

**ANALISIS PERBANDINGAN PERAMALAN DATA PEMROGRAMAN
PASANG SURUT ANFOR DENGAN DATA PENGUKURAN PASANG
SURUT ADMIRALTY PADA STASIUN CILACAP**

(Skripsi)

Oleh

YESHE ANGRAINI

1815011101



**JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
2023**

ABSTRACT

COMPARATIVE ANALYSIS OF ANFOR TIDAL PROGRAMMING DATA FORECASTING WITH ADMIRALTY TIDAL MEASUREMENT DATA AT CILACAP STATION

By

YESHE ANGGRAINI

A seawater retreat is a periodic rise and descent of the water surface as a result of the attraction between the earth, the moon and the sun. Recession analysis is essential in determining the mean position of the level as well as forecasting the surface of the sea that can be analyzed with the admiralty program and anfor program. In this study, we analyzed four types of relapse pairs for 15 days. Data processing analyzes anfor programs using totis software and analyzes admiralty programs using microsoft excel software. The largest difference was obtained in the S2 component of 9,3503 m from the Cilacap station observation data analysis, whereas the largest phase difference was in the K2 part of the 687,6405° monitoring data analysis of the Cilacap station. The test results of each prediction data analysis with observational data showed that the anfor program was better. It can be seen from the RMSE value of anfor program on four smaller data than the admiralty program. Based on the test results of both methods resulted that the advantages of anfor program is faster and easier in analysis as well as producing more fitting components and more accurate prediction results.

Keywords: rebound, anfor, admiralty, comparison

ABSTRAK

ANALISIS PERBANDINGAN PERAMALAN DATA PEMROGRAMAN PASANG SURUT ANFOR DENGAN DATA PENGUKURAN PASANG SURUT ADMIRALTY PADA STASIUN CILACAP

Oleh

YESHE ANGGRAINI

Pasang surut air laut merupakan suatu gerakan naik turunnya permukaan air secara periodik sebagai akibat dari gaya tarik menarik antara bumi, bulan dan matahari. Analisa pasang surut sangat diperlukan dalam penentuan posisi *mean level* maupun prediksi muka air laut yang dapat dianalisa dengan program *admiralty* dan program *anfor*. Pada penelitian ini dilakukan analisa terhadap empat tipe pasang surut selama 15 hari. Pengolahan data analisa program *anfor* menggunakan *software* Totis dan analisa program *admiralty* menggunakan *software microsoft excel*. Hasil analisa pasang surut program *admiralty* dan *anfor* diperoleh selisih terbesar yaitu pada komponen S2 sebesar 9,3503 m dari analisa data pengamatan stasiun Cilacap. Sedangkan untuk selisih fase terbesar yaitu pada komponen K2 dari analisa data pengamatan stasiun Cilacap sebesar 687,6405°. Uji hasil data prediksi masing-masing analisa dengan data pengamatan menunjukkan program *anfor* lebih baik. Hal ini dapat dilihat dari nilai RMSE program *anfor* pada empat data lebih kecil dibanding program *admiralty*. Berdasarkan hasil uji dari kedua metode menghasilkan bahwa kelebihan dari program *anfor* yaitu lebih cepat dan mudah dalam analisa serta menghasilkan komponen pasut lebih banyak dan hasil prediksi yang lebih akurat.

Kata kunci: pasang surut, *anfor*, *admiralty*, perbandingan

**ANALISIS PERBANDINGAN PERAMALAN DATA PEMROGRAMAN
PASANG SURUT ANFOR DENGAN DATA PENGUKURAN PASANG
SURUT ADMIRALTY PADA STASIUN CILACAP**

Oleh

YESHE ANGGRAINI

Skripsi

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

Pada

**Program Studi S1 Teknik Sipil Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Universitas Lampung**



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2023**

Judul Skripsi : **ANALISIS PERBANDINGAN PERAMALAN
DATA PEMROGRAMAN PASANG SURUT
ANFOR DENGAN DATA PENGUKURAN
PASANG SURUT ADMIRALTY PADA
STASIUN CILACAP**

Nama Mahasiswa : **Yeshe Anggraini**

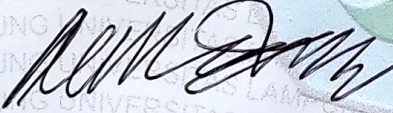
Nomor Pokok Mahasiswa : **1815011101**

Program Studi : **S1 Teknik Sipil**

Fakultas : **Teknik**



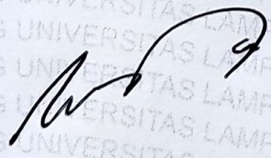
1. Komisi Pembimbing

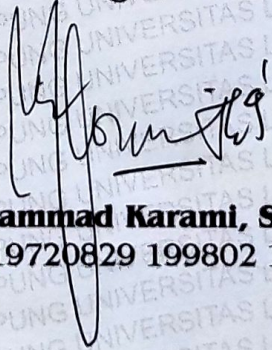

Ir. Ahmad Zakaria, M.T., Ph.D.
NIP 19670514 199303 1 002


Dr. Endro Prasetyo Wahono, S.T., M.Sc.
NIP 19700129 199512 2 001

2. Ketua Jurusan Teknik Sipil

3. Ketua Program Studi S1 Teknik Sipil


Ir. Laksmi Irianti, M.T.
NIP 19620408 198903 2 001


Muhammad Karami, S.T., M.Sc., Ph.D.
NIP 19720829 199802 1 001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

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



Sekretaris : Dr. Endro Prasetyo Wahono, S.T., M.Sc.



**Penguji
Bukan Pembimbing : Ir. Mariyanto, M.T.**



2. Dekan Fakultas Teknik

Dr. Eng. Ir. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc. ↓
NIP 19750928 200112 1 002



Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 12 Desember 2023

PERNYATAAN

Dengan ini saya :

Nama : Yeshe Anggraini
NPM : 1815011101
Prodi/jurusan : S1/Teknik Sipil
Fakultas : Teknik Univesitas Lampung

Menyatakan bahwa skripsi berjudul “**Analisis Perbandingan Peramalan Data Pemrograman Pasang Surut Anfor Dengan Data Pengukuran Pasang Surut Admiralty Pada Stasiun Cilacap**” adalah karya saya sendiri dan saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan atas karya penulis lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini sebagaimana disebutkan dalam daftar pustaka. Selain itu saya menyatakan pula, bahwa skripsi ini dibuat oleh saya sendiri.

Apabila pernyataan saya tidak benar, maka saya bersedia dikenai sanksi sesuai dengan hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, 22 Desember 2023

Pembuat Pernyataan,



Yeshe Anggraini
NPM. 1815011101

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Sukaraja pada tanggal 06 April 2001, sebagai anak kedua dari pasangan Bapak Karsiyanto dan Murni.

Pendidikan Sekolah Dasar di SDN 2 Sukaraja diselesaikan pada tahun 2012, Sekolah Menengah Pertama di SMPN 1 Kalianda diselesaikan pada tahun 2015, dan pendidikan Sekolah Menengah Atas di SMKN 2 Kalianda diselesaikan pada tahun 2018. Penulis terdaftar sebagai mahasiswi Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung pada tahun 2018 melalui jalur SBMPTN.

Sejak tahun 2019 sampai 2020 penulis tercatat sebagai anggota Himpunan Mahasiswa Teknik Sipil Universitas Lampung sebagai anggota Departemen Usaha dan Karya. Penulis telah mengikuti Kuliah Kerja Nyata di Desa Rawa Selapan, Kecamatan Candipuro, Kabupaten Lampung Selatan selama 40 hari pada periode I, 1 Februari – 11 Maret 2021. Dalam pengaplikasian ilmu di bidang Teknik Sipil, penulis juga telah melaksanakan Kerja Praktik di PT. Basuki Rahmanta Putra pada Proyek Pembangunan Pengaman Pantai Kalianda (Pantai Sukaraja) Kab. Lampung Selatan selama 3 bulan.

Selama masa perkuliahan, penulis pernah diangkat menjadi Asisten Menggambar Teknik untuk jurusan Teknik Sipil di Universitas Lampung, periode tahun ajaran 2019/2020 dan menjadi Asisten Ilmu Ukur Tanah untuk jurusan Teknik Sipil di Universitas Lampung, periode tahun ajaran 2021/2022.

Selanjutnya, penulis mengambil tugas akhir untuk skripsi pada tahun 2022, dengan judul skripsi Analisis Perbandingan Peramalan Data Pemrograman Pasang Surut Anfor Dengan Data Pengukuran Pasang Surut Admiralty Pada Stasiun Cilacap.

HALAMAN PERSEMBAHAN

Alhamdulillah Rabbil Aalamin, sujud serta syukur kepada Allah SWT. Terimakasih atas karunia-Mu yang telah memberikan kemudahan dan kelancaran sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik.

Skripsi ini saya persembahkan kepada Dosen Pembimbing 1 Bapak Ir. Ahmad Zakaria, M.T., Ph.D., Dosen Pembimbing 2 Bapak Dr. Endro Prasetyo Wahono, S.T., M.Sc. serta Dosen Penguji Bapak Ir. Mariyanto, M.T. yang telah memberikan bantuan, doa, dan dukungan sehingga saya dapat menyelesaikan karya skripsi ini.

Skripsi ini saya persembahkan untuk diri saya sendiri yang telah berjuang dan berusaha selama ini. Terimakasih atas kerja kerasnya. Mari tetap berdoa dan berusaha serta jangan menyerah untuk kedepannya. Halaman persembahan ini juga ditujukan sebagai ungkapan terimakasih kepada keluarga saya terutama kedua orang tua saya dan teman-teman saya yang telah mendoakan dan memberikan dukungan penuh selama perjuangan menempuh pendidikan.

Terimakasih juga kepada NCT DREAM terutama untuk Zhong Chenle yang telah menemani saya dengan karya-karyanya selama menempuh pendidikan dan memotivati saya dalam penyelesaian skripsi ini. Terakhir saya dedikasikan skripsi ini kepada jodoh ku dan anakku, ibu mu ST nak. Terimakasih banyak untuk semuanya yang telah mendukung dan meyemangati dalam perjuangan ini.

MOTTO

“Hidup tidak hanya tentang hari ini”
(Bapakku)

“It's not always easy, but that's life. Be strong because there are better days ahead”
(Mark Lee)

وَأَفْوضُ أَمْرِي إِلَى اللَّهِ
“Dan aku menyerahkan urusanku kepada Allah”
(Gafir:44)

SANWACANA

Puji syukur kehadirat Allah Yang Maha Esa karena atas berkat dan karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Analisis Perbandingan Peramalan Data Pemrograman Pasang Surut Anfor Dengan Data Pengukuran Pasang Surut Admiralty Pada Stasiun Cilacap” dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik di Universitas Lampung.

Dalam kesempatan ini, penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Allah SWT yang selalu memberikan petunjuk, kekuatan, kesabaran, serta pertolongan yang tiada henti dan senantiasa memberikan keberkahan ilmu kepada hambanya.
2. Kedua orang tua tercinta dan keluarga besar bapak Karsiyanto dan ibu Murni yang senantiasa mendoakan penulis, memberikan dukungan dan semangat yang tiada henti, serta memberikan kepercayaan kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan segala proses perkuliahan di Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Lampung.
3. Bapak Dr. Eng. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc. selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Lampung.
4. Ibu Ir. Laksmi Irianti, M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Lampung.
5. Bapak Muhammad Karami, S.T., M.Sc., Ph.D., selaku Ketua Program Studi S1 Teknik Sipil, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Lampung.
6. Bapak Ir. Ahmad Zakaria, M.T., Ph.D. selaku pembimbing I atas segala arahan, masukan, bimbingan dan dukungan dalam hal penyusunan skripsi.
7. Bapak Dr. Endro Prasetyo Wahono, S.T., M.Sc. selaku Pembimbing II penulis, atas arahan, bimbingan dan dukungan kepada penulis selama masa perkuliahan.

8. Bapak Ir. Mariyanto, M.T. sebagai Penguji yang telah memberi saran, arahan dan dukungan dalam pengerjaan skripsi.
9. Bapak Ofik Taupik Purwadi, S.T.,M.T. selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah banyak membantu penulis selama perkuliahan.
10. Seluruh jajaran dosen dan staf Prodi S1 Teknik Sipil atas semua bekal ilmu pengetahuan yang telah diberikan. Serta staf akademisi.
11. Kakak dan Adik-adiku Zenitha Anggraini, Paudri Anggraini, Luweh wighati Anggraini, Lintang Eng Anggraini dan Hasto Budi Nugroho yang selalu mendukung dengan caranya yang manis yang tidak pernah terpikir olehku.
12. Guisyy member : Anisa Cesarani, Nur Insyani Zuherman, dan Rahma Amilia *thanks for everything everytime anything love you guys.*
13. Aprina Riani, Cecilia Agustina S, Fahri Angga Rivaldi, Susanto, Alya Samira, Sisilia Juli Anggraini, dan Tiffal Ayu P teman terbaik yang telah menyokong saya selama ini.
14. Keluarga kosan Kurnia Putri , Murti, Rifka, dan teman-teman kosan kurnia lainnya yang telah meluangkan waktu dan segala bantuannya selama saya menetap di kosan Kurnia.
15. Keluarga Besar Teknik Sipil Universitas Lampung. Khususnya Keluarga Teknik Sipil 2018

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih memiliki banyak kekurangan. Karenanya, penulis mengharapkan adanya kritik dan saran yang membangun. Akhir kata, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca.

Bandar Lampung, Desember 2023
Penulis,

Yeshe Anggraini

DAFTAR ISI

Halaman

DAFTAR ISI.....	i
DAFTAR TABEL	iv
DAFTAR GAMBAR.....	v
I. PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	4
1.3. Batasan Masalah.....	4
1.4. Tujuan Penelitian.....	4
1.5. Manfaat Penelitian.....	5
1.6. Sistematika Penulisan Skripsi.....	5
II. TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1. Pantai.....	7
2.2. Gelombang.....	8
2.3. Pasang Surut.....	10
2.3.1. Terjadinya Pasang Surut.....	10
2.3.2. Gaya Pembangkit Pasang Surut.....	11
2.3.3. Tipe Pasang Surut.....	11
2.3.4. Kostanta Harmonik Pasang Surut.....	13
2.3.5. Metode Admiralty.....	15
2.3.6. Analisis Pasang Surut.....	18
2.3.7. Metode <i>Least Squares</i>	19
2.4. ISLW (Indian Spring Low Water).....	20
2.5. Penyimpangan.....	21
2.6. Koefisien Korelasi.....	22
2.7. <i>Software</i> Pendukung Analisis.....	23
2.7.1. <i>Notepad</i>	23
2.7.2. <i>Microsoft Excel</i>	23

2.7.3. <i>Anfor</i>	23
2.7.4. <i>Admiralty</i>	23
2.7.5. <i>Ghostscript</i>	24
2.8. Kelebihan dan Kekurangan Program yang Digunakan	24
2.8.1. Kelebihan <i>Anfor (Least Square)</i>	24
2.8.2. Kekurangan <i>Anfor (Least Square)</i>	25
2.8.3. Kelebihan <i>Admiralty</i>	25
2.8.4. Kekurangan <i>Admiralty</i>	25
III. METODE PENELITIAN	27
3.1. Wilayah Studi	27
3.2. Data dan Alat	27
3.2.1. Data.....	27
3.2.2. Alat	28
3.3. Pelaksanaan Penelitian	28
3.3.1. Pengambilan Data.....	28
3.3.2. Pengolahan Data.....	29
3.3.3. Input Data Kedalam Program <i>Anfor</i>	29
3.3.4. Input Data Kedalam Program <i>Admiralty</i>	29
3.3.5. Perbandingan Kedua Program Sebagai Bahan Acuan Terhadap Data Peramalan	30
3.4. Diagram Alir Penelitian	32
3.4.1. Diagram Alir Penelitian	32
3.4.2. Diagram Alir Pelaksanaan Program <i>Anfor</i>	33
3.4.3. Diagram Alir Pelaksanaan Program <i>Admiralty</i>	33
4. HASIL DAN PEMBAHASAN	34
4.1. Data Pasang Surut Harian	34
4.2. Analisis Pasang Surut Berdasarkan Elevasi	35
4.3. Karakteristik Pasang Surut	36
4.4. Hasil dan Analisa Perbandingan Konstanta Pasut	46
4.4.1. Konstanta Pasut Cilacap <i>Anfor</i> dan <i>Admiralty</i>	46
4.4.2. Hasil dan Analisa Perbandingan Posisi Muka Air.....	49
4.4.3. Hasil dan Analisa Perbandingan Peramalan Pasut	54

4.4.4. Koefisien Korelasi Berdasarkan Amplitudo Dan Beda Fase Komponen Pasut.....	57
4.4.5. Root Mean Square Error (RMSE) Berdasarkan Amplitudo dan Beda Fase Komponen Pasut.....	64
5. SIMPULAN DAN SARAN	66
5.2. Simpulan	66
5.3. Saran	67
DAFTAR PUSTAKA.....	68
LAMPIRAN A (GAMBAR GRAFIK)	
LAMPIRAN B (GAMBAR OUTPUT PROGRAM)	
LAMPIRAN C (LEMBAR ASISTENSI)	

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Penjelasan Komponen-Komponen Harmonik dalam Penentuan Konstanta Pasang Surut	14
2. Tabel Frekuensi 9 Komponen Gelombang Pasut.....	17
3. Ketinggian beberapa permukaan penting pasut dengan referensi MSL	20
4. Pedoman Untuk Memberikan Interpretasi Koefisien Korelasi.....	22
5. Rekapitulasi Keterangan Data Dari UHSLC.....	34
6. Elevasi Pasut Terendah dan Tertinggi Tahun 2014-2016.....	36
7. Nilai Amplitudo Komponen Pasang Surut <i>Anfor</i> Januari 2012.	37
8. Nilai Amplitudo Komponen Pasang Surut <i>Admiralty</i> Januari 2012.	37
9. Nilai Amplitudo Komponen Pasang Surut <i>Anfor</i> Januari 2013	38
10. Nilai Amplitudo Komponen Pasang Surut <i>Admiralty</i> Januari 2013.....	39
11. Nilai Amplitudo Komponen Pasang Surut <i>Anfor</i> Januari 2014	40
12. Nilai Amplitudo Komponen Pasang Surut <i>Admiralty</i> Januari 2014.....	41
13. Nilai Amplitudo Komponen Pasang Surut <i>Anfor</i> Januari 2015	42
14. Nilai Amplitudo Komponen Pasang Surut <i>Admiralty</i> Januari 2015.....	43
15. Nilai Amplitudo Komponen Pasang Surut <i>Anfor</i> Januari 2016	43
16. Nilai Amplitudo Komponen Pasang Surut <i>Admiralty</i> Januari 2016.....	44
17. Hasil Perhitungan Nilai F Analisa <i>Anfor</i> dan <i>Admiralty</i> Selama Lima Tahun.	46
18. Hasil Konstanta Pasut Cilacap Januari 2012	47
19. Hasil Konstanta Pasut Cilacap Januari 2013	47
20. Hasil Konstanta Pasut Cilacap Januari 2014	48
21. Hasil Konstanta Pasut Cilacap Januari 2015	48
22. Hasil Konstanta Pasut Cilacap Januari 2016	49
23. Hasil dan Perbandingan Posisi Muka Air <i>Anfor</i> dan <i>Admiralty</i> Pada Januari 2012.....	49
24. Hasil dan Perbandingan Posisi Muka Air <i>Anfor</i> dan <i>Admiralty</i> Pada Januari 2013.....	50

25. Hasil dan Perbandingan Posisi Muka Air <i>Anfor</i> dan <i>Admiralty</i> Pada Januari 2014.....	51
26. Hasil dan Perbandingan Posisi Muka Air <i>Anfor</i> dan <i>Admiralty</i> Pada Januari 2015.....	52
27. Hasil dan Perbandingan Posisi Muka Air <i>Anfor</i> dan <i>Admiralty</i> Pada Januari 2016.....	53
28. Rekapitulasi <i>Anfor</i> Koefisien Korelasi Komponen Pasang Surut Dibulan Januari Pada Setiap Tahun	62
29. Rekapitulasi <i>Admiralty</i> Koefisien Korelasi Komponen Pasang Surut Dibulan Januari Pada Setiap Tahun	63
30. Nilai Koefisien Korelasi Dari Data Peramalan dan Data Terukur Selama Lima Tahun.....	65

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Terminologi Wilayah Pesisir	8
2. Sketsa Definisi Gelombang	9
3. Posisi Bumi Bulan Matahari	11
4. Pola Gerak Pasut Harian Tunggal (<i>Diurnal Tide</i>)	12
5. Pola Gerak Pasut Harian Ganda (<i>Semi Diurnal Tide</i>)	12
6. Pola Gerak Pasut Condong Harian Tunggal (<i>Mixed Tide Prevealling Diurnal</i>)	12
7. Pola Gerak Pasut Campuran Condong Harian Ganda (<i>Mixed Tide Prevealling Semi Diurnal</i>)	13
8. Skema Perhitungan Pasang Surut Dengan Metode <i>Admiralty</i>	16
9. Lokasi Stasiun Cilacap	27
10. Diagram Alir Penelitian	32
11. Diagram Alir Pelaksanaan Program Anfor	33
12. Diagram Alir Pelaksanaan Program Admiralty	33
13. Grafik Elevasi Pasang Surut Januari Program <i>Anfor</i> dan <i>Admiralty</i> Tahun 2014	35
14. Grafik Elevasi Pasang Surut Januari Program <i>Anfor</i> dan <i>Admiralty</i> Tahun 2015	35
15. Grafik Elevasi Pasang Surut Januari Program <i>Anfor</i> dan <i>Admiralty</i> Tahun 2016	36
16. Posisi Muka Air <i>Anfor</i> dan <i>Admiralty</i> Pada Januari 2012	50
17. Posisi Muka Air <i>Anfor</i> dan <i>Admiralty</i> Pada Januari 2013	51
18. Posisi Muka Air <i>Anfor</i> dan <i>Admiralty</i> Pada Januari 2014	52
19. Posisi Muka Air <i>Anfor</i> dan <i>Admiralty</i> Pada Januari 2015	53
20. Posisi Muka Air <i>Anfor</i> dan <i>Admiralty</i> Pada Januari 2016	54
21. Elevasi Permalan Berdasarkan Data Peramalan 2012 dan Data Terukur 2013 Dibulan Januari	55

22. Elevasi Permakan Berdasarkan Data Peramalan 2013 dan Data Terukur 2014 Dibulan Januari	55
23. Elevasi Permakan Berdasarkan Data Peramalan 2014 dan Data Terukur 2015 Dibulan Januari	56
24. Elevasi Permakan Berdasarkan Data Peramalan 2015 dan Data Terukur 2016 Dibulan Januari.	56
25. Elevasi Permakan Berdasarkan Data Peramalan 2016 Dan Data Terukur 2017 Dibulan Januari	57
26. Koefisien Korelasi <i>Anfor</i> Peramalan Berdasarkan Data Peramalan 2012 dan Data Terukur 2013 di Bulan Januari	57
27. Koefisien Korelasi <i>Admiralty</i> Peramalan Berdasarkan Data Peramalan 2012 dan Data Terukur 2013 di Bulan Januari	58
28. Koefisien Korelasi <i>Anfor</i> Peramalan Berdasarkan Data Peramalan 2013 dan Data Terukur 2014 di Bulan Januari	58
29. Koefisien Korelasi <i>Admiralty</i> Peramalan Berdasarkan Data Peramalan 2013 dan Data Terukur 2014 di Bulan Januari	59
30. Koefisien Korelasi <i>Anfor</i> Peramalan Berdasarkan Data Peramalan 2014 dan Data Terukur 2015 di Bulan Januari	59
31. Koefisien Korelasi <i>Admiralty</i> Peramalan Berdasarkan Data Peramalan 2014 dan Data Terukur 2015 di Bulan Januari	60
32. Koefisien Korelasi <i>Anfor</i> Peramalan Berdasarkan Data Peramalan 2015 dan Data Terukur 2016 di Bulan Januari	60
33. Koefisien Korelasi <i>Admiralty</i> Peramalan Berdasarkan Data Peramalan 2015 dan Data Terukur 2016 di Bulan Januari	61
34. Koefisien Korelasi <i>Anfor</i> Peramalan Berdasarkan Data Peramalan 2016 dan Data Terukur 2017 di Bulan Januari	61
35. Koefisien Korelasi <i>Admiralty</i> Peramalan Berdasarkan Data Peramalan 2016 dan Data Terukur 2017 di Bulan Januari	62

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Indonesia merupakan negara maritim yang mempunyai luas laut 5,1 juta km² dan mempunyai garis pantai sepanjang 80.791 km. Informasi yang berhubungan dengan Hidro *Oseanografi* dalam rencana pengelolaan sumber daya laut dan aktivitas pendukung masyarakat pesisir adalah mutlak dibutuhkan. Salah satu parameter *Oseanografi* berpengaruh yaitu pasang surut. Pasang surut yaitu peristiwa yang diakibatkan, kegiatan angkasa seperti matahari dan bulan yang mempengaruhi naik turunnya muka air laut. Informasi terkait pasang surut merupakan hal penting yang perlu diketahui untuk perencanaan pembangunan terkhusus pada daerah pesisir.

Untuk ketersediaan data pasang surut hasil pengukuran di tempat kontinuitas masih sangat terbatas. Kasus ini terjadi karena jumlah usaha dan biaya yang dikeluarkan ketika dalam pengukuran lapangan bahkan sebuah badan air yang tidak terlalu luas cukup besar. Untuk menjawab pertanyaan ahli kelautan dan manajemen pengelolaan pesisir dan laut, menggunakan model-model prediksi pasang surut dengan tingkat perbedaan antara resolusi dan presisi satu dengan yang lainnya (Syahputra dan Nugraha, 2016).

Kabupaten Cilacap memiliki garis pantai sepanjang 201,9 km. Kabupaten Cilacap memiliki potensi yang sangat baik untuk pengembangan perikanan dan kelautan. Karena berbatasan langsung dengan Samudera Hindia yang memiliki keunggulan kompetitif dari hasil laut provinsi Cilacap, maka potensi sumber daya ikan di perairan pesisir Cilacap sangat tinggi (Akbar, Solichin dan Saputra, 2013).

Kebutuhan energi yang terus meningkat menyebabkan penurunan energi

kehidupan. Jadi sebagian besar Indonesia menggunakan energi konvensional. Energi konvensional (tak terbarukan), yang digunakan terus menerus akan hilang seperti minyak bumi. Penggunaan energi konvensional tidak hanya menyebabkan krisis kekurangan energi tetapi juga krisis lingkungan. Energi pasang surut merupakan salah satu sumber energi alternatif yang dapat dikembangkan saat ini. Energi ini dapat digunakan sebagai sumber energi alternatif dengan cara memanfaatkan energi tersebut. Potensial yang tersimpan di setiap aliran.

Dari uraian di atas, potensi energi pasang surut Indonesia dapat disimpulkan sebagai berikut. Energi pasang surut dapat diperbarui sehingga lebih besar untuk potensi pengembangan dalam pemanfaatan energi dan tidak menimbulkan polusi. Sehingga pasang surut dapat mendukung pembangunan ekonomi yang berkelanjutan. Perairan Provinsi Cilacap terletak di bagian selatan Pulau Jawa yang dipengaruhi oleh air laut Samudera Hindia. Sumber energi tersebut memiliki potensi yang besar apabila dimanfaatkan semaksimal mungkin karena memiliki ketinggian pasang yang cukup besar. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian untuk mempelajari potensi energi pasang surut secara menyeluruh untuk mencari nilai pasang maksimum dan minimum di perairan Kabupaten Cilacap dengan setiap titik pengamatan yang berbeda. Sehingga didapatkan potensi energi pasang surut di wilayah perairan Kabupaten Cilacap (Maulani, Handoyo dan Helmi, 2012).

Dalam perencanaan pelaksanaan terkait kelautan, dibutuhkan data yang benar-benar terjadi di lokasi pembangunan dimana proyek akan berlangsung (Prasetyo, 2016). Salah satunya adalah data pasang surut yang berguna sebagai penentu elevasi muka air laut. Untuk mendapatkan data pasang surut, perlu dilakukan pengukuran secara langsung dengan biaya yang dapat dikatakan relative mahal. Namun, dalam hal ini terdapat beberapa permodelan yang dapat di akses secara *online* terkait peramalan data pasang surut salah satunya yakni Anfor dan Admiralty yang saya gunakan dalam penelitian saya.

Metode admiralty merupakan metode yang digunakan menghitung konstanta pasang surut harmonik dari pengamatan ketinggian air laut tiap jam selama 15 piantan (15 hari) atau 29 piantan (29 hari). Metode ini digunakan untuk menentukan Muka Air Laut Rerata (MLR) harian, bulanan, tahunan atau lainnya (Suyarso, 1989).

Program Anfor dibuat dengan menggunakan teori Fourier. Program Anfor merupakan program yang dapat dijalankan baik di Win32 operating system maupun under linux. Untuk menjalankan program Anfor dibutuhkan 2 input file yaitu "signals.inp" dan "fourier.inp". (Zakaria, 2014)

Kelebihan analisa pasang surut metode Anfor dengan software Totis yaitu analisa dilakukan lebih cepat dan mudah dengan hasil konstanta yang lebih banyak dibanding dengan metode Admiralty yang memiliki banyak parameter untuk masing-masing perhitungannya berdasarkan lama pengamatannya. Sedangkan kelebihan pada metode Admiralty yaitu ada proses perhitungan untuk pemisahan komponen dengan frekuensi yang sama dan menghasilkan komponen K2 dan P1.(Gracella, 2019)

Karena perlu adanya analisis lebih lanjut mengenai keakuratan pemodelan data pasang surut. Didalam analisis ini saya menggunakan dua metode permodelan pasang surut sebagai perbandingan antara dua pemodelan tersebut dan data yang digunakan dalam penelitian ini dapat diakses melalui laman <http://uhscl.soest.hawaii.edu>. Magori (2008) menyebutkan bahwa *The Intergovernmental Oceanographic Commission* (IOC) dari UNESCO mengembangkan program *Global Sea Level Observing System* (GLOSS) yang bertujuan untuk memberikan data terstandarisasi mengenai kenaikan permukaan laut untuk program oseanografi internasional dan pusat data, salah satunya yaitu *University of Hawaii Sea Level Centre* (UHSLC). Hasil pengukuran dari *tide gauge* dinilai cukup akurat dan negara-negara di dunia telah menggunakan data *tide gauge* sebagai acuan dalam perencanaan infrastruktur pantai, namun data pasang surut *tide gauge* dari UHSLC hanya tersedia pada beberapa stasiun tertentu.

1.2. Rumusan Masalah

Terkait latar belakang di atas, maka rumusan masalah di dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana karakteristik pasang surut dari Stasiun Cilacap ?
2. Bagaimana penyimpangan yang terjadi berdasarkan elevasi pasang surut?
3. Bagaimana keakuratan data berdasarkan elevasi pasang surut?
4. Bagaimana penyimpangan yang terjadi berdasarkan amplitude komponen pasang surut?
5. Bagaimana keakuratan data berdasarkan amplitude komponen pasang surut ?

1.3. Batasan Masalah

Penelitian ini dibatasi oleh beberapa hal yakni sebagai berikut :

1. Daerah kajian data pasang surut yang dibahas terletak di stasiun Cilacap, Jawa Tengah.
2. Data pasang surut yang digunakan untuk analisis adalah data pasang surut per jam selama tiga tahun di stasiun Cilacap menggunakan dua pemrograman yaitu Anfor dan Admiralty.
3. Panjang data yang dianalisis atau dikaji adalah data selama 15 hari.
4. Penyajian dari hasil analisis tersebut ditampilkan dalam bentuk grafik.

1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan akan dilakukannya penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menganalisis kedua program Anfor dan Admiralty lalu membandingkan kedua program tersebut.
2. Menganalisis karakteristik komponen pasang surut di stasiun Cilacap.
3. Memprediksi pola grafik peramalan dari kedua program berdasarkan elevasi pasang surut.

4. Menganalisis korelasi dan keakurasian berdasarkan RMSE.

1.5. Manfaat Penelitian

Berikut adalah manfaat yang didapat dari penelitian ini :

1. Mengetahui akurasi pemrograman 15 hari data pasang surut di stasiun Cilacap. Yang dapat digunakan untuk merencanakan bangunan pantai di sekitar stasiun.
2. Menambah wawasan pembaca tentang data pasang surut dan menjadikannya referensi bagi penelitian terkait lainnya.

1.6. Sistematika Penulisan Skripsi

Secara umum, penulis menggunakan sistematika penulisan berikut untuk penyelesaian skripsi ini:

- **BAB I PENDAHULUAN**
Berisikan mengenai latar belakang penyusunan skripsi, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan skripsi.
- **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**
Berisikan tentang kajian teori dan penelitian terkait yang berhubungan dengan judul skripsi yang penulis kerjakan.
- **BAB III METODE PENELITIAN**
Berisikan tentang lokasi penelitian, diagram alir penelitian, alat dan data yang digunakan dan pelaksanaan penelitian.
- **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**
Berisikan tentang data pasang surut harian, karakteristik pasang surut, dan analisis pasang surut berdasarkan elevasi.
- **BAB V PENUTUP**
Berisikan kesimpulan dan saran dari hasil penelitian yang telah dilakukan.
- **DAFTAR PUSTAKA**

Berisi referensi yang digunakan untuk penyelesaian skripsi.

– LAMPIRAN

Berisikan data-data dan gambar pendukung.

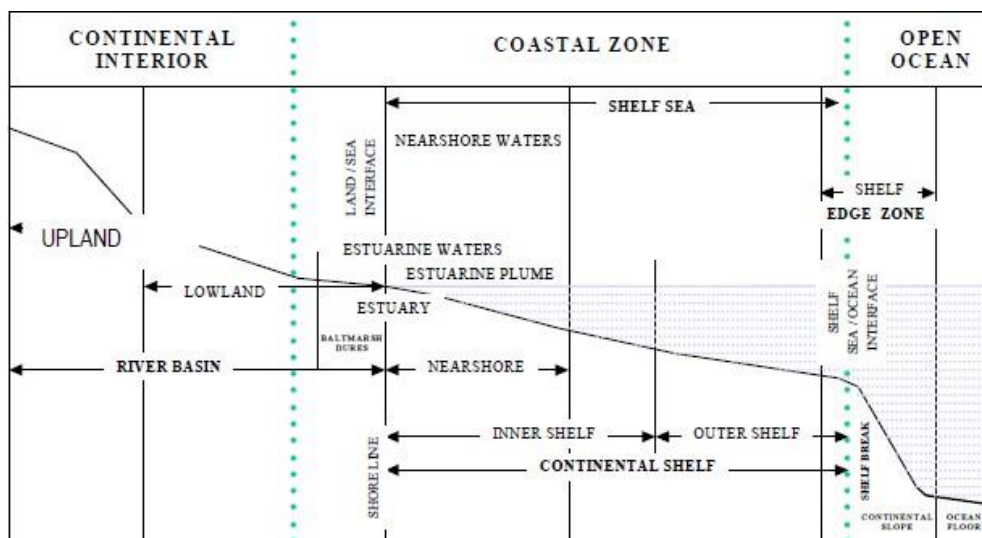
II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pantai

Pantai merupakan bentuk geografis yang terdiri dari pasir dan terdapat di wilayah pesisir. Wilayah pesisir merupakan batas antara daratan dan perairan laut. Panjang garis pantai ini diukur mengelilingi seluruh pantai yang merupakan wilayah teritorial suatu negara.

Wilayah pesisir merupakan suatu wilayah yang sangat dinamis dalam hal perubahannya, namun juga perubahan garis pantainya. Perubahan garis pantai merupakan proses yang tidak henti-hentinya (berkelanjutan) melalui beberapa proses alam di pantai, antara lain pergerakan sedimen, tindakan ombak, arus susur pantai (*longshore current*), dan penggunaan lahan.

Perubahan garis pantai dapat disimpulkan dari faktor-faktor tersebut, yang cenderung berubah terlepas dari apakah garis pantai memanjang ke laut atau mengalami erosi. Perubahan garis pantai dapat diamati melalui analisis citra penginderaan jauh satelit multitemporal. Teknologi ini secara tidak langsung dapat memberikan informasi yang lebih sederhana dan jelas mengenai perubahan garis pantai dan penggunaan lahan di suatu wilayah (Arief, Winarso dan Prayogo, 2011).



Gambar 1. Terminologi Wilayah Pesisir.

2.2. Gelombang

Gelombang dapat diklasifikasikan menjadi beberapa jenis tergantung pada gaya pembangkitnya, seperti angin (gelombang angin), tarikan gravitasi bumi, bulan, matahari (gelombang pasang surut), gempa bumi (vulkanik atau tektonik) di dasar laut (gelombang tsunami).), atau gelombang yang disebabkan oleh pergerakan perahu. Gelombang yang terjadi setiap hari dan diperhitungkan dalam rekayasa pesisir adalah gelombang angin dan pasang surut. Sebab, gelombang tersebut dapat terbentuk dan merusak pantai serta berdampak pada bangunan pesisir.

Bentuk gelombang di alam umumnya sangat kompleks dan sulit dijelaskan secara matematis karena bersifat non-linier, tiga dimensi, dan acak (deret gelombang memiliki ketinggian dan periode yang berbeda-beda). Teori-teori yang ada hanya berupa pendekatan gelombang alami sederhana (Dauhan *et al.*, 2013).

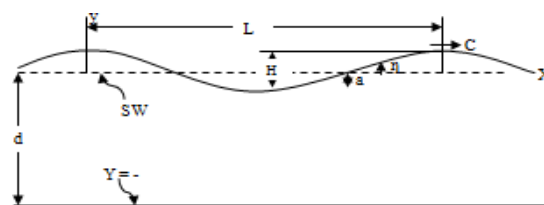
Teori yang paling sederhana adalah teori gelombang Airy disebut juga teori gelombang linier atau teori gelombang amplitudo kecil yang pertama kali dikemukakan oleh George Biddell Airy pada tahun 1845. Teori ini tidak

hanya mudah dipahami, tetapi juga dapat dijadikan dasar perencanaan bangunan pantai (Mulyabakti, Jasin dan Mamoto, 2016).

Asumsi yang digunakan untuk menurunkan persamaan gelombang adalah sebagai berikut:

1. Cairan bersifat homogen dan tidak dapat dimampatkan, sehingga massa jenisnya (ρ) konstan.
2. Tegangan permukaan diabaikan.
3. Gaya coriolis diabaikan.
4. Tekanan pada permukaan air seragam dan konstan.
5. Fluidanya ideal, sehingga terjadi aliran yang tidak berotasi.
6. Dasar laut berbentuk horizontal, padat dan kedap air, sehingga kecepatan vertikal di dasar laut adalah nol.
7. Amplitudo gelombang kecil.
8. Gerak gelombang berbentuk silinder dan tegak lurus terhadap arah rambat gelombang, sehingga bersifat dua dimensi

Gambar gelombang di bawah menunjukkan gelombang dengan sistem koordinat x, y yang arah rambatnya searah sumbu x .



Gambar 2. Sketsa Definisi Gelombang.

Berikut beberapa notasi yang digunakan:

- H : Jarak antara muka air rerata dan dasar laut
 $H(x,t)$: Fluktuasi muka air terhadap muka air diam
 A : Amplitudo gelombang
 H : Tinggi gelombang = $2a$
 L : Panjang gelombang
 T : Periode gelombang
 C : Kecepatan rambat gelombang = L/T

- K : Angka gelombang = $2\pi/L$
 Σ : Frekuensi gelombang = $2\pi/T$

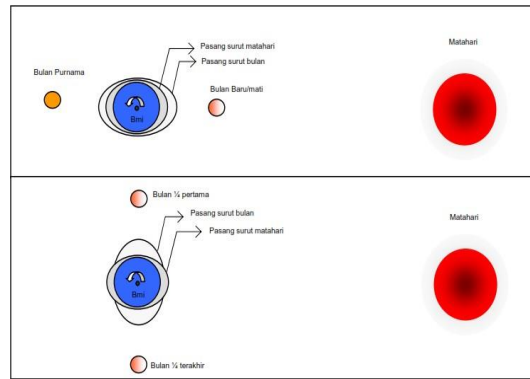
2.3. Pasang Surut

Pasang surut merupakan fenomena naik turunnya permukaan air laut secara periodik yang disebabkan oleh kombinasi gaya gravitasi dan tarikan gravitasi benda-benda astronomi, khususnya Matahari, Bumi, dan Bulan. Pengaruh benda langit lainnya dapat diabaikan karena letaknya yang lebih jauh atau ukurannya lebih kecil. Matahari mempunyai massa 27 juta kali lebih besar dari Bulan, namun jaraknya sangat jauh dari Bumi (rata-rata 149,6 juta km), sedangkan Bulan sebagai satelit berjarak jauh dari Bumi (rata-rata 381.160 km). Dalam mekanika alam semesta, jarak lebih penting daripada massa. Oleh karena itu, peran Bulan lebih besar dibandingkan Matahari dalam menentukan pasang surut air laut, dengan tarikan gravitasi Bulan $\pm 2,25$ kali lebih besar dibandingkan Matahari.

Dalam dunia teknik sipil khususnya dalam bidang rekayasa suatu bangunan yang terletak di pesisir pantai atau di daerah pantai, perencanaannya harus memperhatikan besar kecilnya pasang surut dan jenis pasang surut yang terjadi. Perencanaan pembangunan pesisir efektif mendukung kemajuan suatu daerah dalam meningkatkan potensi yang ada dan melindungi wilayah pesisir dari dampak gelombang (Pasomba, Jasin dan Jansen, 2019).

2.3.1. Terjadinya Pasang Surut

Pada setiap hari sekitar tanggal 1 dan tanggal 15 (bulan baru dan bulan purnama), posisi bumi-bulan-matahari kira-kira satu garis lurus, dalam keadaan ini terjadi pasang surut bulan purnama (pasang besar, pasang purnama). Sedangkan sekitar tanggal 7 dan 21 (seperempat revolusi bulan dan tiga perempat revolusi bulan mengelilingi bumi, saat bulan dan matahari membentuk sudut siku-siku dengan bumi), terjadi pasang perbani (pasang kecil). situasi ini merupakan penjelasan posisi bulan dan matahari di bumi dalam mempengaruhi pasang surut air laut.



Gambar 3. Posisi Bumi Bulan Matahari.

2.3.2. Gaya Pembangkit Pasang Surut

Fenomena pasang surut yang terjadi disebabkan oleh gaya-gaya pembangkit pasang surut, yang dapat dikenali dari pergerakan bulan dan matahari menuju bumi. Tiga pergerakan utama yang perlu diperhatikan selama peristiwa pasang surut adalah:

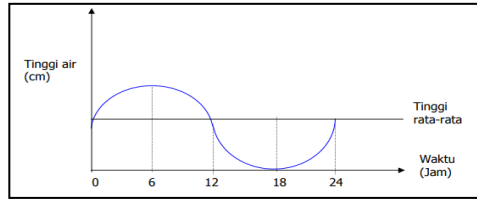
- a. Revolusi bulan ke bumi dengan orbit elips memerlukan waktu 29,5 hari untuk menyelesaikan revolusinya.
 - b. Revolusi Bumi mengelilingi Matahari dengan orbit elips dan periode revolusi penuh 365,25 hari.
 - c. Rotasi bumi pada porosnya memerlukan waktu 24 jam
- (Pasomba, Jasin dan Jansen, 2019).

2.3.3. Tipe Pasang Surut

Pasang surut di Indonesia terbagi menjadi 4 macam, yaitu pasang harian tunggal (*diurnal tide*), pasang surut harian ganda (*semi diurnal tide*), pasang surut harian campuran tunggal (*mixed tide prevealling diurnal*), dan pasang surut campuran harian ganda (*mixed tide prevealling semi diurnal*).

a. Pasang Surut Harian Tunggal (*Diurnal Tide*)

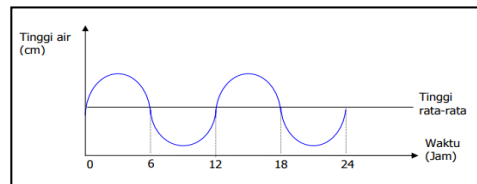
Merupakan jenis gelombang pasang surut dimana hanya terjadi satu kali pasang dan satu kali surut dalam satu hari, hal ini terdapat di Selat Karimata.



Gambar 4. Pola Gerak Pasut Harian Tunggal (*Diurnal Tide*).

b. Pasang Surut Harian Ganda (*Semi Diurnal Tide*)

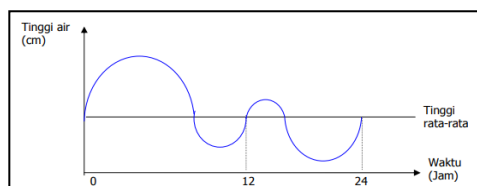
Pasang surut mempunyai ciri-ciri yaitu dalam satu hari terjadi dua kali pasang dan dua kali surut dengan ketinggian yang hampir sama dan pasang surutnya terjadi secara berurutan.



Gambar 5. Pola Gerak Pasut Harian Ganda (*Semi Diurnal Tide*).

c. Pasang Surut Campuran Condong Ke Harian Tunggal (*Mixed Tide Prevealling Diurnal*)

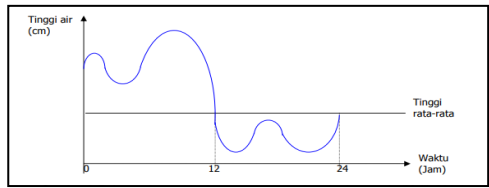
Artinya dalam satu hari terjadi satu kali pasang dan satu kali surut, namun terkadang terjadi dua kali pasang dan dua kali surut dalam jangka waktu yang berbeda-beda ketinggian dan periodenya.



Gambar 6. Pola Gerak Pasut Condong Harian Tunggal (*Mixed Tide Prevealling Diurnal*).

d. Pasang Surut Campuran Condong Ke Harian Ganda (*Mixed Tide Prevealling Semi Diurnal*)

Yaitu pasang surut yang terjadi dua kali dalam sehari dan dua kali surut, namun terkadang terdapat satu kali pasang dan satu kali surut dengan ketinggian dan waktu yang berbeda.



Gambar 7. Pola Gerak Pasut Campuran Condong Harian Ganda (*Mixed Tide Prevealling Semi Diurnal*).

Bilangan *Formzahl* merupakan pemisahan antara amplitudo konstanta pasang surut harian dan amplitudo konstanta pasang surut ganda. Dimana bilangan pasang surut “F” (angka bentuk pasang surut “*Formzahl*”) diperoleh dengan menggunakan persamaan berikut :

$$F = \frac{AK_1 + AO_1}{AM_2 + AS_2} \dots\dots\dots(1)$$

Nilai F memungkinkan jenis pasang surut ditentukan berdasarkan klasifikasi berikut:

- a. Pasang surut harian ganda jika $F \leq 0.25$
- b. Pasang surut condong harian ganda jika $0,25 < F \leq 1.5$
- c. Pasang surut condong harian tunggal jika $1,5 < F \leq 3$
- d. Pasang surut harian tunggal jika $F > 3$

Keterangan :

- F (Formzahl) = Angka Pasang Surut (tide form number)
 - A (K₁) = Amplitudo dari konstanta pasut K₁
 - A (O₁) = Amplitudo dari konstanta pasut O₁
 - A (M₂) = Amplitudo dari konstanta pasut M₂
 - A (S₂) = Amplitudo dari konstanta pasut S₂
- (Pasomba, Jasin dan Jansen, 2019).

2.3.4. Kostanta Harmonik Pasang Surut

Pasangan Matahari dan Bumi akan menghasilkan fenomena pasang surut serupa dengan akibat gandingan Bumi dan Bulan. Secara garis

besar konstanta pasang surut harmonik dibagi menjadi empat kelompok utama, yaitu:

- a. Konstanta harmonik periode setengah harian (*semi diurnal period tide*).
- b. Konstanta harmonik periode harian (*diurnal period tide*).
- c. Konstanta harmonik periode panjang (*long period tide*).
- d. Konstanta harmonik periode dangkal (*shallow water tide*).

Komponen utama pasang surut terdiri atas komponen middiurnal dan diurnal. Namun akibat interaksi dengan bentuk (morfologi) pantai dan superposisi komponen utama gelombang pasang maka akan terbentuk komponen pasang surut baru (Pasomba, Jasin dan Jansen, 2019).

Tabel 1. Penjelasan Komponen-Komponen Harmonik Dalam Penentuan Konstanta Pasang Surut.

Jenis	Symbol	Kecepatan Sudut (derajat/jam)	Periode (Jam)	Komponen
	M2	28.9842	12.24	Utama bulan
	S2	30	12.00	Utama matahari
Semidiurnal	N2	28.4397	12.66	Bulan akibat variasi bulanan jarak bumi ke bulan
	K2	30.0821	11.97	Matahari ke bulan akibat perubahan sudut deklinasi matahari ke bulan

Tabel 1. Penjelasan Komponen-Komponen Harmonik Dalam Penentuan Konstanta Pasang Surut (lanjutan).

Jenis	Symbol	Kecepatan Sudut (derajat/jam)	Periode (Jam)	Komponen
	K1	15.0411	23.93	Matahari
	O1	13.943	25.82	Utama bulan
Diurnal Perioda panjang	P1	14.9589	24.07	Utama matahari
	M4	57.968	6.21	Utama bulan
	MS4	58.084	6.20	Matahari dan bulan

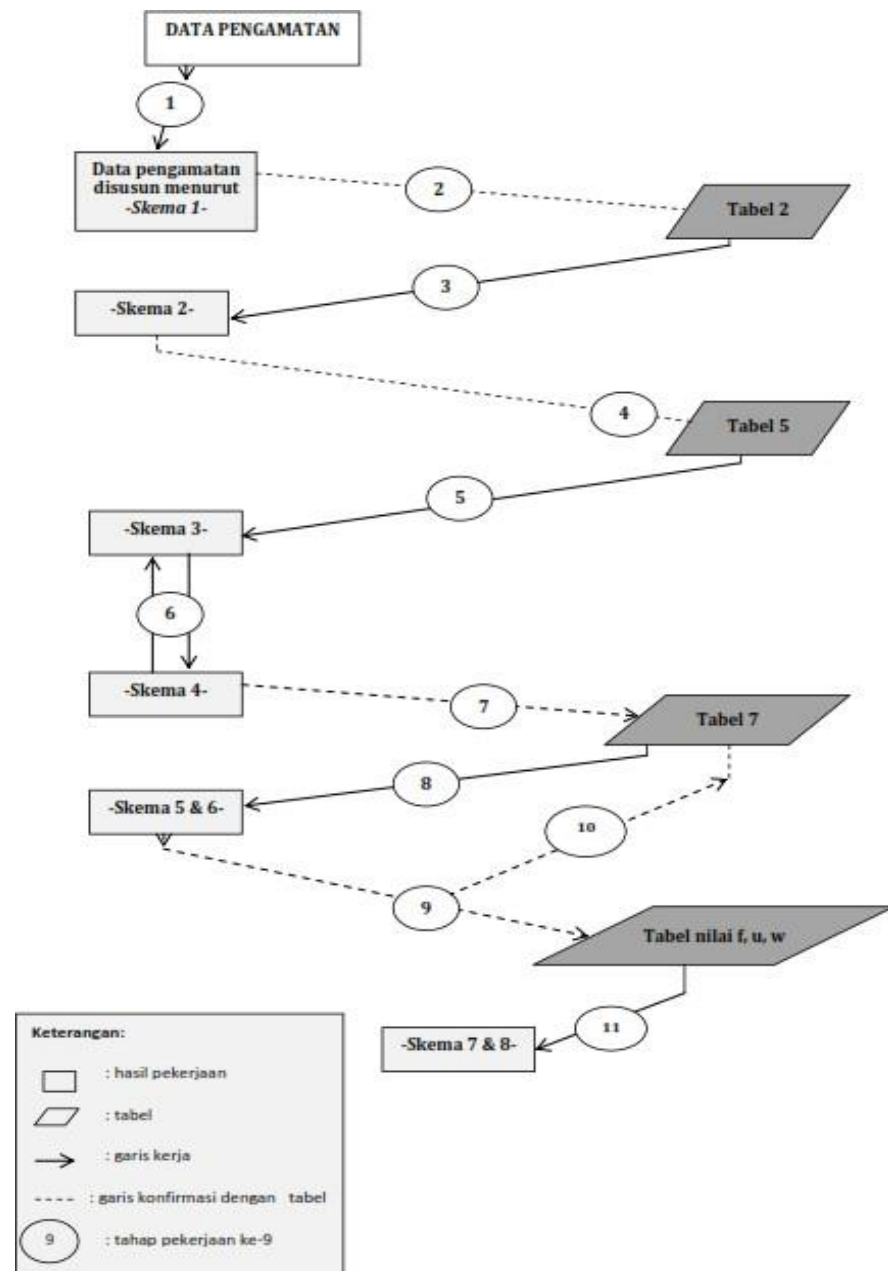
(Pasomba, Jasin dan Jansen, 2019)

2.3.5. Metode Admiralty

A.T.Doodson menciptakan metode praktis untuk menghitung pasang surut pada tahun 1928 dengan menggunakan metode Admiralty. Metode ini hanya sebatas menggambarkan data pasang surut selama 15 atau 29 hari dengan interval pencatatan 1 jam. Metode ini menghitung amplitudo dan penundaan fasa sembilan komponen pasang surut yaitu M2, S2, N2, K1, O1, M4, MS4, K2 dan P1. Referensi tinggi muka air laut yang diinginkan dapat dihitung dari sembilan komponen pasang surut.

Proses perhitungan analisis harmonik dengan metode Admiralty dilakukan dengan mengembangkan suatu sistem rumus perhitungan dengan menggunakan software Microsoft Office Excel, yang menghasilkan nilai tabulasi untuk berbagai parameter, sehingga

perhitungan dengan menggunakan metode ini akan efisien dan mempunyai ketelitian yang tinggi, dan fleksibel kapan saja.



Gambar 8. Skema Perhitungan Pasang Surut dengan Metode Admiralty.

Tabel 2. Tabel Frekuensi 9 Komponen Gelombang Pasut

No	Jenis Komponen	Frekuensi (deg/jam)	Periode (jam)
1	K_1	15,04	23,94
2	O_1	13,94	25,82
3	P_1	14,96	24,06
4	M_2	28,98	12,42
5	S_2	30,00	12,00
6	K_2	30,08	11,97
7	N_2	28,44	12,66
8	M_4	57,97	6,21
9	MS_4	58,98	6,10

(Prasetyo, Zakaria dan Welly, 2016)

Definisi dari 9 komponen pasang surut sebagai berikut:

- K_1 : Amplitudo komponen pasang surut tunggal utama yang disebabkan oleh gaya tarik bulan dan matahari.
- O_1 : Amplitudo komponen pasang surut tunggal utama yang disebabkan oleh gaya tarik bulan.
- P_1 : Amplitudo komponen pasang surut tunggal utama yang disebabkan oleh gaya tarik matahari.
- M_2 : Amplitudo komponen pasang surut ganda utama yang disebabkan oleh gaya tarik bulan.
- S_2 : Amplitudo komponen pasang surut ganda utama yang disebabkan oleh gaya tarik matahari.
- K_2 : Amplitudo komponen pasang surut semidiurnal yang disebabkan gabungan dari gaya tarik bulan dan matahari (*Lunisolar*).
- N_2 : Amplitudo komponen pasang surut semidiurnal yang disebabkan oleh lintasan elips bulan.
- M_4 : Amplitudo komponen pasang surut yang disebabkan oleh adanya gaya tarik bulan pada perairan dangkal.

MS₄ : Amplitudo komponen pasang surut seperempat harian yang terjadi pada perairan dangkal.

Selain itu, kesembilan komponen pasang surut di atas digunakan dalam pembuatan program interaktif untuk mengurai komponen pasang surut. Jumlah minimal data yang dapat dianalisis oleh program interaktif ini adalah 360 jam atau 15 data harian.

2.3.6. Analisis Pasang Surut

Data pasang surut hasil pengukuran dapat menentukan besarnya komponen pasang surut atau konstanta harmonik yaitu besaran yang berupa amplitudo dan fase setiap komponen pasang surut. Pasang surut air dangkal merupakan superposisi pasang surut air laut yang disebabkan oleh faktor astronomi, meteorologi, dan pengaruh penurunan kedalaman air (*shallow water tides*). Ketinggian pasang surut (η) dirumuskan secara matematis sebagai berikut:

$$H = H_{ast} + H_{met} + H_{shall} \quad \dots\dots\dots(2)$$

Dimana:

H_{ast} = Elevasi pasut akibat faktor astronomi

H_{met} = Elevasi pasut akibat faktor meteorologi (tekanan udara dan angin)

H_{shall} = Elevasi pasut akibat efek gesekan dasar laut

Komponen pasang surut akibat faktor astronomi dan pasang surut perairan dangkal bersifat periodik, sedangkan gangguan akibat faktor meteorologi bersifat musiman dan terkadang hanya bersifat sementara. Jika faktor meteorologi tidak diperhitungkan, tinggi pasang surut merupakan penjumlahan dari komponen-komponen penyusunnya dan dapat dinyatakan dalam fungsi kosinus antara lain yang ditulis oleh Ali dkk (1994) dan Zakaria (1997), yang dirumuskan sebagai berikut :

$$H(t) = S_o + sso + \sum_{r=1}^k C_r \cdot \text{Cos}(\omega_r \cdot T - P_r) \quad \dots\dots\dots(3)$$

Dimana : π

$H(t)$ = Elevasi pasut fungsi dari waktu

C_r = Amplitudo komponen ke-r

ω_r = $\frac{2\pi}{T_R}$ Dengan T_r = periode komponen ke-r

S_o = Duduk tengah permukaan laut (*mean sea level*)

S_{so} = Perubahan duduk tengah musiman karena efek muson atau Angin

T = Waktu

(Prasetyo, Zakaria dan Welly, 2016)

Pergerakan pasang surut yang terjadi dikendalikan erat oleh pergerakan bulan dan matahari. Pergerakan pasang surut ini menghasilkan amplitudo komponen harmonik yang penting untuk mempelajari perubahan tinggi muka air dan menentukan jenis pasang surut yang terjadi di suatu daerah. Diketahui bahwa analisis konstanta pasang surut harmonik dapat dilakukan dengan beberapa cara, antara lain :

- a. Metode Admiralty
- b. Analisis Harmonik, seperti metode *Least Squares*
- c. Analisis Spektrum

Namun dalam penelitian ini metode *Least Squares* tersebut digunakan untuk menganalisis pasang surut air laut.

2.3.7. Metode *Least Squares* (Anfor)

Metode *Least Squares* adalah salah satu metode yang paling populer untuk menyelesaikan masalah matematika. Metode *Least Squares* atau metode kuadrat terkecil merupakan salah satu metode aproksimasi terpenting dalam dunia teknik untuk:

- a. Regresi ataupun pembentukan dari titik-titik data dalam pemodelan.
- b. Analisis sesatan pengukuran

Dengan mengabaikan suku-suku yang dipengaruhi oleh faktor meteorologi, maka persamaan (4) mengenai tinggi pasang surut dapat dituliskan dalam bentuk sebagai berikut:

$$H(t) = S_o + \sum_{r=1}^k C_r \cdot \text{Cos}(\omega_r \cdot T - P_r) \dots\dots\dots(4)$$

Persamaan tersebut merupakan persamaan *harmonic tidal model* yang akan diperoleh berdasarkan fakta pasang surut suatu daerah. Metode Least Squares digunakan dalam penelitian ini karena program analisis pasut *anfor* menggunakan coding dengan metode tersebut.

2.4. ISLW (Indian Spring Low Water)

Data pasang surut diolah menggunakan *t_tide* untuk mendapatkan nilai amplitudo dan fase dari masing-masing komponen pasang surut dan MSL. Nilai-nilai tersebut digunakan untuk menentukan nilai chart datum yang digunakan sebagai koreksi data kedalaman. Persamaan perhitungan chart datum menggunakan standar Indian Low Spring Water adalah sebagai berikut(Yulianti *et al.*, 2019) :

Tabel 3. Ketinggian Beberapa Permukaan Penting Pasut Dengan Referensi MSL

Bidang referensi tide	Formula yang digunakan
HAT	$2(K1+O1+S2+M2) - Z0$
MHWS	$2(K1+O1)+S2+M2 - Z0$
MHWN	$2K1+S2+M2 - Z0$
MSL	-
MLWN	$2O1+S2+M2 - Z0 -$
MLWS	$S2+M2 - Z0$
Chart Datum	$MSL - Z0$

- MHWS = Mean High Water Spring
- MHWN = Mean High Water Neap
- MSL = Mean Sea Level

MLWN = Mean Low Water Neap

MLWS = Mean Low Water Spring

Keterangan:

$$Z_0 = (K_1 + O_1 + M_2 + S_2)$$

dimana,

Z_0 = Chart datum

K_1 = Konstanta harmonik bersifat harian tunggal, disebabkan oleh gaya tarik bulan dan matahari

O_1 = Konstanta harmonik harian tunggal dari bulan

M_2 = Konstanta harmonik harian ganda oleh bulan

S_2 = Konstanta harmonik harian ganda oleh matahari

(Tarunamulia, Akhmad and Tahe, 2003)

2.5. Penyimpangan

Dengan perhitungan yang tidak akurat sering kali kita mendapatkan kesalahan absolut dan kesalahan relatif. Hal pertama yang harus dilakukan adalah mencari kesalahan absolut melalui selisih nilai antara nilai eksak dan nilai taksiran:

$$E_e = p - p' \quad \dots\dots\dots(5)$$

Dimana:

E_e = Kesalahan absolut

P = Nilai eksak

P' = Nilai perkiraan

Kemudian untuk mendapatkan error relatif dapat dihitung dengan membagi hasil error absolut dengan nilai eksaknya, seperti pada rumus berikut:

$$\epsilon_e = E_e/p' \quad \dots\dots\dots(6)$$

Kesalahan atau penyimpangan relatif pada penelitian ini menggunakan tide gauge UHSLC sebagai data sekunder dan perbandingan akan dilakukan menggunakan program dari *anfor* dan *admiralty*.

2.6. Koefisien Korelasi

Koefisien korelasi adalah angka yang dihasilkan dari pengukuran kekuatan hubungan dua variabel X dan Y. Hubungan linier sempurna terjadi jika nilai $r = +1$ atau -1 . Apabila r mendekati $+1$ atau -1 maka hubungan kedua variabel tersebut kuat dan dapat dikatakan terdapat korelasi yang tinggi antara keduanya. Namun, ketika r mendekati nol, hubungan linier antara X dan Y menjadi sangat lemah atau mungkin tidak ada sama sekali. Rumus untuk memperoleh nilai koefisien korelasi dapat dituliskan sebagai berikut:

$$r = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - (\sum_{i=1}^n x_i)(\sum_{i=1}^n y_i)}{\sqrt{[n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2][n \sum_{i=1}^n y_i^2 - (\sum_{i=1}^n y_i)^2]}} \dots\dots\dots (7)$$

Dalam penelitian ini dibandingkan nilai elevasi dan amplitudo serta elevasi dan amplitudo. Data hasil digunakan sebagai variabel X dan Y. Dalam penelitian ini koefisien korelasi digunakan sebagai parameter untuk mengetahui keakuratan antara program *anfor* dan program *admiralty*.

Tabel 4. Pedoman Untuk Memberikan Interpretasi Koefisien Korelasi

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

2.7. Software Pendukung Analisis

2.7.1. Notepad

Notepad adalah editor teks sederhana yang tersedia di sistem *Windows* apa pun. *Output* dari program ini adalah *.txt*. *Software* ini berfungsi untuk membuka *file* data pasang surut air laut dalam bentuk *.txt*.

2.7.2. Microsoft Excel

Merupakan program aplikasi lembar kerja *spreadsheet* dibawah naungan *microsoft corporation* untuk sistem operasi *microsoft windows*. Program aplikasi ini merupakan salah satu aplikasi perkantoran pada *microsoft office* yang khusus ditujukan untuk mengolah angka.

2.7.3. Anfor

Program *anfor* (*analysis fourier*) dibuat dengan menggunakan teori Fourier dan berjalan dengan baik pada sistem operasi Win32 dan Linux. Untuk menjalankan program ini diperlukan 2 *file input* berupa "*signals.inp*" dan "*fourier.inp*". Setelah dijalankan, program ini menghasilkan 3 *file output* yaitu *file* "*fourier.out*", "*signals.out*" dan "*signals.eps*" (Zakaria, 2014). Pada *file* "*fourier.out*" keluaran yang dihasilkan berupa koefisien harmonik, amplitudo, fase, nilai *error*, deviasi, R, varians, koefisien *skewness* dan koefisien kurtosis. Program ini dapat diterapkan untuk mengolah data deret waktu seperti data curah hujan, debit sungai, gempa bumi dan juga data deret pasang surut.

2.7.4. Admiralty

Metode *admiralty* merupakan metode yang digunakan untuk menghitung konstanta pasang surut harmonik dari pengamatan ketinggian air laut setiap jam selama 15 piantan (15 hari) atau 29 piantan (29 hari). Metode ini digunakan untuk menentukan tinggi muka air laut rata-rata (MLR) harian, bulanan, tahunan atau lainnya. Metode *admiralty* merupakan metode perhitungan pasang surut yang

digunakan untuk menghitung dua konstanta harmonik yaitu amplitudo dan penundaan fase.

Proses perhitungan metode *admiralty* dihitung dengan menggunakan tabel, dimana untuk waktu observasi yang tidak ditabulasi harus dilakukan aproksimasi dan interpolasi dengan menggunakan tabel. Proses perhitungan analisis harmonik dengan metode *admiralty* dilakukan dengan mengembangkan sistem rumus perhitungan menggunakan *software Excel*, yang akan menghasilkan nilai tabulasi untuk berbagai parameter, sehingga perhitungan dengan metode ini akan *efisien* dan mempunyai ketelitian yang tinggi serta *fleksibel* kapan saja (Korto, Jasin dan Mamoto, 2015).

2.7.5. Ghostscript

Ghostscript merupakan paket perangkat lunak yang memberikan fasilitas sebagai berikut yaitu *First Interpreter*, fasilitas ini untuk bahasa *PostScript*, dengan kemampuan untuk mengkonversi file bahasa *PostScript* ke dalam banyak format, menampilkannya di layar komputer atau mencetaknya di printer yang mendukungnya. tidak memiliki opsi Membaca bahasa *PostScript* bawaan. Kedua, interpreter untuk file PDF dengan kemampuan yang sama. Ketiga, kemampuan untuk mengkonversi file bahasa *PostScript* ke PDF (dengan beberapa batasan) dan sebaliknya. Keempat, serangkaian prosedur C (the Ghostscript library) yang mengimplementasikan kemampuan grafik dan pemfilteran (kompresi/dekompresi/konversi data) yang kemudian direpresentasikan sebagai operasi primitif dalam bahasa *PostScript* dan PDF (Sapulette, 2014).

2.8. Kelebihan dan Kekurangan Program yang Digunakan

2.8.1. Kelebihan *Anfor (Least Square)*

Kelebihan menggunakan metode kuadrat terkecil adalah:

1. Analisis dilakukan lebih cepat dan mudah

2. Mendapatkan hasil yang lebih konsisten dari komponen pasang surut sehingga prediksi yang dilakukan lebih akurat.
3. Cara ini dianggap paling objektif dalam menentukan garis yang paling dekat dengan titik-titik dimana datanya paling dekat dengan garis tersebut dibandingkan dengan data lainnya.
(Gracella, 2019)

2.8.2. Kekurangan *Anfor (Least Square)*

Kekurangan dari metode ini adalah sulit jika perhitungannya dilakukan secara manual, karena memerlukan waktu yang cukup lama untuk melakukan perhitungan secara manual dengan beberapa langkah dan rumus yang sering digunakan.

2.8.3. Kelebihan *Admiralty*

Metode *Admiralty* merupakan salah satu dari beberapa metode analisis pasang surut yang banyak digunakan karena kelebihan metode ini yaitu dapat menganalisis data pasang surut pendek selama 15 hari dan 29 hari serta memberikan konstanta pasang surut yang digunakan dalam menentukan jenis pasang surut dan permukaan air ketinggian air laut (Pasaribu, Sewiko and Arifin, 2022)

2.8.4. Kekurangan *Admiralty*

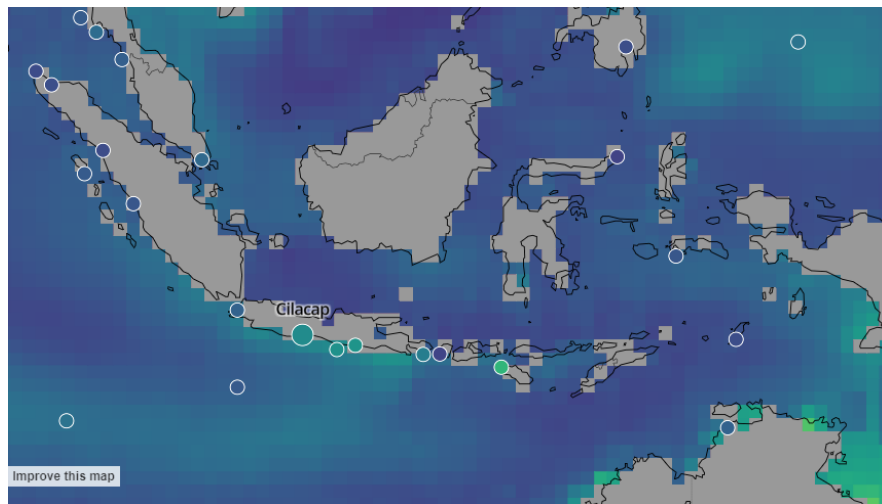
Kelemahan metode *Admiralty* adalah hanya digunakan untuk mengolah data jangka pendek dan hasil perhitungannya relatif kecil, hanya menghasilkan 9 komponen pasang surut. Karena metode ini terbatas pada rentang data yang pendek, maka digunakan pada lokasi yang memiliki data terbatas namun dapat memprediksi kondisi dan karakteristik pasang surut secara akurat. Proses penghitungan pasang surut menggunakan metode ini memerlukan tabel pendukung konstanta perhitungan. Selain itu, perhitungan dengan metode ini memperoleh dua konstanta harmonik yaitu amplitudo (A) dan beda fasa (ϕ), sehingga dapat dilakukan analisis jenis pasang surut.

Metode *Admiralty* membutuhkan ketelitian lebih dalam pengolahannya dan tidak dapat digunakan untuk data yang panjang (lebih dari 29 hari), hanya menghasilkan sembilan komponen pasang surut, dan tidak dapat menganalisis data yang mempunyai data gap (Pasaribu, Sewiko and Arifin, 2022).

III. METODE PENELITIAN

3.1. Wilayah Studi

Daerah yang diteliti dalam penelitian ini adalah Stasiun Pasang Surut Cilacap yang terletak di Provinsi Jawa Tengah, Indonesia. Yaitu pada koordinat $108^{\circ} 4' 30'' - 109^{\circ} 22' 30''$ Bujur Timur dan $7^{\circ} 30' 20'' - 7^{\circ} 45'$ Lintang Selatan.



Gambar 9. Lokasi Stasiun Cilacap.

3.2. Data dan Alat

3.2.1. Data

Data pasang surut yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data pasang surut sekunder per jam di stasiun pasang surut Cilacap selama periode lima tahun yaitu 2012-2017. Data pasang surut dapat diperoleh dari data tide gauge (pengukuran lapangan) yang dipublikasikan oleh UHSLC melalui website. <https://uhslc.soest.hawaii.edu/data/?rq>.

3.2.2. Alat

Alat-alat yang digunakan di dalam penelitian ini adalah :

1. Laptop

Sebagai perangkat keras yang digunakan untuk membuat pemodelan stokastik dan periodik. Dalam penelitian ini, digunakan laptop *Lenovo*, dengan *Processor Intel(R) Core(TM) i5*, *installed RAM 4,00 GB*, *system type 64-bit operating system*.

2. Mouse

3. Perangkat lunak

Perangkat lunak (*software*) yang digunakan dalam penelitian ini yaitu sebagai berikut:

- a. *Google Chrome*
- b. *Notepad*
- c. *Microsoft Excel*
- d. *Gsview*
- e. *Anfor (Analysis Fourier)*
- f. *Admiralty*

3.3. Pelaksanaan Penelitian

3.3.1. Pengambilan Data

Data pasang surut diambil dari laman *Google Chrome*. Berikut tahapan pengambilan data pasang surut dari UHSLC :

1. Membuka program "*Google Chrome*", kemudian mengunjungi laman <https://uhslc.soest.hawaii.edu/data/?rq>.
2. Memilih menu "*Products*" pada menu utama, lalu "*TG-Altimetry Comparison Tool*". Akan muncul tampilan peta dunia untuk mempermudah memilih lokasi stasiun yang akan dipilih.
3. Kembali ke menu utama, memilih menu "*Data*", lalu pada "*Obtaining UHSLC Data*" pilih "*Legacy Data Portal*". Akan muncul daftar stasiun pasang surut berupa kode stasiun, lokasi, nama stasiun, koordinat bujur dan lintang, serta ketersediaan

pilihan CSV *daily* maupun *hourly*. Mencari stasiun yang sudah dipilih pada peta sebelumnya pada daftar tersebut.

4. Memilih data "*hourly*" untuk mendapatkan data harian pasang surut.

3.3.2. Pengolahan Data

Proses pengolahan data sekunder pada penelitian ini dilakukan dengan tahapan sebagai berikut:

1. Menentukan data pasang surut di stasiun mana yang akan digunakan.
2. Pada penelitian ini dipilih 15 stasiun pasut harian Cilacap dengan jangka waktu tiga tahun.
3. Mengecek kelengkapan data pasang surut antara data program Anfor dan program Admiralty.
4. Urutkan data pasang surut ke dalam bentuk deret waktu.
5. Melakukan pengolahan data.

3.3.3. Input Data Kedalam Program Anfor

Pada penelitian ini, program Anfor digunakan untuk menginput data dengan tahapan sebagai berikut :

1. Memasukkan data pasang surut dalam bentuk *time series* ke dalam program *notepad* kemudian simpan dengan nama *signals.inp*.
2. Memasukkan data sembilan komponen pasut ke dalam program *notepad* kemudian simpan dengan nama *fourier.inp*.
3. Memasukkan data *signals.inp* dan *fourier.inp* ke dalam folder program Anfor.
4. Menjalankan *fouriers.exe* yang nantinya akan menghasilkan *signals.out*, *signalr.out*, *fourier.out*, dan *signals.eps*.
5. Membuka file *signals.eps* untuk melihat hasil grafik.

3.3.4. Input Data Kedalam Program Admiralty

Pada penelitian ini, program *Admiralty* digunakan untuk menginput data dengan tahapan sebagai berikut :

1. Periksa Data dalam dm.
2. Buatlah grafik *short* (data tadi) dan data hasil harus memiliki bentuk seperti menyerupai sirip ikan.
3. Buka program *admiralty*
4. Masukkan *password* ditentukan (Oceanitb) lalu input data berupa data.txt (input) dan akan didapatkan data *output* berupa Data1.txt (*output*).
5. Mengurutkan data harus dilakukan dalam urutan seperti ini : Lokasi → Tanggal tengah → bulan → tahun (contoh : 1913, bukan 2013) → Jumlah pengamatan. Dengan bentuk seperti ini:

Tanjung Pandan		
5	6	1913
31		

6. Save data ke dalam bentuk .txt di dalam satu *folder* yang sama dengan program.
7. Selanjutnya buka *Microsoft Excel* → lalu *Open* → data1.txt (*output*).
8. Akan didapatkan kesimpulan lalu *copy* kesimpulannya dan rapihkan.
9. *Save* kembali data ke dalam bentuk .txt di dalam satu *folder* yang sama dengan program.
10. Buka program RAM.EXE (rampas) → Data.txt → Data.ram → Data.tma
11. Buka program HWS.EXE → Masukkan *file* (*.tma) → pilih 365 → *Output* (*.txt).
12. Lalu akan didapatkan data hasil HWS.

3.3.5. Perbandingan Kedua Program Sebagai Bahan Acuan Terhadap Data Peramalan

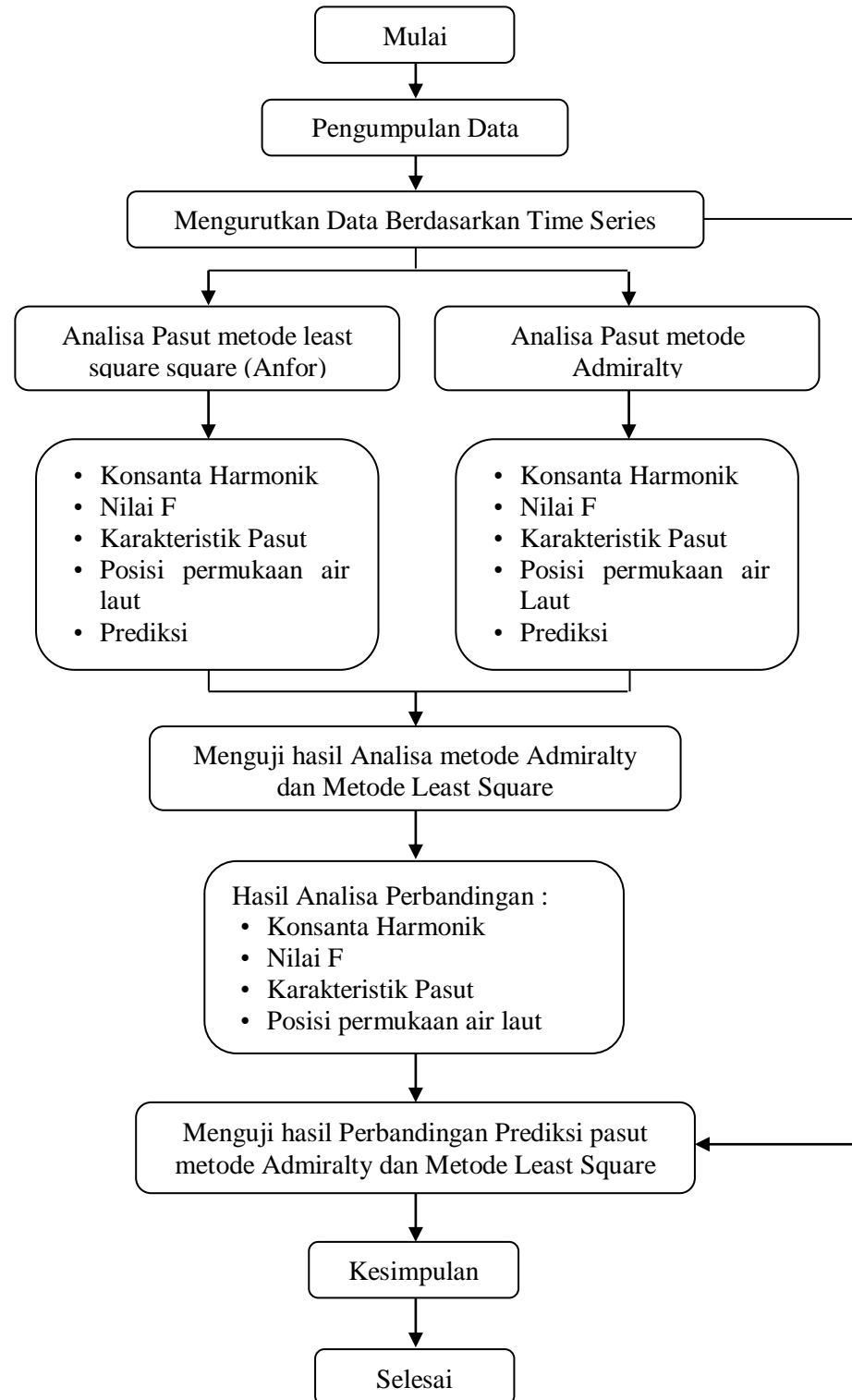
Proses perbandingan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Menganalisis data *time series* pemodelan pasang surut yang diperoleh dari laman <http://uhslc.soest.hawaii.edu> (UHSLC).
- b. Menguraikan dan membandingkan komponen pasang surut (nilai amplitudo) dari kedua data tersebut.

- c. Mencari nilai penyimpangan dan koefisien korelasi komponen pasang surut.
- d. Memberikan kesimpulan dari hasil analisis yang diperoleh.

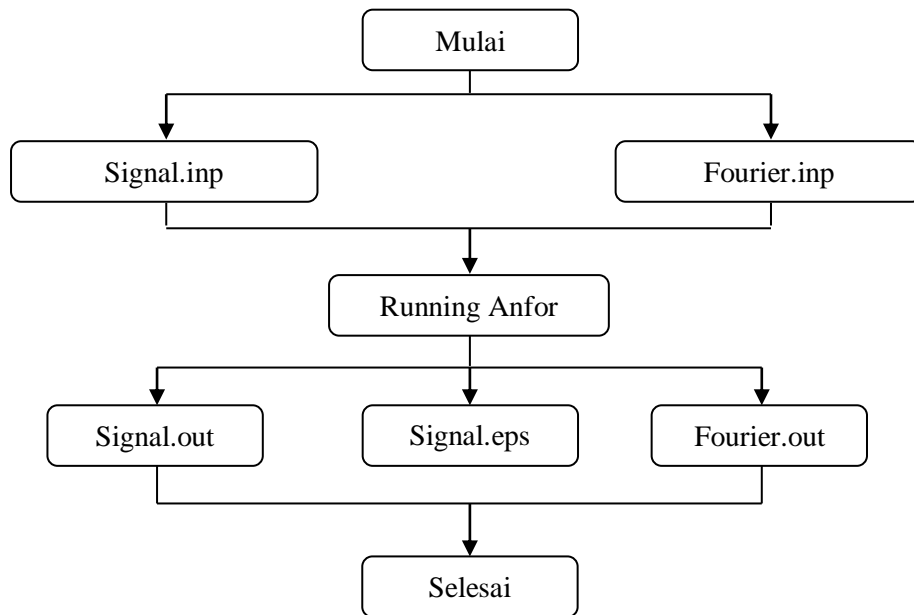
3.4. Diagram Alir Penelitian

3.4.1. Diagram Alir Penelitian Dapat Dilihat Dibawah Ini :



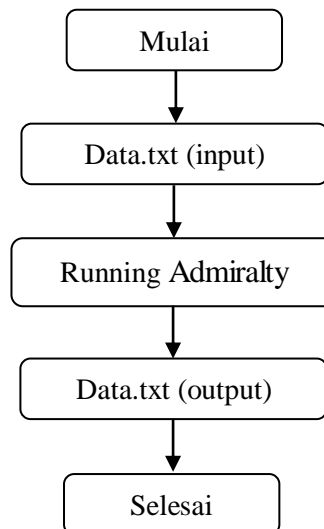
Gambar 10. Diagram Alir Penelitian.

3.4.2. Diagram Alir Pelaksanaan Program *Anfor* Dapat Dilihat Sebagai Berikut:



Gambar 11. Diagram Alir Pelaksanaan Program *Anfor*.

3.4.3. Diagram Alir Pelaksanaan Program *Admiralty* Dapat Dilihat Sebagai Berikut:



Gambar 12. Diagram Alir Pelaksanaan Program *Admiralty*.

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1. Simpulan

Berdasarkan pembahasan dan pengolahan data yang telah dilakukan, maka diperoleh simpulan sebagai berikut :

1. Analisa pasang surut dengan program *admiralty* dan dengan program *anfor* diperoleh 9 konstanta pasang surut yang sama yaitu K1, O1, P1, M2, S2, K2, N2, M4, dan MS4. Selisih amplitudo konstanta pasang surut yang dihasilkan kedua program tidak jauh berbeda. Nilai selisih terbesar pada konstanta S2 dari analisa data Pantai Cilacap sebesar 9,3503 m dan karakteristik yang dihasilkan sama pada masing-masing data pengamatan, dengan selisih nilai F terbesar pada data pengamatan Lott Cilacap 2,0637 pada tahun 2015.
2. Posisi muka air dari perbandingan program *admiralty* dan program *anfor* menunjukkan selisih terbesar untuk tipe pasut *seemi diurnal tide* dari data pengamatan Lott Cilacap yaitu pada nilai MLWN dan MHWN tahun 2012 dengan nilai sebesar 2,1723 m.
3. Uji hasil data peramalan Cilacap tahun 2012 sampai 2016 merupakan tipe *semi diurnal tide*. Menunjukkan program *anfor* lebih baik dengan nilai RMSE yang lebih kecil dari program *admiralty*. Hasil prediksi yang paling baik diperoleh pada tipe *semi diurnal tide*.
4. Kelebihan analisa pasang surut program *anfor* yaitu analisa dilakukan lebih cepat dan mudah dengan hasil konstanta yang lebih banyak dibanding dengan metode *admiralty* yang memiliki banyak parameter untuk masing-masing perhitungannya berdasarkan lama pengamatannya. Sedangkan kelebihan pada program *admiralty* yaitu ada proses perhitungan untuk pemisahan komponen dengan frekuensi.

5.2. Saran

Saran dari penulis terkait penelitian yang telah dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Karena banyaknya data yang perlu di olah maka perlu ketelitian dalam pengolahan data-data tersebut dan lebih baik di periksa ulang agar tidak ada kekeliruan dalam pengolahan data.
2. Memilih stasiun yang memiliki data lengkap agar dapat melakukan pengukuran selama 29 hari tanpa kendala namun apabila ada data yang kurang lengkap lebih di anjurkan menggunakan panjang data 15 jika tidak maka data yang tidak lengkap diabaikan saja.

DAFTAR PUSTAKA

- Syahputra, H. and Nugraha, R.B.A. 2016. 'Analisis Perbandingan Akurasi Model Prediksi Pasang Surut : Studi Kasus Di Selat Larantuka , Flores Timur , Nusa Tenggara Timur.
- Akbar, P.P., Solichin, A. and Saputra, S.W. 2013. 'JOURNAL OF MANAGEMENT OF AQUATIC RESOURCES Volume 2 , Nomor 3 , Tahun 2013.
- Maulani, E., Handoyo, G. and Helmi, M. 2012. 'Kajian Potensi Energi Pasang Surut Di Perairan Kabupaten Cilacap Propinsi Jawa Tengah', *Journal of Oceanography*.
- Arief, M., Winarso, G. and Prayogo, T. 2011. 'Kajian Perubahan Garis Pantai Menggunakan Data Satelit Landsat Di Kabupaten Kendal', *Penginderaan Jauh*.
- Dauhan, K.S. *et al.* 2013. 'Analisis Karakteristik Gelombang Pecah Terhadap Perubahan Garis Pantai Di Atep Oki', *Jurnal Sipil Statik*.
- Mulyabakti, C., Jasin, M.I. and Mamoto, J.D. 2016. 'Pada Daerah Pantai Paal Kecamatan Likupang Timur', *Jurnal Sipil Statik*, 4(9).
- Pasomba, T., Jasin, M.I. and Jansen, T. 2019. 'Analisis Pasang Surut Pada Daerah Pantai Tobololo Kelurahan Tobololo Kota Ternate Provinsi Maluku Utara', *Jurnal Sipil Statik*.
- Prasetyo, A.A., Zakaria, A. and Welly, M. 2016. 'Analisa Kesalahan Pemodelan Data Pasang Surut Stasiun Tanjung Priok'.
- Korto, J., Jasin, M.I. and Mamoto, J.D. 2015. 'Analisis Pasang Surut di Pantai Nuangan (Desa Iyok) Boltim Dengan Metode Admiralty', *Sipil Statik*.
- Zakaria, Ahmad, Bagus Imam Mustofa Cahya Purna, and Mariyanto. 2021. "Analisis Perbandingan Data Pasang Surut Hasil Peramalan Dengan Data Pasang Surut Terukur (Studi Kasus Stasiun Pasut Meneng)." *Rekayasa Sipil dan Desain*.

- Dinaryoko, Arif, Ahmad Zakaria, and Subuh Tugiono. 2021. "Analisis Perbandingan Data Pasang Surut Terukur Dengan Data Pasang Surut Hasil Peramalan (Studi Kasus Stasiun Pasut Tanjung Priok)." *Rekayasa Sipil dan Desain*.
- Sapulette, W. 2014 'Perancangan Keamanan Informasi pada Aplikasi Web Publikasi Internal di SMU Negeri 1 Ambon.
- Chaidir, F. A., & Tuharea, N. D. 2022. Analisa Perbandingan Data Pasang Surut Dengan Metode Koefisien Korelasi Dan Rmse Antara Data Ioc-Sealevelmonitoring Dan Data Program Naotid. *SENSISTEK:Riset Sains Dan Teknologi Kelautan, November*.
- Zakaria, Ahmad. 2014. Analysis Fourier" *Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung*.
- Gracella. (2019). Uji Kualitas Hasil Analisa Perbandingan Prediksi Pasang Surut Metode Admiralty Dan Meode Least Square.
- <https://uhslc.soest.hawaii.edu/data/?rq>