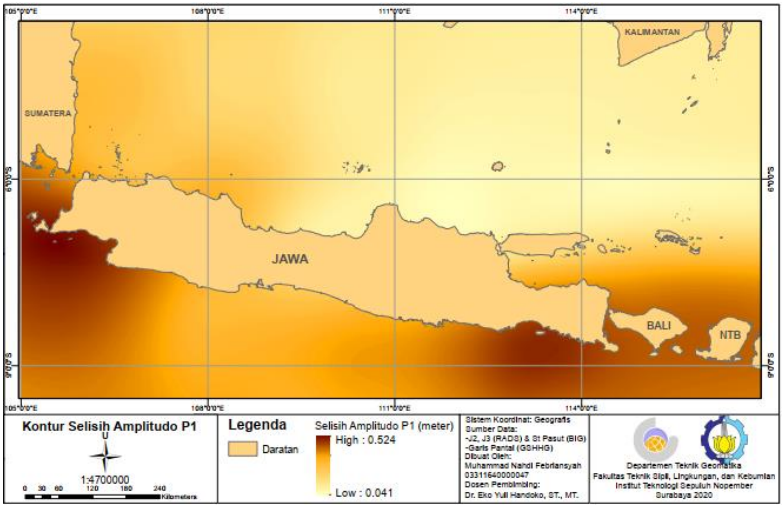


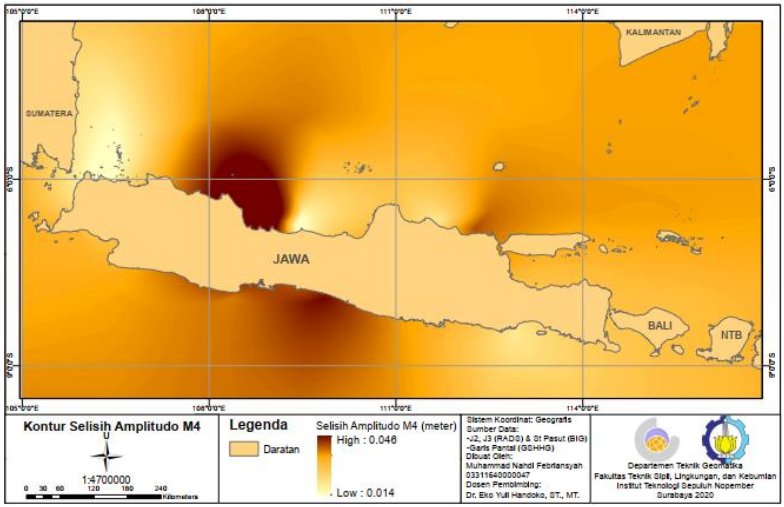

KALIMANTAN
SUMATERA
JAWA
BALI
NTB
Kontur Selisih Amplitudo K1
1:4700000
Legenda
Daratan
Selisih Amplitudo K1 (meter)
High : 0.057
Low : -0.051
Sistem Koordinat: Geografis
Sumber Data:
-J2, J3 (RADS) & St Pasut (BIG)
-Garis Pantai (GSHHG)
Dibuat Oleh:
Muhammad Nahdi Febriansyah
03311640000047
Dosen Pembimbing:
Dr. Eko Yuli Handoko, ST., MT.
Departemen Teknik Geomatika
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumian
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2020

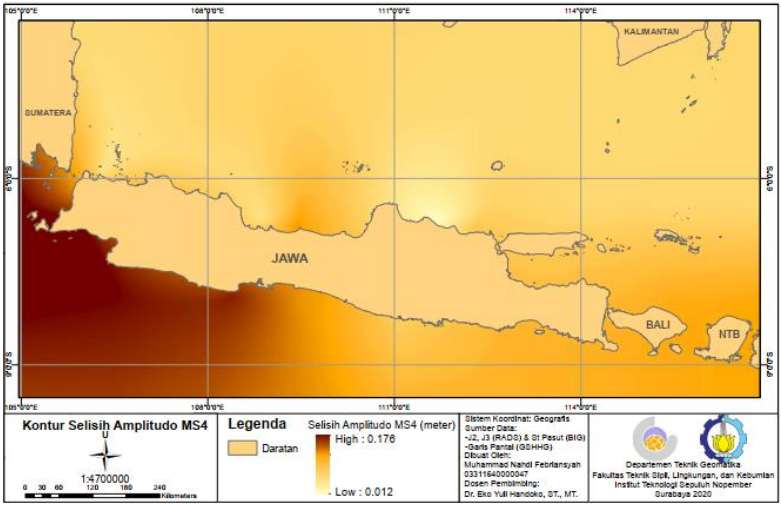

KALIMANTAN
SUMATERA
JAWA
BALI
NTB
Kontur Selisih Amplitudo O1
1:4700000
Legenda
Daratan
Selisih Amplitudo O1 (meter)
High : 0.055
Low : -0.022
Sistem Koordinat: Geografis
Sumber Data:
-J2, J3 (RADS) & St Pasut (BIG)
-Garis Pantai (GSHHG)
Dibuat Oleh:
Muhammad Nahdi Febriansyah
03311640000047
Dosen Pembimbing:
Dr. Eko Yuli Handoko, ST., MT.
Departemen Teknik Geomatika
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumian
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2020


KALIMANTAN
SUMATERA
JAWA
BALI
NTB
Kontur Selisih Amplitudo N2
1:4700000
Kilometers
Legenda
Daratan
Selisih Amplitudo N2 (meter)
High : 0.135
Low : -0.023
Sistem Koordinat: Geografis
Sumber Data:
-J2, J3 (RADS) & St Pasut (BIG)
-Garis Pantai (GSHHG)
Dibuat Oleh:
Muhammad Nahdi Febriansyah
03311640000047
Dosen Pembimbing:
Dr. Eko Yuli Handoko, ST., MT.
Departemen Teknik Geomatika
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumian
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2020


KALIMANTAN
SUMATERA
JAWA
BALI
NTB
Kontur Selisih Amplitudo K2
1:4700000
Kilometers
Legenda
Daratan
Selisih Amplitudo K2 (meter)
High : 0.482
Low : 0.063
Sistem Koordinat: Geografis
Sumber Data:
-J2, J3 (RADS) & St Pasut (BIG)
-Garis Pantai (GSHHG)
Dibuat Oleh:
Muhammad Nahdi Febriansyah
03311640000047
Dosen Pembimbing:
Dr. Eko Yuli Handoko, ST., MT.
Departemen Teknik Geomatika
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumian
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2020


KALIMANTAN
SUMATERA
JAWA
BALI
NTB
Kontur Selisih Amplitudo P1
1:4700000
Kilometers
Legenda
Daratan
Selisih Amplitudo P1 (meter)
High : 0.524
Low : 0.041
Sistem Koordinat: Geografis
Sumber Data:
-J2, J3 (RADS) & St Pasut (BIG)
-Garis Pantai (GSHHG)
Dibuat Oleh:
Muhammad Nahdi Febriansyah
03311640000047
Dosen Pembimbing:
Dr. Eko Yuli Handoko, ST., MT.
Departemen Teknik Geomatika
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumian
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2020


KALIMANTAN
SUMATERA
JAWA
BALI
NTB
Kontur Selisih Amplitudo M4
1:4700000
Kilometers
Legenda
Daratan
Selisih Amplitudo M4 (meter)
High : 0.046
Low : 0.014
Sistem Koordinat: Geografis
Sumber Data:
-J2, J3 (RADS) & St Pasut (BIG)
-Garis Pantai (GSHHG)
Dibuat Oleh:
Muhammad Nahdi Febriansyah
03311640000047
Dosen Pembimbing:
Dr. Eko Yuli Handoko, ST., MT.
Departemen Teknik Geomatika
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumian
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2020


105°0'0"E
108°0'0"E
111°0'0"E
114°0'0"E
KALIMANTAN
SUMATERA
JAWA
BALI
NTB
6°0'0"S
9°0'0"S
Kontur Selisih Amplitudo MS4
U
1:4700000
0 30 60 120 180 240
Kilometers
Legenda
Daratan
Selisih Amplitudo MS4 (meter)
High : 0.176
Low : 0.012
Sistem Koordinat: Geografis
Sumber Data:
-J2, J3 (RADS) & St Pasut (BIG)
-Garis Pantai (GSHHG)
Dibuat Oleh:
Muhammad Nahdi Febriansyah
03311640000047
Dosen Pembimbing:
Dr. Eko Yuli Handoko, ST., MT.
Departemen Teknik Geomatika
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumian
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2020

BIODATA PENULIS

Penulis bernama Muhammad Nahdi Febriansyah yang lahir di Banyumas, 05 Februari 1998. Anak kedua dari 2 bersaudara. Penulis telah menempuh Pendidikan formal di SD Negeri 1 Jatilawang, SMP Negeri 1 Jatilawang, dan SMA Negeri 1 Purwokerto. Setelah menyelesaikan pendidikan sekolah, penulis melanjutkan kuliah S-1 di Teknik Geomatika FTSPK ITS pada tahun 2016 dengan NRP 03311640000047. Selama menjadi mahasiswa penulis aktif dalam organisasi Badan Semi Otonom (BSO) yaitu Lembaga Dakwah Jurusan sebagai staff Syiar LDJ GIS periode 2017-2018 dan Wakil Ketua LDJ GIS periode 2018-2019. Penulis pernah melakukan magang di Badan Pertanahan Nasional (BPN) Kantah Banyumas, dan pernah melakukan Kerja Praktik pada Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN). Penulis juga pernah mengikuti Lomba KTIN Penginderaan Jauh Nasional oleh LAPAN 2019 dan berhasil menjadi Juara III. Penulis dapat dihubungi melalui email: febrinahdi@gmail.com.