



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

TUGAS AKHIR - RM184831

**PERBANDINGAN NILAI CHART DATUM DAN AKURASI
PREDIKSI PASANG SURUT AIR LAUT BERDASARKAN
VARIASI LAMA WAKTU PENGAMATAN DENGAN METODE
LEAST SQUARE**

HAPPY ARY WAHYU MARANTIKA
NRP 0331154000074

Dosen Pembimbing
Khomsin, S.T., M.T.

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

“Halaman ini sengaja dikosongkan.”



FINAL PROJECT - RM184831

**THE COMPARISON OF CHART DATUM AND
ACCURACY OF TIDAL PREDICTION BASED ON
OBSERVATION TIME VARIATIONS USING
LEAST SQUARE METHOD**

HAPPY ARY WAHYU MARANTIKA
NRP 0331154000074

Supervisor
Khomsin, S.T., M.T.

GEOMATIC ENGINEERING DEPARTMENT
Faculty of Civil, Enviromental, and Geo Engineering
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2019

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

**PERBANDINGAN NILAI *CHART DATUM* DAN AKURASI
PREDIKSI PASANG SURUT AIR LAUT BERDASARKAN
VARIASI LAMA WAKTU PENGAMATAN DENGAN
METODE *LEAST SQUARE***

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada

Program Studi S-1 Teknik Geomatika
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

HAPPY ARY WAHYU MARANTIKA
NRP 0331154000074

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:

1. Khomsin, S.T, M.T
NIP. 1975 0705 200012 1 001



SURABAYA, JULI 2019

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas segala limpahan rahmat, hidayat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir dengan baik dan tepat waktu.

Selama pelaksanaan penelitian tugas akhir, banyak pihak yang telah membantu penulis sehingga dapat berjalan dengan baik. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Kedua orang tua yang selalu mendukung dan membantu terlaksananya penelitian ini.
2. Bapak Mokhammad Nur Cahyadi, ST, M.Sc, Ph.D selaku Ketua Departemen Teknik Geomatika FTSLK-ITS.
3. Bapak Khomsin, S.T, M.T atas bimbingan dan arahnya selama mengerjakan penelitian ini.
4. Badan Informasi Geospasial yang telah menyediakan data untuk penelitian ini.
5. KEMENRISTEKDIKTI yang telah menyediakan pendanaan penulis selama menjalani masa perkuliahan melalui program beasiswa BIDIKMISI.
6. Rekan-rekan Laboratorium Geomarin, Didin, Orchid, Thina , Nada, Ojan, Fikri, Ayus, Farras dan Axelino atas segala bentuk bantuan yang penulis terima.
7. Kepada teman-teman angkatan 2015 Teknik Geomatika ITS menjadi partner selama 4 tahun yang selalu mendukung dan sudah membantu selama proses mengerjakan tugas akhir.

Penulis menyadari masih terdapat kekurangan dalam penulisan laporan tugas akhir ini. Kritik dan saran sangat penulis harapkan untuk perbaikan laporan ini. Penulis menyadari masih terdapat kesalahan dalam pelaksanaan penelitian tugas akhir ini semoga laporan ini dapat memberi manfaat sebaik-baiknya.

Surabaya, Juli 2019

Penulis

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

**PERBANDINGAN NILAI *CHART DATUM* DAN AKURASI
PREDIKSI PASANG SURUT AIR LAUT BERDASARKAN
VARIASI LAMA WAKTU PENGAMATAN DENGAN
METODE LEAST SQUARE**

Mahasiswa : Happy Ary Wahyu Marantika
NRP : 0331154000074
Departemen : Teknik Geomatika FTSLK – ITS
Pembimbing : Khomsin, S.T., M.T.

ABSTRAK

Pelaksanaan program tol laut tentunya mendorong pembangunan infrastruktur laut baru sepanjang wilayah yang dilaluinya. Masalah yang timbul dalam pembangunan infrastruktur laut baru salah satunya adalah belum tersedianya nilai *chart datum* dan prediksi pasut. Maka, perlu adanya pengamatan pasut untuk menentukan nilai *chart datum* dan prediksi pasut di daerah tersebut. Penelitian ini berisi perbandingan nilai *chart datum* dan akurasi prediksi pasang surut air laut dari data 15 hari, 30 hari, tiga bulan, enam bulan dan satu tahun di perairan Surabaya, Semarang dan Jakarta. Hasil dari penelitian ini dapat digunakan untuk mempertimbangkan efisiensi pengamatan pasut terutama dalam penentuan durasi pengamatan. Nilai *chart datum* (MSL dan LWS) dan prediksi pasut dihitung dari komponen pasut yang dihasilkan dari analisis harmonik menggunakan Matlab. Perhitungan akurasi dan uji signifikansi akurasi prediksi pasut dilaksanakan di Excel. Nilai MSL di Surabaya, Semarang dan Jakarta dari setiap variasi lama pengamatan menunjukkan bahwa variasi lama waktu pengamatan tidak berpengaruh signifikan terhadap nilai MSL yang dihasilkan. Dari penelitian ini diperoleh kesimpulan bahwa variasi lama pengamatan tidak berpengaruh signifikan terhadap nilai MSL yang dihasilkan di stasiun Surabaya, Semarang dan Jakarta. Namun variasi lama pengamatan berpengaruh terhadap nilai LWS yang dihasilkan di stasiun Jakarta, Semarang dan Surabaya.

Sehingga untuk memperoleh prediksi jangka panjang nilai MSL yang baik tidak perlu melakukan pengamatan yang panjang, cukup dilakukan dengan pengamatan 15 atau 30 hari saja. Sedangkan nilai LWS yang baik dihasilkan dari pengamatan yang semakin lama. Variasi lama pengamatan tidak berpengaruh signifikan terhadap akurasi prediksi pasut yang dihasilkan di stasiun Surabaya dan Semarang, namun berpengaruh signifikan terhadap nilai akurasi prediksi pasut yang dihasilkan di stasiun Jakarta. Sehingga untuk memperoleh akurasi prediksi yang baik di perairan Semarang dan Surabaya tidak perlu melakukan pengamatan yang lama, cukup 15 hari atau satu bulan saja. Sedangkan di perairan Jakarta semakin lama pengamatan dilakukan, semakin baik nilai akurasi pasut yang dihasilkan.

Kata kunci: Chart datum, MSL, LWS, Pasang Surut, Prediksi.

THE COMPARISON OF CHART DATUM AND ACCURACY OF TIDAL PREDICTION BASED ON OBSERVATION TIME VARIATIONS USING LEAST SQUARE METHOD

Name : Happy Ary Wahyu Marantika
NRP : 0331154000074
Department : Geomatics Engineering FTSLK – ITS
Supervisor : Khomsin, S.T., M.T.

ABSTRACT

The implementation of the sea toll program certainly encourages the development of new marine infrastructure along the area it passes. One of the problems that arise in the development of new marine infrastructure is the unavailability of datum chart values and tide predictions. Therefore, there is a need for tidal observations to determine the value of the datum chart and predict the tide in the area. This study contains a comparison of the value of the datum chart and the accuracy of sea tide predictions from data of 15 days, 30 days, three months, six months and one year in the waters of Surabaya, Semarang and Jakarta. The results of this study can be used to consider the efficiency of tidal observations, especially in determining the duration of observation. The value of the datum chart (MSL and LWS) and tide prediction are calculated from the tidal component generated from the harmonic analysis using Matlab. Accuracy calculation and test significance of tide prediction accuracy were carried out in Excel. The MSL values in Surabaya, Semarang and Jakarta from each of the long variations of observations indicate that the variation in time of observation does not have a significant effect on the value of the MSL produced. From this study, it was concluded that the variation in the length of observation did not have a significant effect on the value of MSL

produced at Surabaya, Semarang and Jakarta stations. However, the long variations of observations have an effect on the LWS values produced at Jakarta, Semarang and Surabaya stations. So to obtain a good long-term predictions for MSL value doesn't need to make a long observation, it is enough to do just 15 or 30 days of observation. Whereas a good LWS value results from longer observations. The length of variation of observation does not significantly influence the accuracy of tide predictions produced at Surabaya and Semarang stations, but it has a significant effect on the value of tidal prediction accuracy produced at the Jakarta station. So as to obtain good prediction accuracy in Semarang and Surabaya waters, there is no need to make long observations, it is enough to do 15 days or one month observations. While in Jakarta waters the longer the observation, the better the tide accuracy value that produced.

Keywords: Chart datum, MSL, LWS, Tides, Prediction.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	v
KATA PENGANTAR	vii
ABSTRAK	ix
ABSTRACT	xi
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xvii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Batasan Masalah.....	3
1.4. Tujuan Penelitian.....	4
1.5. Manfaat Penelitian.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Penelitian Terdahulu.....	5
2.2 Pasang Surut Air Laut	5
2.2.1 Faktor Penyebab Pasang Surut.....	6
2.2.2 Gaya Pembangkit Pasang Surut	7
2.2.3 Proses Pasang Surut	8
2.2.4 Jenis Pasang Surut	9
2.3 Analisa Harmonik Pasang Surut.....	11
2.3.1 Analisis Harmonik Pasang Surut Air Laut Menggunakan Metode <i>Least Square</i>	11
2.3.2 Prediksi Pasang Surut	15
2.3.3 Konstanta Harmonik Pasang Surut	15
2.4 <i>Chart datum</i>	17
2.5 Penentuan Akurasi.....	20
2.6 Uji Signifikansi Koefisien Korelasi.....	21
2.7 Perairan Jakarta, Semarang dan Surabaya.....	24

BAB III METODOLOGI.....	27
3.1 Lokasi Penelitian	27
3.2 Data dan Peralatan.....	27
3.2.1 Data.....	28
3.2.2 Peralatan.....	28
3.3 Metodologi Penelitian	29
BAB IV HASIL DAN ANALISA	35
4.1 Hasil Pengolahan Data Pasut.....	35
4.2 Perbandingan Nilai <i>Chart datum</i>	37
4.3 Perbandingan Akurasi Prediksi Pasut.....	42
4.3.1 Prediksi Pasut 15 Hari.....	42
4.3.2 Prediksi Pasut Satu Bulan	47
4.3.3 Prediksi Pasut Tiga Bulan	52
4.3.4 Prediksi Pasut Enam Bulan.....	56
4.3.5 Prediksi Pasut Satu Tahun	57
BAB V PENUTUP.....	61
5.1 Kesimpulan.....	61
5.2 Saran	63
DAFTAR PUSTAKA	65
BIODATA PENULIS	69

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Gaya Pembangkit Pasut	8
Gambar 2. 2 Tipe-Tipe Pasang Surut.....	10
Gambar 2. 3 Ilustrasi Kedudukan <i>Chart Datum</i>	19
Gambar 2. 4 Kedudukan MSL dan LWS.....	19
Gambar 3. 1 Lokasi penelitian	27
Gambar 3. 2 Diagram Alir Penelitian	29
Gambar 3. 3 Diagram Alir Pengolahan Data.....	31

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Komponen-Komponen Harmonik Pasang Surut (Poerbandono dan Djunarsjah 2005)	16
Tabel 2. 2 Interpretasi Koefisien Korelasi (Riduwan 2003).....	21
Tabel 4. 1 Nilai Amplitudo dan Fase Komponen Pasut Setiap Variasi Lama Pengamatan di Jakarta	35
Tabel 4. 2 Nilai Amplitudo dan Fase Komponen Pasut Setiap Variasi Lama Pengamatan di Semarang	36
Tabel 4. 3 Nilai Amplitudo dan Fase Komponen Pasut Setiap Variasi Lama Pengamatan di Surabaya	36
Tabel 4. 4 Nilai MSL dan LWS dari Data 15 Hari dalam Satuan Meter	37
Tabel 4. 5 Nilai MSL dan LWS dari Data 1 Bulan dalam Satuan Meter	38
Tabel 4. 6 Nilai MSL dan LWS dari Data 3 Bulan dalam Satuan Meter	38
Tabel 4. 7 Nilai MSL dan LWS dari Data 6 Bulan dalam Satuan Meter	39
Tabel 4. 8 Nilai MSL dan LWS dari Data 1 Tahun dalam Satuan Meter	39
Tabel 4. 9 Nilai RMSE Prediksi Pasut dari Data 15 Hari Terhadap Data Pengamatan Tahun 2018 di Jakarta dalam Satuan Meter	42
Tabel 4. 10 Nilai RMSE Prediksi Pasut dari Data 15 Hari Terhadap Data Pengamatan Tahun 2018 di Semarang dalam Satuan Meter.....	44

Tabel 4. 11 Nilai RMSE Prediksi Pasut dari Data 15 Hari Terhadap Data Pengamatan Tahun 2018 di Surabaya dalam Satuan Meter.....	45
Tabel 4. 12 Nilai RMSE Prediksi Pasut dari Data Satu Bulan Terhadap Data Pengamatan Tahun 2018 di Jakarta dalam Satuan Meter	47
Tabel 4. 13 Nilai RMSE Prediksi Pasut dari Data Satu Bulan Terhadap Data Pengamatan Tahun 2018 di Semarang dalam Satuan Meter.....	49
Tabel 4. 14 Nilai RMSE Prediksi Pasut dari Data Satu Bulan Terhadap Data Pengamatan Tahun 2018 di Surabaya dalam Satuan Meter.....	50
Tabel 4. 15 Nilai RMSE Prediksi Pasut dari Data Tiga Bulan Terhadap Data Pengamatan Tahun 2018 di Jakarta dalam Satuan Meter	52
Tabel 4. 16 Nilai RMSE Prediksi Pasut dari Data Tiga Bulan Terhadap Data Pengamatan Tahun 2018 di Semarang dalam Satuan Meter.....	53
Tabel 4. 17 Nilai RMSE Prediksi Pasut dari Data Tiga Bulan Terhadap Data Pengamatan Tahun 2018 di Surabaya dalam Satuan Meter.....	55
Tabel 4. 18 Nilai RMSE Prediksi Pasut dari Data Enam Bulan Terhadap Data Pengamatan Tahun 2018 di Jakarta dalam Satuan Meter	56
Tabel 4. 19 Nilai RMSE Prediksi Pasut dari Data Enam Bulan Terhadap Data Pengamatan Tahun 2018 di Semarang dalam Satuan Meter.....	56

Tabel 4. 20 Nilai RMSE Prediksi Pasut dari Data Enam Bulan Terhadap Data Pengamatan Tahun 2018 di Surabaya dalam Satuan Meter.....	57
Tabel 4. 21 Nilai RMSE Prediksi Pasut dari Data Satu Tahun Terhadap Data Pengamatan Tahun 2018 di Jakarta dalam Satuan Meter	57
Tabel 4. 22 Nilai RMSE Prediksi Pasut dari Data Satu Tahun Terhadap Data Pengamatan Tahun 2018 di Semarang dalam Satuan Meter.....	57
Tabel 4. 23 Nilai RMSE Prediksi Pasut dari Data Satu Tahun Terhadap Data Pengamatan Tahun 2018 di Surabaya dalam Satuan Meter.....	57

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pemerintah Indonesia dalam Peraturan Presiden Nomor 2 Tahun 2015 tentang Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional 2015-2019 mendukung peningkatan konektivitas nasional untuk mencapai keseimbangan pembangunan salah satunya melalui program tol laut. Tol laut adalah penyelenggaraan angkutan laut secara tetap dan teratur yang menghubungkan pelabuhan-pelabuhan hub disertai *feeder* dari Sumatera hingga ke Papua dengan menggunakan kapal-kapal berukuran besar sehingga diperoleh manfaat ekonomisnya. Pelaksanaan program tol laut tentunya mendorong pembangunan infrastruktur-infrastruktur laut baru sepanjang wilayah yang dilaluinya. Masalah yang mungkin timbul dalam pembangunan infrastruktur laut baru salah satunya adalah tidak tersedianya nilai *chart datum* untuk daerah yang menjadi objek pembangunan. Oleh karena itu, perlu adanya pengamatan pasang surut untuk menentukan nilai *chart datum* di daerah tersebut. Khusus dalam bidang transportasi laut terdapat beberapa kejadian merugikan yang terjadi karena pasang surut air laut diantaranya adalah karamnya kapal-kapal besar ketika terjadi surut, meluapnya air laut ke jalan sehingga mengakibatkan banjir ketika terjadi air pasang. Beberapa kejadian yang diakibatkan oleh pasang surut air laut dapat diantisipasi dengan adanya prediksi pasang surut air laut.

Pasang surut air laut adalah naik turunnya muka laut secara periodik akibat adanya gaya tarik benda-benda angkasa terutama matahari dan bulan terhadap massa air di bumi (Pariwono 1989). Pengaruh benda angkasa lainnya dapat diabaikan karena jaraknya lebih jauh atau ukurannya lebih kecil. Pengetahuan mengenai pasang surut sangat berguna untuk berbagai keperluan, mulai dari masalah navigasi dan keselamatan pelayaran, hidrografi, sampai ke perencanaan bangunan di daerah pantai maupun lepas pantai. Sebagai suatu fenomena yang bersifat periodik tentunya pasang

surut dapat diprediksi. Amplitudo dan fase setiap komponen pasut dapat dihitung dari data pengamatan, dan karena periode setiap komponen dapat diketahui dari hasil analisa harmonik, maka pasang surut dapat diprediksikan pada setiap tempat di bumi (Ali, Mihardja dan Hadi 1994).

Ulum dan Khomsin (2013) telah melakukan penelitian serupa, yaitu membandingkan akurasi prediksi pasang surut air laut antara metode *admiralty* dan *least square* dengan menggunakan data pengamatan pasut selama 15 hari dan 29 hari. Dari penelitian tersebut diketahui Nilai *Root Mean Square Error* (RMSE) yang dihasilkan oleh metode *least square* lebih kecil daripada yang dihasilkan oleh metode *admiralty* yakni sebesar 12,360 cm untuk panjang data 15 hari dan 5,972 cm untuk panjang data 29 hari pada prediksi pasut bulan pertama. Namun dalam penelitian tersebut hanya memuat dua variasi data berdasarkan lama pengamatan.

Dalam penelitian ini akan dilakukan analisis perbandingan nilai *chart datum* dan akurasi prediksi pasang surut air laut dari konstanta harmonik pasang surut yang diperoleh melalui analisa harmonik data pengamatan 15 hari, 30 hari, tiga bulan, enam bulan dan satu tahun. Pemilihan variasi lama waktu pengamatan 15 hari dikarenakan dalam periode waktu tersebut dengan interval pembacaan setiap satu jam sudah terdapat satu siklus pasang surut yang meliputi pasang purnama dan pasang perbani. Pengamatan lebih lama (30 hari atau lebih) akan memberikan data yang lebih lengkap (Triatmojo 1999). Pada penelitian kali ini *chart datum* yang akan dihitung adalah *Mean Sea Level* (MSL) dan *Lowest Water Spring* (LWS). Kedua *chart datum* tersebut secara resmi digunakan sebagai datum vertikal untuk pembuatan informasi geospasial, sesuai dengan pasal 13 ayat 3 dan 4 Undang-Undang nomor 4 tahun 2011 tentang Informasi Geospasial yang berbunyi: (3) Pada Peta Rupabumi Indonesia, garis pantai ditetapkan berdasarkan garis kedudukan muka air laut rata-rata. (4) Pada Peta Lingkungan Pantai Indonesia dan Peta Lingkungan Laut Nasional, garis pantai ditetapkan berdasarkan kedudukan muka air laut surut terendah. Metode yang digunakan untuk menganalisis akurasi

prediksi pasang surut di perairan Jakarta, Semarang dan Surabaya terfokus menggunakan metode *least square* (kuadrat terkecil) dengan perangkat lunak Matlab. Sedangkan perhitungan akurasi prediksi pasang surut dilakukan menggunakan perangkat lunak Microsoft Excel untuk kemudian dianalisa signifikansinya. Hasil dari penelitian ini kemudian dapat digunakan untuk mengetahui adakah perbedaan signifikan pada nilai *chart datum* dan akurasi prediksi pasang surut air laut dari lama pengamatan yang berbeda. Hasil penelitian ini lebih jauh dapat dijadikan pertimbangan terkait penentuan lama pengamatan untuk kepentingan praktis seperti pengamatan pasang surut untuk koreksi kedalaman pada survei batimetri, pertimbangan pembangunan di daerah pantai maupun lepas pantai, dan kepentingan yang memerlukan pengamatan pasang surut air laut.

1.2. Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah yang digunakan dalam penelitian ini antara lain:

1. Bagaimana perbandingan nilai *chart datum* yang dihasilkan dari data pengamatan 15 hari, 30 hari, tiga bulan, enam bulan dan satu tahun?
2. Bagaimana perbandingan akurasi prediksi pasang surut air laut yang dihasilkan dari data pengamatan 15 hari, 30 hari, tiga bulan, enam bulan dan satu tahun?

1.3. Batasan Masalah

Batasan masalah dari penelitian ini antara lain:

1. Wilayah yang dijadikan studi kasus adalah perairan Jakarta, Semarang dan Surabaya, Indonesia.
2. Analisa harmonik data pasang surut air laut dan perhitungan *chart datum* dilakukan dengan metode *least square* menggunakan perangkat lunak Matlab.
3. Nilai *chart datum* yang digunakan dalam penelitian ini yaitu *Mean Sea Level (MSL)* dan *Lowest Water Spring (LWS)*.

4. Perhitungan nilai *chart datum* dan akurasi prediksi pasang surut menggunakan sembilan konstanta pasang surut (M_2 , S_2 , K_2 , N_2 , K_1 , O_1 , P_1 , M_4 , dan MS_4) yang dihasilkan dari analisis harmonik.
5. Perhitungan akurasi prediksi pasang surut dan uji signifikansi dilakukan menggunakan perangkat lunak Microsoft Excel.
6. Data diperoleh dari pengamatan *real-time* periode tahun 2017 dan 2018 oleh Stasiun Pasang Surut Badan Informasi Geospasial (BIG) di perairan Jakarta, Semarang dan Surabaya.

1.4. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini antara lain:

1. Menganalisa perbandingan nilai *chart datum* di perairan Jakarta, Semarang, Surabaya yang dihasilkan dari data pengamatan 15 hari, 30 hari, tiga bulan, enam bulan dan satu tahun.
2. Menganalisa perbandingan akurasi prediksi pasang surut air laut di perairan Jakarta, Semarang, Surabaya yang dihasilkan dari data pengamatan 15 hari, 30 hari, tiga bulan, enam bulan dan satu tahun terhadap data pengamatan tahun berikutnya.

1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini antara lain:

1. Prediksi pasang surut air laut dapat digunakan untuk kepentingan praktis seperti koreksi kedalaman pada survei batimetri, maupun pertimbangan pembangunan di daerah pantai maupun lepas pantai.
2. Lebih lanjut dapat digunakan untuk dasar pengambilan keputusan terkait efisiensi durasi pengamatan pasang surut air laut untuk kepentingan jangka panjang seperti pemeliharaan jalur pelayaran, pemeliharaan kolam dermaga, dan lain-lain.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Penelitian kali ini akan membahas mengenai perbandingan nilai *chart datum* dan akurasi prediksi pasang surut berdasarkan variasi lama waktu pengamatan pasut. Berikut adalah teori-teori pendukung yang digunakan dalam penelitian ini.

2.1 Penelitian Terdahulu

Ulum dan Khomsin (2013) telah melakukan penelitian serupa, yaitu membandingkan akurasi prediksi pasang surut air laut antara metode *admiralty* dan *least square* dengan menggunakan data pengamatan pasut selama 15 hari dan 29 hari. Dari penelitian tersebut diketahui nilai *Root Mean Square Error* (RMSE) yang dihasilkan oleh metode *least square* lebih kecil daripada yang dihasilkan oleh metode *admiralty* yakni sebesar 12,360 cm untuk panjang data 15 hari dan 5,972 cm untuk panjang data 29 hari pada prediksi pasut bulan pertama. Namun dalam penelitian tersebut hanya memuat dua variasi data berdasarkan lama pengamatan

2.2 Pasang Surut Air Laut

Menurut Pariwono pada tahun (1989) fenomena pasang surut diartikan sebagai naik turunnya muka laut secara berkala akibat adanya gaya tarik benda-benda angkasa terutama matahari dan bulan terhadap massa air di bumi. Pengaruh benda angkasa lainnya dapat diabaikan karena jaraknya lebih jauh atau ukurannya lebih kecil. Untuk mengetahui posisi titik pasang surut terendah atau tertinggi di suatu wilayah pengamatan pasang surut yang ideal dilakukan adalah selama 18,6 tahun. Karena dalam satu periode tersebut terjadi *nodal tide*. *Nodal Tide* disebabkan oleh adanya inklinasi orbit bulan terhadap bidang ekliptik bumi sebesar $5^{\circ}11'$ yang saling berpotongan dalam periode 18,6 tahun sekali, sehingga menyebabkan adanya konstanta pasut periode panjang. (Dronkers 1964).

Pasang surut laut dapat didefinisikan pula sebagai gelombang yang dibangkitkan oleh adanya interaksi antara bumi,

matahari dan bulan. Puncak gelombang disebut pasang tinggi dan lembah gelombang disebut surut/pasang rendah. Perbedaan vertikal antara pasang tinggi dan pasang rendah disebut rentang pasang surut atau tunggang pasang surut (*tidal range*) yang bisa mencapai beberapa meter hingga puluhan meter. Periode pasang surut adalah waktu antara puncak atau lembah gelombang ke puncak atau lembah gelombang berikutnya.

Pasang surut air laut merupakan hasil dari gaya tarik-menarik gravitasi dan efek sentrifugal. Efek sentrifugal adalah dorongan ke arah luar pusat rotasi. Meskipun ukuran bulan lebih kecil dari matahari, gaya tarik gravitasi bulan dua kali lebih besar daripada gaya tarik matahari dalam membangkitkan pasang surut air laut karena jarak bulan lebih dekat daripada jarak matahari ke bumi.

Adapun jenis pasang surut air laut yaitu pasang surut purnama (*spring tides*) yang terjadi ketika bumi, bulan dan matahari berada dalam suatu garis lurus (matahari dan bulan dalam keadaan oposisi). Pada saat itu, akan dihasilkan pasang tinggi yang sangat tinggi dan pasang rendah yang sangat rendah, karena kombinasi gaya tarik dari matahari dan bulan bekerja saling menguatkan. Pasang surut purnama ini terjadi dua kali setiap bulan, yakni pada saat bulan baru dan bulan purnama (*full moon*). Sedangkan pasang surut perbani (*neap tides*) terjadi ketika bumi, bulan dan matahari membentuk sudut tegak lurus, yakni saat bulan membentuk sudut 90° dengan bumi. Pada saat itu akan dihasilkan pasang tinggi yang rendah dan pasang rendah yang tinggi. Pasang surut perbani ini terjadi dua kali, yaitu pada saat bulan $1/4$ dan $3/4$ (Wardiyatmoko dan Bintarto 1994).

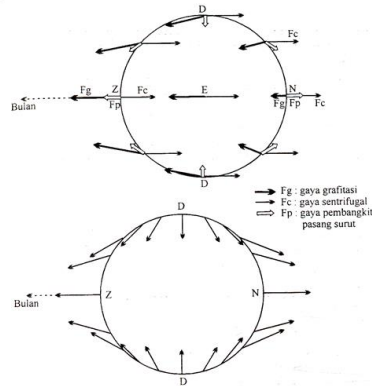
2.2.1 Faktor Penyebab Pasang Surut

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. Posisi Bumi, Bulan dan Matahari yang berbeda menyebabkan perbedaan ketinggian pasang surut pada saat posisi konfigurasi tertentu. Pada separuh bagian Bumi yang menghadap ke arah Bulan terbentuk gaya yang mengarah ke Bulan karena gaya gravitasi Bulan. Sebaliknya, pada arah yang berlawanan terbentuk gaya yang berlawanan arah karena gaya sentrifugal (Duxbury dan Sverdrup 2002).

2.2.2 Gaya Pembangkit Pasang Surut

Bulan dan matahari memberikan gaya gravitasi terhadap bumi yang besarnya tergantung pada besar massa benda yang saling tarik-menarik tersebut. Massa bulan jauh lebih kecil dari massa matahari, tetapi karena jaraknya terhadap bumi jauh lebih dekat, maka pengaruh gaya tarik bulan terhadap bumi lebih besar dari pada pengaruh gaya tarik matahari. Gaya tarik bulan yang mempengaruhi pasang surut adalah 2,2 kali lebih besar dari pada gaya tarik matahari. Pasang surut air laut merupakan hasil dari gaya tarik gravitasi dan efek sentrifugal. Efek sentrifugal adalah dorongan ke arah luar pusat rotasi.



Gambar 2.1 Gaya Pembangkit Pasut (Triatmodjo 1999)

Gravitasi bervariasi secara langsung dengan massa tetapi berbanding terbalik terhadap jarak. 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 sudut antara sumbu rotasi bumi dan bidang orbital bulan dan matahari. Gaya-gaya ini mengakibatkan air laut yang menyusun 71% permukaan bumi, menggelembung pada sumbu yang menghadap ke bulan. Pasang surut terbentuk karena rotasi bumi yang berada di bawah muka air yang menggelembung ini, yang mengakibatkan kenaikan dan penurunan permukaan laut di wilayah pesisir secara periodik. Daerah-daerah pesisir mengalami dua kali pasang dan dua kali surut selama periode sedikit di atas 24 jam (Priyana 1994). Pasangan matahari dan bumi akan menghasilkan fenomena pasang surut yang mirip dengan fenomena yang diakibatkan oleh pasangan bumi dan bulan. Perbedaan yang utama adalah Gaya Penggerak Pasut (GPP) yang disebabkan oleh matahari hanya sebesar separuh kekuatan yang disebabkan oleh bulan.

2.2.3 Proses Pasang Surut

Untuk menjelaskan terjadinya pasang surut maka mula-mula dianggap bahwa bumi benar-benar bulat serta seluruh

permukaannya ditutupi oleh lapisan air laut yang sama tebalnya sehingga didalam hal ini dapat diterapkan teori kesetimbangan. Pada setiap titik dimuka bumi akan terjadi pasang surut yang merupakan kombinasi dari beberapa komponen yang mempunyai amplitudo dan kecepatan sudut yang tertentu sesuai dengan gaya pembangkitnya. Pada keadaan sebenarnya bumi tidak semuanya ditutupi oleh air laut melainkan sebagian merupakan daratan dan juga kedalaman laut berbeda-beda. Sebagai konsekuensi dari teori kesetimbangan, maka pasang surut akan terdiri dari beberapa komponen yang mempunyai amplitudo dan kecepatan sudut tertentu, sama besarnya seperti yang diuraikan pada teori kesetimbangan. Pada teori kesetimbangan bumi diasumsikan tertutup air dengan kedalaman dan densitas yang sama dan naik turun muka laut sebanding dengan gaya penggerak pasut yaitu resultan gaya tarik bulan dan gaya sentrifugal, teori ini berkaitan dengan hubungan antara laut, massa air yang naik, bulan, dan matahari. Gaya penggerak pasut ini akan menimbulkan air tinggi pada dua lokasi dan air rendah pada dua lokasi (Gross 1987).

2.2.4 Jenis Pasang Surut

Terdapat empat jenis tipe pasang surut yang didasarkan pada periode dan keteraturannya. Dalam satu bulan, variasi harian dari rentang pasang surut berubah secara sistematis terhadap siklus bulan. Rentang pasang surut juga bergantung pada bentuk perairan dan konfigurasi lantai samudera. Menurut Wyrcki (1961), tipe pasang surut di Indonesia dibagi menjadi 4 yaitu:

1. Pasang surut harian ganda (*semi diurnal tide*).

Dalam sehari terjadi dua kali pasang dan dua kali surut secara berurutan. Periode pasang surut rata-rata 12 jam 24 menit. Pasang surut jenis ini terdapat di Selat Malaka sampai Laut Andaman.

2. Pasang surut harian tunggal (*diurnal tide*).

Dalam satu hari terjadi satu kali pasang dan satu kali surut. Periode pasang surut adalah 24 jam 50 menit. Pasang surut tipe ini terjadi di perairan Selat Karimata.

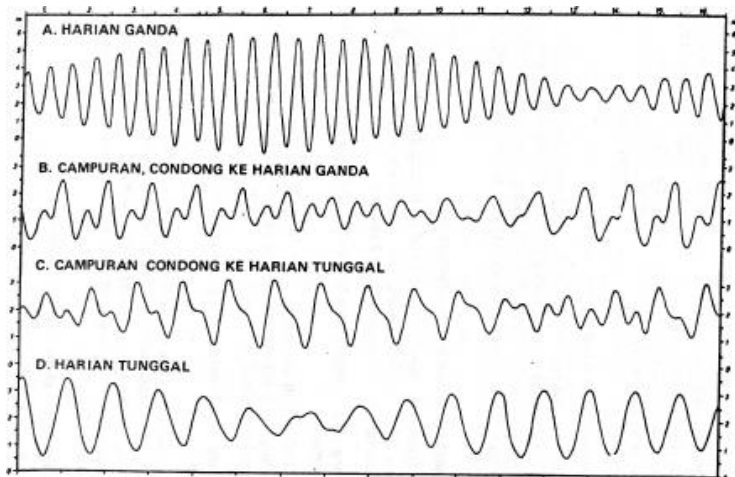
3. Pasang surut campuran condong ke harian ganda (*mixed tide prevailing semidiurnal*).

Dalam satu hari terjadi dua kali air pasang dan dua kali air surut, tetapi tinggi periodenya berbeda. Pasang surut jenis ini banyak terdapat perairan Indonesia Timur.

4. Pasang surut campuran condong ke harian tunggal (*mixed tide prevailing diurnal*).

Pada tipe ini dalam satu hari terjadi satu kali air pasang dan satu kali air surut, tetapi kadang-kadang untuk sementara waktu terjadi dua kali pasang dan dua kali surut dengan tinggi dan periode yang sangat berbeda. Pasang surut jenis ini biasa terdapat di daerah Selat Kalimantan dan Pantai Utara Jawa Barat.

Ilustrasi dari tipe-tipe pasang surut dapat dilihat dalam Gambar 2.2 berikut.



Gambar 2. 2 Tipe-Tipe Pasang Surut (Ongkosongo 1989)

2.3 Analisa Harmonik Pasang Surut

Metode analisa pasut didasarkan pada perhitungan gerak sistem bumi, bulan dan matahari sesuai dengan teori pasut setimbang. Namun pada kenyataannya keadaan atau kondisi pasut di suatu tempat tidak sama dengan kondisi setimbang dikarenakan laut memberikan respon yang cukup rumit akibat adanya variasi kedalaman laut, termasuk pantai (*shallow water*). Terdapat tiga macam dasar metode analisis pasut menurut (Munk dan Cartwright 1966):

1. Analisis non-harmonik.

Dasar perhitungan dari metode ini adalah hubungan antara waktu air tinggi dan rendah dengan fase bulan dan berbagai parameter astronomis lainnya.

2. Analisis harmonik.

Dasar dari metode ini adalah variasi tinggi muka laut diperlakukan sebagai superposisi dari sejumlah gelombang komponen harmonik pasut, kecepatan sudut dan fasenya dapat dihitung berdasarkan parameter astronomis.

3. Analisis *response*.

Metode ini mengasumsikan bahwa pasut merupakan konvolusi dari keadaan setimbangnya berdasarkan *weight function*. Variasi tinggi muka laut di suatu tempat dapat dinyatakan sebagai superposisi dari berbagai komponen harmonik pasang surut.

2.3.1 Analisis Harmonik Pasang Surut Air Laut Menggunakan Metode *Least Square*

Tinggi muka laut dapat dinyatakan sebagai jumlah aljabar gelombang diam (*stationer*) dan gelombang bergerak. Model matematisnya, akan merupakan jumlah fungsi sinus dan cosinus yang mewakili komponen pasut oleh faktor bulan-matahari dan perairan dangkal. Pada analisis harmonik ini kita akan menentukan nilai amplitudo dan fase sebanyak frekuensi yang memungkinkan untuk dianalisis sesuai dengan durasi data pengamatan. Dengan banyaknya data pengamatan

dibandingkan frekuensi yang akan ditentukan menyebabkan adanya persoalan *overdetermined*. Hal ini menimbulkan adanya bentuk “*signal demodulation*” dalam analisis harmonik, dimana kita bisa menentukan secara spesifik frekuensi yang akan dianalisis menggunakan metode *least square* untuk menghasilkan nilai amplitudo dan fase.

Analisis harmonik pada awalnya di desain untuk menganalisis variabilitas pasut termasuk periode tahunan dan tengah tahunan atau jangka waktu tertentu yang biasanya terosilasi secara periodik. Secara umum, hirarki konstanta harmonik pasut didominasi oleh periode diurnal dan semidiurnal, diikuti dengan variasi periode dua mingguan, bulanan, setengah tahun dan tahunan. Pendekatan analisis harmonik menghasilkan koefisien harmonik pasut, yaitu amplitudo dan fase sesuai dengan frekuensi komponen tertentu yang ingin kita ekstrak dari data pengamatan. Setelah menentukan komponen pasut yang akan dianalisis, kita dapat mengurangi data awal dengan data rekonstruksi yang kita dapat sebelumnya, sehingga menghasilkan data non-tidal atau data residual. Data residual dalam hal ini adalah data *sea level anomaly* (SLA).

Prinsip analisis pasut dengan metode kuadrat terkecil yaitu dengan meminimalkan perbedaan sinyal komposit dan sinyal ukuran. Persamaan metode kuadrat terkecil dapat dilihat sebagai berikut (Ali, Mihardja dan Hadi 1994):

$$h(t_n) = S_0 + \sum_{i=1}^k A_i \cos(\omega_i t_n - P_i) \dots \dots (2.1)$$

Penyelesaian persamaan *least square* memerlukan linierisasi dari persamaan 2.1.

Karena nilai $\cos(a - b) = \cos a \cos b + \sin a \sin b$, maka misalkan dari persamaan di atas, $a = \omega_i t_n$ dan $b = P_i$, akan menjadi:

$$h(t_n) = S_0 + \sum_{i=1}^k A_i (\cos(\omega_i t_n) \cos(P_i) + (\sin(\omega_i t_n) \sin(P_i))) \dots\dots\dots (2.2)$$

$$h(t_n) = S_0 + \sum_{i=1}^k A_i (\cos(\omega_i t_n) \cos(P_i)) + \sum_{i=1}^k A_i (\sin(\omega_i t_n) \sin(P_i)) \dots\dots\dots(2.3)$$

Jika $a_i = A_i \cos(P_i)$ dan $b_i = A_i \sin(P_i)$, maka persamaan 2.3 akan menjadi:

$$h(t_n) = S_0 + \sum_{i=1}^k a_i \cos(\omega_i t_n) + \sum_{i=1}^k b_i \sin(\omega_i t_n) \dots\dots (2.4)$$

dimana:

- $h(t_n)$: tinggi muka air fungsi dari waktu (meter)
- A_i : Amplitudo komponen ke-I (meter)
- P_i : Fase komponen ke-I (derajat)
- ω_i : kecepatan sudut komponen ke-i
- t_n : waktu pengamatan per jam
- S_0 : tinggi muka air rata-rata (meter)
- k : jumlah komponen pasang surut

Karena persamaan 2.4 telah berbentuk linier, maka perhitungannya dapat dilakukan dalam bentuk matriks. $F(n \times 1)$ adalah matriks observasi atau pengamatan, dihasilkan dari data pengamatan pasut, $A(n \times u)$ adalah matriks desain, dan $X(u \times 1)$ adalah matriks parameter dimana n adalah jumlah data pengamatan pasut, sedangkan u adalah jumlah parameter.

$$F = \begin{bmatrix} h(t_1) \\ h(t_2) \\ \vdots \\ h(t_n) \end{bmatrix} \dots\dots\dots(2.5)$$

$$A = \begin{bmatrix} 1 & \cos(\omega_1 t_1) & \dots & \cos(\omega_i t_1) & \sin(\omega_1 t_1) & \dots & \sin(\omega_i t_1) \\ 1 & \cos(\omega_1 t_2) & \dots & \cos(\omega_i t_2) & \sin(\omega_1 t_2) & \dots & \sin(\omega_i t_2) \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ 1 & \cos(\omega_1 t_n) & \dots & \cos(\omega_i t_n) & \sin(\omega_1 t_n) & \dots & \sin(\omega_i t_n) \end{bmatrix} \dots\dots(2.6)$$

$$X = [A^T A]^{-1} A^T F = \begin{bmatrix} S_0 \\ a_i \\ b_i \\ \vdots \\ a_i \\ b_i \end{bmatrix} \dots\dots\dots (2.7)$$

Dalam persamaan 2.7 terdapat operasi invers matriks. Syarat suatu matriks dapat diinvers adalah matriks tersebut harus merupakan matriks persegi dan memiliki nilai determinan tidak sama dengan nol. Hasil proses analisis harmonik pasang surut adalah nilai amplitudo dan beda fase dari konstanta harmonik pasang surut. Dengan metode *least square*, solusi didapatkan dengan menggunakan persamaan linier akan menghasilkan:

1. Tinggi muka air laut rata-rata (*Mean Sea Level*)
 $S_0 = a_{i+1} \dots\dots\dots (2.8)$

2. Amplitudo setiap komponen pasang surut
 $A_i = \sqrt{a_i^2 + b_i^2} \dots\dots\dots (2.9)$

3. Fase setiap komponen pasang surut
 $P_i = \tan^{-1} \left(\frac{b_i}{a_i} \right) \dots\dots\dots (2.10)$

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 pengamatan pasang surut laut dari lapangan adalah tinggi permukaan air laut di suatu lokasi. Berdasarkan hasil pengamatan tersebut dapat ditetapkan datum vertikal tertentu yang sesuai untuk keperluan-keperluan tertentu pula (Peorbandono dan Djunarsjah 2005).

2.3.2 Prediksi Pasang Surut

Ongkosongo (1989) menjelaskan bahwa prediksi elevasi pasang surut di suatu lokasi dapat ditentukan dari amplitudo dan fase setiap komponen pasang surut yang dihasilkan dari proses analisa harmonik.

Elevasi pasang surut di suatu lokasi setiap waktu dapat ditentukan dengan persamaan sebagai berikut:

$$\eta(t) = S_0 + \sum_{i=1}^k A_i \cos(\omega_i t - P_i) \dots\dots\dots (2.11)$$

dimana:

$\eta(t)$: tinggi muka air fungsi dari waktu (meter)

A_i : Amplitudo komponen ke-I (meter)

P_i : Fase komponen ke-I (derajat)

ω_i : kecepatan sudut komponen ke-i

t : waktu pengamatan per jam

S_0 : tinggi muka air rata-rata (MSL) (meter)

k : jumlah komponen pasang surut

2.3.3 Konstanta Harmonik Pasang Surut

Konstanta harmonik pasut adalah konstanta-konstanta yang dapat menyebabkan terjadinya pasang surut. Konstanta-konstanta pasang surut memiliki sifat yang harmonik terhadap waktu, sehingga dinamakan konstanta harmonik pasang surut. Mengingat pasang surut sebagai efek gaya pembangkit bergejala periodik, maka dapat dinyatakan sebagai jumlah linier gelombang-gelombang stasioner dan bergerak. Setiap gelombang harus mewakili setiap atraksi periodik (Ingham 1974).

Pasangan matahari-bumi akan menghasilkan fenomena pasang surut yang mirip dengan fenomena yang diakibatkan oleh pasangan bumi-bulan.

Konstanta-konstanta pasang surut laut dimodelkan sesuai dengan periode masing-masing konstanta 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 konstanta harmonik pasang surut dapat dibagi menjadi tiga kelompok seperti di bawah ini:

1. Konstanta harmonik pasang surut periode harian (*diurnal period tide*).
2. Konstanta harmonik pasang surut periode harian ganda (*semidiurnal period tide*).
3. Konstanta harmonik pasang surut periode panjang (*long period tide*).

Menurut Poerbandono dan Djunarsjah (2005) komponen-komponen harmonik utama pasang surut dijabarkan dalam Tabel 2.1 berikut.

Tabel 2. 1 Komponen-Komponen Harmonik Pasang Surut (Poerbandono dan Djunarsjah 2005)

Kelompok	Nama Komponen	Periode (Jam)	Penyebab
Semi-diurnal	M_2	12.42	Gravitasi bulan dengan orbit lingkaran dan sejajar ekuator bumi
	S_2	12.00	Gravitasi matahari dengan orbit lingkaran dan sejajar ekuator bumi
	N_2	12.66	Perubahan jarak bulan ke bumi akibat lintasan yang berbentuk elips
	K_2	11.97	Perubahan jarak matahari ke bumi akibat lintasan yang berbentuk elips
Diurnal	K_1	23.93	Deklinasi sistem bulan dan matahari
	O_1	25.82	Deklinasi bulan

Kelompok	Nama Komponen	Periode (Jam)	Penyebab
	P_1	24.07	Deklinasi matahari
Perioda Panjang	M_f	327.86	Variasi setengah bulanan
	M_m	661.30	Variasi bulanan
	S_{sa}	2191.43	Variasi semi tahunan
Perairan Dangkal	$2SM_2$	11.61	Interaksi bulan dan matahari
	MNS_2	13.13	Interaksi bulan dan matahari dengan perubahan jarak matahari akibat lintasan berbentuk elips
	MK_3	8.18	Interaksi bulan dan matahari dengan perubahan jarak bulan akibat lintasan berbentuk elips
	M_4	6.21	Dua kali kecepatan sudut M_2
	MS_4	2.20	Interaksi M_2 dan S_2

Selain konstanta-konstanta yang disebutkan pada tabel 2.1, terdapat konstanta harmonik pasut lain yang dipengaruhi oleh perairan dangkal. Untuk keperluan rekayasa, umumnya digunakan 9 unsur utama pembangkit pasut atau komponen utama konstanta harmonik pasut, yaitu M_2 , S_2 , K_2 , N_2 , K_1 , O_1 , P_1 , M_4 , dan MS_4 . Dari 9 komponen harmonik utama pasut, terdapat 4 konstanta harmonik yang biasa digunakan dalam menentukan tipe pasut, yaitu M_2 , S_2 , K_1 , dan O_1 (Ali, Mihardja dan Hadi 1994).

2.4 Chart datum

Pada peta laut umumnya digunakan suatu bidang permukaan air rendah (*chart datum*) sebagai bidang referensi, sehingga nilai-nilai kedalaman yang dipresentasikan oleh peta laut ini mengacu pada pasang surut rendah (*low tide*). *Chart datum* digunakan sebagai dasar penentuan angka kedalaman pada peta batimetri. Untuk mempresentasikan informasi ketinggian atau kedalaman, sering digunakan datum yang berbeda. Saat ini ada

banyak bidang vertikal yang dijadikan sebagai *chart datum*, misalnya: *Mean Sea Level* (MSL), *Mean Lower Low Water* (MLWS), *Lowest Low Water Large Tide* (LWSLT), *LWSST* (*Lowest Low Water Spring Tide*), dan *Lowest Astronomical Tide* (LAT) (Perbandono dan Djunarsjah 2005).

Perhitungan nilai *chart datum* dipengaruhi oleh besarnya Z_0 . Nilai *chart datum* sendiri dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$CD = S_0 - Z_0 \dots\dots\dots(2.12)$$

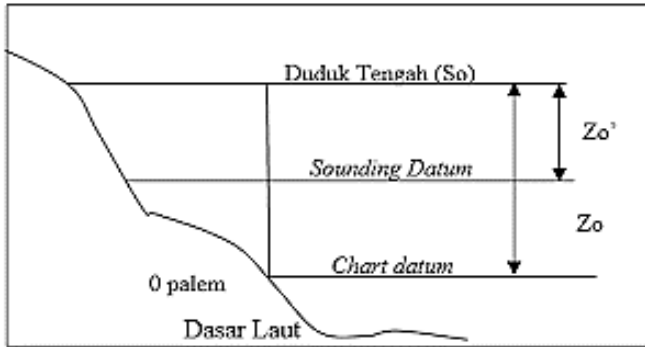
Dimana:

CD	= <i>Chart datum</i> dalam satuan meter
S_0	= <i>Mean Sea Level</i> (MSL) dalam satuan meter
Z_0	= jarak surutan peta dalam satuan meter

Sedangkan nilai Z_0 dihitung dari persamaan sebagai berikut:

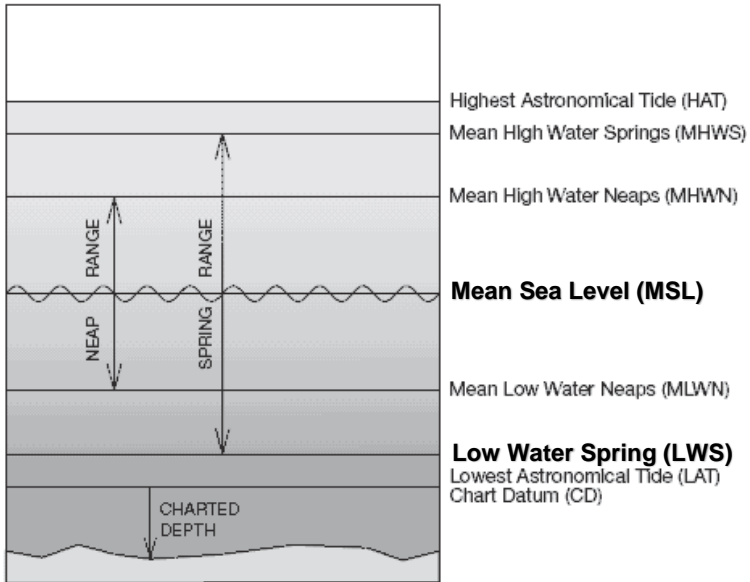
$$Z_0 = \sum_{i=1}^n A_i \dots\dots\dots(2.13)$$

Menurut definisi *International Hydrographic Organization* (IHO), A_i adalah amplitudo konstanta harmonik pasut ke- i yang signifikan, sedangkan menurut DISHIDROS A_i adalah amplitudo konstanta harmonik utama pasut yang jumlahnya ada 9 dan n adalah jumlah konstanta harmonik pasut (Khasanah dan Heliani 2014). Untuk ilustrasi yang lebih jelas perhatikan gambar berikut.



Gambar 2. 3 Ilustrasi Kedudukan *Chart Datum*

Pada penelitian ini nilai *chart datum* yang digunakan dan ditentukan adalah *Mean Sea Level* (MSL) dan *Lowest Water Spring* (LWS). MSL merupakan muka air rata-rata antara muka air laut tinggi rata-rata dan muka air rendah rata-rata. MSL biasa dijadikan sebagai referensi vertikal untuk kepentingan pembuatan peta rupabumi. LWS adalah kedudukan permukaan air laut pada saat rendah terendah. LWS biasa digunakan untuk kepentingan datum kedalaman survei batimetri di Indonesia sesuai dengan ketentuan pada SNI 19-7646-2010. Penentuan datum vertikal mengacu pada muka surutan yang ditentukan melalui pengamatan pasut pada stasiun permanen atau temporal yang dilakukan minimal selama 29 hari. Nilai datum ditetapkan dari nilai hitungan LWS pada stasiun-stasiun pasut tersebut. LWS digunakan untuk keperluan referensi vertikal untuk angka-angka kedalaman pada peta navigasi laut. LWS dipilih karena hampir tidak pernah terjadi keadaan ketika angka kedalaman yang tercantum pada peta lebih kecil dari kedalaman aktual. Penentuan muka surutan ditujukan untuk menjamin keselamatan pelayaran (Poerbandono dan Djunarsjah 2005). Kedudukan MSL dan LWS bisa dilihat sebagai berikut.



Gambar 2. 4 Kedudukan MSL dan LWS (Land Information New Zealand 2015)

Berikut adalah formula perhitungan MSL dan LWS (Fadilah, Suripin dan Sasongko 2013):

$$MSL = A_{S_0} \dots\dots\dots(2.14)$$

$$LWS = A_{S_0} - (A_{M_2} + A_{S_2} + A_{N_2} + A_{K_1} + A_{O_1} + A_{P_1} + A_{M_4} + A_{MS_4}) \dots\dots\dots(2.15)$$

2.5 Penentuan Akurasi

Akurasi adalah derajat kedekatan nilai ukuran dengan nilai sebenarnya atau nilai yang dianggap benar. Akurasi tak hanya dipengaruhi oleh faktor kesalahan acak, tetapi juga bias karena adanya kesalahan sistematis yang belum terkoreksi. Jika dalam nilai pengukuran tidak terdapat bias, nilai standar deviasi dari pengukuran tersebut dapat dijadikan nilai yang dianggap benar untuk menghitung akurasi (Mikhail dan Gracie 1981). Nilai akurasi dapat dihitung menggunakan formula *Root Mean*

Square Errors (RMSE). RMSE yaitu akar dari total selisih nilai pengukuran dengan nilai sebenarnya atau nilai yang dianggap benar dibagi dengan jumlah pengukuran. Dalam penelitian Adapun RMSE dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\bar{y}_i - y_i)^2}{n}} \dots\dots\dots(2.16)$$

Keterangan:

- n = Jumlah Pengukuran
 \bar{y}_i = Nilai Pengukuran ke I (meter)
 y_i = Nilai Sebenarnya ke I (meter)

2.6 Uji Signifikansi Koefisien Korelasi

Terdapat tiga macam hubungan antar variabel, yaitu hubungan simetris, hubungan sebab akibat (kausal), dan hubungan interaktif (saling mempengaruhi). Untuk mencari hubungan antara dua variabel atau lebih dilakukan dengan menghitung koefisien korelasi antara variabel-variabel tersebut. Koefisien korelasi merupakan angka yang menunjukkan arah dan kuatnya hubungan antar variabel. Arah hubungan dinyatakan dengan tanda positif atau negatif, sedangkan kuatnya hubungan ditunjukkan dengan besarnya angka koefisien korelasi yang besarnya berkisar antara 0 sampai dengan ± 1 .

Tabel 2. 2 Interpretasi Koefisien Korelasi (Riduwan 2003)

Interval Koefisien	Tingkat Hubungan
0,800 – 1,000	Sangat tinggi
0,600 – 0,799	Kuat
0,400 – 0,599	Cukup
0,200 – 0,399	Rendah
0,000 – 0,199	Sangat rendah

Terdapat berbagai macam teknik korelasi, antara lain (Riduwan 2003):

1. *Product Moment Pearson*: Kedua variabelnya berskala interval

2. *Rank Spearman*: Kedua variabelnya berskala ordinal
3. *Point Serial*: Satu berskala nominal sebenarnya dan satu berskala interval
4. *Biserial*: Satu berskala nominal buatan dan satu berskala interval
5. Koefisien kontingensi: Kedua variabelnya berskala nominal.

Kegunaan korelasi *Product Moment Pearson* adalah untuk menyatakan ada atau tidaknya hubungan antara variabel X dengan variabel Y. Besarnya sumbangan variabel satu terhadap yang lainnya dinyatakan dalam persen. Berikut persamaan untuk menghitung korelasi *Product Moment Pearson* (Riduwan 2003):

$$r = \frac{n \sum XY - (\sum X)(\sum Y)}{\sqrt{[n \sum X^2 - (\sum X)^2][n \sum Y^2 - (\sum Y)^2]}} \dots\dots\dots(2.17)$$

Keterangan:

n	= Banyaknya pasangan data variabel X dan Y
$\sum X$	= Jumlah variabel X
$\sum Y$	= Jumlah variabel Y
$\sum X^2$	= Kuadrat dari jumlah variabel X
$\sum Y^2$	= Kuadrat dari jumlah variabel Y
$\sum XY$	= Jumlah hasil perkalian variabel X dan Y

Setelah mengetahui nilai koefisien korelasi, kemudian dilakukan uji signifikansi dan hipotesis dari koefisien korelasi menggunakan uji T. Pengujian hipotesis dimaksudkan untuk melihat apakah suatu hipotesis yang diajukan ditolak atau dapat diterima. Hipotesis merupakan asumsi atau pernyataan yang mungkin benar atau salah mengenai suatu populasi. Dengan mengamati seluruh populasi, maka suatu hipotesis akan dapat diketahui apakah suatu penelitian itu benar atau salah. Untuk keperluan praktis, pengambilan sampel secara acak dari populasi akan sangat membantu. Dalam pengujian hipotesis terdapat asumsi dasar, antara lain (Ghilani dan Wolf 2006):

1. Hipotesis nol merupakan hipotesis yang akan diuji, dinyatakan oleh H_0 .
2. Hipotesis alternatif yaitu penolakan H_0 dimaknai dengan penerimaan hipotesis lainnya yang dinyatakan oleh H_1 .
3. Uji Statistik, dihitung dari sampel data. Nilai uji statistik digunakan untuk menentukan diterima atau tidaknya hipotesis nol. Jika hipotesis nol ditolak, dapat dikatakan bahwa perhitungan sampel statistik tidak konsisten dengan populasi.
4. Daerah penolakan, yaitu rentang nilai dari uji statistik dimana hipotesis nol harus ditolak. Daerah penolakan berkaitan erat dengan derajat kepercayaan yang digunakan. Jika hasil uji statistik memasuki daerah penolakan, bisa diartikan bahwa sampel statistik dari hipotesis nol berada diluar interval derajat kepercayaan. Derajat kepercayaan yang sering digunakan adalah 95%, maksudnya dalam suatu pengambilan keputusan terdapat 5% kemungkinan terjadinya kesalahan (tingkat signifikansi 5%).

Uji signifikansi koefisien korelasi dimaksudkan untuk mengetahui apakah terdapat pengaruh yang signifikan antar dua variabel (X dan Y). Setelah diketahui nilai koefisien korelasi dari variabel X dan Y, maka uji signifikansi dapat dihitung menggunakan uji t dengan langkah sebagai berikut (Riduwan 2003):

1. Menentukan hipotesis
 - Tentukan hipotesis nol dan hipotesis alternatif.
 - Tentukan H_0 , yaitu variabel X berpengaruh signifikan terhadap Y, dan H_1 yaitu variabel X tidak berpengaruh signifikan terhadap Y.
2. Menentukan tingkat signifikansi (α)
 - Tentukan tingkat signifikansi (α) yang akan digunakan.
3. Menentukan daerah penolakan

Tentukan pengujian dua arah, H_0 akan ditolak apabila $t_{hitung} < t_{tabel}$ atau $-t_{hitung} < -t_{tabel}$, maka H_1 diterima. H_0 akan diterima apabila $-t_{hitung} < t_{tabel} < t_{hitung}$.

4. Menentukan nilai t_{hitung} dan t_{tabel}

Nilai dari t_{tabel} dapat dilihat pada tabel uji-t untuk nilai α dan derajat kebebasan (db) = $n - k$ dimana n adalah jumlah sampel dan k adalah jumlah variabel. Sedangkan nilai t_{hitung} dapat diperoleh dari rumus:

$$t_{hitung} = \frac{r\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r^2}} \dots\dots\dots(2.18)$$

Dimana r adalah koefisien korelasi, dan n adalah jumlah sampel.

5. Penarikan kesimpulan

Setelah didapat nilai dari t_{hitung} dan t_{tabel} , sesuaikan dengan daerah penolakan. Jika $t_{hitung} > t_{tabel}$, maka H_0 diterima dan H_1 ditolak. Jika $t_{hitung} < t_{tabel}$, maka H_1 diterima dan H_0 ditolak.

2.7 Perairan Jakarta, Semarang dan Surabaya

Perairan Teluk Jakarta dengan luas sekitar 514 km² ini merupakan wilayah perairan dangkal semi tertutup dengan kedalaman rata-rata 15 meter. Di bagian utara terdapat gugusan Kepulauan Seribu yang terdiri atas 110 pulau dengan sejumlah ekosistem penyangga kehidupan, seperti terumbu karang, padang lamun, dan mangrove. Teluk Jakarta merupakan muara bagi 13 sungai dan dua kanal yang menjadi saluran akhir bagi limbah yang berasal dari kawasan Jakarta dan sekitarnya. Saat ini pesisir Teluk Jakarta telah berkembang menjadi kawasan multifungsi yakni sebagai kawasan pariwisata, perikanan, industri, perdagangan, hingga pelabuhan internasional yang memiliki frekuensi transportasi perkapalan tinggi. Teluk Jakarta memiliki tipe pasang surut semidiurnal yang artinya terjadi dua kali pasang dan dua kali surut dalam satu hari. Jarak vertikal antara pasang tertinggi dengan surut terendah (tunggang pasut) di perairan teluk adalah sebesar 1,2 meter (Rositasari 2017).

Pesisir Teluk Semarang merupakan kawasan perairan dan daratan di sepanjang pantai yang membentang dari muara Sungai Bodri, Kab. Kendal di sebelah barat, pantai Kota Semarang sampai dengan sekitar muara Sungai Wulan, Kabupaten Demak di bagian timur yang mempunyai panjang pantai sekitar 104 km. Pesisir Teluk Semarang saat ini mengalami perkembangan yang sangat pesat karena Kota Semarang merupakan ibu kota provinsi dan merupakan pusat pertumbuhan ekonomi utama Jawa Tengah. Kondisi hidro-oseanografi perairan laut di Semarang adalah kecepatan arus kurang 50 cm/dt dengan arah dominan ke barat dan barat daya, kedalaman kawasan kajian mencapai -17 m, tipe pasang surut campuran dominan ke harian ganda. konsentrasi sedimen melayang di perairan laut lepas berkisar 0,028 – 0,063 gr/l dan di sekitar muara berkisar antara 0,036 – 0,079 gr/l. Sedimen dasar tergolong pasir halus dengan d50 berkisar antara 0,1 – 0,23 mm (Wibowo 2018).

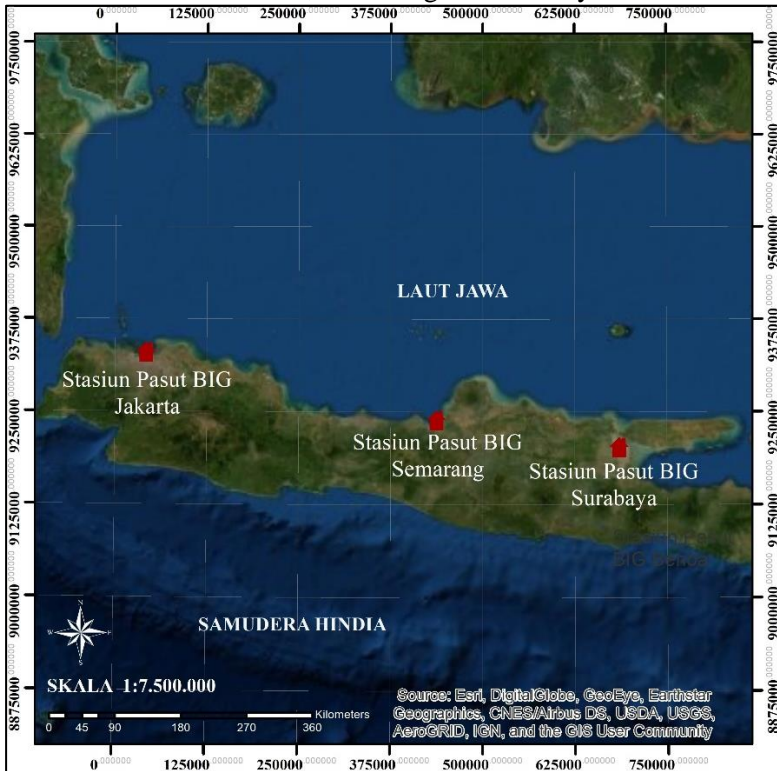
Wilayah Perairan Surabaya memiliki tipe pasut campuran condong ke harian ganda. Lokasi Stasiun pengamatan pasut BIG Surabaya terletak di dekat wilayah muara Sungai Kalimas. Perairan ini memiliki kecepatan arus di permukaan berkisar antara 0,04 m/dt – 0,11 m/dt dengan kecepatan rata – rata 0,08 m/dt ke arah timur. Pada lapisan tengah didapatkan kecepatan arus berkisar antara 0,04 m/dt – 0,08 m/dt dengan kecepatan rata – rata 0,06 m/dt ke arah timur. Sedangkan pada lapisan dasar kecepatan arus berkisar antara 0,03 m/dt – 0,12 m/dt dengan kecepatan rata – rata 0,07 m/ dt ke arah timur (Togatorop dkk 2015).

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB III METODOLOGI

3.1 Lokasi Penelitian

Lokasi yang dijadikan studi kasus pada penelitian ini berada di Perairan Jakarta, Semarang dan Surabaya.



Gambar 3. 1 Peta Lokasi Penelitian

3.2 Data dan Peralatan

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

3.2.1 Data

Pada penelitian ini, dibutuhkan beberapa data untuk menunjang pelaksanaan penelitian. Berikut adalah data yang dibutuhkan dalam penelitian ini:

1. Data pengamatan *real-time* periode tahun 2017 dan 2018 oleh Stasiun Pasang Surut Badan Informasi Geospasial (BIG) di Perairan Jakarta, Semarang dan Surabaya.

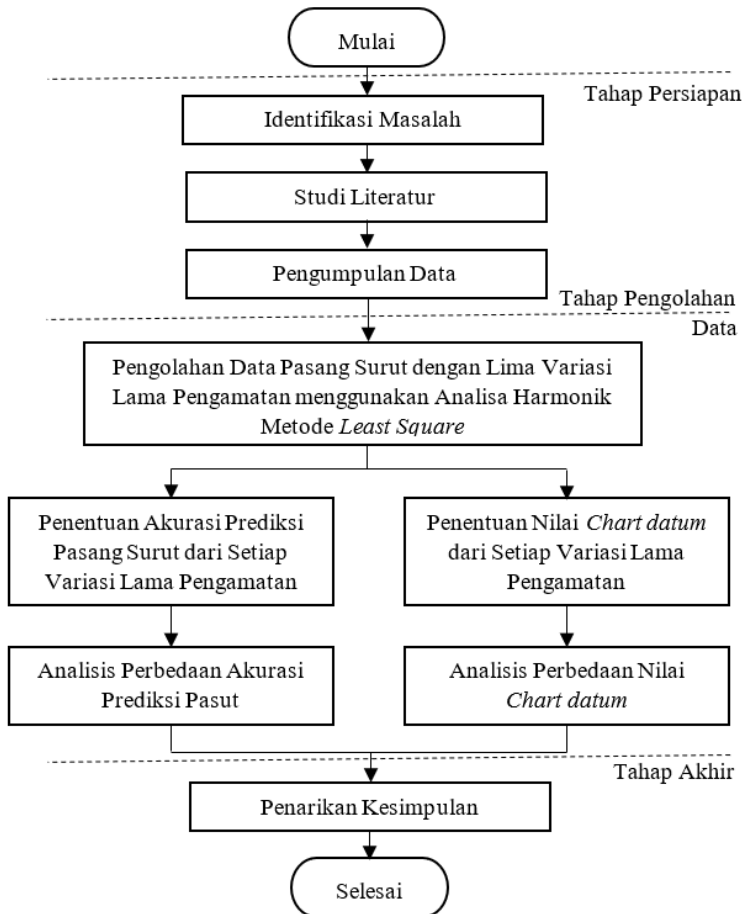
3.2.2 Peralatan

Peralatan yang dibutuhkan dalam penelitian ini terdiri dari beberapa perangkat lunak:

1. Perangkat lunak Matlab untuk proses analisa harmonik, menghitung nilai *chart datum* dan prediksi pasang surut.
2. Perangkat lunak Microsoft Excel untuk analisa perbandingan nilai *chart datum* dan akurasi prediksi pasang surut.

3.3 Metodologi Penelitian

Pada bagian ini akan dibahas mengenai diagram alir metodologi yang akan dilaksanakan pada penelitian ini.



Gambar 3. 2 Diagram Alir Penelitian

Berikut ini adalah penjelasan dari tahapan diagram alir penelitian di atas:

1. Tahap Persiapan

a. Identifikasi Masalah

Pada tahap ini dilakukan identifikasi awal mengenai kasus yang akan diteliti, baik berupa perumusan masalah, tujuan dan manfaat dari perbandingan akurasi prediksi pasang surut air laut dari data pengamatan 15 hari, satu bulan, dan satu tahun menggunakan metode *least square*.

b. Studi Literatur

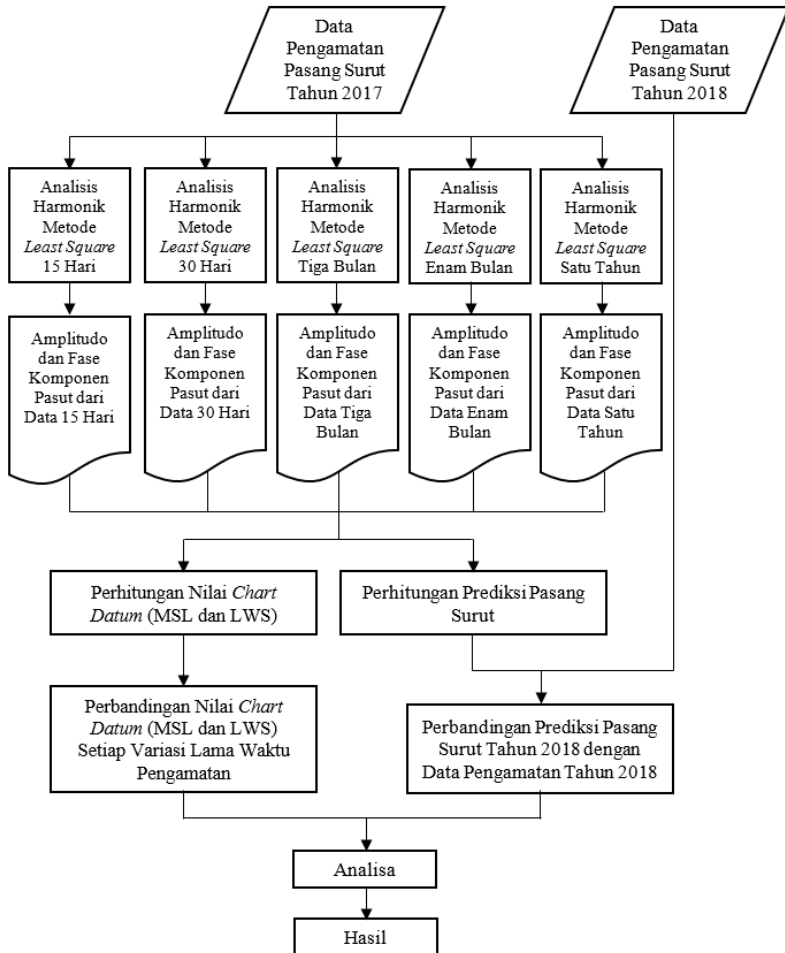
Studi literatur berupa mengumpulkan referensi yang akan menunjang langkah-langkah pengolahan sampai pada analisa, seperti metode analisis harmonik data pasang surut air laut menggunakan *least square*.

c. Pengumpulan Data

Pengumpulan data bertujuan untuk mengumpulkan data yang diperlukan untuk melakukan penelitian, yaitu data pengamatan pasang surut *real-time* dari Stasiun Pasang Surut BIG di Jakarta, Semarang dan Surabaya.

2. Tahap Pengolahan Data

Adapun tahap pengolahan data ditunjukkan pada gambar 3.3 berikut ini:



Gambar 3. 3 Diagram Alir Pengolahan Data

Adapun penjelasan diagram alir dalam gambar 3.3 adalah sebagai berikut:

a. Analisis Harmonik Pasang Surut Metode *Least Square*

Data pasang surut tahun 2017 diolah menggunakan metode *least square* untuk setiap variasi lama pengamatan (15 hari, 30 hari, tiga bulan, enam bulan dan satu tahun) untuk mendapatkan nilai konstanta pasang surut (M_2 , S_2 , K_2 , N_2 , K_1 , O_1 , P_1 , M_4 , dan MS_4). Pengolahan dilakukan dengan perangkat lunak Matlab.

b. Perhitungan Nilai *Chart datum*

Perhitungan nilai *chart datum* dilakukan untuk masing-masing variasi lama pengamatan. Perhitungan nilai *chart datum* dilakukan dengan perangkat lunak Matlab.

c. Perhitungan Prediksi Pasang Surut

Perhitungan Prediksi Pasang Surut dilakukan menggunakan amplitudo dan fase konstanta pasang surut yang sudah didapat dari pengolahan data pasang surut tahun 2017 dengan analisa harmonik metode *least square* untuk memperoleh prediksi pasang surut air laut tahun 2018 dari masing-masing variasi lama pengamatan. Perhitungan prediksi pasang surut dilakukan dengan perangkat lunak Matlab.

d. Perbandingan Nilai *Chart datum* Setiap Variasi Lama Waktu Pengamatan

Pada tahapan ini, setelah nilai *chart datum* untuk masing-masing variasi lama pengamatan didapatkan dilakukan perbandingan nilai yang di dapat untuk setiap variasi lama pengamatan.

e. Perbandingan Prediksi Pasang Surut Tahun 2018 dengan Data Pengamatan Tahun 2018

Pada tahapan ini, setelah prediksi pasang surut untuk tahun 2018 didapatkan dilakukan perbandingan akurasi prediksi pasang surut masing-masing variasi lama pengamatan terhadap data pengamatan pasang surut air laut

tahun 2018. Akurasi prediksi dihitung menggunakan perangkat lunak Microsoft Excel.

f. Analisa

Dari tahapan sebelumnya didapatkan nilai *chart datum* dan akurasi prediksi pasang surut yang berbeda-beda dari setiap variasi lama pengamatan, oleh karena itu dilakukan analisis perbedaan akurasi prediksi pasang surut dari masing-masing variasi lama pengamatan menggunakan uji signifikansi untuk mengetahui ada perbedaan signifikan dari nilai masing-masing variasi lama waktu pengamatan. Uji signifikansi dilakukan menggunakan perangkat lunak Microsoft Excel.

3. Tahap Akhir

Hasil yang didapatkan dari proses perbandingan nilai *chart datum* dan akurasi prediksi pasang surut air laut yang dihasilkan dari data pengamatan 15 hari, 30 hari, tiga bulan, enam bulan dan satu tahun digunakan sebagai dasar untuk penarikan kesimpulan. Hasil akhir penelitian ini disajikan dalam bentuk laporan tugas akhir sesuai dengan sistematika dan aturan yang sudah ditetapkan.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB IV HASIL DAN ANALISA

4.1 Hasil Pengolahan Data Pasut

Analisa harmonik pasang surut menggunakan metode *least square* bertujuan untuk mendapatkan nilai amplitudo dan fase dari komponen-komponen pasut (M_2 , S_2 , K_2 , N_2 , K_1 , O_1 , P_1 , M_4 , dan MS_4). Nilai amplitudo dan fase komponen pasut dari setiap variasi lama pengamatan di perairan Jakarta, Semarang dan Surabaya dapat dilihat pada tabel 4.1 – 4.3 di bawah ini.

Tabel 4. 1 Nilai Amplitudo dan Fase Komponen Pasut Setiap Variasi Lama Pengamatan di Jakarta

	15 Hari		1 Bulan		3 Bulan		6 Bulan		1 Tahun	
	H (m)	g (°)	H (m)	g (°)	H (m)	g (°)	H (m)	g (°)	H (m)	g (°)
M₂	0,073	16,508	0,075	14,584	0,072	21,090	0,068	-8,876	0,068	33,854
S₂	0,098	8,913	0,059	21,882	0,049	76,962	0,049	79,653	0,049	79,244
K₁	0,293	-0,375	0,249	-1,942	0,239	-16,727	0,239	28,787	0,239	27,985
O₁	0,129	-11,957	0,122	2,306	0,122	-6,360	-0,121	-35,762	0,121	-81,526
N₂	0,039	-18,785	0,026	0,651	0,025	42,876	0,025	50,363	0,026	80,229
K₂	0,090	13,587	0,033	0,047	0,018	27,832	0,020	26,218	0,019	27,878
P₁	0,173	8,696	0,111	16,297	0,077	-0,185	0,084	41,780	0,084	41,875
M₄	0,010	-5,611	0,010	10,389	0,009	55,191	0,009	-1,347	0,009	-88,173
MS₄	0,002	14,714	0,002	-39,496	0,001	24,148	0,000	25,051	0,000	63,873

Dapat dilihat dari nilai amplitudo dan fase setiap komponen pasut pada tabel di atas, tidak terdapat perbedaan yang besar dari nilai amplitudo komponen pasut, perbedaannya berkisar 0,001 meter pada amplitudo komponen MS_4 sampai dengan 0,089 meter pada amplitudo komponen P_1 . Nilai fase yang dihasilkan dari setiap variasi lama pengamatan bervariasi, dengan perbedaan nilai paling kecil 0,903 derajat pada fase komponen MS_4 dan paling besar 351 derajat pada fase komponen P_1 dari pengamatan 15 hari dan tiga bulan.

Tabel 4. 2 Nilai Amplitudo dan Fase Komponen Pasut Setiap Variasi Lama Pengamatan di Semarang

	15 Hari		1 Bulan		3 Bulan		6 Bulan		1 Tahun	
	H (m)	g (°)	H (m)	g (°)	H (m)	g (°)	H (m)	g (°)	H (m)	g (°)
M₂	0,099	-9,848	0,105	-10,851	0,105	-19,628	0,103	40,129	0,104	-49,972
S₂	0,139	-13,978	0,094	-55,653	0,078	-52,671	0,084	-56,534	0,080	-52,031
K₁	0,268	-8,543	0,209	-10,871	0,196	16,616	0,202	64,066	0,200	60,706
O₁	0,070	0,733	0,065	17,571	0,065	-37,405	0,070	-62,681	0,064	24,595
N₂	0,050	22,817	0,039	12,799	0,039	-46,672	0,035	-69,197	0,038	-7,892
K₂	0,111	-4,476	0,046	-10,361	0,029	-10,838	0,033	-33,419	0,029	-21,096
P₁	0,141	-30,116	0,094	-18,509	0,066	39,935	0,056	65,973	0,067	79,368
M₄	0,005	-5,464	0,004	4,511	0,002	-39,721	0,001	-55,593	0,001	-51,273
MS₄	0,002	8,898	0,002	16,780	0,001	-36,116	0,001	37,553	0,000	-48,400

Dapat dilihat dari nilai amplitudo dan fase setiap komponen pasut pada tabel di atas, tidak terdapat perbedaan yang besar dari nilai amplitudo komponen pasut, perbedaannya berkisar 0,001 meter pada amplitudo komponen MS₄ sampai dengan 0,085 meter pada amplitudo komponen P₁ dari data 15 hari dan enam bulan. Nilai fase yang dihasilkan dari setiap variasi lama pengamatan bervariasi, dengan perbedaan nilai paling kecil 0,64 derajat pada fase komponen S₂ dan paling besar 334 derajat pada fase komponen K₁ dari pengamatan 15 hari dan tiga bulan.

Tabel 4. 3 Nilai Amplitudo dan Fase Komponen Pasut Setiap Variasi Lama Pengamatan di Surabaya

	15 Hari		1 Bulan		3 Bulan		6 Bulan		1 Tahun	
	H (m)	g (°)	H (m)	g (°)	H (m)	g (°)	H (m)	g (°)	H (m)	g (°)
M₂	0,380	10,051	0,385	7,489	0,383	-1,232	0,385	-30,481	0,385	12,760
S₂	0,314	-45,426	0,263	-49,338	0,263	-50,548	0,262	-51,466	0,260	-51,356
K₁	0,507	15,642	0,417	-10,798	0,387	-27,601	0,392	18,100	0,392	17,280
O₁	0,231	-3,337	0,219	-4,468	0,219	1,938	0,218	17,430	0,217	61,856
N₂	0,072	8,015	0,071	-0,298	0,071	43,281	0,069	51,099	0,069	81,409
K₂	0,120	-0,027	0,071	-1,540	0,032	-65,119	0,029	33,239	0,024	-55,197
P₁	0,253	1,305	0,161	23,854	0,119	-19,217	0,132	25,155	0,130	25,658
M₄	0,018	1,285	0,019	18,176	0,019	3,611	0,019	-10,836	0,018	-9,765
MS₄	0,004	-10,703	0,003	-4,108	0,008	8,066	0,010	-62,608	0,001	58,668

Dapat dilihat dari nilai amplitudo dan fase setiap komponen pasut pada tabel di atas, tidak terdapat perbedaan yang besar dari nilai amplitudo komponen pasut, perbedaannya berkisar 0 meter pada amplitudo komponen M_2 sampai dengan 0,134 meter pada amplitudo komponen P_1 dari data 15 hari dan tiga bulan. Nilai fase yang dihasilkan dari setiap variasi lama pengamatan bervariasi, dengan perbedaan nilai paling kecil 0,11 derajat pada fase komponen S_2 dari pengamatan enam bulan dan satu tahun dan paling besar 351 derajat pada fase komponen N_2 dari pengamatan 15 hari dan tiga bulan.

4.2 Perbandingan Nilai Chart datum

Perhitungan *chart datum* bertujuan untuk mendapatkan nilai MSL dan LWS untuk setiap variasi lama pengamatan di perairan Jakarta, Semarang dan Surabaya. Nilai *chart datum* dari setiap variasi lama pengamatan di perairan Jakarta, Semarang dan Surabaya dapat dilihat pada Tabel 4.4 – 4.8 di bawah ini.

Tabel 4. 4 Nilai MSL dan LWS dari Data 15 Hari dalam Satuan Meter

Lama Pengamatan	Jakarta		Semarang		Surabaya	
	MSL	LWS	MSL	LWS	MSL	LWS
15 hari ke-1	0,723	-0,068	1,750	0,892	1,276	-0,472
15 hari ke-2	0,579	-0,789	1,676	1,073	1,226	-0,559
15 hari ke-3	0,620	-0,471	1,653	1,007	1,294	-0,863
15 hari ke-4	0,646	-0,265	1,679	0,606	1,424	-0,753
15 hari ke-5	0,768	-0,179	1,744	0,994	1,596	-0,386
15 hari ke-6	0,766	0,123	1,758	0,853	1,417	-0,800
15 hari ke-7	0,718	0,163	1,718	0,638	1,138	-0,481
15 hari ke-8	0,675	-0,181	1,690	0,891	1,275	-0,357
15 hari ke-9	0,723	-0,257	1,729	0,967	1,295	-0,647
15 hari ke-10	0,730	-0,024	1,755	0,972	1,306	-0,238
15 hari ke-11	0,704	-0,405	1,804	0,957	1,336	-0,584
15 hari ke-12	0,703	-0,161	1,859	0,344	1,413	-0,644

Nilai MSL rata-rata dari data 15 hari di Jakarta adalah 0,696 meter, sedangkan rata-rata LWS sebesar -0,210. Nilai MSL rata-rata di Semarang dari data 15 hari menunjukkan rata-rata

sebesar 1,735 meter dan rata-rata LWS sebesar 0,850 meter. Nilai MSL rata-rata di Surabaya dari data 15 hari adalah sebesar 1,333 meter dan nilai LWS rata-rata sebesar -0,565 meter.

Tabel 4. 5 Nilai MSL dan LWS dari Data 1 Bulan dalam Satuan Meter

Lama Pengamatan	Jakarta		Semarang		Surabaya	
	MSL	LWS	MSL	LWS	MSL	LWS
1 bulan ke-1	0,683	-0,083	1,735	1,111	1,271	-0,037
1 bulan ke-2	0,631	-0,124	1,691	1,120	1,250	-0,039
1 bulan ke-3	0,633	-0,097	1,659	0,966	1,322	0,019
1 bulan ke-4	0,669	0,000	1,676	0,927	1,459	0,149
1 bulan ke-5	0,775	0,139	1,747	1,079	1,557	0,396
1 bulan ke-6	0,766	0,102	1,763	1,152	1,351	0,152
1 bulan ke-7	0,717	0,129	1,715	1,109	1,130	-0,014
1 bulan ke-8	0,713	0,116	1,716	0,996	1,286	-0,002
1 bulan ke-9	0,717	0,035	1,726	1,009	1,288	0,010
1 bulan ke-10	0,706	-0,054	1,747	1,101	1,306	-0,155
1 bulan ke-11	0,687	0,000	1,810	1,179	1,344	-0,027
1 bulan ke-12	0,673	-0,028	1,849	1,188	1,386	0,082

Nilai MSL rata-rata dari data satu bulan di Jakarta adalah 0,698 meter, sedangkan rata-rata LWS sebesar 0,011. Nilai MSL rata-rata di Semarang dari data 15 hari menunjukkan rata-rata sebesar 1,736 meter dan rata-rata LWS sebesar 1,078 meter. Nilai MSL di stasiun pasut Surabaya rata-rata sebesar 1,329 meter dan LWS rata-rata sebesar 0,043 meter.

Tabel 4. 6 Nilai MSL dan LWS dari Data 3 Bulan dalam Satuan Meter

Lama Pengamatan	Jakarta		Semarang		Surabaya	
	MSL	LWS	MSL	LWS	MSL	LWS
3 bulan ke-1	0,649	-0,012	1,694	1,142	1,282	-0,295
3 bulan ke-2	0,738	0,156	1,729	1,109	1,458	0,056
3 bulan ke-3	0,716	0,135	1,719	1,121	1,235	-0,181
3 bulan ke-4	0,689	0,060	1,801	1,240	1,345	-0,232

Rata-rata nilai MSL di Jakarta sebesar 0,698 meter, dan rata-rata nilai LWS sebesar 0,085 meter. Nilai MSL rata-rata di

Semarang adalah 1,736 meter dan rata-rata nilai LWS sebesar 1,153 meter. Nilai MSL rata-rata di stasiun Surabaya dari data tiga bulan sebesar 1,330 meter dan nilai LWS rata-rata sebesar -0,163 meter.

Tabel 4. 7 Nilai MSL dan LWS dari Data 6 Bulan dalam Satuan Meter

Lama Pengamatan	Jakarta		Semarang		Surabaya	
	MSL	LWS	MSL	LWS	MSL	LWS
6 bulan ke-1	0,694	0,070	1,712	1,123	1,370	-0,128
6 bulan ke-2	0,703	0,095	1,759	1,175	1,289	-0,225

Nilai MSL rata-rata di Jakarta dari data enam bulan adalah sebesar 0,699 meter dan rata-rata LWS sebesar 0,083 meter. Nilai MSL di Semarang sebesar 1,735 dan rata-rata LWS sebesar 1,149 meter. Nilai MSL rata-rata di Surabaya dari data enam bulan sebesar 1,329 meter dan nilai LWS rata-rata sebesar -0,176 meter.

Tabel 4. 8 Nilai MSL dan LWS dari Data 1 Tahun dalam Satuan Meter

Lama Pengamatan	Jakarta		Semarang		Surabaya	
	MSL	LWS	MSL	LWS	MSL	LWS
1 Tahun	0,698	0,084	1,736	1,152	1,330	-0,167

Nilai MSL di stasiun Jakarta hasil perhitungan paling rendah dihasilkan dari data 15 hari ke-2 (1 sampai 15 Februari 2017) yaitu sebesar 0,579 meter. Sedangkan nilai MSL tertinggi dihasilkan dari data satu bulan ke-5 (1 sampai 30 Mei 2017) yaitu sebesar 0,775 meter. Sedangkan nilai LWS paling rendah dihasilkan dari data 15 hari ke-2 (1 sampai 15 Februari) dan satu bulan ke-2 (1 sampai 30 Februari 2017) yaitu sebesar -0,783 meter. Sedangkan nilai LWS tertinggi dihasilkan dari data satu bulan ke-7, sebesar 0,163 meter. Hasil perhitungan uji korelasi antara lama pengamatan dan nilai MSL menghasilkan nilai r sebesar 0,056. Hal tersebut menunjukkan bahwa lama pengamatan berkorelasi positif taraf sangat rendah dengan nilai MSL. Sedangkan antara lama pengamatan dan nilai LWS menghasilkan nilai r sebesar 0,327,

yang berarti lama pengamatan dan nilai LWS yang dihasilkan berkorelasi positif dalam taraf rendah.

Nilai MSL di stasiun Semarang hasil perhitungan paling rendah dihasilkan dari data 15 hari ke-3 (1 sampai 15 Maret 2017) yaitu sebesar 1,653 meter. Sedangkan nilai MSL tertinggi dihasilkan dari data 15 hari ke-12 (1 sampai 15 Desember 2017) yaitu sebesar 1,859 meter. Sedangkan nilai LWS paling rendah dihasilkan dari data 15 hari ke-12 (1 sampai 15 Desember 2017) yaitu sebesar 0,335 meter. Sedangkan nilai LWS tertinggi dihasilkan dari data tiga bulan ke-4 (1 Oktober sampai 29 Desember 2017), sebesar 1,237 meter. Hasil perhitungan uji korelasi antara lama pengamatan dan nilai MSL menghasilkan nilai r sebesar 0,059, sedangkan antara lama pengamatan dan nilai LWS menghasilkan nilai r sebesar 0,383. Hal tersebut menunjukkan bahwa lama pengamatan berkorelasi positif taraf sangat rendah dengan nilai MSL dan berkorelasi positif taraf rendah terhadap nilai LWS yang dihasilkan.

Nilai MSL di stasiun Surabaya hasil perhitungan paling rendah dihasilkan dari data 15 hari ke-3 (1 sampai 15 Maret 2017) yaitu sebesar 1,653 meter. Sedangkan nilai MSL tertinggi dihasilkan dari data 15 hari ke-12 (1 sampai 15 Desember 2017) yaitu sebesar 1,859 meter. Sedangkan nilai LWS paling rendah dihasilkan dari data 15 hari ke-3 (1 sampai 15 Maret 2017) yaitu sebesar -0,863 meter. Sedangkan nilai LWS tertinggi dihasilkan dari data satu bulan ke-5 (1 sampai 30 Mei 2017), sebesar 0,396 meter. Hasil perhitungan uji korelasi antara lama pengamatan dan nilai MSL menghasilkan nilai r sebesar 0,059, sedangkan antara lama pengamatan dan nilai LWS menghasilkan nilai r sebesar 0,383. Hal tersebut menunjukkan bahwa lama pengamatan berkorelasi positif taraf sangat rendah dengan nilai MSL dan berkorelasi positif taraf rendah terhadap nilai LWS yang dihasilkan.

Selanjutnya dilakukan uji signifikansi dengan derajat kepercayaan 95% terhadap data lama pengamatan dan nilai MSL dengan hipotesa sebagai berikut.

H_0 = Lama pengamatan tidak berpengaruh signifikan terhadap nilai MSL prediksi pasut yang dihasilkan.

H_1 = Lama pengamatan berpengaruh signifikan terhadap nilai MSL Prediksi pasut yang dihasilkan.

edangkan hipotesa untuk uji signifikansi data lama pengamatan dan nilai LWS adalah sebagai berikut.

H_0 = Lama pengamatan tidak berpengaruh signifikan terhadap nilai LWS prediksi pasut yang dihasilkan.

H_1 = Lama pengamatan berpengaruh signifikan terhadap nilai LWS Prediksi pasut yang dihasilkan

Data stasiun Jakarta menghasilkan nilai t_{hitung} untuk MSL sebesar 0,057 dan sebesar 1,865 untuk LWS. Nilai t_{tabel} untuk tingkat kepercayaan 95% dan derajat kebebasan sebesar $n_{data} - 1$ adalah sebesar $\pm 1,699$. Hasil tersebut menunjukkan bahwa H_0 dapat diterima, sehingga dapat dikatakan lama pengamatan pasut di Jakarta tidak berpengaruh signifikan terhadap nilai MSL, namun berpengaruh signifikan terhadap nilai LWS yang dihasilkan.

Data stasiun Semarang menghasilkan nilai t_{hitung} untuk MSL sebesar 0,021 dan sebesar 2,237 untuk LWS. Nilai t_{tabel} untuk tingkat kepercayaan 95% dan derajat kebebasan sebesar $n_{data} - 1$ adalah sebesar $\pm 1,699$. Hasil tersebut menunjukkan bahwa H_0 dapat diterima, sehingga dapat dikatakan lama pengamatan pasut di Semarang tidak berpengaruh signifikan terhadap nilai MSL, namun berpengaruh signifikan terhadap nilai LWS yang dihasilkan.

Data stasiun Surabaya menghasilkan nilai t_{hitung} untuk MSL sebesar 0,032 dan sebesar 2,776 untuk LWS. Nilai t_{tabel} untuk tingkat kepercayaan 95% dan derajat kebebasan sebesar $n_{data} - 1$ adalah sebesar $\pm 1,699$. Hasil tersebut menunjukkan bahwa H_0 dapat diterima, sehingga dapat dikatakan lama pengamatan pasut di Surabaya tidak berpengaruh signifikan terhadap nilai MSL, namun berpengaruh pada nilai LWS yang dihasilkan.

Dapat disimpulkan bahwa nilai prediksi MSL jangka panjang yang baik dapat diperoleh dari Pengamatan selama 15 hari atau 30 hari saja, tanpa perlu pengamatan panjang hingga satu

tahun. Sedangkan nilai prediksi LWS semakin baik ketika pengamatan dilakukan semakin lama.

4.3 Perbandingan Akurasi Prediksi Pasut

Perbandingan prediksi pasut dilakukan untuk mengetahui perbedaan nilai akurasi prediksi pasut dari setiap variasi lama pengamatan. Perbandingan dilakukan antar nilai akurasi prediksi pasut setiap variasi lama pengamatan.

4.3.1 Prediksi Pasut 15 Hari

Perbandingan nilai akurasi prediksi pasut dari data 15 hari terhadap data pengamatan 15 hari, satu bulan, tiga bulan, enam bulan dan data pengamatan pasut 2018 di Jakarta, Semarang dan Surabaya disajikan dalam Tabel 4.9 – 4.11 berikut.

Tabel 4. 9 Nilai RMSE Prediksi Pasut dari Data 15 Hari Terhadap Data Pengamatan Tahun 2018 di Jakarta dalam Satuan Meter

Lama Pengamatan	Data Pengamatan Tahun 2018				
	15 Hari	1 Bulan	3 Bulan	6 Bulan	1 Tahun
15 Hari Ke- 1	0,230	0,217	0,248	0,391	0,389
15 Hari ke- 2	0,550	0,535	0,542	0,661	0,702
15 Hari ke- 3	0,525	0,509	0,474	0,432	0,391
15 Hari Ke- 4	0,462	0,445	0,385	0,331	0,352
15 Hari Ke- 5	0,336	0,322	0,295	0,351	0,398
15 Hari Ke- 6	0,438	0,419	0,340	0,267	0,303
15 Hari Ke- 7	0,357	0,339	0,279	0,244	0,402
15 Hari Ke- 8	0,320	0,314	0,334	0,382	0,337
15 Hari Ke- 9	0,571	0,553	0,490	0,402	0,402
15 Hari Ke- 10	0,294	0,274	0,254	0,327	0,348
15 Hari Ke- 11	0,587	0,566	0,475	0,396	0,442
15 Hari Ke- 12	0,260	0,257	0,284	0,391	0,388
Rata-rata	0,411	0,396	0,367	0,381	0,405

Nilai RMSE prediksi pasut dari data 15 hari terhadap data pengamatan 15 hari di Jakarta tertinggi sebesar 0,587 meter dari data 15 hari ke- 11 (1 sampai 15 November 2017), sedangkan nilai terendah sebesar 0,230 meter dari data 15 hari ke-1 (1 sampai 15 Januari 2017). Nilai RMSE rata-rata untuk data pengamatan 15 hari terhadap data pengamatan 15 hari di tahun 2018 adalah sebesar 0,411 meter.

Nilai RMSE prediksi pasut dari data 15 hari terhadap data pengamatan satu bulan tertinggi sebesar 0,566 meter dari data 15 hari ke- 11 (1 sampai 15 Nopember 2017), sedangkan nilai terendah sebesar 0,217 meter dari data 15 hari ke-1 (1 sampai 15 Januari 2017). Nilai RMSE rata-rata untuk data pengamatan 15 hari terhadap data pengamatan satu bulan di tahun 2018 adalah sebesar 0,396 meter.

Nilai RMSE prediksi pasut dari data 15 hari terhadap data pengamatan tiga bulan tertinggi sebesar 0,532 meter dari data 15 hari ke- 2 (1 sampai 15 Februari 2017), sedangkan nilai terendah sebesar 0,248 meter dari data 15 hari ke-1 (1 sampai 15 Januari 2017). Nilai RMSE rata-rata untuk data pengamatan 15 hari terhadap data pengamatan tiga di tahun 2018 adalah sebesar 0,367 meter.

Nilai RMSE prediksi pasut dari data 15 hari terhadap data pengamatan enam bulan tertinggi sebesar 0,662 meter dari data 15 hari ke-2 (1 sampai 15 Februari 2017), sedangkan nilai terendah sebesar 0,267 meter dari data 15 hari ke-6 (1 sampai 15 Juni 2017). Nilai RMSE rata-rata untuk data pengamatan 15 hari terhadap data pengamatan enam bulan di tahun 2018 adalah sebesar 0,381 meter.

Nilai RMSE prediksi pasut dari data 15 hari terhadap data pengamatan satu tahun tertinggi sebesar 0,702 meter dari data 15 hari ke-2 (1 sampai 15 Februari 2017), sedangkan nilai terendah sebesar 0,303 meter dari data 15 hari ke-6 (1 sampai 15 Juni 2017). Nilai RMSE rata-rata untuk data pengamatan 15 hari terhadap data pengamatan tahun 2018 adalah sebesar 0,405 meter.

Tabel 4. 10 Nilai RMSE Prediksi Pasut dari Data 15 Hari Terhadap Data Pengamatan Tahun 2018 di Semarang dalam Satuan Meter

Lama Pengamatan	Data Pengamatan Tahun 2018				
	15 Hari	1 Bulan	3 Bulan	6 Bulan	1 Tahun
15 Hari Ke- 1	0,349	0,328	0,281	0,232	0,261
15 Hari ke- 2	0,267	0,253	0,240	0,289	0,317
15 Hari ke- 3	0,257	0,254	0,270	0,338	0,310
15 Hari Ke- 4	0,494	0,481	0,451	0,482	0,526
15 Hari Ke- 5	0,312	0,313	0,335	0,352	0,266
15 Hari Ke- 6	0,472	0,465	0,464	0,419	0,272
15 Hari Ke- 7	0,427	0,428	0,430	0,512	0,523
15 Hari Ke- 8	0,319	0,304	0,278	0,338	0,360
15 Hari Ke- 9	0,416	0,398	0,359	0,293	0,306
15 Hari Ke- 10	0,442	0,418	0,371	0,300	0,325
15 Hari Ke- 11	0,190	0,177	0,200	0,243	0,248
15 Hari Ke- 12	0,410	0,392	0,379	0,327	0,337
Rata-rata	0,363	0,351	0,338	0,344	0,338

Nilai RMSE prediksi pasut dari data 15 hari terhadap data pengamatan 15 hari di Semarang tertinggi sebesar 0,494 meter dari data 15 hari ke-4 (1 sampai 15 April 2017), sedangkan nilai terendah sebesar 0,190 meter dari data 15 hari ke-11 (1 sampai 15 Nopember 2017). Nilai RMSE rata-rata untuk data pengamatan 15 hari terhadap data pengamatan 15 hari di tahun 2018 adalah sebesar 0,363 meter.

Nilai RMSE prediksi pasut dari data 15 hari terhadap data pengamatan satu bulan tertinggi sebesar 0,481 meter dari data 15 hari ke-4 (1 sampai 15 April 2017), sedangkan nilai terendah sebesar 0,177 meter dari data 15 hari ke-11 (1 sampai 15 Nopember 2017). Nilai RMSE rata-rata untuk data pengamatan 15 hari terhadap data pengamatan satu bulan di tahun 2018 adalah sebesar 0,351 meter.

Nilai RMSE prediksi pasut dari data 15 hari terhadap data pengamatan tiga bulan tertinggi sebesar 0,464 meter dari data 15 hari ke-6 (1 sampai 15 Juni 2017), sedangkan nilai terendah

sebesar 0,200 meter dari data 15 hari ke-11 (1 sampai 15 Nopember 2017). Nilai RMSE rata-rata untuk data pengamatan 15 hari terhadap data pengamatan tiga bulan di tahun 2018 adalah sebesar 0,338 meter.

Nilai RMSE prediksi pasut dari data 15 hari terhadap data pengamatan enam bulan tertinggi sebesar 0,482 meter dari data 15 hari ke-4 (1 sampai 15 April 2017), sedangkan nilai terendah sebesar 0,232 meter dari data 15 hari ke-1 (1 sampai 15 Januari 2017). Nilai RMSE rata-rata untuk data pengamatan 15 hari terhadap data pengamatan enam bulan di tahun 2018 adalah sebesar 0,344 meter.

Nilai RMSE prediksi pasut dari data 15 hari terhadap data pengamatan satu tahun tertinggi sebesar 0,526 meter dari data 15 hari ke-4 (1 sampai 15 April 2017), nilai terendah sebesar 0,248 meter dari data 15 hari ke-11 (1 sampai 15 Nopember 2017). Nilai RMSE rata-rata untuk data pengamatan 15 hari terhadap data pengamatan tahun 2018 sebesar 0,338 meter.

Tabel 4. 11 Nilai RMSE Prediksi Pasut dari Data 15 Hari Terhadap Data Pengamatan Tahun 2018 di Surabaya dalam Satuan Meter

Lama Pengamatan	Data Pengamatan Tahun 2018				
	15 Hari	1 Bulan	3 Bulan	6 Bulan	1 Tahun
15 Hari Ke- 1	0.862	0.825	0.699	0.618	0.733
15 Hari ke- 2	0.414	0.373	0.406	0.660	0.858
15 Hari ke- 3	0.848	1.055	0.915	0.797	0.854
15 Hari Ke- 4	0.800	0.549	0.716	0.937	0.932
15 Hari Ke- 5	0.709	0.816	0.878	0.902	0.732
15 Hari Ke- 6	1.093	1.162	1.063	0.881	0.907
15 Hari Ke- 7	0.713	0.843	0.830	0.840	0.793
15 Hari Ke- 8	0.582	0.723	0.625	0.585	0.587
15 Hari Ke- 9	0.529	0.569	0.627	0.827	0.820
15 Hari Ke- 10	0.717	0.662	0.667	0.774	0.839
15 Hari Ke- 11	0.769	0.657	0.698	0.748	0.699
15 Hari Ke- 12	1.085	1.061	0.951	0.788	0.821
Rata-rata	0.760	0.774	0.756	0.780	0.798

Nilai RMSE prediksi pasut dari data 15 hari terhadap data pengamatan 15 hari di Surabaya tertinggi sebesar 1,093 meter dari data 15 hari ke-6 (1 sampai 15 Juni 2017), sedangkan nilai terendah sebesar 0,414 meter dari data 15 hari ke-2 (1 sampai 15 Februari 2017). Nilai RMSE rata-rata untuk data pengamatan 15 hari terhadap data pengamatan 15 hari di tahun 2018 adalah sebesar 0,760 meter.

Nilai RMSE prediksi pasut dari data 15 hari terhadap data pengamatan satu bulan tertinggi sebesar 1,162 meter dari data 15 hari ke-6 (1 sampai 15 Juni 2017), sedangkan nilai terendah sebesar 0,373 meter dari data 15 hari ke-2 (1 sampai 15 Februari 2017). Nilai RMSE rata-rata untuk data pengamatan 15 hari terhadap data pengamatan satu bulan di tahun 2018 adalah sebesar 0,774 meter.

Nilai RMSE prediksi pasut dari data 15 hari terhadap data pengamatan tiga bulan tertinggi sebesar 1,063 meter dari data 15 hari ke-6 (1 sampai 15 Juni 2017), sedangkan nilai terendah sebesar 0,406 meter dari data 15 hari ke-2 (1 sampai 15 Februari 2017). Nilai RMSE rata-rata untuk data pengamatan 15 hari terhadap data pengamatan tiga bulan di tahun 2018 adalah sebesar 0,756 meter.

Nilai RMSE prediksi pasut dari data 15 hari terhadap data pengamatan enam bulan tertinggi sebesar 0,937 meter dari data 15 hari ke-4 (1 sampai 15 April 2017), sedangkan nilai terendah sebesar 0,585 meter dari data 15 hari ke-8 (1 sampai 15 Agustus 2017). Nilai RMSE rata-rata untuk data pengamatan 15 hari terhadap data pengamatan enam bulan di tahun 2018 adalah sebesar 0,780 meter.

Nilai RMSE prediksi pasut dari data 15 hari terhadap data pengamatan satu tahun tertinggi sebesar 0,932 meter dari data 15 hari ke-4 (1 sampai 15 April 2017), sedangkan nilai terendah sebesar 0,587 meter dari data 15 hari ke-8 (1 sampai 15 Agustus 2017). Nilai RMSE rata-rata untuk data pengamatan 15 hari terhadap data pengamatan tahun 2018 adalah sebesar 0,798 meter.

4.3.2 Prediksi Pasut Satu Bulan

Perbandingan nilai akurasi prediksi pasut dari data satu bulan terhadap data pengamatan 15 hari, satu bulan, tiga bulan, enam bulan dan data pengamatan pasut 2018 di Jakarta, Semarang dan Surabaya disajikan dalam Tabel 4.12 – 4.14 berikut.

Tabel 4. 12 Nilai RMSE Prediksi Pasut dari Data Satu Bulan Terhadap Data Pengamatan Tahun 2018 di Jakarta dalam Satuan Meter

Lama Pengamatan	Data Pengamatan Tahun 2018				
	15 Hari	1 Bulan	3 Bulan	6 Bulan	1 Tahun
30 Hari Ke- 1	0,275	0,259	0,290	0,377	0,354
30 Hari ke- 2	0,193	0,181	0,247	0,404	0,395
30 Hari ke- 3	0,201	0,175	0,259	0,398	0,378
30 Hari Ke- 4	0,196	0,179	0,235	0,366	0,359
30 Hari Ke- 5	0,502	0,467	0,419	0,331	0,341
30 Hari Ke- 6	0,349	0,328	0,276	0,267	0,289
30 Hari Ke- 7	0,253	0,232	0,215	0,272	0,266
30 Hari Ke- 8	0,272	0,266	0,245	0,282	0,303
30 Hari Ke- 9	0,487	0,463	0,433	0,386	0,353
30 Hari Ke- 10	0,358	0,334	0,333	0,344	0,315
30 Hari Ke- 11	0,287	0,368	0,274	0,281	0,325
30 Hari Ke- 12	0,374	0,267	0,244	0,288	0,318
Rata-rata	0,312	0,293	0,289	0,333	0,333

Nilai RMSE prediksi pasut dari data satu bulan terhadap data pengamatan 15 hari di Jakarta tertinggi sebesar 0,502 meter dari data satu bulan ke-5 (1 sampai 30 Mei 2017), sedangkan nilai terendah sebesar 0,193 meter dari data satu bulan ke-2 (1 sampai 30 Februari 2017). Nilai RMSE rata-rata untuk data pengamatan satu bulan terhadap data pengamatan 15 hari di tahun 2018 adalah sebesar 0,312 meter.

Nilai RMSE prediksi pasut dari data satu bulan terhadap data pengamatan satu bulan tertinggi sebesar 0,467 meter dari data satu bulan ke-5 (1 sampai 30 Mei 2017), sedangkan nilai

terendah sebesar 0,175 meter dari data satu bulan ke-3 (1 sampai 30 Maret 2017). Nilai RMSE rata-rata untuk data pengamatan satu bulan terhadap data pengamatan satu bulan di tahun 2018 adalah sebesar 0,293 meter.

Nilai RMSE prediksi pasut dari data satu bulan terhadap data pengamatan tiga bulan tertinggi sebesar 0,419 meter dari data satu bulan ke-5 (1 sampai 30 Mei 2017), sedangkan nilai terendah sebesar 0,215 meter dari data satu bulan ke-7 (1 sampai 30 Juli 2017). Nilai RMSE rata-rata untuk data pengamatan satu bulan terhadap data pengamatan tiga bulan di tahun 2018 adalah sebesar 0,289 meter.

Nilai RMSE prediksi pasut dari data satu bulan terhadap data pengamatan enam bulan tertinggi sebesar 0,404 meter dari data satu bulan ke-2 (1 sampai 30 (Februari 2017), sedangkan nilai terendah sebesar 0,267 meter dari data satu bulan ke-6 (1 sampai 30 Juni 2017). Nilai RMSE rata-rata untuk data pengamatan satu bulan terhadap data pengamatan enam bulan di tahun 2018 adalah sebesar 0,333 meter.

Nilai RMSE prediksi pasut dari data satu bulan terhadap data pengamatan satu tahun tertinggi sebesar 0,395 meter dari data satu bulan ke-2 (1 sampai 30 Februari 2017), sedangkan nilai terendah sebesar 0,266 meter dari data satu bulan ke-7 (1 sampai 30 Juli 2017). Nilai RMSE rata-rata untuk data pengamatan satu bulan terhadap data tahun 2018 adalah sebesar 0,333 meter.

Tabel 4. 13 Nilai RMSE Prediksi Pasut dari Data Satu Bulan Terhadap Data Pengamatan Tahun 2018 di Semarang dalam Satuan Meter

Lama Pengamatan	Data Pengamatan Tahun 2018				
	15 Hari	1 Bulan	3 Bulan	6 Bulan	1 Tahun
30 Hari Ke- 1	0,421	0,395	0,346	0,293	0,325
30 Hari ke- 2	0,346	0,334	0,275	0,250	0,293
30 Hari ke- 3	0,391	0,376	0,359	0,347	0,305
30 Hari Ke- 4	0,333	0,330	0,352	0,391	0,359
30 Hari Ke- 5	0,365	0,335	0,302	0,250	0,266
30 Hari Ke- 6	0,218	0,202	0,230	0,294	0,272
30 Hari Ke- 7	0,351	0,323	0,280	0,242	0,278
30 Hari Ke- 8	0,291	0,278	0,309	0,364	0,329
30 Hari Ke- 9	0,142	0,132	0,160	0,275	0,277
30 Hari Ke- 10	0,419	0,400	0,363	0,298	0,329
30 Hari Ke- 11	0,458	0,428	0,402	0,327	0,321
30 Hari Ke- 12	0,333	0,325	0,331	0,305	0,304
Rata-rata	0,339	0,321	0,309	0,303	0,305

Nilai RMSE prediksi pasut dari data satu bulan terhadap data pengamatan 15 hari di Semarang tertinggi sebesar 0,458 meter dari data satu bulan ke-11 (1 sampai 30 Nopember 2017), nilai terendah sebesar 0,142 meter dari data satu bulan ke-9 (1 sampai 30 September 2017). Nilai RMSE rata-rata untuk data pengamatan satu bulan terhadap data pengamatan 15 hari di tahun 2018 sebesar 0,339 meter.

Nilai RMSE dari data satu bulan terhadap data pengamatan satu bulan tertinggi sebesar 0,428 meter dari data satu bulan ke-11 (1 sampai 30 Nopember 2017), nilai terendah sebesar 0,132 meter dari data satu bulan ke-9 (1 sampai 30 September 2017). Nilai RMSE rata-rata data pengamatan satu bulan terhadap satu bulan di tahun 2018 sebesar 0,321 meter.

Nilai RMSE prediksi pasut dari data satu bulan terhadap data pengamatan tiga bulan tertinggi sebesar 0,402 meter dari data satu bulan ke-11 (1 sampai 30 Nopember 2017), nilai terendah sebesar 0,160 meter dari data satu bulan ke-9 (1

sampai 30 September 2017). Nilai RMSE rata-rata data pengamatan satu bulan terhadap data pengamatan tiga bulan di tahun 2018 sebesar 0,309 meter.

Nilai RMSE prediksi pasut dari data satu bulan terhadap data pengamatan enam bulan tertinggi sebesar 0,391 meter dari data satu bulan ke-4 (1 sampai 30 April 2017), sedangkan nilai terendah sebesar 0,242 meter dari data satu bulan ke-7 (1 sampai 30 Juli 2017). Nilai RMSE rata-rata untuk data pengamatan satu bulan terhadap data pengamatan enam bulan di tahun 2018 adalah sebesar 0,303 meter.

Nilai RMSE prediksi pasut dari data satu bulan terhadap data pengamatan satu tahun tertinggi sebesar 0,359 meter dari data satu bulan ke-4 (1 sampai 30 April 2017), sedangkan nilai terendah sebesar 0,266 meter dari data satu bulan ke-5 (1 sampai 30 Mei 2017). Nilai RMSE rata-rata untuk data pengamatan satu bulan terhadap data tahun 2018 adalah sebesar 0,305 meter.

Tabel 4. 14 Nilai RMSE Prediksi Pasut dari Data Satu Bulan Terhadap Data Pengamatan Tahun 2018 di Surabaya dalam Satuan Meter

Lama Pengamatan	Data Pengamatan Tahun 2018				
	15 Hari	1 Bulan	3 Bulan	6 Bulan	1 Tahun
30 Hari Ke- 1	0.651	0.797	0.689	0.573	0.613
30 Hari ke- 2	0.809	0.886	0.770	0.611	0.681
30 Hari ke- 3	0.716	0.759	0.739	0.810	0.853
30 Hari Ke- 4	0.662	0.705	0.662	0.666	0.725
30 Hari Ke- 5	0.656	0.802	0.716	0.666	0.694
30 Hari Ke- 6	0.666	0.497	0.522	0.578	0.614
30 Hari Ke- 7	0.829	0.771	0.703	0.620	0.653
30 Hari Ke- 8	0.565	0.491	0.457	0.527	0.630
30 Hari Ke- 9	0.697	0.840	0.862	0.874	0.792
30 Hari Ke- 10	0.685	0.658	0.714	0.800	0.733
30 Hari Ke- 11	0.758	0.804	0.720	0.607	0.668
30 Hari Ke- 12	0.523	0.685	0.684	0.729	0.620
Rata-rata	0.685	0.725	0.687	0.672	0.690

Nilai RMSE prediksi pasut dari data satu bulan terhadap data pengamatan 15 hari di Surabaya tertinggi sebesar 0,829 meter dari data satu bulan ke-7 (1 sampai 30 Juli 2017), sedangkan nilai terendah sebesar 0,523 meter dari data satu bulan ke-12 (1 sampai 30 Desember 2017). Nilai RMSE rata-rata untuk data pengamatan satu bulan terhadap data pengamatan 15 hari di tahun 2018 adalah sebesar 0,685 meter.

Nilai RMSE prediksi pasut dari data satu bulan terhadap data pengamatan satu bulan tertinggi sebesar 0,886 meter dari data satu bulan ke-2 (1 sampai 30 Februari 2017), sedangkan nilai terendah sebesar 0,491 meter dari data satu bulan ke-8 (1 sampai 30 Agustus 2017). Nilai RMSE rata-rata untuk data pengamatan satu bulan terhadap data pengamatan satu bulan di tahun 2018 adalah sebesar 0,725 meter.

Nilai RMSE prediksi pasut dari data satu bulan terhadap data pengamatan tiga bulan tertinggi sebesar 0,772 meter dari data satu bulan ke-2 (1 sampai 30 Februari 2017), sedangkan nilai terendah sebesar 0,457 meter dari data satu bulan ke-8 (1 sampai 30 Agustus 2017). Nilai RMSE rata-rata untuk data pengamatan satu bulan terhadap data pengamatan tiga bulan di tahun 2018 adalah sebesar 0,687 meter.

Nilai RMSE prediksi pasut dari data satu bulan terhadap data pengamatan enam bulan tertinggi sebesar 0,862 meter dari data satu bulan ke-9 (1 sampai 30 September 2017), sedangkan nilai terendah sebesar 0,527 meter dari data satu bulan ke-8 (1 sampai 30 Agustus 2017). Nilai RMSE rata-rata untuk data pengamatan satu bulan terhadap data pengamatan enam bulan di tahun 2018 adalah sebesar 0,672 meter.

Nilai RMSE prediksi pasut dari data satu bulan terhadap data pengamatan satu tahun tertinggi sebesar 0,853 meter dari data satu bulan ke-3 (1 sampai 30 Maret 2017), sedangkan nilai terendah sebesar 0,614 meter dari data satu bulan ke-1 (1 sampai 30 Januari 2017). Nilai RMSE rata-rata untuk data pengamatan satu bulan terhadap data pengamatan tahun 2018 adalah sebesar 0,690 meter.

4.3.3 Prediksi Pasut Tiga Bulan

Nilai akurasi prediksi pasut dari data tiga bulan terhadap data pengamatan 15 hari, satu bulan, tiga bulan, enam bulan dan data pengamatan pasut 2018 di Jakarta, Semarang dan Surabaya disajikan dalam Tabel 4.15 – 4.17 berikut.

Tabel 4. 15 Nilai RMSE Prediksi Pasut dari Data Tiga Bulan Terhadap Data Pengamatan Tahun 2018 di Jakarta dalam Satuan Meter

Lama Pengamatan	Data Pengamatan Tahun 2018				
	15 Hari	1 Bulan	3 Bulan	6 Bulan	1 Tahun
3 Bulan Ke- 1	0,410	0,392	0,311	0,285	0,335
3 Bulan ke- 2	0,411	0,409	0,362	0,281	0,331
3 Bulan ke- 3	0,243	0,230	0,198	0,269	0,324
3 Bulan Ke- 4	0,487	0,467	0,385	0,325	0,315
Rata-rata	0,388	0,374	0,314	0,290	0,326

Nilai RMSE prediksi pasut di Jakarta dari data tiga bulan terhadap data pengamatan 15 hari tertinggi sebesar 0,487 meter dari data tiga bulan ke-4 (1 Oktober sampai 29 Desember 2017), sedangkan nilai terendah sebesar 0,243 meter dari data tiga bulan ke-3 (1 Juli sampai 28 September 2017). Nilai RMSE rata-rata untuk data pengamatan satu bulan terhadap data 15 hari adalah sebesar 0,388 meter.

Nilai RMSE prediksi pasut dari data tiga bulan terhadap data pengamatan satu bulan tertinggi sebesar 0,467 meter dari data tiga bulan ke-4 (1 Oktober sampai 29 Desember 2017), sedangkan nilai terendah sebesar 0,230 meter dari data tiga bulan ke-3 (1 Juli sampai 28 September 2017). Nilai RMSE rata-rata untuk data pengamatan satu bulan terhadap data satu bulan adalah sebesar 0,374 meter.

Nilai RMSE prediksi pasut dari data tiga bulan terhadap data pengamatan tiga bulan tertinggi sebesar 0,385 meter dari data tiga bulan ke-4 (1 Oktober sampai 29 Desember 2017), sedangkan nilai terendah sebesar 0,198 meter dari data tiga

bulan ke-3 (1 Juli sampai 28 September 2017). Nilai RMSE rata-rata untuk data pengamatan satu bulan terhadap data tiga bulan di tahun 2018 adalah sebesar 0,314 meter.

Nilai RMSE prediksi pasut dari data tiga bulan terhadap data pengamatan enam bulan tertinggi sebesar 0,325 meter dari data tiga bulan ke-4 (1 Oktober sampai 29 Desember 2017), sedangkan nilai terendah sebesar 0,269 meter dari data tiga bulan ke-3 (1 Juli sampai 28 September 2017). Nilai RMSE rata-rata untuk data pengamatan satu bulan terhadap data enam bulan di tahun 2018 adalah sebesar 0,290 meter.

Nilai RMSE prediksi pasut dari data tiga bulan terhadap data pengamatan satu tahun tertinggi sebesar 0,335 meter dari data satu bulan ke-1 (1 Januari sampai 31 Maret 2017), sedangkan nilai terendah sebesar 0,315 meter dari data satu bulan ke-2 (1 April sampai 29 Juni 2017). Nilai RMSE rata-rata untuk data pengamatan satu bulan terhadap data tahun 2018 adalah sebesar 0,326 meter.

Tabel 4. 16 Nilai RMSE Prediksi Pasut dari Data Tiga Bulan Terhadap Data Pengamatan Tahun 2018 di Semarang dalam Satuan Meter

Lama Pengamatan	Data Pengamatan Tahun 2018				
	15 Hari	1 Bulan	3 Bulan	6 Bulan	1 Tahun
3 Bulan ke- 1	0,265	0,245	0,217	0,291	0,273
3 Bulan ke- 2	0,228	0,225	0,237	0,273	0,314
3 Bulan ke- 3	0,363	0,337	0,290	0,289	0,265
3 Bulan ke- 4	0,301	0,281	0,271	0,302	0,289
Rata-rata	0,289	0,272	0,254	0,289	0,285

Nilai RMSE prediksi pasut di Semarang dari data tiga bulan terhadap data pengamatan 15 hari tertinggi sebesar 0,363 meter dari data tiga bulan ke-3 (1 Juli sampai 28 September 2017), sedangkan nilai terendah sebesar 0,238 meter dari data tiga bulan ke-1 (1 Januari sampai 31 Maret 2017). Nilai RMSE

rata-rata untuk data pengamatan satu bulan terhadap data 15 hari adalah sebesar 0,289 meter.

Nilai RMSE prediksi pasut dari data tiga bulan terhadap data pengamatan satu bulan tertinggi sebesar 0,337 meter dari data tiga bulan ke-3 (1 Juli sampai 28 September 2017), sedangkan nilai terendah sebesar 0,225 meter dari data tiga bulan ke-2 (1 April sampai 29 Juni 2017). Nilai RMSE rata-rata untuk data pengamatan satu bulan terhadap data satu bulan adalah sebesar 0,272 meter.

Nilai RMSE prediksi pasut dari data tiga bulan terhadap data pengamatan tiga bulan tertinggi sebesar 0,290 meter dari data tiga bulan ke-3 (1 Juli sampai 28 September 2017), sedangkan nilai terendah sebesar 0,217 meter dari data tiga bulan ke-1 (1 Januari sampai 31 Maret 2017). Nilai RMSE rata-rata untuk data pengamatan satu bulan terhadap data tiga bulan di tahun 2018 adalah sebesar 0,289 meter.

Nilai RMSE prediksi pasut dari data tiga bulan terhadap data pengamatan enam bulan tertinggi sebesar 0,302 meter dari data tiga bulan ke-4 (1 Oktober sampai 29 Desember 2017), sedangkan nilai terendah sebesar 0,273 meter dari data tiga bulan ke-2 (1 April sampai 29 Juni 2017). Nilai RMSE rata-rata untuk data pengamatan satu bulan terhadap data enam bulan di tahun 2018 adalah sebesar 0,285 meter.

Nilai RMSE prediksi pasut dari data tiga bulan terhadap data pengamatan satu tahun tertinggi sebesar 0,314 meter dari data satu bulan ke-2 (1 April sampai 29 Juni 2017), sedangkan nilai terendah sebesar 0,265 meter dari data satu bulan ke-3 (1 Juli sampai 28 September 2017). Nilai RMSE rata-rata untuk data pengamatan satu bulan terhadap data tahun 2018 adalah sebesar 0,326 meter.

Tabel 4. 17 Nilai RMSE Prediksi Pasut dari Data Tiga Bulan Terhadap Data Pengamatan Tahun 2018 di Surabaya dalam Satuan Meter

Lama Pengamatan	Data Pengamatan Tahun 2018				
	15 Hari	1 Bulan	3 Bulan	6 Bulan	1 Tahun
3 Bulan ke- 1	0.784	0.935	0.893	0.901	0.783
3 Bulan ke- 2	0.526	0.719	0.671	0.668	0.593
3 Bulan ke- 3	0.490	0.538	0.541	0.612	0.639
3 Bulan ke- 4	0.705	0.868	0.881	0.649	0.592
Rata-rata	0.626	0.765	0.747	0.708	0.652

Nilai RMSE prediksi pasut di Surabaya dari data tiga bulan terhadap data pengamatan 15 hari tertinggi sebesar 0,784 meter dari data tiga bulan ke-1 (1 Januari sampai 31 Maret 2017), sedangkan nilai terendah sebesar 0,490 meter dari data tiga bulan ke-3 (1 Juli sampai 28 September 2017). Nilai RMSE rata-rata untuk data pengamatan satu bulan terhadap data 15 hari adalah sebesar 0,626 meter.

Nilai RMSE prediksi pasut dari data tiga bulan terhadap data pengamatan satu bulan tertinggi sebesar 0,935 meter dari data tiga bulan ke-1 (1 Januari sampai 31 Maret 2017), sedangkan nilai terendah sebesar 0,538 meter dari data tiga bulan ke-3 (1 Juli sampai 28 September 2017). Nilai RMSE rata-rata untuk data pengamatan satu bulan terhadap data satu bulan adalah sebesar 0,765 meter.

Nilai RMSE prediksi pasut dari data tiga bulan terhadap data pengamatan tiga bulan tertinggi sebesar 0,893 meter dari data tiga bulan ke-1 (1 Januari sampai 31 Maret 2017), sedangkan nilai terendah sebesar 0,541 meter dari data tiga bulan ke-3 (1 Juli sampai 28 September 2017). Nilai RMSE rata-rata untuk data pengamatan satu bulan terhadap data tiga bulan di tahun 2018 adalah sebesar 0,747 meter.

Nilai RMSE prediksi pasut dari data tiga bulan terhadap data pengamatan enam bulan tertinggi sebesar 0,901 meter dari

data tiga bulan ke-1 (1 Januari sampai 31 Maret 2017), sedangkan nilai terendah sebesar 0,612 meter dari data tiga bulan ke-3 (1 Juli sampai 28 September 2017). Nilai RMSE rata-rata untuk data pengamatan satu bulan terhadap data enam bulan di tahun 2018 adalah sebesar 0,708 meter.

Nilai RMSE prediksi pasut dari data tiga bulan terhadap data pengamatan satu tahun tertinggi sebesar 0,783 meter dari data satu bulan ke-1 (1 Januari sampai 31 Maret 2017), sedangkan nilai terendah sebesar 0,592 meter dari data satu bulan ke-4 (1 Oktober sampai 29 Desember 2017). Nilai RMSE rata-rata untuk data pengamatan satu bulan terhadap data tahun 2018 adalah sebesar 0,652 meter.

4.3.4 Prediksi Pasut Enam Bulan

Nilai akurasi prediksi pasut dari data enam bulan terhadap data pengamatan 15 hari, satu bulan, tiga bulan, enam bulan dan data pengamatan pasut 2018 di Jakarta, Semarang dan Surabaya disajikan dalam Tabel 4.18 – 4.20 berikut.

Tabel 4. 18 Nilai RMSE Prediksi Pasut dari Data Enam Bulan Terhadap Data Pengamatan Tahun 2018 di Jakarta dalam Satuan Meter

Lama Pengamatan	Data Pengamatan Tahun 2018				
	15 Hari	1 Bulan	3 Bulan	6 Bulan	1 Tahun
6 Bulan ke- 1	0,213	0,304	0,277	0,233	0,315
6 Bulan ke- 2	0,220	0,211	0,181	0,178	0,315
Rata-rata	0,217	0,257	0,229	0,206	0,315

Tabel 4. 19 Nilai RMSE Prediksi Pasut dari Data Enam Bulan Terhadap Data Pengamatan Tahun 2018 di Semarang dalam Satuan Meter

Lama Pengamatan	Data Pengamatan Tahun 2018				
	15 Hari	1 Bulan	3 Bulan	6 Bulan	1 Tahun
6 Bulan ke- 1	0,374	0,372	0,374	0,348	0,294
6 Bulan ke- 2	0,349	0,329	0,310	0,341	0,265
Rata-rata	0,362	0,351	0,342	0,345	0,279

Tabel 4. 20 Nilai RMSE Prediksi Pasut dari Data Enam Bulan Terhadap Data Pengamatan Tahun 2018 di Surabaya dalam Satuan Meter

Lama Pengamatan	Data Pengamatan Tahun 2018				
	15 Hari	1 Bulan	3 Bulan	6 Bulan	1 Tahun
6 Bulan ke- 1	0.930	0.877	0.803	0.835	0.734
6 Bulan ke- 2	0.412	0.435	0.562	0.391	0.588
Rata-rata	0.671	0.656	0.683	0.613	0.661

4.3.5 Prediksi Pasut Satu Tahun

Nilai akurasi prediksi pasut dari data tiga bulan terhadap data pengamatan 15 hari, satu bulan, tiga bulan, enam bulan dan data pengamatan pasut 2018 di Jakarta, Semarang dan Surabaya disajikan dalam Tabel 4.21 – 4.23 berikut.

Tabel 4. 21 Nilai RMSE Prediksi Pasut dari Data Satu Tahun Terhadap Data Pengamatan Tahun 2018 di Jakarta dalam Satuan Meter

Lama Pengamatan	Data Pengamatan Tahun 2018				
	15 Hari	1 Bulan	3 Bulan	6 Bulan	1 Tahun
1 Tahun	0,174	0,160	0,156	0,167	0,159

Tabel 4. 22 Nilai RMSE Prediksi Pasut dari Data Satu Tahun Terhadap Data Pengamatan Tahun 2018 di Semarang dalam Satuan Meter

Lama Pengamatan	Data Pengamatan Tahun 2018				
	15 Hari	1 Bulan	3 Bulan	6 Bulan	1 Tahun
1 Tahun	0,394	0,375	0,316	0,337	0,339

Tabel 4. 23 Nilai RMSE Prediksi Pasut dari Data Satu Tahun Terhadap Data Pengamatan Tahun 2018 di Surabaya dalam Satuan Meter

Lama Pengamatan	Data Pengamatan Tahun 2018				
	15 Hari	1 Bulan	3 Bulan	6 Bulan	1 Tahun
1 Tahun	0.962	0.930	0.818	0.824	0.824

Secara keseluruhan, nilai RMSE prediksi pasut tertinggi di Jakarta dihasilkan dari prediksi 15 hari ke-2 (1 sampai 15 Februari 2017) terhadap data satu tahun, yaitu sebesar 0,702 meter, sedangkan yang terkecil dihasilkan dari prediksi satu

tahun sebesar 0,156 meter dari data prediksi tahun 2017 terhadap tahun 2018. Selisih terbesar nilai RMSE di Jakarta sebesar 0,546 meter. Hasil uji korelasi terhadap lama pengamatan dan nilai RMSE yang dihasilkan dari setiap variasi lama pengamatan terhadap data pengamatan pasut tahun 2018 menunjukkan nilai koefisien korelasi (r) sebesar -0,598. Hal tersebut menunjukkan bahwa lama pengamatan dan nilai RMSE yang dihasilkan berkorelasi negatif dalam taraf sedang.

Secara keseluruhan, nilai RMSE prediksi pasut tertinggi di Semarang dihasilkan dari prediksi 15 hari ke-4 (1 sampai 15 April 2017) terhadap data satu tahun sebesar 0,526 meter, sedangkan yang terkecil dihasilkan dari prediksi satu bulan ke-9 (1 sampai 30 September 2017) terhadap data pengamatan 1 bulan di tahun 2018 sebesar 0,132 meter. Selisih terbesar nilai RMSE di Semarang sebesar 0,394 meter. Uji korelasi terhadap lama pengamatan dan nilai RMSE yang dihasilkan menunjukkan nilai koefisien korelasi (r) sebesar -0,097. Hal tersebut menunjukkan korelasi negatif dalam taraf sangat rendah antara lama pengamatan dan nilai RMSE yang dihasilkan.

Secara keseluruhan, nilai RMSE prediksi pasut tertinggi di Surabaya dihasilkan dari prediksi 15 hari ke-6 (1 sampai 15 Juni 2017) terhadap data satu bulan sebesar 1,162 meter, sedangkan yang terkecil dihasilkan dari prediksi 15 hari ke 3 (1 sampai 15 Maret 2017) terhadap data pengamatan 1 bulan di tahun 2018 sebesar 0,373 meter. Selisih terbesar nilai RMSE di Surabaya sebesar 0,789 meter. Uji korelasi terhadap lama pengamatan dan nilai RMSE yang dihasilkan menunjukkan nilai koefisien korelasi (r) sebesar -0,087. Hal tersebut menunjukkan korelasi negatif dalam taraf sangat rendah antara lama pengamatan dan nilai RMSE yang dihasilkan.

Selanjutnya dilakukan uji signifikansi dengan derajat kepercayaan 95% terhadap data lama pengamatan dan RMSE prediksi pasut dengan hipotesa sebagai berikut.

H_0 = Lama pengamatan tidak berpengaruh signifikan terhadap nilai RMSE prediksi pasut yang dihasilkan.

H_1 = Lama pengamatan berpengaruh signifikan terhadap nilai RMSE Prediksi pasut yang dihasilkan.

Data stasiun Jakarta menghasilkan nilai t_{hitung} sebesar -3,181. Nilai t_{tabel} untuk tingkat kepercayaan 95% dan 31 data adalah sebesar $\pm 1,699$. Hasil tersebut menunjukkan bahwa H_1 dapat diterima, sehingga dapat dikatakan lama pengamatan pasut di Jakarta berpengaruh signifikan terhadap nilai RMSE prediksi pasut yang dihasilkan. Jadi untuk memperoleh nilai akurasi prediksi pasut satu tahun yang baik, prediksi minimal harus dihasilkan dari data pengamatan satu tahun, tidak bisa menggunakan data pengamatan 15 hari, satu bulan atau tiga bulan.

Data stasiun Semarang menghasilkan nilai t_{hitung} sebesar -0,528. Nilai t_{tabel} untuk tingkat kepercayaan 95% dan 31 data adalah sebesar $\pm 1,699$. Hasil tersebut menunjukkan bahwa H_0 dapat diterima, sehingga dapat dikatakan lama pengamatan pasut di Semarang tidak berpengaruh signifikan terhadap nilai RMSE prediksi pasut yang dihasilkan.

Data stasiun Surabaya menghasilkan nilai t_{hitung} sebesar -0,472. Nilai t_{tabel} untuk tingkat kepercayaan 95% dan 31 data adalah sebesar $\pm 1,699$. Hasil tersebut menunjukkan bahwa H_0 dapat diterima, sehingga dapat dikatakan lama pengamatan pasut di Surabaya tidak berpengaruh signifikan terhadap nilai RMSE prediksi pasut yang dihasilkan.

Jadi dapat disimpulkan bahwa di stasiun pasut Semarang dan Surabaya untuk memperoleh nilai akurasi prediksi pasut yang baik untuk satu tahun dapat diperoleh dari data pengamatan 15 hari, satu bulan, atau tiga bulan saja.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Adapun kesimpulan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Nilai MSL di stasiun Jakarta paling rendah dihasilkan dari data 15 hari ke-2 (1 sampai 15 Februari 2017) yaitu sebesar 0,579 meter. Sedangkan nilai MSL tertinggi dihasilkan dari data satu bulan ke-5 (1 sampai 30 Mei 2017) yaitu sebesar 0,775 meter. Sedangkan nilai LWS paling rendah dihasilkan dari data 15 hari ke-2 (1 sampai 15 Februari 2017) dan satu bulan ke-2 (1 sampai 30 Februari 2017) yaitu sebesar -0,783 meter. Sedangkan nilai LWS tertinggi dihasilkan dari data satu bulan ke-7, sebesar 0,163 meter.
2. Nilai MSL di stasiun Semarang paling rendah dihasilkan dari data 15 hari ke-3 (1 sampai 15 Maret 2017) yaitu sebesar 1,653 meter. Sedangkan nilai MSL tertinggi dihasilkan dari data 15 hari ke-12 (1 sampai 15 Desember 2017) yaitu sebesar 1,859 meter. Sedangkan nilai LWS paling rendah dihasilkan dari data 15 hari ke-12 (1 sampai 15 Desember 2017) yaitu sebesar 0,335 meter. Sedangkan nilai LWS tertinggi dihasilkan dari data tiga bulan ke-4 (1 Oktober sampai 29 Desember 2017), sebesar 1,237 meter.
3. Nilai MSL di stasiun Surabaya hasil perhitungan paling rendah dihasilkan dari data 15 hari ke-3 (1 sampai 15 Maret 2017) yaitu sebesar 1,653 meter. Sedangkan nilai MSL tertinggi dihasilkan dari data 15 hari ke-12 (1 sampai 15 Desember 2017) yaitu sebesar 1,859 meter. Sedangkan nilai LWS paling rendah dihasilkan dari data 15 hari ke-3 (1 sampai 15 Maret 2017) yaitu sebesar -0,863 meter..
4. Data stasiun Jakarta menghasilkan nilai t_{hitung} untuk MSL sebesar 0,057 dan sebesar 1,865 untuk LWS. Data stasiun Semarang menghasilkan nilai t_{hitung} untuk MSL sebesar 0,021 dan sebesar 2,237 untuk LWS. Data stasiun Surabaya menghasilkan nilai t_{hitung} untuk MSL sebesar 0,032 dan sebesar 2,776 untuk LWS.

Nilai t_{tabel} untuk tingkat kepercayaan 95% dan derajat kebebasan sebesar $n_{\text{data}} - 1$ adalah sebesar $\pm 1,699$. Dari hasil tersebut disimpulkan bahwa variasi lama pengamatan tidak berpengaruh signifikan terhadap nilai MSL yang dihasilkan di stasiun Surabaya, Semarang dan Jakarta. Namun berpengaruh signifikan terhadap nilai LWS yang dihasilkan di stasiun Jakarta, Semarang, dan Surabaya. Dapat disimpulkan bahwa nilai prediksi MSL jangka panjang yang baik dapat diperoleh dari Pengamatan selama 15 hari atau 30 hari saja, tanpa perlu pengamatan panjang hingga satu tahun. Sedangkan nilai prediksi LWS semakin baik ketika pengamatan dilakukan semakin lama.

5. Nilai RMSE prediksi pasut tertinggi di Jakarta dihasilkan dari prediksi 15 hari ke-2 (1 sampai 15 Februari 2017) terhadap data satu tahun, yaitu sebesar 0,702, sedangkan yang terkecil dihasilkan dari prediksi satu tahun sebesar 0,156 dari data prediksi tahun 2017 terhadap tahun 2018. Selisih terbesar nilai RMSE di Jakarta sebesar 0,546 meter..
6. Nilai RMSE prediksi pasut tertinggi di Semarang dihasilkan dari prediksi 15 hari ke-4 (1 sampai 15 April 2017) terhadap data satu tahun sebesar 0,526, sedangkan yang terkecil dihasilkan dari prediksi satu bulan ke-9 (1 sampai 30 September 2017) terhadap data pengamatan 1 bulan di tahun 2018 sebesar 0,132..
7. Nilai RMSE prediksi pasut tertinggi di Surabaya dihasilkan dari prediksi 15 hari ke-6 (1 sampai 15 Juni 2017) terhadap data satu bulan sebesar 1,162, sedangkan yang terkecil dihasilkan dari prediksi 15 hari ke 3 (1 sampai 15 Maret 2017) terhadap data pengamatan 1 bulan di tahun 2018 sebesar 0,373..
8. Data stasiun Jakarta menghasilkan nilai t_{hitung} sebesar -3,181. Data stasiun Semarang menghasilkan nilai t_{hitung} sebesar -0,528. Data stasiun Surabaya menghasilkan nilai t_{hitung} sebesar -0,472. Nilai t_{tabel} untuk tingkat kepercayaan 95% dan derajat kebebasan sebesar $n_{\text{data}} - 1$ adalah sebesar $\pm 1,699$. Dari hasil perhitungan tersebut, dapat disimpulkan bahwa variasi lama pengamatan tidak berpengaruh signifikan terhadap akurasi

prediksi pasut yang dihasilkan di stasiun Surabaya dan Semarang. Sehingga akurasi prediksi yang baik dapat dihasilkan dari pengamatan selama 15 atau 30 hari saja. Variasi lama pengamatan berpengaruh signifikan terhadap nilai akurasi prediksi pasut yang dihasilkan di stasiun Jakarta. Sehingga semakin lama pengamatan yang dilakukan, akan semakin baik nilai akurasi prediksi pasut yang dihasilkan.

5.2 Saran

Adapun saran untuk penelitian yang akan diadakan selanjutnya adalah sebagai berikut.

1. Perhatikan referensi ketinggian data bacaan pasang surut air laut, pastikan referensi ketinggian sama untuk semua data untuk meningkatkan kualitas hasil penelitian yang dilakukan.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

- Ali, M., Mihardja, D. K., dan Hadi, S. 1994. Pasang Surut Laut. Kursus Intensif Oseanografi bagi Perwira TNI AL. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Badan Standarisasi Nasional. 2010. SNI 19-7646-2010 Survei Hidrografi Menggunakan *Singlebeam Echosounder*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- DeLoach, S. D. 1995. *Delineation of Tidal datums, Water Surface Slopes with GPS*. Sea Technology, hal 56-60.
- Dronkers, J. J. 1964. *Tidal Computations in Rivers and Coastal Waters*. Amsterdam: North-Holland Publishing Company.
- Duxbury dan Sverdrup, K. A. 2002. *Fundamentals of Oceanography. Fourth Edition*. McGraw-Hill.
- Fadilah, Suripin, dan Sasongko, D. P. 2013. Menentukan Tipe Pasang Surut dan Muka Air Rencana Perairan Laut Kabupaten Bengkulu Tengah Menggunakan Metode Admiralty. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Ghilani, C. D., dan Wolf, P. R. 2006. *Adjustment computations Spatial Data Analysis 4th Edition*. New Jerseys: John Wiley & Sons Inc.
- Gross, M. G. 1990. *Oceanography; A View of Earth Prentice Hall, Inc*. New Jersey: -.
- Ingham, A. E. 1974. *Sea Surveying*. Brent Wood: John Wiley and Son.
- Khasanah, I. U. dan Heliani, L. S. 2014. Perhitungan Nilai Chart Datum Stasiun Pasang Surut Jepara Berdasarkan Periode Pergerakan Bulan, Bumi, dan Matahari Menggunakan Data Pasut Tahun 1994 s.d 2013. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- Khusuma, F. H. 2008. Analisis Harmonik dengan Menggunakan Teknik Kuadrat Terkecil untuk Penentuan Komponen-komponen Pasut di Perairan Dangkal dari Data Topex/Poseidon. Bandung: Institut Teknologi Bandung.

- Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia. 2017. Lima Dekade LIPI di Teluk Jakarta: *Review Penelitian Oseanografi di Teluk Jakarta 1970-2015*. Jakarta: Pusat Penelitian Oseanografi LIPI.
- Mikhail, E. M., dan Gracie, G. 1981. *Analysis and Adjusment of Survey Measurements*. New York: Van Nostrand Reinhold Company.
- Munk, W. H., dan Cartwright, D. E. 1996. *Tidal Spectroscopy and Prediction*. London: Royal Society Burlington House Piccadilly.
- Ongkosongo, O. S. R. 1989. Pasang-Surut. Jakarta: LIPI.
- Pariwono, J. I. 1989. Gaya Penggerak Pasang Surut, dalam Pasang Surut. Ed. Ongkosongo, O.S.R. dan Suyarso. Jakarta: P3O-LIPI.
- Poerbandono, dan Djunarsjah, E. 2005. Survei Hidrografi. Bandung: Rafika Aditama.
- Priyana, T. 1994. Studi Pola Arus Pasang Surut di Teluk Labuhantereng Lombok, Nusa Tenggara Barat. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Republik Indonesia. 2011. Undang-Undang No. 4 Tahun 2011 tentang Informasi Geospasial. Lembaran Negara RI Tahun 2011, No. 49. Sekretariat Negara. Jakarta.
- Riduwan, 2003. Dasar-dasar Statistika. Bandung: Alfa Beta.
- Sudiarta, K., Hendrawan, I. G., Putra, K. S., dan Dewantama, I. M. I. 2013. Kajian Modeling Dampak Perubahan Fungsi Teluk Benoa untuk Sistem Pendukung Keputusan (*Decision Support System*) dalam Jejaring KKP Bali. Jakarta: Laporan Conservation International Indonesia (CII).
- Togatorop, I. T., Atmodjo, W., dan Widada, S. 2015. Pengaruh Arus terhadap Muatan Padatan Tersuspensi di Muara Sungai Kalimas, Surabaya. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Triatmodjo, B. 1999. Teknik Pantai. Yogyakarta: Beta Offset.

- Ulum, M. dan Khomsin, 2015. Perbandingan Akurasi Prediksi Pasang Surut Antara Metode *Admiralty* dan Metode *Least Square*. Surabaya: Departemen Teknik Geomatika ITS.
- Wardiyatmoko, K. dan Bintarto, H. 1994. Geografi untuk SMU Kelas 1. Jakarta: Erlangga.
- Wibowo, M. 2018. Kajian Karakteristik Perairan Teluk Semarang untuk Mendukung Rencana Pembangunan DAM Lepas Pantai. Jakarta: Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi.
- Wyrтки, K. 1961. *Physical Oceanography of the South East Asian Waters*. Naga Report Vol. 2 Scripps. California: Institute Oceanography.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BIODATA PENULIS



Happy Ary Wahyu Marantika, dilahirkan di Magetan, 05 Juli 1997. Merupakan anak tunggal dari pasangan Bapak Edhi Nurwanto dan Ibu Sri Wahyuningsih. Penulis menempuh pendidikan formal di SDN Driyorejo 2, SMPN 1 Kawedanan dan SMAN 2 Magetan. Setelah lulus dari SMA penulis

melanjutkan studi S1 Departemen Teknik Geomatika, Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember pada tahun 2015 melalui jalur SBMPTN. Terdaftar sebagai mahasiswa aktif dengan NRP 03311540000074. Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif dalam organisasi Himpunan Mahasiswa Geomatika (HIMAGE-ITS) sebagai staff Divisi Seni dan Olahraga, juga dalam organisasi kerohanian Geomatics Islamic Study sebagai Ketua Departemen Syiar. Penulis telah melakukan kerja praktik di PT Pelindo III (Persero). Untuk menyelesaikan studi Tugas Akhir, penulis memilih bidang keahlian Geomarine dengan spesifikasi bidang Hidrografi dengan judul “Perbandingan Nilai *Chart Datum* dan Akurasi Prediksi Pasang Surut Berdasarkan Variasi Lama Waktu Pengamatan dengan Metode *Least Square*”.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”