

**ANALISIS PERBANDINGAN HASIL PENGOLAHAN DATA PASANG  
SURUT MENGGUNAKAN METODE *LEAST SQUARE* DAN *ADMIRALTY* DI  
PELABUHAN BAKAUHENI LAMPUNG**

**Skripsi**

**Oleh**

**VIKA SETIA PUTRI  
NPM 1815013008**



**FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2024**

**ANALISIS PERBANDINGAN HASIL PENGOLAHAN DATA PASANG  
SURUT MENGGUNAKAN METODE *LEAST SQUARE* DAN *ADMIRALTY* DI  
PELABUHAN BAKAUHENI LAMPUNG**

**Oleh**

**VIKA SETIA PUTRI**

**Skripsi**

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar  
SARJANA TEKNIK**

**Pada**

**Jurusan Teknik Geodesi dan Geomatika  
Fakultas Teknik Universitas Lampung**



**FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2024**

## ABSTRAK

### ANALISIS PERBANDINGAN HASIL PENGOLAHAN DATA PASANG SURUT MENGGUNAKAN METODE *LEAST SQUARE* DAN *ADMIRALTY* DI PELABUHAN BAKAUHENI LAMPUNG

Oleh

VIKA SETIA PUTRI

Pelabuhan Bakauheni merupakan pintu gerbang antar pulau Sumatra dengan pulau Jawa. Kondisi yang mempengaruhi operasional pelabuhan salah satunya ialah pasang surut, keterbatasan informasi terkait pasang surut pada Pelabuhan Bakauheni dapat dipenuhi menggunakan metode *least square* dan *admiralty* dalam hal penentuan karakteristik pasang surut seperti mencari tipe pasang surut, elevasi muka air laut dan peramalan pasang surut yang ada di sekitar perairan Pelabuhan Bakauheni.

Penelitian ini menggunakan data pasang surut selama 3 bulan masing – masing tahun (2016-2019) dari *website* Pushidrosal Stasiun Bakauheni. Dengan menguraikan 9 komponen pasang surut menggunakan program anfor (metode *least square*) dan program *admiralty* (metode *admiralty*) akan di dapat amplitudo, mencari perhitungan bilangan *formzahl* untuk menentukan tipe pasang surut, menggunakan program Rampas (metode *least square*) untuk mencari elevasi peramalan.

Hasil penelitian menyatakan bahwa pada metode *least square* dan *admiralty* memiliki tipe pasang surut yaitu campuran condong ke harian ganda dalam penentuan tipe pasang surut metode *Admiralty* lebih akurat untuk data pendek, sedangkan metode *Least Square* lebih akurat untuk data panjang. Nilai MSL pada metode *least square* dan *admiralty* adalah 287,2 cm. Nilai HHWL pada metode *least square* dan *admiralty* sebesar 475,8 cm dan 400,6 cm. Nilai LLWL pada metode *least square* dan *admiralty* sebesar 98,5 cm dan 173,6 cm. Peramalan di tahun 2017 sangat baik sementara peramalan di tahun 2018 dan 2019 hasilnya kurang baik ini menunjukkan bahwa tidak ada hubungan yang kuat antara data pengamatan dan peramalannya.

Kata kunci: Pelabuhan Bakauheni, Metode *Least square*, dan Metode *Admiralty*

## **ABSTRACT**

### **COMPARATIVE ANALYSIS OF TIDAL DATA PROCESSING RESULTS USING LEAST SQUARE AND ADMIRALTY METHODS IN BAKAUHENI PORT, LAMPUNG**

**By**

**VIKA SETIA PUTRI**

Bakauheni Port is the gateway between the island of Sumatra and the island of Java. The limited information related to tides at Bakauheni Port can be fulfilled using the least square and admiralty methods in terms of determining tidal characteristics such as tidal type, sea level elevation and tidal forecasting around the waters of Bakauheni Port. This research uses tidal data for 3 months each year (2016-2019) from the Pushidrosal Bakauheni Station website. By decomposing the 9 tidal components using the anfor program (least square method) and the admiralty program (admiralty method), the amplitude will be obtained, looking for the calculation of the formzahl number to determine the type of tide, using the Rampas program (least square method) to find the forecasting elevation. The results stated that the least square and admiralty methods have a tidal type that is mixed leaning to double daily in determining the tidal type Admiralty method is more accurate for short data, while the Least Square method is more accurate for long data. The MSL value in the least square and admiralty methods is 287.2 cm. The highest HHWL values in the least square and admiralty methods are 475.8 cm and 400.6 cm. The LLWL values in the least square and admiralty methods are 98.5 cm and 173.6 cm. Forecasting in 2017 was very good while forecasting in 2018 and 2019 was less good, indicating that there is not a strong relationship between the observed data and the forecasts.

**Keywords:** Bakauheni Port, Least Squares Method, and Admiralty Method

Judul Skripsi : ANALISIS PERBANDINGAN HASIL  
PENGOLAHAN DATA PASANG SURUT  
MENGUNAKAN METODE LEAST SQUARE  
DAN ADMIRALTY DI PELABUHAN  
BAKAUHENI LAMPUNG

Nama Mahasiswa : Vika Setia Putri

Nomor Pokok Mahasiswa : 1815013008

Program Studi : Teknik Geodesi dan Geomatika

Fakultas : Teknik



Pembimbing 1

**Ir. Ahmad Zakaria, M.T., Ph.D.**  
NIP 19670514 199303 1 002

Pembimbing 2

**Romi Fadly, S.T., M.Eng.**  
NIP 197708242008121001

2. Ketua Jurusan Teknik Geodesi dan Geomatika

**Ir. Fauzan Murdapa, M.T., IPM.**  
NIP 196410121992031002

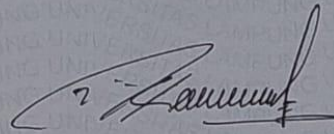
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

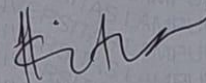
Ketua : **Ir. Ahmad Zakaria, M.T., Ph.D.**



Sekretaris : **Romi Fadly, S.T., M.Eng.**



Penguji  
Bukan Pembimbing : **Citra Dewi, S.T., M.Eng.**



2. Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung



**Dr. Eng. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc. J**  
NIP 1975092820011210002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **18 Juli 2024**

**PERNYATAAN KEASLIAN HASIL KARYA**

Saya Vika Setia Putri, NPM 1815013008, dengan ini menyatakan bahwa apa yang tertulis dalam skripsi yang berjudul "**Analisis Perbandingan Hasil Pengolahan Data Pasang Surut Menggunakan Metode Least Square Dan Admiralty Di Pelabuhan Bakauheni Lampung**" merupakan hasil karya saya yang dibimbing oleh Dosen Pembimbing kesatu yaitu Ir. Ahmad Zakaria, M.T., Ph.D., dan Dosen Pembimbing kedua yaitu Romi Fadly, S.T., M.Eng., berdasarkan pengetahuan dan informasi yang telah saya dapatkan semua materi yang ada di dalam skripsi ini tidak berisi materi yang telah ditulis atau yang telah dipublikasikan oleh orang lain atau telah dipergunakan kemudian diterima sebagai syarat penyelesaian studi pada Universitas atau Institusi lainnya.

Demikian pernyataan ini dibuat dan dapat dipertanggung jawabkan. Apabila di kemudian hari menemui kecurangan dalam karya ini, maka saya siap untuk bertanggung jawab.

Bandar Lampung, 18 Juli 2024



mbuat pernyataan,

Vika Setia Putri  
NPM 1815013008

## RIWAYAT HIDUP



Penulis lahir pada tanggal 12 Juni 2000 di Desa Karta Raharja, Kab. Tulang Bawang Barat. Penulis merupakan anak pertama dari dua bersaudara dari pasangan Bapak Aris Wibowo dan Ibu Siti Qomariah. Pendidikan yang telah ditempuh yaitu Taman Kanak –kanak (TK) RA Miftahul Jannah Karta Raharja yang diselesaikan pada tahun 2006. Sekolah Dasar (SD) Negeri 2 Karta Raharja yang diselesaikan pada tahun 2012. Sekolah Menengah Pertama (SMP) Negeri 1 Tulang Bawang Udik yang diselesaikan pada tahun 2015. Sekolah Menengah Atas (SMA) Negeri 1 Tumijajar yang diselesaikan pada tahun 2018. Pada tahun 2018 penulis melanjutkan studi di Universitas Lampung tepatnya pada Jurusan Teknik Geodesi dan Geomatika, Fakultas Teknik melalui jalur undangan atau SNMPTN. Penulis aktif dalam kegiatan Himpunan Mahasiswa Geodesi (HIMAGES) yang menjabat sebagai anggota Kerohanian pada tahun 2018 - 2020. Penulis juga aktif di Unit Kegiatan Mahasiswa (UKM) Fossi Fakultas Teknik yang menjabat sebagai anggota Kaderisasi pada tahun 2018 – 2020. Penulis melaksanakan Kerja Praktik pada bidang Survey Pemetaan di Kantor Pertanahan BPN Kabupaten Lampung Timur pada tahun 2021 dengan membuat proposal Kerja Praktik yang berjudul **“Input Data Surat Ukur Dan Delineasi Bidang Tanah Di Kantor Pertanahan Kabupaten Lampung Timur”**. Penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Karta, Kab. Tulang



Bawang Barat pada tahun 2021. Pada masa akhir studi sebagai mahasiswi di Jurusan Teknik Geodesi dan Geomatika Universitas Lampung penulis membuat skripsi yang berjudul **“Analisis Perbandingan Hasil Pengolahan Data Pasang Surut Menggunakan Metode Least Square Dan Admiralty Di Pelabuhan Bakauheni Lampung”** dengan bimbingan Bapak Ir. Ahmad Zakaria, M.T., Ph.D., dan Bapak Romi Fadly, S.T., M.Eng., yang dilaksanakan pada tahun 2022 - 2023 sebagai syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik (S.T.)

## **PERSEMBAHAN**

Alhamdulillahirabbil'aalamiin

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT. yang telah memberikan rahmat, hidayah dan limpahan kasih sayang yang tiada henti. Saya dapat menghasilkan sebuah karya kecil dengan penuh perjuangan dan pengorbanan ini.

Orangtuaku yang sangat kucintai Bapakku Aris Wibowo, dan Ibuku Siti Qomariah yang telah berjuang sekuat tenaga agar anak – anaknya dapat menempuh pendidikan setinggi – tingginya, terimakasih atas kasih sayang dan perhatian tak terhingga yang kalian berikan kepada penulis. Terimakasih telah menjadi orangtua terbaik yang pernah penulis miliki didunia ini.

Adikku tercinta Zaskia Sofi Estiyanti, terimakasih atas semua doa, dukungan, motivasi dan semangat yang selalu kalian berikan padaku. Terimakasih juga telah menjadi adik yang sangat baik, aku sangat bersyukur memiliki kamu di hidupku.

Guru - guru dan dosen – dosen terimakasih telah mengajarkan penulis banyak hal, membimbing penulis, memberikan ilmu pengetahuan dan pelajaran hidup yang sangat berharga.

Teman – teman Teknik Geodesi dan Geomatika Universitas Lampung angkatan 18, terimakasih sudah menjadi keluarga bagi penulis, terimakasih sudah mengukir cerita, kenangan terkeren, mengajarkan indahnya kebersamaan dan kekompakan kepada penulis.

## MOTTO

“Sukses berjalan dari satu kegagalan ke kegagalan yang lain, tanpa kita kehilangan semangat.” (**Abraham Lincoln**)

“Orang yang hebat adalah orang yang memiliki kemampuan menyembunyikan kesusahan, sehingga orang lain mengira bahwa ia selalu senang.”  
(**Imam Syafi’i**)

“Kesuksesan berasal dari ketekunan dan semangat juang, terus mencoba pantang menyerah.” (**Vika Setia Putri**)

## SANWACANA

Syukur Alhamdulillah atas kehadiran Allah yang Maha Esa karena hanya dengan limpahan rahmat, kasih sayang, hidayah, inayah dan karunia-Nya lah penulis dapat menyelesaikan skripsi ini sebagai syarat untuk meraih gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Geodesi, Jurusan Teknik Geodesi dan Geomatika, Fakultas Teknik, Universitas Lampung.

Skripsi dengan judul “Analisis Perbandingan Hasil Pengolahan Data Pasang Surut Menggunakan Metode Least Square Dan Admiralty Di Pelabuhan Bakauheni Lampung”. Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari peranan dan bantuan berbagai pihak. Untuk itu penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Dr. Eng. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung.
2. Bapak Ir. Fauzan Murdapa, M.T., I.P.M., selaku Ketua Jurusan Teknik Geodesi dan Geomatika Universitas Lampung.
3. Bapak Ir. Ahmad Zakaria, M.T., Ph.D., selaku dosen pembimbing I yang telah memberi masukan, nasihat, motivasi dan telah banyak meluangkan waktu, tenaga, serta pikirannya sehingga penelitian pada skripsi ini dapat berjalan dengan baik.
4. Bapak Romi Fadly, S.T., M.Eng., selaku dosen pembimbing II yang telah memberi banyak masukan, bimbingan, serta nasihat sehingga penyusunan skripsi ini dapat berjalan dengan baik.
5. Ibu Cita Dewi, S.T., M.Eng., yang berkenan menjadi dosen penguji dan memberikan banyak nasihat, kritik dan saran kepada penulis untuk skripsi ini.

6. Bapak dan Ibu dosen Program Studi Teknik Geodesi, Jurusan Teknik Geodesi dan Geomatika, Fakultas Teknik, Universitas Lampung yang telah memberikan banyak sekali ilmu pengetahuan dan pengalaman baru kepada penulis.
7. Staf dan karyawan Jurusan Teknik Geodesi dan Geomatika Mba Irma, Pak Narto, Mas Sajiran, yang telah banyak membantu penulis selama perkuliahan.
8. Keluarga besarku yang telah memberikan doa, dukungan, semangat dan motivasi kepada penulis.
9. Sepupuku Ira dan Mita yang selalu memberikan semangat, doa dan dukungan kepada penulis.
10. Sahabatku Feyla Dianing Chandra Dewi, Virda Kurniawati, Bajang Engineering, Wanita Perkakas. Terimakasih selalu memberi dukungan, semangat, motivasi, doa dan banyak membantu penulis serta selalu setia mendengarkan keluh kesah penulis.
11. Teman-teman KP di Kantor Pertanahan Kab. Lampung Timur, Diah, Mila, Waddan, Dimas, Ulul, Juanda, Kak Firda, Vina, Rahma, Kak Elisa, Kak Putri, Rizky yang telah memberikan dukungan dan semangat kepada penulis. Kemudian kepada berbagai pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah membantu selama kegiatan KP berlangsung.
12. Teman-teman KKN periode II tahun 2021 Kak Jausal, Kak Abdul, Abdur, Rika, Ratih, Hanifa, yang telah menjadi keluarga selama kegiatan KKN Desa Karta berlangsung serta senantiasa memberikan memberikan doa, dukungan dan semangat kepada penulis 2021 di Desa Karta, serta memberikan banyak pengalaman dan cerita indah yang tak terlupakan oleh penulis. Kemudian kepada berbagai pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah membantu selama kegiatan KKN.
13. Keluarga besar Teknik Geodesi dan Geomatika angkatan 2018 yang telah menemani, membantu dan menjadi teman seperjuangan penulis dalam meraih gelar sarjana. Terimakasih telah menjadi keluarga bagi penulis yang

memberikan banyak cerita dan pengalaman indah yang akan selalu dikenang selamanya oleh penulis.

14. Terakhir, terimakasih untuk diri saya sendiri terimakasih vika yang telah kuat dan bertahan sampai detik ini saya sangat bangga dengan semua pencapaianmu terimakasih sudah selalu yakin dan terus mencoba serta selalu berjuang untuk memberikan semua hal terbaik. Terimakasih sudah berproses dengan sangat baik selalu bersyukur bisa jadi yang terbaik dengan versi sendiri. Maaf jika selama ini terlalu banyak memaksakan diri walaupun aku tahu kamu sudah sangat lelah. Semoga di setiap langkah kedepannya bisa jadi manusia yang lebih baik lagi, bisa jadi anak yang selalu menjadi kebanggaan orang tua, bisa jadi orang sukses yang bermanfaat bagi semua orang dan senantiasa menjadi hamba yang mencintai dan dicintai Allah SWT.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini jauh dari kata sempurna, oleh karena itu penulis memohon maaf apabila terdapat banyak kesalahan dalam penulisan skripsi ini. Semoga nantinya skripsi ini dapat berguna dan bermanfaat bagi para pembacanya.

Bandar Lampung, 18 Juli 2024

Peneliti,

**Vika Setia Putri**

## DAFTAR ISI

|   | Halaman |
|---|---------|
| <b>DAFTAR ISI</b> .....                           | xv      |
| <b>DAFTAR TABEL</b> .....                         | xvii    |
| <b>DAFTAR GAMBAR</b> .....                        | xviii   |
| <b>I. PENDAHULUAN</b> .....                       | 1       |
| 1.1. Latar Belakang dan Masalah.....              | 1       |
| 1.2. Rumusan Masalah .....                        | 3       |
| 1.3. Tujuan.....                                  | 3       |
| 1.4. Manfaat .....                                | 4       |
| 1.5. Ruang Lingkup Penelitian .....               | 4       |
| 1.6. Kerangka Pemikiran .....                     | 4       |
| 1.7. Hipotesis .....                              | 5       |
| <br>  |         |
| <b>II. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....                 | 6       |
| 2.1. Penelitian Terdahulu.....                    | 6       |
| 2.2. Kondisi umum wilayah penelitian.....         | 9       |
| 2.3. Pasang Surut Laut.....                       | 10      |
| 2.4. Komponen Harmonik Pasang Surut .....         | 11      |
| 2.5. Tipe Pasang Surut.....                       | 12      |
| 2.6. Bilangan <i>Formzahl</i> .....               | 13      |
| 2.7. Datum Elevasi Muka Air Laut .....            | 14      |
| 2.8. <i>Metode Least Square</i> .....             | 15      |
| 2.9. <i>Metode Admiralty</i> .....                | 17      |
| 2.10. Koefisien Korelasi.....                     | 18      |
| 2.11. <i>Root Mean Squared Error (RMSE)</i> ..... | 19      |

|  |    |
|--|----|
| <b>III. METODOLOGI PENELITIAN</b> .....  | 20 |
| 3.1. Lokasi dan Waktu Penelitian .....   | 20 |
| 3.2. Pelaksanaan Penelitian.....   | 21 |
| 3.3. Tahap Persiapan .....   | 22 |
| 3.4. Pengumpulan Data .....  | 23 |
| 3.5. Pengolahan Data Pasang Surut Dengan Metode <i>Least Square</i> .....        | 23 |
| 3.6. Pengolahan Data Pasang Surut Dengan Metode <i>Admiralty</i> .....           | 25 |
| 3.7. Perhitungan Bilangan <i>Formzhal</i> .....                                  | 33 |
| 3.8. Perhitungan elevasi muka air laut .....                                     | 34 |
| 3.9. Pengolahan Peramalan Pasang Surut.....                                      | 34 |
| <br>   |    |
| <b>IV. HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....  | 35 |
| 4.1. Komponen Pasang Surut Metode <i>Least Square</i> dan <i>Admiralty</i> ..... | 35 |
| 4.2. Tipe Pasang Surut Perairan Pelabuhan Bakauheni .....                        | 37 |
| 4.3. Hasil Elevasi Muka Air Laut .....   | 38 |
| 4.4. Peramalan Pasang Surut di Pelabuhan Bakauheni.....                          | 39 |
| 4.5. Hasil Uji Koefisien Korelasi dan RMSE .....                                 | 46 |
| <br>   |    |
| <b>V. SIMPULAN DAN SARAN</b> .....   | 48 |
| 5.1. Simpulan .....  | 48 |
| 5.2. Saran .....   | 49 |
| <b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....  | 50 |



## DAFTAR TABEL

| Tabel  | Halaman |
|--|---------|
| 1. Penelitian terdahulu .....  | 6       |
| 2. Komponen pasang surut .....   | 11      |
| 3. Hubungan korelasi besaran mutlak .....                                    | 18      |
| 4. Waktu pengamatan skema I bulan Maret 2016 .....                           | 27      |
| 5. Konstanta pengali untuk menyusun skema II .....                           | 28      |
| 6. Skema III hasil perhitungan admiralty bulan Maret 2016 .....              | 29      |
| 7. Skema IV hasil perhitungan admiralty bulan Maret 2016 .....               | 30      |
| 8. Skema V dan VI hasil perhitungan admiralty bulan Maret 2016 .....         | 31      |
| 9. Hasil penyusunan skema VII untuk data pasang surut bulan maret 2016 ..... | 32      |
| 10. Nilai komponen harmonik pasang surut bulan maret 2016 .....              | 32      |
| 11. Nilai amplitudo komponen pasang surut .....                              | 35      |
| 12. Tipe pasang surut berdasarkan bilangan formzahl .....                    | 37      |
| 13. Elevasi muka air laut perairan Pelabuhan Bakuheni .....                  | 39      |
| 14. Nilai korelasi peramalan dan Nilai RMSE .....                            | 46      |

## DAFTAR GAMBAR

| Gambar  | Halaman |
|---|---------|
| 1. Pasang surut air laut .....                                | 11      |
| 2. Tipe pasang surut .....                                    | 13      |
| 3. Peta lokasi penelitian .....                               | 20      |
| 4. Diagram alir penelitian.....                               | 21      |
| 5. Diagram alir penguraian komponen metode least square ..... | 23      |
| 6. Penguraian komponen pasang surut program anfor.....        | 24      |
| 7. Diagram alir metode <i>admiralty</i> .....                 | 25      |
| 8. Diagram alir perhitungan tipe pasang surut .....           | 33      |
| 9. Diagram alir perhitungan elevasi muka air laut.....        | 34      |
| 10. Grafik pemodelan di tahun 2016 .....                      | 40      |
| 11. Grafik pemodelan di tahun 2017 .....                      | 41      |
| 12. Grafik pemodelan di tahun 2018 .....                      | 42      |
| 13. Grafik peramalan di tahun 2017 .....                      | 43      |
| 14. Grafik peramalan di tahun 2018 .....                      | 44      |
| 15. Grafik peramalan di tahun 2019 .....                      | 45      |

## I. PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang dan Masalah

Pelabuhan adalah suatu kawasan tertentu di darat atau perairan yang berfungsi sebagai tempat kegiatan pemerintahan dan kegiatan usaha serta sebagai tempat berlabuhnya kapal, menaikkan dan menurunkan penumpang, atau memuat dan membongkar muatan. Terminal dan tempat berlabuh kapal dengan fasilitas keamanan kapal dan kegiatan penunjang pelabuhan, serta lokasi perpindahan intra transit dan antar moda transportasi. Pelabuhan penyeberangan adalah pelabuhan laut, sungai, dan danau yang digunakan untuk melayani angkutan penyeberangan yang berfungsi menghubungkan jaringan jalan atau jaringan jalur kereta api yang dipisahkan oleh perairan untuk mengangkut penumpang dan kendaraan beserta muatannya (Gonggong, 2020). Pelabuhan Penyeberangan Bakauheni merupakan salah satu prasarana transportasi saat ini yang sangat membantu meningkatkan perekonomian masyarakat Lampung, terutama karena Kabupaten Lampung Selatan merupakan pintu gerbang Pulau Sumatera yang dipisahkan oleh lautan dengan Pulau Jawa sehingga transportasi laut mempunyai peranan penting. Hal ini juga didukung oleh lokasi geografis Pelabuhan Bakauheni yang sangat strategis (Fadilah, 2014). Pelabuhan Bakauheni berada pada titik koordinat 5°55'51" LS - 105°59'43" BT dengan luas pelabuhan sekitar 150.615 m<sup>2</sup>. Pelabuhan Bakauheni termasuk salah satu pelabuhan besar yang terdapat di Pulau Sumatera yang berada di Kecamatan Bakauheni, Kabupaten Lampung Selatan. Secara administratif pelabuhan ini beroperasi dibawah naungan pengelolaan transportasi pelabuhan yang dikelola oleh PT. Angkutan Sungai dan Perairan Indonesia atau biasa disebut ASDP (Mahkya *dkk.* 2020).

Pelabuhan Bakauheni memiliki perairan yang sering terjadinya pasang surut air laut. Pasang surut air laut ini sangat berpengaruh dalam operasional penyeberangan pelabuhan (Hasanudin *dkk.* 2016)(Sri Sugiarti dan Setiawan 2014)(Jaka Gumelar *dkk.* 2016). Pasang surut menjadi faktor yang sangat menentukan pada dinamika yang terjadi di pesisir terutama di area pelabuhan, baik alur masuk pelabuhan, area lego jangkar maupun tempat sandar (Hersa, 2022)(Sofian dan Baso 2022). Proses terjadinya pasang surut digunakan sebagai analisis dan pertimbangan pada perencanaan bangunan pantai dan pelabuhan pelayaran (Sangari *et al.* 2019). Salah satu faktor dominan yang mempengaruhi kegiatan tersebut adalah pengaruh oseanografi, terutama dalam hal ini adalah adanya pengaruh gelombang laut terhadap aktivitas serta operasional pelabuhan (Triatmodjo, 2009). Pengamatan pasang surut juga digunakan dalam penentuan karakteristik pasang surut dan *chart datum* yaitu dengan melakukan analisis harmonik pasang surut (Gracella, 2019). Analisis harmonik pasang surut dilakukan terhadap data pasang surut dengan periode waktu tertentu misal 15 atau 29 piantan (Fitriana *dkk.* 2019). Proses analisis harmonik pasang surut menghasilkan gelombang harmonik yang dinyatakan sebagai konstanta harmonik pasang surut. Terdapat berbagai macam cara untuk melakukan pengolahan data pasang surut. Masing-masing metode akan memberikan hasil yang berbeda serta memiliki tingkat akurasi yang berbeda-beda pula. Terutama dalam hal menjalankan aktifitas pelabuhan, penggunaan metode *least square* dan *admiralty*, sangat berguna dalam menentukan tipe pasang surut serta memberikan gambaran umum tentang berapa kali pasang atau surut datang, sehingga dapat memberikan acuan yang diperlukan pada lokasi penelitian untuk melaksanakan perencanaan pembangunannya. Selain itu, data pasang surut akan membantu menangani permasalahan yang sering timbul pada kondisi pelabuhan, seperti pendangkalan ( Rahmat *dkk.* 2017).

Namun demikian, belum banyak diketahui perbandingan hasil yang diberikan maupun keakuratan model pasang surut dari metode-metode tersebut. Metode yang dapat digunakan untuk menentukan konstanta harmonik pasang surut selama periode tertentu diantaranya yang sering digunakan adalah metode *Least Square* dan metode *Admiralty*.

Kedua metode ini juga dapat digunakan untuk melakukan prediksi pasang surut untuk waktu yang akan datang (Asyhar *dkk.* 2018). Pada penelitian ini adalah untuk mengetahui hasil tipe pasang surut, nilai elevasi muka air laut serta mencari peramalan setiap per tahun di Pelabuhan Bakauheni, Lampung yang diolah dengan menggunakan metode *Least Square* dan metode *Admiralty*.

## 1.2. Rumusan Masalah

Penelitian yang dilakukan oleh (Hersa, 2022) menyatakan bahwa pasang surut menjadi faktor yang sangat menentukan pada dinamika yang terjadi di pesisir terutama di area pelabuhan, baik alur masuk pelabuhan, area lego jangkar maupun tempat sandar, sehingga diperlukan penelitian lebih lanjut untuk menentukan karakteristik pasang surut di Pelabuhan Bakauheni dengan membandingkan metode *least square* dan *admiralty* metode mana yang lebih baik. Berdasarkan masalah yang terjadi di Pelabuhan Bakauheni maka rumusan masalah dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Bagaimana hasil tipe pasang surut pada metode *least square* dan metode *admiralty*?
2. Bagaimana hasil nilai elevasi muka air pada metode *least square* dan metode *admiralty*?
3. Bagaimana hasil peramalan pasang surut yang ada di Perairan Pelabuhan Bakauheni?

## 1.3. Tujuan

Adapun tujuan dari penelitian yang akan di bahas dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Membandingkan hasil tipe pasang surut dari metode *least square* dan *admiralty* di perairan Pelabuhan Bakauheni.

2. Membandingkan nilai elevasi muka air laut (HHWL dan LLWL) pada metode *least square* dan *admiralty* di perairan Pelabuhan Bakauheni.
3. Mengetahui hasil peramalan pasang surut di Pelabuhan Bakauheni.

#### **1.4. Manfaat**

Manfaat dari kegiatan penelitian ini yaitu memberikan informasi mengenai tipe pasang surut, nilai elevasi muka air laut serta mengetahui hasil peramalan di area sekitaran Pelabuhan Bakauheni.

#### **1.5. Ruang Lingkup Penelitian**

Dalam penelitian ini memilih cakupan ruang lingkup permasalahan yang dibatasi oleh hal-hal sebagai berikut:

1. Data yang digunakan adalah data sekunder yaitu data *time series* pasang surut air laut yang direkam secara *realtime* selama 3 bulan di tahun 2016 – 2019 di stasiun pemantauan Pusat Hidro-Oseanografi Angkatan Laut (PUSHIDROSAL) Bakauheni, Lampung.
2. Analisis data pasang surut menggunakan metode *least square* dan *admiralty*.
3. Data parameter yang digunakan yaitu menggunakan 9 komponen pasang surut ( $M_2$ ,  $S_2$ ,  $N_2$ ,  $K_1$ ,  $K_2$ ,  $O_1$ ,  $P_1$ ,  $M_4$  dan  $MS_4$ ).

#### **1.6. Kerangka Pemikiran**

Pasang surut air laut adalah peristiwa perubahan tinggi rendahnya permukaan laut yang dipengaruhi oleh gaya gravitasi benda-benda astronomi, terutama matahari dan bulan. Pasang surut dapat mengubah kedalaman air dan menyebabkan arus pusaran yang dikenal sebagai arus pasang bukan hanya memengaruhi lapisan pada bagian teratas

saja, tetapi semua massa air dan energinya pun besar. Untuk mengetahui tipe pasang surut, elevasi muka air laut, dan peramalan pasang surut maka diperlukan analisis pasang surut menggunakan metode *Least Square* dan metode *Admiralty*, kedua metode tersebut akan dibandingkan hasilnya metode mana yang lebih akurat, Pelabuhan Bakauheni yang merupakan pelabuhan penyeberangan antar Pulau Sumatera menuju Pulau Jawa yang memiliki peran penting dalam menunjang arus pergerakan ekonomi dan jalur transportasi.

### **1.7. Hipotesis**

Penelitian ini akan menganalisis metode mana yang bagus dalam penentuan karakteristik pasang surut di Pelabuhan Bakauheni dalam 4 tahun (2016 - 2019). Penentuan perbandingan metode *least square* dan *admiralty* pada karakteristik pasang surut apakah terjadi perubahan terhadap tipe pasang surut, elevasi muka air laut dan peramalan.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Penelitian Terdahulu

Penelitian sejenis terkait yang akan digunakan sebagai bahan acuan pertimbangan untuk perbandingan pelaksanaan penelitian. Kajian beberapa referensi jurnal penelitian bertujuan memperbanyak teori dan melihat keterikatan teori tersebut untuk kemudian diimplementasikan dalam penelitian yang akan dilakukan penulis. Perbandingan yang diperoleh dari beberapa referensi jurnal penelitian akan dilihat letak kekurangannya sebagai bahan acuan agar penelitian menjadi lebih optimal. Tabel dibawah ini merupakan uraian singkat dari penelitian - penelitian terdahulu yang dijadikan sebagai acuan perbandingan sebagai berikut:

Tabel 1. Penelitian terdahulu

| Peneliti                     | Judul   | Metode   | Hasil   |
|------------------------------|---|--|---|
| (Ichsari <i>dkk.</i> , 2020) | Studi Komparasi Hasil Pengolahan Pasang Surut Dengan 3 Metode ( <i>Admiralty, Least Square dan Fast Fourier Transform</i> ) di Pelabuhan Malahayati, Banda Aceh | Menggunakan tiga metode ( <i>admiralty, least square dan Fast Fourier Transform</i> ) sehingga didapatkan karakteristik dan komponen harmonik pasang surut pada lokasi penelitian. | Hasil berupa komponen harmonik pasang surut pada Pelabuhan Malahayati, yaitu komponen semidiurnal (M2 dan S2). Didapatkan nilai RMSE pada hasil pengolahan sebesar 32 cm, sedangkan RMSE hasil prediksi sebesar 64 cm. Perbedaan nilai formzhal kurang dari 0.02 sedangkan perbedaan nilai amplitudo masing-masing komponen pasang surut kurang dari 0.1 meter. |



| Peneliti                   | Judul  | Metode  | Hasil  |
|----------------------------|--|---|--|
| (Gracella, 2019)           | Uji Kualitas Hasil Analisa Perbandingan Prediksi Pasang Surut<br><br>Metode <i>Admiralty</i> Dan Meode <i>Least Square</i>         | metode <i>admiralty</i> dan metode <i>least square</i> dalam penentuan posisi chart datum maupun prediksi muka air laut.  | Hasil analisa pasang surut metode <i>admiralty</i> dan <i>least square</i> diperoleh selisih terbesar yaitu pada komponen K1 sebesar 0.139 m dari analisa data pengamatan Pantai Rindu Alam. Sedangkan untuk selisih fase terbesar yaitu pada komponen S2 dari analisa data pengamatan Pulau Seraya Batam sebesar 345.304°.                                |
| (Zakaria <i>dkk.</i> 2021) | Analisis Perbandingan Data Pasang Surut Terukur dengan Data Pasang Surut Hasil Peramalan (Studi Kasus Stasiun Pasut Tanjung Priok) | program Anfor yang menggunakan metode kuadrat terkecil, menghasilkan model periodik pasang surut yang diperoleh dengan menggunakan 9 komponen harmonik pasang surut   | Hasil yang diperoleh yaitu komponen data pasang surut terukur dengan komponen data pasang surut BIG memiliki kemiripan. Koefisien korelasi rata-rata antara dua data tersebut 0,9644. Dari penelitian ini dapat dilihat nilai dari data pasang surut dikatakan sangat baik.  |
| (Abdi, 2021)               | Analisa Pasang Surut Dengan Metode <i>Admiralty</i> Dan <i>Least Square</i> Terhadap Dermaga Tanjung Keramat Sangkulirang          | metode <i>Admiralty</i> dan <i>Least Square</i> untuk mengetahui Amplitudo dan ketinggian air berdasarkan komponen pasang surut. Gambar elevasi muka air rencana, tinggi dan panjang Dermaga dibantu dengan menggunakan software AutoCAD 2019 | Diperoleh nilai komponen pasang surut M2 dan S2 yaitu senilai 114,20 dan 70,24 cm serta nilai fase 106° dan 158°. Hasil analisa dan perhitungan diperoleh nilai elevasi muka air MSL 1,30 m; HHWL 3,53 m; LLWL -0.93 m; Zo 1,30 m; MLWL -0,21 m; MHWL 2,81 m dan elevasi lantai Dermaga Tanjung Keramat Sangkulirang sebesar 3,86 m dari elevasi bak ukur. |
| (Vika, 2023)               | Analisis Perbandingan Hasil pengolahan Data Pasang Surut menggunakan Metode  | Metode <i>least square</i> dengan program Anfor dan metode <i>admiralty</i>   | Hasil yang diperoleh penelitian ini berupa perbandingan hasil tipe pasang surut,   |

| Peneliti | Judul   | Metode | Hasil   |
|----------|---|--------|---|
|          | <i>Least Square</i> dan <i>Admiralty</i> di Pelabuhan Bakauheni Lampung |        | elevasi muka air laut dan peramalan pertahun di Pelabuhan Bakauheni |

Menurut (Ichsari *dkk.*, 2020) dalam penelitiannya yang berjudul Studi Komparasi Hasil Pengolahan Pasang Surut Dengan 3 Metode (*Admiralty*, *Least Square* dan *Fast Fourier Transform*) di Pelabuhan Malahayati, Banda Aceh menggunakan tiga metode (*admiralty*, *least square* dan *Fast Fourier Transform*). Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa komponen harmonik pasang surut pada Pelabuhan Malahayati, yaitu komponen semidiurnal (M2 dan S2) didapatkan nilai RMSE pada hasil pengolahan sebesar 32 cm, sedangkan RMSE hasil prediksi sebesar 64 cm. Perbedaan nilai formzhal kurang dari 0.02 sedangkan perbedaan nilai amplitudo masing-masing komponen pasang surut kurang dari 0.1 meter.

(Gracella, 2019) melakukan penelitian terkait uji kualitas hasil analisa perbandingan prediksi pasang surut metode *admiralty* dan metode *least square*. Penelitian ini juga menggunakan metode *admiralty* dan metode *least square* dalam penentuan posisi *chart datum* maupun prediksi muka air laut. Hasil penelitian ini menunjukkan analisa pasang surut metode *admiralty* dan *least square* diperoleh selisih terbesar yaitu pada komponen K1 sebesar 0.139 m dari analisa data pengamatan Pantai Rindu Alam. Sedangkan untuk selisih fase terbesar yaitu pada komponen S2 dari analisa data pengamatan Pulau Seraya Batam sebesar 345.304.

Penelitian yang dilakukan oleh (Zakaria *dkk.* 2021) yang berjudul Analisis Perbandingan Data Pasang Surut Terukur dengan Data Pasang Surut Hasil Peramalan (Studi Kasus Stasiun Pasut Tanjung Priok). Penelitian ini membandingkan data pasang surut terukur dengan data pasang surut dari Badan Informasi Geospasial. Hasil yang di peroleh yaitu komponen data pasang surut terukur dengan komponen data pasang surut BIG memiliki kemiripan. Koefisien korelasi rata-rata antara dua data tersebut 0,9644. Dari penelitian ini dapat dilihat nilai dari data pasang surut dikatakan sangat baik.

(Abdi, 2021) juga pernah melakukan analisa pasang surut dengan metode *admiralty* dan *least square* terhadap Dermaga Tanjung Keramat Sangkulirang yang bertujuan untuk mengetahui Amplitudo dan ketinggian air berdasarkan komponen pasang surut. Hasil penelitian menunjukkan nilai komponen pasang surut M2 dan S2 yaitu senilai 114,20 dan 70,24 cm serta nilai fase  $106^\circ$  dan  $158^\circ$ . Hasil analisa dan perhitungan diperoleh nilai elevasi muka air MSL 1,30 m; HHWL 3,53 m; LLWL -0.93 m; Zo 1,30 m; MLWL -0,21 m; MHWL 2,81 m dan elevasi lantai Dermaga Tanjung Keramat Sangkulirang sebesar 3,86 m dari elevasi bak ukur.

Penelitian yang peneliti lakukan ini tidak hanya untuk mengetahui perbandingan metode *least square* dan *admiralty* juga mencari peramalan pertahun di perairan Pelabuhan Bakauheni Lampung yang diperoleh dari Pushidrosal selama 4 tahun terakhir. Hasil yang di peroleh penelitian ini berupa perbandingan tipe pasang surut, nilai elevasi muka air laut serta peramalan pertahun di perairan Pelabuhan Bakauheni Lampung, sehingga dalam penelitian ini mempunyai unsur perbedaan dalam subjek maupun objek yang diteliti.

Penelitian terdahulu ini dimaksudkan untuk memperjelas posisi penelitian yang peneliti lakukan. Penelitian yang peneliti lakukan ini mempunyai titik perbedaan dengan penelitian terdahulu meskipun demikian, peneliti mengakui tentang teori yang digunakan dalam penelitian ini mempunyai persamaan teori oleh empat peneliti terdahulu.

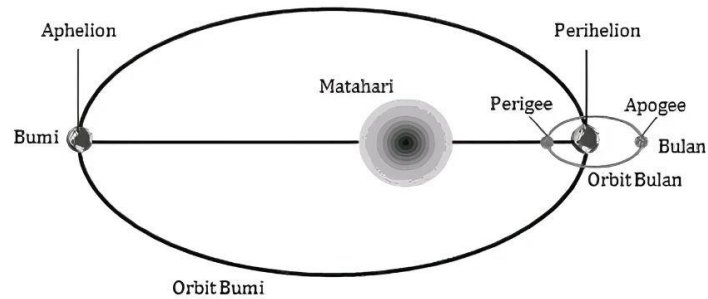
## **2.2. Kondisi umum wilayah penelitian**

Pelabuhan Bakauheni merupakan penghubung antara Pulau Sumatera dan Pulau Jawa dimana pelabuhan tersebut mempunyai peranan penting dalam ekonomi transportasi. Peranan transportasi dalam pembangunan ekonomi merupakan suatu komponen

strategis dalam pemerataan dan pertumbuhan ekonomi, aliran pergerakan manusia dan barang, aliran informasi (*flow of information*), dana aliran (*flow of finance*) yang perlu dikelola secara cepat dan akurat untuk memenuhi tuntutan ketepatan waktu (Sutami, 2016).

### **2.3. Pasang Surut Laut**

Istilah pasang surut dikaitkan dengan proses naik turunnya paras laut secara berkala yang ditimbulkan oleh adanya gaya tarik bulan dan matahari, dan menimbulkan gelombang laut (Yona *dkk.* 2017). Pengamatan pasang surut sangat penting untuk navigasi pantai karena pasang surut dapat mengubah kedalaman air dan menyebabkan arus pusaran yang dikenal sebagai arus pasang (Arani, 2015). Periode pasang surut adalah waktu dari puncak atau lembah gelombang ke lembah gelombang berikutnya. Periode pasang surut adalah waktu antara puncak atau lembah gelombang ke puncak atau lembah gelombang berikutnya. Puncak gelombang disebut pasang tinggi dan lembah gelombang disebut surut rendah secara berurutan (Mahbub, 2020). Harga periode pasang surut bervariasi antara 12 jam 25 menit hingga 24 jam 50 menit. Periode pasang surut merupakan waktu yang dibutuhkan berdasarkan posisi muka air dengan muka air rerata ke posisi yang sama. Pada perairan-perairan, terutama pada teluk-teluk atau pada selat-selat sempit, gerakan naik turun atau variasi muka air menimbulkan arus pasang surut, kemudian menyangkut massa air pada jumlah sangat besar yang arahnya kurang lebih membolak-balik (Marselina, 2022). Berikut adalah gambar pembangkit pasang surut:



Gambar 1. Pasang surut air laut  
(Sumber: Yona, 2017)

#### 2.4. Komponen Harmonik Pasang Surut

Komponen pasang surut adalah konstanta pasang surut yang terbagi menjadi 2 konstanta yaitu amplitudo dan beda fase (Malo *dkk.* 2017) . Komponen utama yaitu tengah harian dan periode panjang. Besaran nilai amplitudo komponen harmonik pasang surut di wilayah perairan adalah faktor dari tenaga pembangkit pasang surut serta pergerakan pasang surut terjadi dalam bentuk penjalaran gelombang – gelombang akibat topografi dasar dan garis pantai di suatu wilayah perairan (Khairunnisa *dkk.* 2021). Komponen harmonik tersebut kemudian dikelompokkan ke dalam tiga komponen, yaitu Tengah Harian (*semi diurnal*), harian (*diurnal*), dan periode panjang (Zakaria, 2009). Berikut adalah tabel komponen pasang surut air laut:

Tabel 2. Komponen pasang surut

| No. | Nama Komponen                         | Simbol | Frekuensi (deg/jam) | Periode (jam) |
|-----|---------------------------------------|--------|---------------------|---------------|
| 1.  | Tengah Harian ( <i>Semi-diurnal</i> ) | $M_2$  | 28,98               | 12,42         |
|     | -Principal lunar                      | $S_2$  | 30,00               | 12,00         |
|     | -Principal solar                      | $N_2$  | 28,44               | 12,66         |
|     | -Large lunar elliptic                 | $K_2$  | 30,08               | 11,97         |
|     | -Luni-solar semi diurnal              |        |                     |               |
| 2.  | Harian ( <i>diurnal</i> )             |        |                     |               |
|     | -Luni-solar diurnal                   | $K_1$  | 15,04               | 23,94         |
|     | -Principal lunar diurnal              | $O_1$  | 13,94               | 25,82         |
|     | -Principal solar diurnal              | $P_1$  | 14,96               | 24,06         |
|     | -Large lunar elliptic                 | $Q_1$  | 13,40               | 26,87         |

|    |  |          |       |         |
|----|--|----------|-------|---------|
| 3. | Periode Panjang ( <i>long-period</i> ) | $M_f$    | 1,1   | 327,86  |
|    | - <i>Lunar fortnightly</i>             | $M_m$    | 0,54  | 661,31  |
|    | - <i>Lunar monthly</i>                 | $S_{sa}$ | 0,08  | 4382,80 |
|    | - <i>Solar semi-diurnal</i>            |          |       |         |
|    | Komponen Laut Dangkal                  | $M_4$    | 57,97 | 6,21    |
|    |  | $MS_4$   | 58,98 | 6,10    |

(Sumber: Zakaria, 2009)

#### Keterangan

M2 = Konstanta harmonik bulan

S2 = Konstanta harmonik matahari

N2 = Konstanta harmonik transformasi jarak bulan

K2 = Konstanta harmonik transformasi jarak matahari

O1 = Konstanta harmonik deklinasi bulan

P1 = Konstanta harmonik deklinasi matahari

K1 = Konstanta harmonik deklinasi bulan dan matahari

MS4 = Konstanta harmonik interaksi antara S2 dan M2

M4 = Konstanta harmonik ganda M2

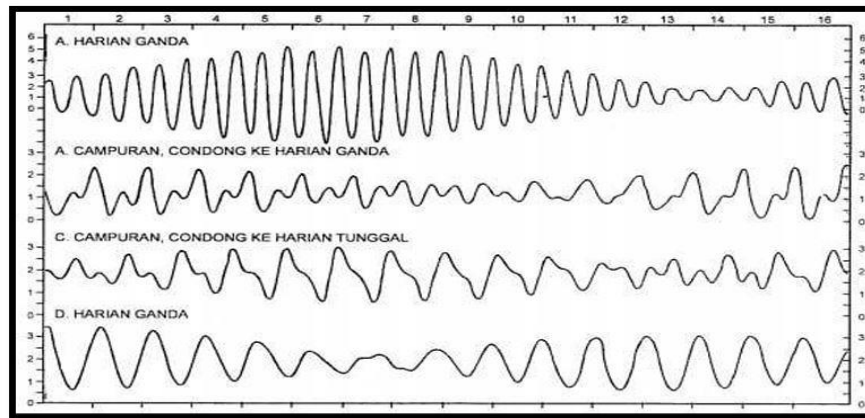
### 2.5. Tipe Pasang Surut

Tipe pasang surut suatu perairan dapat ditentukan dengan dua metode yaitu dengan melihat grafik pasang surut dan menghitung nilai bilangan *formzahl* (Dina Amalina dkk. 2019). Tipe pasang surut berdasarkan bilangan *formzahl* dibagi menjadi empat:

1. Pasang surut harian tunggal (*diurnal tide*) yaitu dalam satu hari terdapat satu kali air pasang dan satu kali air surut. Periode pasang surut rerata yaitu 24 jam 50 menit.
2. Pasang surut harian ganda (*semi diurnal tide*) yaitu dalam sehari terdapat dua kali air pasang dan dua kali air surut dengan tinggi yang hampir sama datang secara teratur dan berurutan. Periode pasang surut yaitu 12 jam 24 menit.
3. Pasang surut campuran condong ke harian ganda (*mixed tide prevailing semidiurnal*) yaitu dalam satu hari terdapat dua kali air pasang dan dua kali air surut, akan tetapi periode dan tingginya berbeda.

4. Pasang surut campuran condong ke harian tunggal (*mixed tide prevailing diurnal*) yaitu pada tipe ini dalam sehari terjadi hanya satu kali air pasang dan satu kali air surut, tetapi kadang hanya sementara waktu terjadi dua kali pasang dan dua kali surut dengan periode dan tinggi yang sangat berbeda.

Dibawah ini merupakan gambar tipe pasang surut:



Gambar 2. Tipe pasang surut  
(Sumber: Widyantoro, 2014)

## 2.6. Bilangan *Formzahl*

Bilangan *formzahl* adalah pembagian antara amplitudo konstanta pasang surut harian utama dengan amplitudo konstanta pasang surut ganda utama (Fabiola *dkk.* 2022). Hasil perhitungan bilangan *formzahl* ini akan diketahui tipe pasang surut pada suatu perairan.

Perhitungan tipe pasang surut menggunakan persamaan *formzahl*:

$$F = \frac{(O_1 + K_1)}{(M_2 + S_2)} \dots \dots \dots (1)$$

Keterangan

F = Bilangan *formzahl*.

O<sub>1</sub> = Amplitudo komponen pasang tunggal utama dengan sebab gaya tarik bulan.

- $K_1$  = Amplitudo komponen pasut tunggal utama dengan sebab gaya tarik matahari.  
 $M_2$  = Amplitudo komponen pasut ganda utama dengan sebab gaya tarik bulan.  
 $S_2$  = Amplitudo komponen pasut ganda utama dengan sebab gaya tarik matahari.

Klasifikasi pasang surut sebagai berikut:

1. Pasang surut harian ganda apabila  $F \leq 0.25$
2. Pasang surut campuran (ganda dominan) apabila  $0.25 < F \leq 1.5$
3. Pasang surut campuran (tunggal dominan) apabila  $1.5 < F \leq 3$
4. Pasang surut harian tunggal apabila  $F > 3$

## 2.7. Datum Elevasi Muka Air Laut

Datum elevasi muka air laut adalah kombinasi dari berbagai faktor, termasuk pasang surut, kenaikan permukaan laut, angin dan pengaturan gelombang. Merancang daerah perairan bisa menjadi sulit jika ketinggian permukaan air tidak diperhitungkan. Datum elevasi muka air laut tertinggi berguna untuk perencanaan pantai, kemudian datum elevasi muka air laut terendah berguna untuk perencanaan pembangunan pelabuhan. Datum elevasi muka air dapat berubah-ubah setiap waktu (Sasongko, 2014)

Tabel 3. Datum elevasi muka air laut

| No | Datum elevasi Muka Air                     | Keterangan   |
|----|--|--|
| 1. | MHWL<br>( <i>Mean High Water Level</i> )   | Nilai rerata muka air laut tinggi dalam periode 18,6 tahun.          |
| 2. | MHWS<br>( <i>Mean High Water Spring</i> )  | Nilai rerata muka air laut tinggi ketika pasang surut purnama.       |
| 3. | HHWL<br>( <i>Higher High Water Level</i> ) | Muka air laut tertinggi ketika pasang surut purnama atau bulan mati. |
| 4. | MSL<br>( <i>Mean Sea Level</i> )           | Nilai rerata MHWL dan MLWL.  |
| 5. | MLWL<br>( <i>Mean Low Water Level</i> )    | Nilai rerata muka air laut rendah dalam periode 18,6 tahun.          |
| 6. | MLWS<br>( <i>Mean Low Water Spring</i> )   | Nilai rerata muka air laut terendah ketika pasang surut purnama.     |
| 7. | LLWL<br>( <i>Lower Low Water Level</i> )   | Muka air laut terendah ketika pasang surut.                          |
| 8. | LAT<br>( <i>Lowest Astronomical Tide</i> ) | Muka air laut terendah.  |

(Sumber: Istiarto, 2015)



Menurut Supriyadi *et al.* (2018), nilai elevasi muka air laut rencana yang telah disebutkan diatas dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

- a. Mean Sea Level (MSL)

$$\text{MSL} = S_0 \dots\dots\dots(2)$$

- b. Lowest Low Water Level (LLWL)

$$\text{LLWL} = AS_0 - A(M_2 + S_2 + K_1 + O_1 + P_1 + K_2) \dots\dots\dots(3)$$

- c. Highest High Water Level (HHWL)

$$\text{HHWL} = AS_0 + A(M_2 + S_2 + K_1 + O_1 + P_1 + K_2) \dots\dots\dots(4)$$

## 2.8. Metode Least Square

Metode *Least Square* merupakan metode analisis harmonik yang menguraikan gelombang pasang surut menjadi beberapa komponen harmonik pasang surut dimana ketinggian muka air yang disebabkan oleh gelombang pasang surut merupakan hasil penjumlahan dari komponen-komponen gaya pembangkit pasang surut (Hasibuan *dkk.* 2015). Metode *Least Square* menjadi salah satu metode pengolahan data pasang surut populer yang digunakan untuk analisis pasang surut air laut. Metode ini efektif digunakan untuk menghitung pasang surut karena menghasilkan sembilan komponen beserta elevasinya (Rosida *dkk.* 2022). Hal tersebut berguna untuk mengetahui seberapa besar perbedaan dari nilai komponen dan perbedaan tipe pasang surut.

Persamaan gerak harmonik dapat ditulis sebagai fungsi dari model periodik ( $\dot{P}(t)$ ) yang dapat ditulis sebagai berikut,

$$\dot{P}(t) = S_0 + \sum_{r=1}^{r=k} A_r \cdot \sin(\omega_r \cdot t) + \sum_{r=1}^{r=k} B_r \cos(\omega_r \cdot t) \dots\dots\dots(5)$$

Dimana  $S_0$  adalah nilai rerata,  $A_r$  dan  $B_r$  adalah konstanta harmonik. Persamaan diatas dapat ditulis menjadi persamaan (3) sebagai berikut,

$$\dot{P}(t) = \sum_{r=1}^{r=k+1} A_r \cdot \sin(\omega_r \cdot t) + \sum_{r=1}^{r=k} B_r \cos(\omega_r \cdot t) \dots\dots\dots(6)$$

Atau dalam bentuk persamaan berikut,

$$\dot{p}(t) = S_o + \sum_{r=1}^{r=k} C_r \sin(\omega_r \cdot t - \varphi_r) \dots \dots \dots (7)$$

Dimana:

$$C_r = \sqrt{(A_r)^2 + (B_r)^2} \text{ dan } \varphi_r = \arcsin\left(\frac{A_r}{B_r}\right)$$

Dari persamaan (2) jika  $\omega_k$  diketahui maka, koefisien Fourier A dan B merupakan komponen periodic dapat di hitung dengan menggunakan metode kuadrat terkecil (*least square*) sebagai berikut:

$$\sum_{t=1}^{t=n} E^2 = \sum_{t=1}^{t=n} (P(t) - \dot{p}(t))^2 \dots \dots \dots (8)$$

Persamaan diatas dapat disusun menjadi bentuk yang lebih sederhana sebagai berikut,

$$S_1 = \sum_{t=1}^{t=n} \sin(\omega_1 t) \quad S_2 = \sum_{t=1}^{t=n} \sin(\omega_2 t) \quad S_k = \sum_{t=1}^{t=n} \sin(\omega_k t)$$

Dari penyederhanaan persamaan di atas menjadi sebagai berikut,

$$nS_o + A_1S_1 + A_2S_2 + \dots + A_kS_k + B_1C_1 + B_2C_2 + B_kC_k = P$$

Persamaan di atas dapat disusun menjadi bentuk matrik sebagai berikut,

$$\begin{pmatrix} n & S_1 & S_2 & \dots & S_k & C_1 & C_2 & \dots & C_k \\ S_1 & S_1S_1 & S_1S_2 & \dots & S_1S_k & S_1C_1 & S_1C_2 & \dots & S_1C_k \\ S_2 & S_2S_1 & S_2S_2 & \dots & S_2S_k & S_2C_1 & S_2C_2 & \dots & S_2C_k \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ S_k & S_kS_1 & S_kS_2 & \dots & S_kS_k & S_kC_1 & S_kC_2 & \dots & S_kC_k \\ C_1 & C_1S_1 & C_1S_2 & \dots & C_1S_k & C_1C_1 & C_1C_2 & \dots & C_1C_k \\ C_2 & C_2S_1 & C_2S_2 & \dots & C_2S_k & C_2C_1 & C_2C_2 & \dots & C_2C_k \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ C_k & C_kS_1 & C_kS_2 & \dots & C_kS_k & C_kC_1 & C_kC_2 & \dots & C_kC_k \end{pmatrix} \begin{pmatrix} S_o \\ A_1 \\ A_2 \\ \dots \\ A_k \\ B_1 \\ B_2 \\ \dots \\ B_k \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} P \\ S_1P \\ S_2P \\ \dots \\ S_kP \\ C_1P \\ C_2P \\ \dots \\ C_kP \end{pmatrix} \dots (9)$$

Persamaan di atas dapat disusun menjadi persamaan berikut,

$$[X] = [A]^{-1}[B] \dots \dots \dots (10)$$

Dimana,

$$[X] = \begin{pmatrix} S_0 \\ A_1 \\ A_2 \\ \dots \\ A_k \\ B_1 \\ B_2 \\ \dots \\ B_k \end{pmatrix}; [A]^{-1} = \begin{pmatrix} n & S_1 & S_2 & \dots & S_k & C_1 & C_2 & \dots & C_k \\ S_1 & S_1 S_1 & S_1 S_2 & \dots & S_1 S_k & S_1 C_1 & S_1 C_2 & \dots & S_1 C_k \\ S_2 & S_2 S_1 & S_2 S_2 & \dots & S_2 S_k & S_2 C_1 & S_2 C_2 & \dots & S_2 C_k \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ S_k & S_k S_1 & S_k S_2 & \dots & S_k S_k & S_k C_1 & S_k C_2 & \dots & S_k C_k \\ C_1 & C_1 S_1 & C_1 S_2 & \dots & C_1 S_k & C_1 C_1 & C_1 C_2 & \dots & C_1 C_k \\ C_2 & C_2 S_1 & C_2 S_2 & \dots & C_2 S_k & C_2 C_1 & C_2 C_2 & \dots & C_2 C_k \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ C_k & C_k S_1 & C_k S_2 & \dots & C_k S_k & C_k C_1 & C_k C_2 & \dots & C_k C_k \end{pmatrix}$$

$$\text{Dan } [B] = \begin{pmatrix} P \\ S_1 P \\ S_2 P \\ \dots \\ S_k P \\ C_1 P \\ C_2 P \\ \dots \\ C_k P \end{pmatrix}$$

## 2.9. Metode Admiralty

Metode *admiralty* adalah suatu metode untuk menghitung konstanta pasang harmonik berdasarkan pengamatan pasang surut 15 dan 29 harian dengan pengamatan jam-jaman (Zakaria *dkk.*, 2021). Metode ini digunakan untuk menentukan muka air laut rata-rata (MLR) harian, bulanan, tahunan atau lainnya. Metode perhitungan pasang surut yang digunakan untuk menghitung dua konstanta harmonik, amplitudo dan beda fase (Tajfirooz *et al.* 2018). Analisis harmonik dan proses perhitungan metode *admiralty* dihitung dengan bantuan table dan skema yang dioperasikan oleh perangkat lunak *Microsoft Office Excel*. Perhitungan menggunakan *admiralty* memberikan konstanta harmonik. Kemudian akan dilanjutkan dengan analisis data menggunakan bilangan *formzahl* yaitu pembagian antara amplitudo konstanta pasang surut harian utama dengan amplitudo konstanta pasang surut ganda utama. Angka hasil *formzahl* yang telah dihitung dapat menentukan tipe pasang surut pada perairan tersebut. Metode *admiralty* ini mempunyai beberapa kelebihan antara lain akurasi yang baik dan bisa

memakai data pengamatan pasut pada waktu-waktu yang pendek, hasilnya yaitu 9 komponen pasang surut yaitu  $M_2$ ,  $S_2$ ,  $N_2$ ,  $K_1$ ,  $K_2$ ,  $O_1$ ,  $P_1$ ,  $M_4$  dan  $MS_4$ . Metode *admiralty* melakukan pengembangan perhitungan sistem formula proses perhitungan analisa harmonik dengan *Microsoft Office Excel*, menghasilkan nilai beberapa parameter lalu ditabelkan.

## 2.10. Koefisien Korelasi

Uji korelasi sendiri merupakan teknik analisis yang digunakan untuk mengetahui ada tidaknya hubungan antara dua variabel yang di uji. Ukuran kerentanan dalam uji korelasi berkisar -1 sampai 1, jika nilai korelasi mendekati -1 atau 1 maka kedua variabel memiliki korelasi yang kuat. Sebaliknya, jika nilai korelasi mendekati 0, maka kedua variabel memiliki korelasi lemah atau tidak memiliki korelasi.

Tabel 3. Hubungan korelasi besaran mutlak

| Nilai korelasi (r) | Tingkat Hubungan   |
|--------------------|--------------------|
| 0,00 - 0,199       | Sangat kurang baik |
| 0,20 - 0,399       | Kurang baik        |
| 0,40 - 0,599       | Cukup              |
| 0,60 - 0,799       | Baik               |
| 0,80 - 1,00        | Sangat baik/kuat   |

(Sumber: Schober, Patrick. Dkk. 2018)

### 2.11. *Root Mean Squared Error (RMSE)*

Root Mean Squared Error (RMSE) adalah cara untuk penilaian suatu model regresi linear melalui pengukuran tingkat akurasi hasil prediksi suatu model. Nilai RMSE yaitu standar deviasi dari suatu residual. Nilai RMSE dari suatu model yang paling rendah menunjukkan model yang lebih baik dari model lainnya.

Rumus perhitungan RMSE adalah sebagai berikut:

$$\text{RMSE} = \sqrt{\sum \frac{(Y' - Y)^2}{n}} \dots\dots\dots (11)$$

Keterangan:

X = Nilai ramalan pasang surut

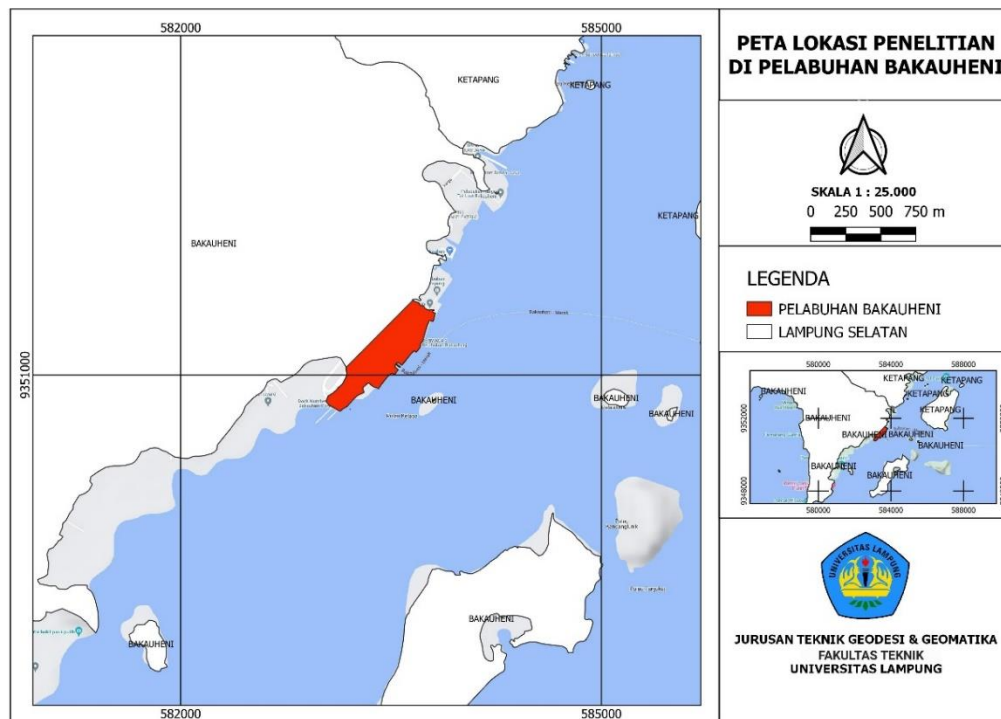
Y = Nilai observasi pasang surut

n = jumlah data

### III. METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1. Lokasi dan Waktu Penelitian

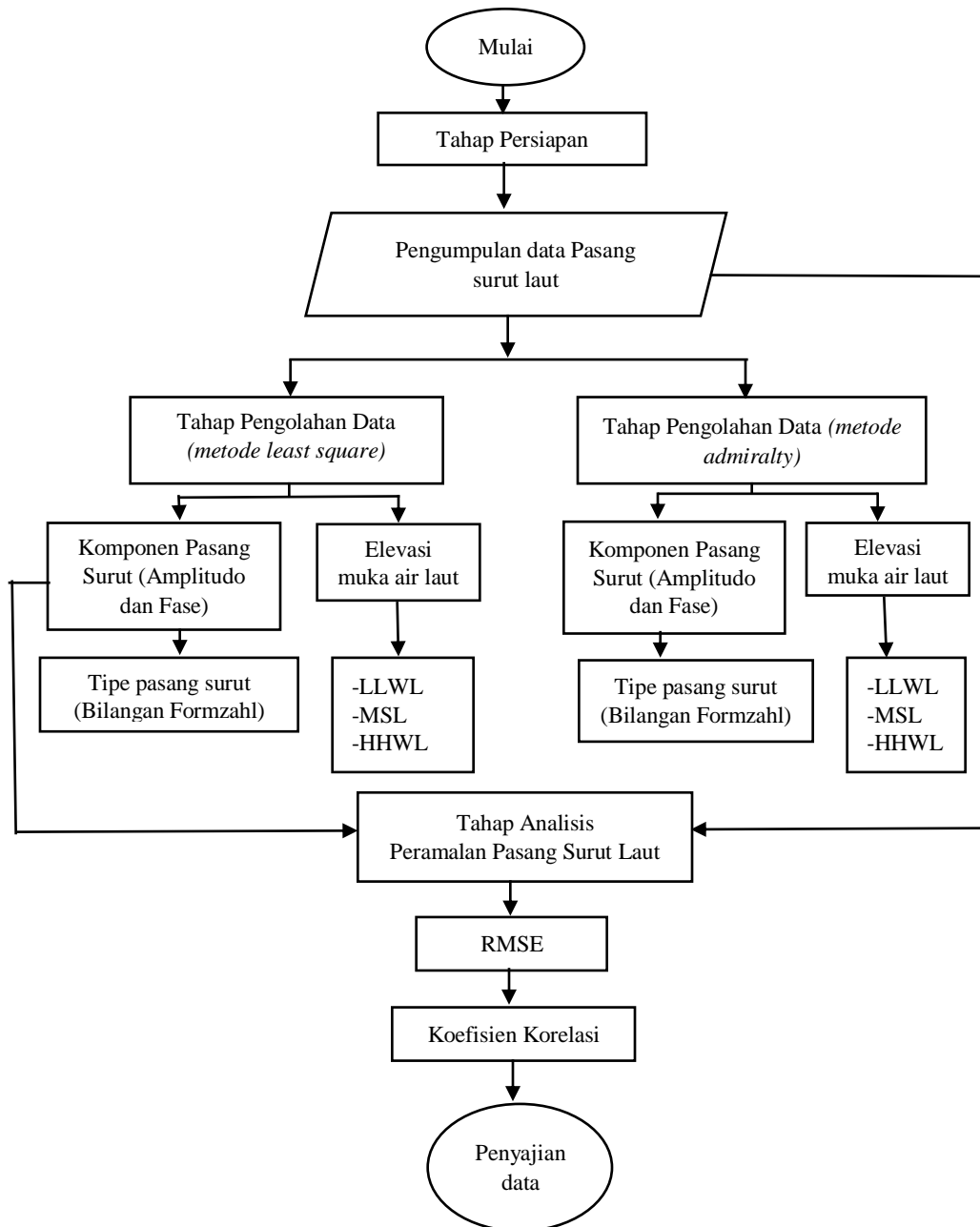
Pelaksanaan penelitian ini berlokasi di Pelabuhan Bakauheni, Desa Bakauheni, Kecamatan Bakauheni, Kabupaten Lampung Selatan, Provinsi Lampung.



Gambar 3. Peta lokasi penelitian  
(Sumber: Pengolahan QGIS)

### 3.2. Pelaksanaan Penelitian

Berikut merupakan diagram alir penelitian terdapat pada Gambar 5.



Gambar 4. Diagram alir penelitian

### **3.3. Tahap Persiapan**

Tahapan persiapan merupakan tahap awal untuk melakukan suatu pelaksanaan pekerjaan. Dengan adanya persiapan ini, maka akan menunjang kelancaran untuk kegiatan selanjutnya. Pada tahap ini terbagi atas beberapa bagian yaitu:

#### **3.3.1. Peralatan yang digunakan**

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Perangkat keras
  1. Laptop
  2. Mouse
  3. Printer
- b. Perangkat lunak
  1. Program ANFOR
  2. Program Admiralty
  3. Program Rampas
  4. QGIS 3.16
  5. *Software Microsoft Excel*
  6. *Software Microsoft Word*
  7. *Notepad*

#### **3.3.2. Bahan yang digunakan**

Bahan yang digunakan dalam pelaksanaan penelitian ini adalah data pengamatan pasang surut jam-jaman yang direkam secara *realtime* selama 3 bulan masing – masing di tahun 2016 – 2019 yang didapatkan dari stasiun pemantauan Pusat Hidro-Oseanografi Angkatan Laut (PUSHIDROSAL) Bakauheni, Lampung.

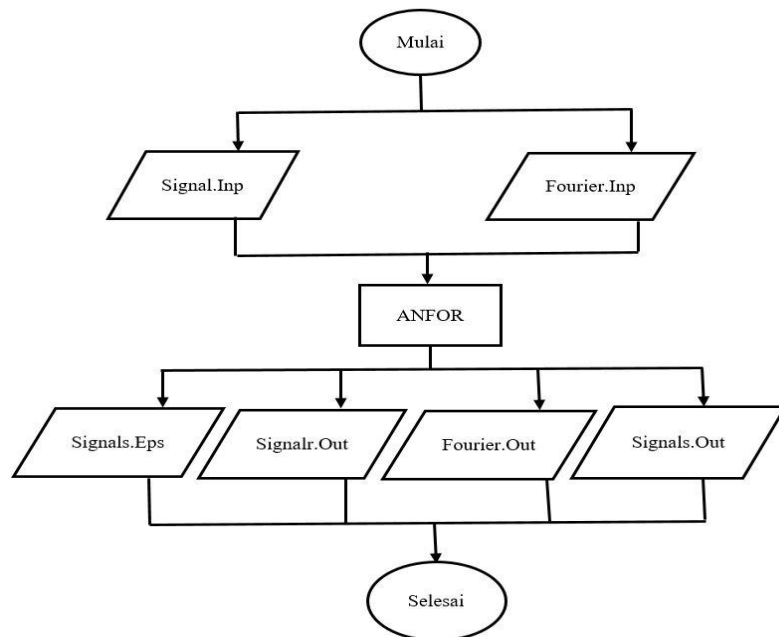


### 3.4. Pengumpulan Data

Data utama yang digunakan dalam penelitian ini berupa data sekunder pasang surut jam-jaman di Pelabuhan Bakauheni selama 3 bulan masing –masing di tahun 2016 – 2019 yang di dapatkan dari website resmi milik stasiun pemantauan Pusat Hidro-Oseanografi Angkatan Laut (PUSHIDROSAL).

### 3.5. Pengolahan Data Pasang Surut Dengan Metode *Least Square*

Pada diagram alir proses penguraian komponen menggunakan metode *Least Square* bisa dilihat pada diagram alir berikut.



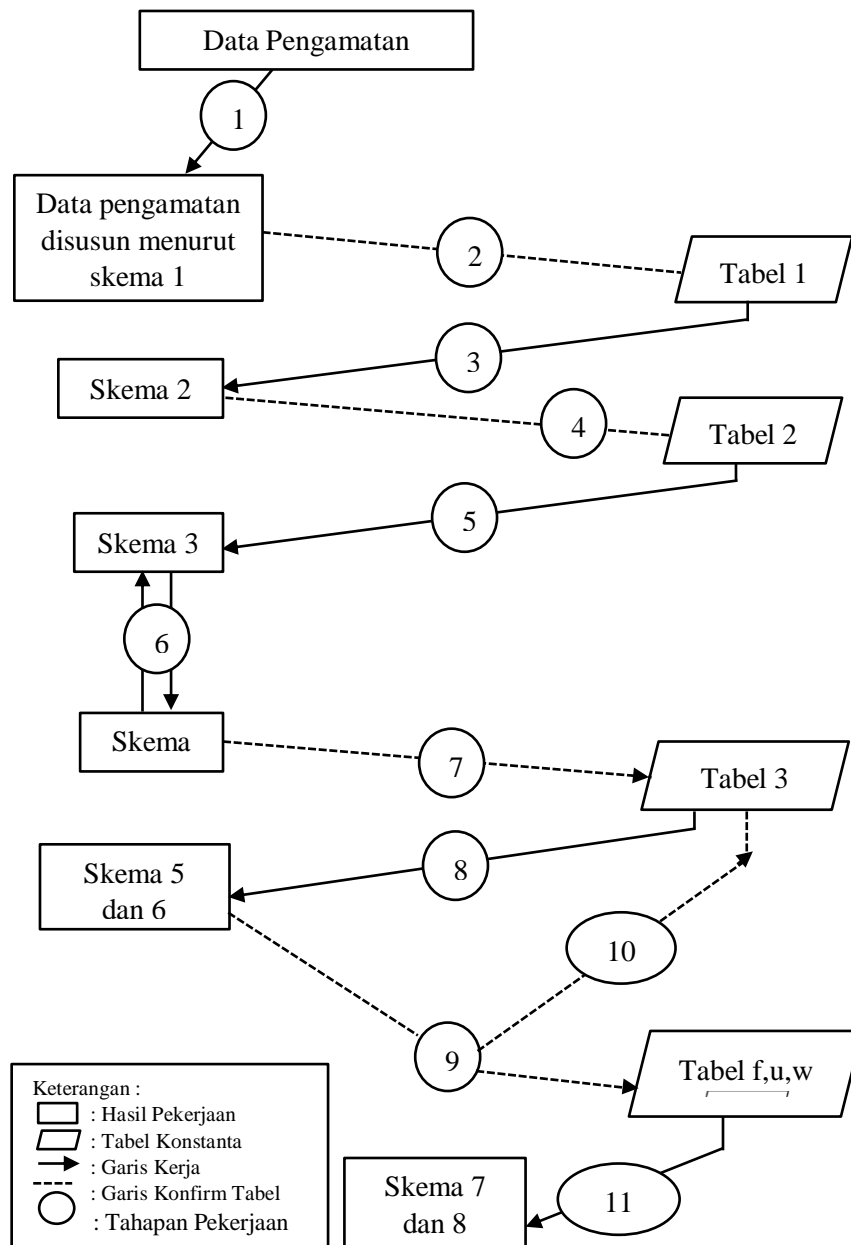
Gambar 5. Diagram alir penguraian komponen metode *least square*

Pada diagram alir proses pengolahan data penelitian dengan metode *least square* menggunakan program ANFOR pada bulan Maret, April, dan Mei masing –masing di



### 3.6. Pengolahan Data Pasang Surut Dengan Metode *Admiralty*

Metode perhitungan *admiralty* menerapkan perhitungan dengan bantuan 8 skema dengan 3 tabel konstanta untuk menghasilkan komponen pasang surut.



Gambar 7. Diagram alir metode *admiralty*

Skema 1 adalah perhitungan matriks data tinggi pasang surut yang diantaranya yaitu jam pengamatan dan tanggal pengamatan yang menggunakan tanggal tengah dari 29 hari dihitung terhadap GMT. Tabel 1 merupakan tabel pengali yang masuk ke skema 2. Skema 2 menyesuaikan matriks antara skema 1 dan kolom yaitu kolom  $X_0$ ,  $X_1$ ,  $Y_1$ ,  $X_2$ ,  $Y_2$ ,  $X_4$ , dan  $Y_4$  dengan baris sebagai tanggal pengamatan. Skema 3 merupakan perhitungan matriks yang menyesuaikan antara skema 2 dan kolom yaitu kolom  $X_0$ ,  $X_1$ ,  $Y_1$ ,  $X_2$ ,  $Y_2$ ,  $X_4$ , dan  $Y_4$  dengan baris sebagai jam pengamatan. Tabel 2 adalah tabel pengali untuk menuju ke skema 3. Skema 4 menyesuaikan skema 3 untuk memasukkan kolom, yaitu kolom X dan Y dengan 0, 2, B, 3, C, 4, dan D. Skema 5 merupakan perhitungan matriks yang menyesuaikan antara skema 4 dengan deskripsi kolom kombinasi parameter X dan Y. Skema 6 menyesuaikan nilai kolom  $S_0$ ,  $M_2$ ,  $S_2$ ,  $N_2$ ,  $K_1$ ,  $O_1$ ,  $M_4$ , dan  $MS_4$  untuk mempertahankan skema yang konsisten. Tabel 3 adalah tabel yang berisi parameter w/f. Skema 7 dan 8 menunjukkan komponen pasang surut utama dibantu oleh tabel 3.

Proses pengolahan dengan metode *admiralty* untuk menguraikan komponen pasang surut. Tahapannya dibagi menjadi delapan skema sebagai berikut:

a. Skema 1

Sebelum melakukan pengolahan data pasang surut disusun menurut Skema 1 terlebih dahulu. Kolom Skema 1 menunjukkan waktu pengamatan dari pukul 00.00 sampai 23.00, dan ke bawah menunjukkan tanggal selama 29 piantan pada bulan Maret, April, Mei di tahun 2016 – 2019.

Tabel 4. Waktu pengamatan skema I bulan Maret 2016

| Jam       | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   | 10  | 11  | 12  | 13  | 14  | 15  | 16  | 17  | 18  | 19  | 20  | 21  | 22  | 23  | 24  |     |
|-----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Tanggal   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 01-Mar-16 | 257 | 293 | 309 | 327 | 314 | 294 | 277 | 246 | 232 | 233 | 233 | 259 | 293 | 315 | 338 | 345 | 339 | 328 | 294 | 267 | 241 | 229 | 232 | 229 | 229 |
| 02-Mar-16 | 241 | 267 | 283 | 296 | 299 | 305 | 289 | 261 | 249 | 249 | 255 | 264 | 279 | 304 | 312 | 333 | 348 | 335 | 315 | 291 | 264 | 241 | 248 | 248 | 232 |
| 03-Mar-16 | 224 | 241 | 262 | 272 | 278 | 293 | 289 | 277 | 274 | 263 | 265 | 270 | 278 | 280 | 306 | 322 | 330 | 335 | 331 | 310 | 289 | 271 | 255 | 243 | 243 |
| 04-Mar-16 | 229 | 229 | 236 | 248 | 261 | 283 | 281 | 281 | 281 | 293 | 288 | 275 | 280 | 271 | 286 | 301 | 325 | 330 | 335 | 327 | 313 | 300 | 337 | 300 | 300 |
| 05-Mar-16 | 253 | 205 | 221 | 226 | 235 | 258 | 269 | 287 | 293 | 305 | 309 | 298 | 284 | 277 | 272 | 275 | 295 | 305 | 327 | 333 | 323 | 323 | 315 | 287 | 287 |
| 06-Mar-16 | 256 | 228 | 214 | 209 | 211 | 231 | 254 | 273 | 298 | 319 | 324 | 314 | 290 | 286 | 263 | 248 | 264 | 285 | 306 | 331 | 338 | 350 | 341 | 323 | 323 |
| 07-Mar-16 | 289 | 249 | 220 | 201 | 193 | 205 | 231 | 261 | 294 | 325 | 343 | 345 | 324 | 299 | 268 | 251 | 242 | 256 | 280 | 311 | 338 | 357 | 364 | 360 | 360 |
| 08-Mar-16 | 334 | 287 | 246 | 208 | 185 | 188 | 209 | 234 | 275 | 318 | 345 | 365 | 355 | 322 | 288 | 252 | 224 | 229 | 251 | 280 | 311 | 340 | 370 | 379 | 379 |
| 09-Mar-16 | 363 | 327 | 279 | 224 | 191 | 174 | 183 | 215 | 256 | 299 | 348 | 378 | 379 | 358 | 321 | 263 | 225 | 209 | 213 | 243 | 275 | 311 | 349 | 378 | 378 |
| 10-Mar-16 | 389 | 363 | 320 | 266 | 209 | 175 | 162 | 184 | 227 | 268 | 321 | 367 | 386 | 374 | 344 | 300 | 245 | 200 | 182 | 204 | 236 | 275 | 320 | 355 | 355 |
| 11-Mar-16 | 380 | 379 | 352 | 304 | 250 | 197 | 165 | 159 | 201 | 252 | 299 | 350 | 388 | 390 | 375 | 339 | 284 | 230 | 177 | 166 | 206 | 240 | 275 | 331 | 331 |
| 12-Mar-16 | 370 | 384 | 372 | 342 | 295 | 244 | 198 | 170 | 195 | 236 | 273 | 324 | 365 | 388 | 393 | 369 | 325 | 265 | 209 | 169 | 162 | 201 | 230 | 282 | 282 |
| 13-Mar-16 | 324 | 362 | 368 | 356 | 327 | 283 | 239 | 201 | 183 | 210 | 245 | 290 | 337 | 373 | 396 | 373 | 358 | 303 | 248 | 195 | 178 | 182 | 206 | 235 | 235 |
| 14-Mar-16 | 297 | 253 | 223 | 197 | 323 | 316 | 272 | 234 | 213 | 209 | 245 | 277 | 320 | 353 | 369 | 380 | 368 | 332 | 288 | 232 | 193 | 188 | 200 | 210 | 210 |
| 15-Mar-16 | 239 | 276 | 307 | 326 | 339 | 320 | 299 | 254 | 233 | 225 | 238 | 266 | 284 | 323 | 343 | 367 | 367 | 351 | 327 | 279 | 240 | 208 | 207 | 211 | 211 |
| 16-Mar-16 | 225 | 246 | 262 | 297 | 316 | 307 | 309 | 289 | 265 | 253 | 245 | 260 | 276 | 302 | 325 | 342 | 352 | 352 | 334 | 311 | 271 | 237 | 228 | 215 | 215 |
| 17-Mar-16 | 223 | 225 | 233 | 259 | 284 | 298 | 308 | 305 | 288 | 269 | 265 | 267 | 273 | 278 | 293 | 311 | 327 | 340 | 336 | 334 | 316 | 288 | 251 | 248 | 248 |
| 18-Mar-16 | 227 | 218 | 225 | 232 | 249 | 276 | 295 | 308 | 303 | 292 | 290 | 278 | 277 | 270 | 281 | 282 | 303 | 314 | 325 | 336 | 332 | 314 | 295 | 275 | 275 |
| 19-Mar-16 | 244 | 225 | 221 | 225 | 234 | 254 | 275 | 298 | 306 | 322 | 313 | 303 | 290 | 273 | 266 | 268 | 264 | 295 | 309 | 328 | 336 | 334 | 321 | 303 | 303 |
| 20-Mar-16 | 277 | 243 | 221 | 215 | 220 | 231 | 256 | 283 | 311 | 325 | 332 | 325 | 306 | 289 | 268 | 246 | 249 | 268 | 285 | 304 | 328 | 342 | 347 | 329 | 329 |
| 21-Mar-16 | 303 | 272 | 235 | 217 | 209 | 219 | 237 | 263 | 300 | 326 | 347 | 344 | 331 | 304 | 283 | 244 | 237 | 246 | 263 | 287 | 314 | 339 | 353 | 352 | 352 |
| 22-Mar-16 | 332 | 301 | 262 | 233 | 211 | 202 | 221 | 248 | 279 | 311 | 343 | 358 | 352 | 313 | 287 | 250 | 230 | 223 | 237 | 261 | 293 | 321 | 352 | 362 | 362 |
| 23-Mar-16 | 359 | 330 | 191 | 188 | 204 | 222 | 256 | 239 | 269 | 361 | 363 | 367 | 360 | 340 | 307 | 264 | 224 | 203 | 205 | 237 | 270 | 304 | 336 | 356 | 356 |
| 24-Mar-16 | 368 | 342 | 309 | 271 | 228 | 195 | 184 | 212 | 255 | 287 | 325 | 348 | 358 | 353 | 320 | 277 | 241 | 209 | 191 | 208 | 243 | 272 | 311 | 349 | 349 |
| 25-Mar-16 | 361 | 349 | 326 | 298 | 248 | 213 | 190 | 195 | 234 | 276 | 311 | 344 | 364 | 365 | 336 | 305 | 259 | 216 | 189 | 187 | 209 | 260 | 270 | 326 | 326 |
| 26-Mar-16 | 346 | 356 | 340 | 316 | 276 | 231 | 201 | 200 | 218 | 269 | 296 | 328 | 359 | 350 | 348 | 322 | 281 | 232 | 190 | 181 | 191 | 232 | 266 | 295 | 295 |
| 27-Mar-16 | 329 | 350 | 344 | 321 | 295 | 254 | 215 | 192 | 217 | 242 | 278 | 316 | 352 | 365 | 359 | 329 | 297 | 260 | 212 | 180 | 189 | 214 | 239 | 267 | 267 |
| 28-Mar-16 | 318 | 340 | 341 | 335 | 307 | 277 | 236 | 206 | 215 | 240 | 270 | 306 | 340 | 362 | 351 | 331 | 319 | 287 | 239 | 196 | 185 | 199 | 223 | 252 | 252 |
| 29-Mar-16 | 282 | 326 | 333 | 327 | 316 | 297 | 260 | 228 | 226 | 240 | 264 | 293 | 319 | 347 | 352 | 343 | 339 | 306 | 262 | 226 | 204 | 204 | 219 | 234 | 234 |

## b. Skema 2

Skema 2 diisi dengan mengalikan data pasang surut dengan nilai pengali pada Tabel 5 pada masing-masing harinya. Tabel 5 berisi deretan bilangan 1 dan -1, kecuali untuk X4 ada yang berisi bilangan 0 dan tidak dimasukkan dalam perkalian. Kemudian dilakukan perhitungan dengan menjumlahkan bilangan yang dikalikan dengan 1 dan diisikan dibawah kolom bertanda (+) untuk masing-masing X1, Y1, X2, Y2, X4, Y4. Hal yang sama juga dilakukan untuk penjumlahan dari perkalian dengan bilangan -1. Sebagai control hitungan, menjumlahkan nilai positif (+) dan negatif (-) dari tiap-tiap pengamatan untuk X1, Y1, X2, Y2, dan Y4 (kecuali untuk X4) sehingga jumlahnya sama dengan jumlah ke samping dari tabel.

Tabel 5. Konstanta pengali untuk menyusun skema II

|           | Waktu (jam) |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|-----------|-------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
|           | 0           | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 |
| <b>X1</b> | -1          | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 |
| <b>Y1</b> | -1          | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  |
| <b>X2</b> | 1           | 1  | 1  | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | 1  | 1  | 1  |
| <b>Y2</b> | 1           | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 |
| <b>X4</b> | 1           | 0  | -1 | -1 | 0  | 1  | 1  | 0  | -1 | -1 | 0  | 1  | 1  | 0  | -1 | -1 | 0  | 1  | 1  | 0  | -1 | -1 | 0  | 1  |
| <b>Y4</b> | 1           | 1  | 1  | -1 | -1 | -1 | 1  | 1  | 1  | -1 | -1 | -1 | 1  | 1  | 1  | -1 | -1 | -1 | 1  | 1  | 1  | -1 | -1 | -1 |

## c. Skema 3

Skema 3 diisi dengan prosedur sebagai berikut:

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

Tabel 6. Skema III hasil perhitungan *admiralty* bulan Maret 2016

| Xo   | X1   | Y1   | X2   | Y2   | X4   | Y4   |
|------|------|------|------|------|------|------|
|      | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 |
| 6722 | 2151 | 2174 | 1718 | 2780 | 1978 | 1999 |
| 6760 | 2195 | 2246 | 1591 | 2446 | 2031 | 1949 |
| 6757 | 2219 | 2343 | 1556 | 2082 | 2004 | 1964 |
| 6889 | 2090 | 2520 | 1756 | 1669 | 2055 | 1807 |
| 6773 | 2165 | 2459 | 1922 | 1437 | 2044 | 1912 |
| 6756 | 2081 | 2495 | 2259 | 1216 | 2019 | 1919 |
| 6804 | 2071 | 2497 | 2678 | 1185 | 2037 | 1921 |
| 6792 | 2038 | 2405 | 3103 | 1439 | 2073 | 1990 |
| 6759 | 2105 | 2289 | 3417 | 1863 | 2049 | 2063 |
| 6668 | 2084 | 2171 | 3494 | 2470 | 1980 | 2069 |
| 6685 | 2174 | 2111 | 3335 | 3047 | 1949 | 1988 |
| 6759 | 2239 | 1957 | 2875 | 3463 | 1986 | 1988 |
| 6770 | 2243 | 1994 | 2284 | 3550 | 2012 | 2037 |
| 6491 | 2650 | 2373 | 1796 | 2970 | 2341 | 2001 |
| 6828 | 2272 | 2187 | 1424 | 2856 | 2047 | 1978 |
| 6818 | 2320 | 2273 | 1328 | 2384 | 2026 | 2012 |
| 6817 | 2229 | 2370 | 1406 | 1869 | 2035 | 2003 |
| 6796 | 2187 | 2410 | 1687 | 1512 | 2004 | 1999 |
| 6806 | 2137 | 2368 | 2026 | 1313 | 1995 | 1936 |
| 6797 | 2116 | 2323 | 2409 | 1262 | 2022 | 1941 |
| 6824 | 2098 | 2280 | 2752 | 1378 | 2037 | 1959 |
| 6782 | 2050 | 2182 | 3006 | 1611 | 2052 | 1990 |
| 6755 | 2351 | 2057 | 3194 | 1629 | 2174 | 1973 |
| 6657 | 2082 | 2007 | 3229 | 2285 | 1969 | 2032 |
| 6629 | 2155 | 1941 | 3145 | 2647 | 1959 | 1978 |
| 6625 | 2185 | 1870 | 2942 | 2891 | 1946 | 1937 |
| 6616 | 2228 | 1910 | 2696 | 3096 | 1990 | 1989 |
| 6677 | 2252 | 1891 | 2406 | 3141 | 2058 | 1982 |
| 6747 | 2287 | 1964 | 2078 | 3026 | 2025 | 1982 |

## d. Skema 4

Pengisian kolom-kolom pada Skema 4 dibantu dengan Tabel 7. Nilai X00 yang diisikan pada kolom X (tambahan) merupakan penjumlahan dari nilai X0 dari Skema 3 yang telah dikalikan dengan faktor pengali dari Tabel 7 kolom 0, dimana perkalian dilakukan baris per baris. Faktor 29 menunjukkan berapa kali harus dikurangi dengan bilangan tambahan 2000.

Tabel 7. Skema IV hasil perhitungan *admiralty* bulan Maret 2016

| Index | Tanda | X        | Y       | X       | Y       |
|-------|-------|----------|---------|---------|---------|
|       |       | Tambahan |         | Jumlah  |         |
| 00    | +     | 195558   |         | 195558  |         |
| 10    | +     | 63453,6  | 64063,6 |         |         |
|       | -     | 58000    | 58000   | 5453,6  | 6063,6  |
| 12    | +     | 33748    | 32480   |         |         |
|       | -     | 29706    | 31583   |         |         |
| (29)  | (-)   | 2000     | 2000    | 2042    | -1103,2 |
| 1b    | +     | 26748,4  | 24570,2 |         |         |
|       | -     | 25908,4  | 28582,8 | 840     | -4012,6 |
| 13    | +     | 33341,9  | 33294,3 |         |         |
|       | -     | 30111,7  | 30769,3 |         |         |
| (29)  | (-)   | 2000     | 2000    | 1230,2  | 525     |
| 1c    | +     | 30822,7  | 31024,3 |         |         |
|       | -     | 30359,2  | 30852,8 | 463,5   | 171,5   |
| 20    | +     | 69509,4  | 64514,8 |         |         |
|       | -     | 58000    | 58000   | 11509,4 | 6514,8  |
| 22    | +     | 29542,2  | 39734,4 |         |         |
|       | -     | 39967,2  | 24780,4 |         |         |
| (29)  | (-)   | 2000     | 2000    | -12425  | 12954   |
| 2b    | +     | 34811,2  | 33052,6 |         |         |
|       | -     | 23370,6  | 19750   | 11440,6 | 13302,6 |
| 23    | +     | 33614,7  | 33764,3 |         |         |
|       | -     | 35894,7  | 30750,5 |         |         |
| (29)  | (-)   | 2000     | 2000    | -4280   | 1013,8  |
| 2c    | +     | 33421,3  | 31606,5 |         |         |



|           |     |         |         |         |        |
|-----------|-----|---------|---------|---------|--------|
|           | -   | 34664,6 | 30052   | -1243,3 | 1554,5 |
| 42        | +   | 30537,9 | 29627   |         |        |
|           | -   | 28358,3 | 27671,2 |         |        |
| (29)      | (-) | 2000    | 2000    | 179,6   | -44,2  |
| 4b        | +   | 24412,2 | 24037,8 |         |        |
|           | -   | 24309,8 | 23321   | 102,4   | 716,8  |
| 44        | +   | 30916   | 29750,4 |         |        |
|           | -   | 27980,2 | 27547,8 |         |        |
| (29)      | (-) | 2000    | 2000    | 935,8   | 202,6  |
| 4d        | +   | 24486,6 | 23522   |         |        |
| <b>IV</b> | -   | 24235   | 23837   | 251     | -315   |

e. Skema 5 dan 6

Skema 5 dan Skema 6 diisi dengan bantuan Tabel 8. Pada Tabel 8, kolom kedua diisi terlebih dahulu. Kolom ketiga dan seterusnya diisi dengan hasil perkalian kolom 2 dengan faktor pengali yang ada pada Tabel 8.

Tabel 8. Skema V dan VI hasil perhitungan *admiralty* bulan Maret 2016

|                                      |                                     | So     | M2        | S2       | N2       | K1       | O1       | M4       | MS4     |
|--------------------------------------|-------------------------------------|--------|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|---------|
| (29) : Daftar 3a<br>(15) : Daftar 3b | X <sup>00</sup> =                   | 195558 | 195558,00 |          |          |          |          |          |         |
|                                      | X <sup>10</sup> =                   | 5454   |           |          |          | 5453,600 | -436,288 |          |         |
|                                      | X <sup>12</sup> - Y <sup>1b</sup> = | 6055   | 423,822   |          |          | -121,092 | 6054,60  |          | 121,092 |
|                                      | X <sup>13</sup> - Y <sup>1c</sup> = | 1059   |           |          |          |          |          |          |         |
|                                      | X <sup>20</sup> =                   | 11509  | -345,282  | 11509,40 | -345,282 |          |          |          |         |
|                                      | X <sup>22</sup> - Y <sup>2b</sup> = | -25728 | -25727,60 | -385,914 | -849,011 | -51,455  | 1492,201 |          | 900,466 |
|                                      | X <sup>23</sup> - Y <sup>2c</sup> = | -5835  | 350,070   |          | -5834,50 |          |          |          |         |
|                                      | X <sup>42</sup> - Y <sup>4b</sup> = | -537   | -16,116   |          |          |          |          |          | -537,20 |
| <b>V</b>                             | X <sup>44</sup> - Y <sup>4d</sup> = | 1251   |           |          |          |          |          | 1250,600 | 100,048 |
| <b>VI</b>                            | Y <sup>10</sup> =                   | 6064   |           |          |          | 6063,60  | -485,088 |          |         |
|                                      | Y <sup>12</sup> + X <sup>1b</sup> = | -263   | -18,424   |          |          | 5,26     | -263,20  |          | -7,90   |
|                                      | Y <sup>13</sup> + X <sup>1c</sup> = | 988    |           |          |          |          |          |          |         |
|                                      | Y <sup>20</sup> =                   | 6515   | -195,44   | 6514,80  | -195,44  |          |          |          |         |
|                                      | Y <sup>22</sup> + X <sup>2b</sup> = | 24395  | 24394,60  | 365,92   | 780,63   |          | -1414,89 |          | -853,81 |
|                                      | Y <sup>23</sup> + X <sup>2c</sup> = | -229   | 13,77     |          | -229,50  |          |          |          |         |
|                                      | Y <sup>42</sup> + X <sup>4b</sup> = | 58     | 1,75      |          |          |          |          | 0,58     | 58,20   |
|                                      | Y <sup>44</sup> + X <sup>4d</sup> = | 454    |           |          |          |          |          | 453,80   | 36,30   |

f. Skema 7 dan 8

Pengisian Skema 7 dan Skema 8 memerlukan tahapan yang panjang dengan beberapa format isian. Hasil pengisian Skema 7 dan Skema 8 sebagai berikut:

Tabel 9. Hasil penyusunan skema VII untuk data pasang surut bulan maret 2016

|                                 | So        | M2                | S2               | N2                | K1                | O1                | M4              | MS4              |
|---------------------------------|-----------|-------------------|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-----------------|------------------|
| V PR cos r                      | 195558,00 | -<br>25315,106    | 11123,486        | -<br>7028,793     | 5281,053          | 7110,513          | 1250,600        | 584,406          |
| V IPR sin r                     |           | 24196,248         | 6880,719         | 355,683           | 6068,864          | 2163,175          | 454,382         | 767,203          |
| PR                              | 195558,00 | 35018,752         | 13079,611        | 7037,786          | 8044,913          | 7432,275          | 1330,588        | 964,433          |
| Daftar 3a : P                   | 696,000   | 559,000           | 448,000          | 566,000           | 439,000           | 565,000           | 507,000         | 535,000          |
| Hasil Hitung : f                |           | 1,038             | 1,000            | 1,038             | 0,883             | 0,808             | 1,076           | 1,038            |
| Hasil Hitung : 1+W              |           | 1,000             | 1,215            | 1,109             | 0,612             | 1,000             | 1,000           | 1,215            |
| Hasil Hitung V                  |           | 566,770           | 0,000            | 519,742           | 443,036           | 483,734           | 773,540         | 566,770          |
| Hasil Hitung u                  |           | -0,310            | 0,000            | -0,310            | -1,503            | 2,023             | -0,619          | -0,310           |
| Hasil Hitung w                  |           | 0,000             | -4,483           | -8,417            | -8,344            | 0,000             | 0,000           | -4,483           |
| Daftar 3a (3b) : p              |           | 333,000           | 345,000          | 327,000           | 173,000           | 160,000           | 307,000         | 318,000          |
| Hasil Hitung : r                |           | 136,295           | 31,740           | 177,103           | 48,971            | 343,079           | 19,968          | 307,298          |
| Jumlah : s                      |           | 1035,755          | 372,257          | 1015,119          | 655,159           | 988,836           | 1099,889        | 1187,275         |
| g<br>PR / [P X f X (1 + W)] = A | 280,974   | 315,755<br>60,381 | 12,257<br>24,028 | 295,119<br>10,809 | 295,159<br>33,884 | 268,836<br>16,272 | 19,889<br>2,438 | 107,275<br>1,430 |

Sehingga diperoleh nilai pada Skema 8. Skema 8 merupakan nilai akhir untuk masing-masing komponen harmonik pasang surut, sebagai berikut:

Tabel 10. Nilai komponen harmonik pasang surut bulan maret 2016

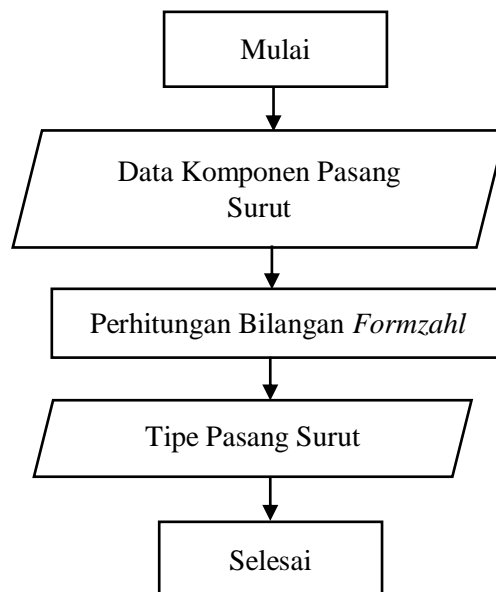
|             | So    | M2    | S2   | N2    | K2   | K1    | O1    | P1    | M4   | MS4   |
|-------------|-------|-------|------|-------|------|-------|-------|-------|------|-------|
| <b>A cm</b> | 281,0 | 60,4  | 24,0 | 10,8  | 5,5  | 33,9  | 16,3  | 11,2  | 2,4  | 1,4   |
| <b>g</b>    |       | 315,8 | 12,3 | 295,1 | 12,3 | 295,2 | 268,8 | 295,2 | 19,9 | 107,3 |

Pada tabel 10 terdapat 9 komponen harmonik pasang surut yaitu  $S_0$ ,  $M_2$ ,  $S_2$ ,  $N_2$ ,  $K_1$ ,  $O_1$ ,  $M_4$ , dan  $MS_4$ . Komponen pembangkit pasang surut tertinggi pada bulan Maret 2016 terdapat komponen  $S_0$  yang berguna dalam menentukan MSL laut yaitu sebesar 281

cm dan komponen pasang surut tertinggi yaitu  $M_2$  sebesar 60,4 cm dan komponen pasang surut terendah terdapat pada  $MS_4$  sebesar 1,4.

### 3.7. Perhitungan Bilangan *Formzahl*

Tipe pasang surut dapat ditentukan dengan cara menghitung bilangan *formzahl* menggunakan komponen pasang surut yaitu pembagian antara amplitudo konstanta pasang surut harian utama dengan amplitudo konstanta pasang surut ganda utama. Hasil perhitungan bilangan *formzahl* menggunakan rumus akan diketahui tipe pasang surut. (Pranowo dan Supriyadi, 2019) seperti pada rumus di persamaan 1. Proses pengolahan data pasang surut dapat dilihat pada gambar 8 dibawah ini:

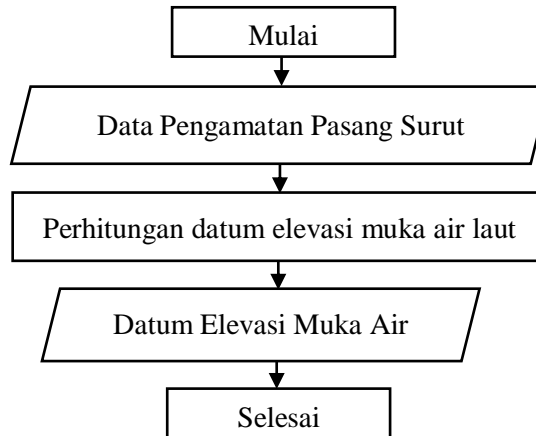


Gambar 8. Diagram alir perhitungan tipe pasang surut

Perhitungan Tipe pasang surut dapat dilihat pada Lampiran A

### 3.8. Perhitungan elevasi muka air laut

Elevasi muka air laut dapat ditentukan dengan cara melakukan perhitungan data pengamatan pasang surut untuk menentukan nilai datum elevasi muka air laut menggunakan perhitungan manual dengan rumus seperti pada persamaan 2,3 dan 4.



Gambar 9. Diagram alir perhitungan elevasi muka air laut

Perhitungan elevasi muka air laut menggunakan microsoft excel dengan rumus yang sudah di jelaskan pada bab II.

### 3.9. Pengolahan Peramalan Pasang Surut

Proses peramalan pasang surut (rampas) di olah menggunakan *Microsoft excel* yang sudah diprogram untuk memprediksi pasang surut. Data yang digunakan yaitu amplitudo dan fase dari pengolahan metode *least square* pada bulan Maret, April, dan Mei tiap tahunnya. Hasil yang didapatkan dari pengolahan rampas berupa grafik dan data angka yang kemudian diolah kembali untuk mengetahui ketelitian data pengamatan dan peramalannya dengan menghitung nilai RMSE menggunakan rumus persamaan 11. Langkah terakhir dari tahap ini yaitu menghitung nilai keakuratan hubungan korelasi antara data pengamatan dan peramalan dengan bantuan *software Microsoft Excel*.

## V. SIMPULAN DAN SARAN

### 5.1. Simpulan

Dari laporan penelitian skripsi ini dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan pengolahan metode *Least Square* dan *Admiralty* diperoleh tipe pasang surut pada Pelabuhan Bakauheni tergolong tipe pasang campuran condong harian ganda. Keduanya memiliki hasil yang sama dalam menentukan tipe pasang surut. Dalam penentuan tipe pasang surut metode *Admiralty* lebih akurat untuk data pendek, sedangkan metode *Least Square* lebih akurat untuk data panjang.
2. Nilai rata-rata MSL pada metode *least square* dan metode *admiralty* sebesar 287,2 cm. Nilai HHWL pada metode *least square* sebesar 475,8 cm dan pada metode *admiralty* sebesar 400,6 cm. Nilai LLWL pada metode *least square* sebesar 98,5 cm dan pada metode *admiralty* sebesar 173,6 cm.
3. Hasil pengolahan peramalan menggunakan metode *least square* menunjukkan bahwa peramalan di tahun 2017 sangat baik sementara di tahun 2018-2019 peramalannya kurang baik. Hasil pengolahan peramalan dan koefisien menunjukkan bahwa tidak ada hubungan yang kuat antara data pengamatan dan peramalannya.

## 5.2. Saran

Berdasarkan hasil pengolahan data pada penelitian ini, saran yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya yaitu:

1. Data pengamatan pasang surut terukur yang diperoleh sebaiknya lebih teliti lagi sehingga akan di dapat hasil prediksi yang lebih baik.
2. Menggunakan panjang data pasang surut yang banyak dalam satu wilayah akan sangat baik dan membantu karena menghasilkan prediksi pasang surut yang berkualitas.
3. Kesalahan di dalam suatu prediksi pasang surut bisa di toleransi asalkan masih sesuai dengan data ukur di lapangan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdi, R.Y., 2021. Analisa pasang surut dengan metode admiralty dan least square terhadap dermaga tanjung keramat sangkulirang, 1–9.
- Arani, D., 2015. Modeling of Transport Sediment in East Pemodelan Perubahan Sedimen Di Pesisir Surabaya Using Hydro-Oceanographic Data Surabaya Timur Dengan Menggunakan Data Modelling of Transport Sediment in East Surabaya Using Hydro-Oceanographic Data. Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- Asyhar, dkk., 2018. Analisis Model Exponential Smoothing Terhadap Prediksi Pasang Surut Air Laut di Wilayah Pelabuhan Tanjung Perak Surabaya. Studi Matematika, P., Sains dan Teknologi, F., and Sunan Ampel, U., *Jurnal Sains Matematika dan Statistika*, 4 (1), 9–15.
- Dina Amalina, A., Atmodjo, W., dan Setiyo Pranowo, W., 2019. Karakteristik Pasang Surut di Teluk Jakarta Berdasarkan Data 253 Bulan. *Jurnal Riset Jakarta*, 12 (1), 25–36.
- F Lang, dkk., 2019. Studi Pemanfaatan Sumberdaya Perikanan, P., dan Perikanan dan Ilmu Kelautan, F. Perbandingan Hasil Analisis Pasang Surut di Pelabuhan Perikanan Pantai Tumumpa Menggunakan Metode Kuadrat Terkecil dan Metode Admiralty. *Lang Jurnal Ilmiah Platax*, 10 (1), 77–84.
- Fabiola, N., Muhammad, R., Jasin, I., dan Tawas, H.J., 2022. Analisis Pasang Surut Di Pantai Mahembang Kecamatan Kakas Kabupaten Minahasa Provinsi Sulawesi Utara. *Jurnal Sipil Statik*, 10 (1), 63–68.
- Fadilah, D., 2014. Menentukan Tipe Pasang Surut dan Muka Air Rencana Perairan Laut Kabupaten Bengkulu Tengah Menggunakan Metode Admiralty, 6 (1), 1–12.

- Fitriana, D., Oktaviani, N., dan Khasanah, I.U., 2019. Analisa Harmonik Pasang Surut Dengan Metode Admiralty Pada Stasiun Berjarak Kurang Dari 50 Km Harmonic Analysis With Admiralty Methode on Sea Tides Station Less Than 50 Km. *Jurnal Meteorologi Klimatologi dan Geofisika*, 6 (1), 38–48.
- Gonggong, A., 2020. Membangun Kembali Budaya Maritim Indonesia Dengan Strategi Maritim Indonesia. *Jurnal Maritim Indonesia*, 8 (2), 143–163.
- Gracella, 2019. Uji kualitas hasil analisa perbandingan prediksi pasang surut metode admiralty dan metode least square, (1525038).
- Hasanudin, M., Kusmanto, E., dan Budisetyawan, W., 2016. Amplifikasi pasang surut dan dampaknya terhadap Perairan Probolinggo. *OLDI (Oseanologi dan Limnologi di Indonesia)*, 1 (3), 69.
- Hasibuan, R.D., Surbakti, H., dan Robinson, S., 2015. Analisis pasang surut dengan menggunakan metode Least Square dan penentuan periode ulang pasang surut dengan metode Gumbel di Perairan Boom Baru dan Tanjung Buyut. *Maspari Journal*, 7 (1), 35–48.
- Hersa, M.I., 2022. Analisis Gelombang Laut Pelabuhan Bakauheni Menggunakan Pemodelan Numerik Mike 21.
- Ichsari, L.F.dkk., 2020. Studi Komparasi Hasil Pengolahan Pasang Surut Dengan 3 Metode ( Admiralty , Least Square dan Fast Fourier Transform ) di Pelabuhan Malahayati , Banda Aceh, 02 (Gambar 1), 3–6.
- Istiarto. 2015. Analisis Harmonik Pasang Surut. *Makalah Universitas Gajah Mada*, 1(2).
- Jaka Gumelar, Bandi Sasmito, F.J.A. 2016. Analisis Harmonik Dengan Menggunakan Teknik Kuadrat Terkecil Untuk Penentuan Komponen-Komponen Pasut Di Wilayah Laut Selatan Pulau Jawa Dari Satelit Altimetri Topex/Poseidon Dan Jason-1, 5.



- Jasin, M. I., dan Jansen, T. 2019. Analisis Pasang Surut Pada Daerah Pantai Tobololo Kelurahan Tobololo Kota Ternate Provinsi Maluku Utara. *Jurnal Sipil Statik*, 7(11), 1515–1526.
- Khairunnisa, K., Apdillah, D., dan Putra, R.D., 2021. Karakteristik Pasang Surut Di Perairan Pulau Bintang Bagian Timur Menggunakan Metode Admiralty. *Jurnal Kelautan: Indonesian Journal of Marine Science and Technology*, 14 (1), 58–69.
- Mahbub, M., 2020. Proses dan Tipe Pasang Surut.
- Mahkya, D.dkk., 2020. Pemodelan dan prediksi jumlah penumpang pelabuhan bakauheni selama periode tsunami Selat Sunda menggunakan autoregressive integrated moving average. *Journal of Science and Applicative Technology*, 4 (1), 32.
- Malo, S., Mamuaya, G., dan Rampengan, R., 2017. Konstanta pasut perairan laut di sekitar kepulauan Sangihe. *Jurnal Pesisir Dan Laut Tropis*, 5 (3), 38.
- Marselina, 2022. Perbandingan Hasil Tangkapan Minnow Trap pada saat Pasang dan pada saat Surut di Perairan Estuaria Pulau Selayar Kabupaten Kepulauan Selayar. *Braz Dent J*.
- Pariwono, J.I. 1999. Kondisi Oseanografi Perairan Pesisir Lampung. Proyek Pesisir Publish. Technical Report Coastal Resources Center, University of Rhode Island, Jakarta Indonesia. 28 hlm
- Pranowo, W., dan Supriyadi, E. 2019. Tidal Analysis in Pamenugpeuk, Belitung, and Sarmi Waters Based on Admiralty Method. *Jurnal Metereologi Dan Geofisika*, 19(1), 29–38.
- Prayogo, L.M., 2021. Comparison of Admiralty and Least Square Methods for Tidal Analysis in Mandangin Island, Sampang Regency, East Java. *Jurnal Perikanan dan Kelautan*, 10 (2).

- Rahmat, F.B., 2017. Analisa Laju Sedimentasi Di Teluk Krueng Raya Dan Sekitarnya Kabupaten Aceh Besar, 6, 485–493.
- Rosida, L.A., dkk., 2022. Penerapan Metode Least Square untuk Analisis Harmonik Pasang Surut Air Laut di Kabupaten Tuban, Jawa Timur. *El-Jughrafiyah*, 2 (2), 67.
- Sangari, *et al.*, 2019. Planning a Beach Protection Building on the Kalinaung Beach of North Minahasa Regency. *Jurnal Sipil Statik*, 7 (8), 975–984.
- Sasongko, D. P. 2014. Menentukan Tipe Pasang Surut dan Muka Air Rencana Perairan Laut Kabupaten Bengkulu Tengah Menggunakan Metode Admiralty. *Maspari Journal*, 6(1), 1–12.
- Schober, Patrick. *et al.*, 2018. Correlation Coefficients: Appropriate Use and Interpretation. VU Universitas Medical Center. Amsterdam. Belanda. Volume 126.
- Sofian, M.I. and Baso, S., 2022. Design of Shipping Lanes at Tanjung Ringgit Port Palopo City, 1 (1).
- Sri Sugiarti, A. and Setiawan, I., 2014. Tidal Analysis at Kuala Langsa and Pusong Island Using Admiralty Method. *Annual International Conference Syiah Kuala University*, 22–24.
- Sutami, S. (2016). Keterkaitan Jalur Transportasi dan Interaksi Ekonomi Kabupaten Konawe Utara dengan Kabupaten/Kota Sekitarnya. *Jurnal Progres Ekonomi Pembangunan*, Volume 1, Nomor 1, 50-64.
- Tajfirooz, B., Arabsheibani, R., and Behnia, S., 2018. GIS-based seamless tide prediction framework in the Persian Gulf. *Annals of GIS*, 24 (2), 139–150.
- Triatmodjo, B., 2009. Perencanaan Pelabuhan.

Yona, Defri. Sartimbul, Aida. Iranawati, Feni. Dkk, 2017. Fundamental Oseanografi. UB Press, Malang.

Widyantoro, B.T. 2014. Karakteristik Pasang Surut Laut di Indonesia. Jurnal Ilmiah Geomatika Volume 20 No. 1 Agustus 2014: 65-72

Zakaria, A., 2009. Program Interaktif berbasis Web untuk menghitung Panjang Gelombang dan Pasang Surut.

Zakaria, A., Purna, B.I.M.C., and Mariyanto, 2021. Analisis Perbandingan Data Pasang Surut Hasil Peramalan dengan Data Pasang Surut Terukur (Studi Kasus Stasiun Pasut Meneng). *Rekayasa Sipil dan Desain*, 9 (2), 353–364.