

**PENERAPAN METODE *LEAST SQUARE* UNTUK PERAMALAN
KENAIKAN MUKA AIR LAUT MENGGUNAKAN DATA PASANG
SURUT DI STASIUN ANCOL KOTA JAKARTA**

(Skripsi)

Oleh

**RINA INDRIANI
NPM 1815013013**



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2024**

ABSTRAK

PENERAPAN METODE *LEAST SQUARE* UNTUK PERAMALAN KENAIKAN MUKA AIR LAUT MENGGUNAKAN DATA PASANG SURUT DI STASIUN ANCOL KOTA JAKARTA

Oleh

RINA INDRIANI

Kota Jakarta merupakan salah satu kota yang rentan terhadap kenaikan muka air laut. Wilayah Jakarta sebagian besar berada di bawah permukaan laut, dan sebagian besar daerahnya sudah mengalami penurunan tanah (*subsidence*) yang salah satunya disebabkan oleh pengeboran air tanah yang berlebihan. Kombinasi antara penurunan tanah dan kenaikan muka air laut membuat Jakarta semakin rentan terhadap banjir dan genangan air laut yang dapat berdampak pada tenggelamnya kota Jakarta.

Penelitian skripsi ini menganalisis *trend* perubahan kenaikan muka air laut Jakarta Utara menggunakan data pengamatan Pushidrosal dan dilakukan peramalan sebagai data pembandingan untuk mengetahui nilai korelasi keakuratannya. Data yang digunakan yaitu dengan panjang data 30 harian atau 720 jam selama 1 tahun terhitung dari bulan Juni sampai bulan November sebagai data peramalan dengan metode *least square*.

Hasil pengolahan metode *least square* diperoleh karakteristik pasang surut di Sekitar Perairan Ancol Jakarta adalah tipe pasut harian tunggal atau *Diurnal tide* dengan nilai *formzahl* rata-rata 3,3. Nilai HHWL tertinggi 254,6 cm, LLWL terendah 59,2 cm, dan rata-rata MSL sebesar 149,7 cm. Nilai *trend linier* pada periode tahun 2019 sampai 2022 bernilai negatif, ini menunjukkan bahwa muka air laut diperairan mengalami penurunan sebesar -1,549 cm/tahun dengan persamaan $y = -0,3262x + 156,41$. Nilai RMSE yang diperoleh sebesar 9,556 cm, dengan nilai koefisien korelasi sebesar 0,9334 cm. Hal ini menjelaskan bahwa metode *least square* dapat diterapkan untuk peramalan kenaikan muka air laut karena ada hubungan yang kuat antara data pengamatan dan peramalannya.

Kata Kunci : Ancol Jakarta, Metode *Least Square*, dan Pasang Surut

ABSTRACT

APPLICATION OF THE LEAST SQUARE METHOD FOR FORECASTING SEA LEVEL RISE USING TIDAL DATA AT JAKARTA CITY ANCOL STATION

By

RINA INDRIANI

The city of Jakarta is one of the cities that is vulnerable to sea level rise. Most of the Jakarta area is below sea level, and most of the area has experienced land subsidence caused by excessive groundwater drilling. The combination of land subsidence and sea level rise makes Jakarta increasingly vulnerable to flooding and sea water inundation which could result in the city of Jakarta sinking. This research analyzes the trend of changes in sea level rise in North Jakarta using Pushidrosal observation data and forecasting as comparative data to determine the accuracy of the correlation value. The data used is a data length of 30 days or 720 hours for 4 years, each year using 5 months of tidal data. Analysis of sea level rise using the Anfor program with the least squares method. The results of the processing of the least squares method showed that the tidal characteristics around Ancol Jakarta Waters are a single daily tide type or Diurnal tide with an average formzahl value of 3.3. The highest HHWL value was 254.6 cm, the lowest LLWL was 59.2 cm, and the average MSL was 149.7 cm. The linear trend value in the period 2019 to 2022 is negative, this shows that the sea level in the waters has decreased by -1.549 cm/year with the equation $y = -0.3262x + 156.41$. The RMSE accuracy value is 9.556 cm and the correlation result of sea level rise changes to the forecast is 0.9334, which based on the table of absolute magnitudes, the correlation relationship is said to be very good.

Keywords: Tidal, Sea Level Rise, Least Square Method and Ancol Jakarta

**PENERAPAN METODE *LEAST SQUARE* UNTUK PERAMALAN
KENAIKAN MUKA AIR LAUT MENGGUNAKAN DATA PASANG
SURUT DI STASIUN ANCOL KOTA JAKARTA**

Oleh

RINA INDRIANI

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**

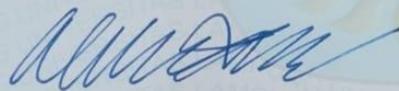
Judul Skripsi : PENERAPAN METODE *LEAST SQUARE*
UNTUK PERAMALAN KENAIKAN MUKA
AIR LAUT MENGGUNAKAN DATA PASANG
SURUT DI STASIUN ANCOL KOTA JAKARTA

Nama Mahasiswa : Rina Indriani
Nomor Pokok Mahasiswa : 1815013013
Program Studi : Teknik Geodesi dan Geomatika
Fakultas : Teknik

MENYETUJUI

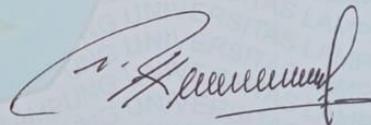
1. Komisi Pembimbing

Pembimbing 1



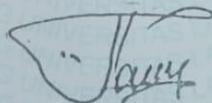
Ir. Ahmad Zakaria, M.T., Ph.D.
NIP 19670514 199303 1 002

Pembimbing 2



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

2. Ketua Jurusan Teknik Geodesi dan Geomatika

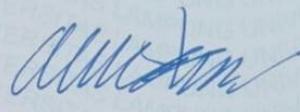


Ir. Fauzan Murdapa, M.T., IPM.
NIP 196410121992031002

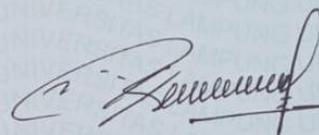
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

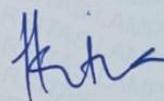
Ketua : Ir. Ahmad Zakaria, M.T., Ph.D.



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. ↘
NIP 1975092820011210002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 20 Juni 2024

PERNYATAAN KEASLIAN HASIL KARYA

Peneliti adalah **Rina Indriani** dengan NPM 1815013013 dengan ini menyatakan bahwa apa yang tertulis dalam Skripsi Skripsi yang berjudul "**Penerapan Metode *Least Square* Untuk Peramalan Kenaikan Muka Air Laut Menggunakan Data Pasang Surut di Stasiun Ancol Kota Jakarta**" ini adalah hasil karya peneliti berdasarkan pengetahuan dan informasi yang telah penulis dapatkan. Karya ilmiah ini berisi material yang dibuat sendiri dan dibimbing langsung oleh Dosen Pembimbing kesatu yaitu Ir. Ahmad Zakaria, M.T., Ph.D., dan Dosen Pembimbing kedua yaitu Romi Fadly, S.T., M.Eng., dengan hasil yang merujuk pada beberapa sumber seperti buku, jurnal, dan lain-lain yang telah dipublikasi sebelumnya dengan kata lain bukan hasil plagiat karya orang lain.

Demikian pernyataan ini penulis buat dengan keadaan sadar dan tidak dalam keterpaksaan, dan dapat dipertanggungjawabkan apabila di kemudian hari terdapat kecurangan dalam karya ini, maka penulis siap mempertanggungjawabkannya.

Bandar Lampung, 20 Juni 2023

Yang membuat pernyataan,



Rina Indriani
NPM 1815013013

RIWAYAT HIDUP



Peneliti lahir di kota Bandar Lampung pada tanggal 05 Mei 2000. Merupakan anak keempat dari lima bersaudara dari pasangan Bapak Indra Cahya dan Ibu Iriyani.

Peneliti memulai jenjang pendidikan dari SD Negeri 4 Penengahan pada tahun 2006 dan melanjutkan ke jenjang sekolah SMP Negeri 10 Bandar Lampung pada tahun 2012 hingga lulus pada tahun 2015. Kemudian melanjutkan ke SMA Negeri 9 Bandar Lampung dan lulus pada tahun 2018.

Peneliti terdaftar sebagai mahasiswa Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Geodesi dan Geomatika, Universitas Lampung melalui jalur Penerimaan Mahasiswa SBMPTN pada tahun 2018. Selama menjadi mahasiswa peneliti aktif di organisasi Fossi- FT sebagai anggota Hubungan Masyarakat (2019-2020) dan sebagai Sekretaris BSO-BBQ (2020-2021), UKM Kopma Unila sebagai anggota bidang usaha (2019-2020) dan BEM-FT sebagai anggota Porakresma (2020-2021). Pada tahun 2021 penulis melakukan Kerja Praktik di BPN Kota Bandar Lampung. Penulis juga telah melakukan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Kelurahan Campang Raya, Sukabumi, Kota Bandar Lampung selama 40 hari pada periode Januari – Februari 2022.

PERSEMBAHAN

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Alhamdulillahirabbil'alamin

Puji syukur kepada Allah SWT tuhan semesta alam dan atas dukungan dan do'a dari orang-orang tercinta, akhirnya skripsi ini dapat terselesaikan. Oleh karena itu, dengan rasa syukur dan bahagia saya persembahkan rasa terimakasih saya kepada:

Kedua orang tua mama dan bapak tercinta, abang Cepi, abang Riko, mbak ai dan adikku Renita serta semua keponakanku yang sangat kusayang terimakasih untuk doa, dukungan, dan semangat yang diberikan padaku selama ini. Indra's *family* adalah motivator terbesarku dalam menyelesaikan kuliah dan skripsi ini.

Tsabit shopi, A.Md.T terimakasih sudah sabar menanti.

Bapak/Ibu dosen Teknik Geodesi terkhusus kepada pembimbing Pak Ahmad Zakaria dan Pak Romi Fadly, serta penguji Ibu Citra Dewi, terimakasih untuk bimbingan dan saranya dalam menyelesaikan skripsi ini.

Alamamaterku tercinta Teknik Geodesi dan Geomatika Universitas Lampung atas kerjasamanya selama menempuh perkuliahan.

MOTTO

“Jangan pernah berharap jalan hidupmu akan seperti orang lain. Perjalanan hidupmu adalah sesuatu yang unik seperti dirimu”

“Kesalahan yang paling besar bukanlah kegagalan, tetapi berhenti dan menyerah sebelum merasakan keberhasilan”

*“ketetapan Allah pasti datang, maka janganlah kamu meminta agar dipercepat (datang)nya.”
(Q.S an-Nahl 1)*

*“Maka bersabarlah kamu, dengan sabr yang baik”
(Q.S Al-Ma'rij 5)*

SANWACANA

Syukur Alhamdulillah atas kehadiran Allah S.W.T karena atas rahmat dan hidayah-Nya sehingga peneliti dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Penerapan Metode *Least Square* Untuk Peramalan Kenaikan Muka Air Laut Menggunakan Data Pasang Surut Di Stasiun Ancol Kota Jakarta” sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana Teknik Geodesi dan Geomatika Fakultas Teknik Universitas Lampung. Peneliti mengucapkan terima kasih atas setiap bantuan, motivasi serta doa yang diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan studi pada jurusan Teknik Geodesi dan Geomatika Fakultas Teknik Universitas Lampung, terutama kepada :

1. Dr. Eng. Helmy Firiawan, S.T., M.Sc. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung.
2. Bapak Ir. Fauzan Murdapa, M.T,IPM. Selaku Ketua Jurusan Teknik Geodesi Geomatika.
3. Bapak Ir. Ahmad Zakaria, M.T., Ph.D., selaku dosen pembimbing I yang telah berkenan meluangkan waktu, tenaga dan pemikiran untuk membantu, membimbing, memotivasi dan mengarahkan penulis sehingga skripsi ini dapat diselesaikan.
4. Bapak Romi Fadly, S.T., M.Eng., selaku dosen pembimbing II yang telah berkenan meluangkan waktu, tenaga dan pemikiran untuk membantu, membimbing, memotivasi dan mengarahkan penulis sehingga skripsi ini dapat diselesaikan.
5. Ibu Citra Dewi S.T., M.Eng. selaku dosen penguji atas kesediannya untuk memberikan pengarahan saran dan masukan untuk penyempurnaan skripsi ini,
6. Bapak dan Ibu dosen Jurusan Teknik Geodesi dan Geomatika yang telah memberikan bekal ilmu yang tak ternilai harganya.
7. Seluruh staf administrasi /pegawai Universitas Lampung

8. Kedua orang tua ku, Ibu Iriyani dan Bapak Indra Cahya serta abang Chepi, abang Riko, mbak Rani, Renita dan keponakanku Kaira, Zifanka, Zidan, Felicia, Aruna dan Olla terimakasih selalu ada tak henti memberi dukungan untuk tetap semangat dan menjadi penyemangat dalam penyusunan skripsi.
9. Tunanganku Tsabit Shopi, A.Md.T. terimakasih sudah banyak berkontribusi dalam perjalanan perkuliahan hingga selesainya skripsi ini. Terimakasih sudah ada di hidupku, semoga selalu seperti ini dan mari tumbuh bersama.
10. Sahabatku Mizha Nur fitria, S.T. terimakasih atas semua cerita suka dan duka yang telah diberikan selama masa perkuliahan semoga menjadi pembelajaran untuk kita, terimakasih sudah bersedia selalu ada di sampingku.
11. Sahabatku sejak SMP Indah Junita Sari, A.Md.Farm. terimakasih sudah menjadi teman curhat yang selalu memberi semangat, motivasi serta dukungannya.
12. Sindy, Vika, Diah dan Rinaldo terimakasih sudah membantu dan tempat *sharing* pengetahuan selama perkuliahan maupun untuk penyelesaian skripsi.
13. Bajang Engineering dan Wanita Perkakas atas kebersamaanya serta keluarga besar Teknik Geodesi dan Geomatika angkatan 2018 yang telah menemani, membantu dan menjadi teman seperjuangan dalam meraih gelar sarjana.
14. Semua pihak yang telah memberikan bantuan dalam menyelesaikan skripsi ini.
15. Kepada diri saya sendiri Rina Indriani, S.T. selamat kamu berhasil, semangat untuk langkah selanjutnya.

Peneliti 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, 20 Juni 2023

Peneliti,

Rina Indriani

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL	xv
I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang dan Masalah.....	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Tujuan	3
1.4. Manfaat	3
1.5. Ruang Lingkup Penelitian.....	4
II. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Penelitian Terdahulu	5
2.2. Kondisi Umum Wilayah Penelitian	8
2.3. Metode <i>Least Square</i>	9
2.4. Pasang Surut.....	13
2.5. Elevasi Muka Air Laut Rencana	14
2.6. Peramalan Pasang Surut.....	15
2.7. Kenaikan Muka Air Laut	15
2.8. Metode <i>Regresi Linear</i>	16
2.9. Root Mean Square Error (RMSE).....	17
III. METODOLOGI PENELITIAN	17
3.1. Lokasi dan Waktu Penelitian	17
3.2. Data dan Peralatan	18
3.2.1. Data	18
3.2.2. Peralatan.....	18
3.3. Tahapan Penelitian	19
3.4. Pengumpulan Data	20
3.5. Pengolahan Data	20
3.5.1. Pengolahan Data Pasang Surut	20
3.5.2. Elevasi Muka Air Laut.....	22
3.5.3. Pengolahan Peramalan Pasang Surut	23
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	24
4.1. Komponen Harmonik Pasang Surut.....	24
4.2. Tipe Pasang Surut Perairan Ancol, Jakarta (2019 sampai 2022)	25

	xiv
4.3. Elevasi Muka Air Laut.....	26
4.4. Analisa <i>Trend Linear</i> Perubahan Muka Air Laut	27
4.4.1 Perhitungan Regresi Linear	27
4.5. Peramalan pasang Surut.....	30
4.6. Hasil Uji RMSE dan Koefisien Korelasi.....	37
V. KESIMPULAN DAN SARAN	41
5.1. Kesimpulan	41
5.2. Saran	41
DAFTAR PUSTAKA.....	43
LAMPIRAN A.....	48

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Penelitian Terdahulu	5
2. Penelitian Terdahulu (Lanjutan)	6
3. Komponen Harmonik Pasang Surut.....	11
4. Tipe Pasang Surut Berdasarkan Bilangan Formzahl.....	12
5. Hubungan Korelasi Besaran Mutlak	17
6. Komponen Harmonik.....	24
7. Tipe Pasang Surut	25
8. Elevasi muka air laut perairan Ancol, Jakarta data pengamatan	26
9. Nilai RMSE pasang surut Pushidrosal dan prediksi pasang surut.....	37

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Tipe Pasang.....	13
2. Lokasi Area Penelitian.....	17
3. Diagram Alir Penelitian.....	19
4. Diagram Alir Proses Penguraian Komponen Pasang Surut.....	20
5. Hasil Akhir Penguraian Komponen Pasang Surut Program Anfor.....	21
6. Diagram Alir Pengolahan Data Pasang Surut.....	22
7. Diagram Alir Elevasi Muka Air	23
8. Grafik Perubahan Muka Air Laut Jakarta.....	29
9. Elevasi Pemodelan Pasang Surut Bulan Juli Tahun 2019	30
10. Elevasi Pemodelan Pasang Surut Bulan Agustus Tahun 2019.....	30
11. Elevasi Pemodelan Pasang Surut Bulan September 2019	31
12. Elevasi Pemodelan Pasang Surut Bulan Oktober Tahun 2019.....	31
13. Elevasi Pemodelan Pasang Surut Bulan November Tahun 2019	31
14. Elevasi Peramalan Pasang Surut Bulan Juli Tahun 2020	32
15. Elevasi Peramalan Pasang Surut Bulan Agustus Tahun 2020.....	32
16. Elevasi Peramalan Pasang Surut Bulan September Tahun 2020.....	32
17. Elevasi Peramalan Pasang Surut Bulan Oktober Tahun 2020.....	33
18. Elevasi Peramalan Pasang Surut Bulan November Tahun 2020	33
19. Elevasi Peramalan Pasang Surut Bulan Juli Tahun 2021	33

20. Elevasi Peramalan Pasang Surut Bulan Agustus Tahun 2021	34
21. Elevasi Peramalan Pasang Surut Bulan September Tahun 2021	34
22. Elevasi Peramalan Pasang Surut Bulan Oktober Tahun 2021	34
23. Elevasi Peramalan Pasang Surut Bulan November Tahun 2021	35
24. Elevasi Peramalan Pasang Surut Bulan Juli Tahun 2022	35
25. Elevasi Peramalan Pasang Surut Bulan Agustus Tahun 2022	35
26. Elevasi Peramalan Pasang Surut Bulan September Tahun 2022	36
27. Elevasi Ramalan Pasang Surut Bulan Oktober Tahun 2022	36
28. Elevasi Peramalan Pasang Surut Bulan November Tahun 2022	36
29. Koefisien Korelasi Pemodelan tahun 2019	38
30. Koefisien Korelasi Peramalan tahun 2020	38
31. Koefisien Korelasi Peramalan tahun 2021	38
32. Koefisien Korelasi Peramalan tahun 2022	39

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang dan Masalah

Kota Jakarta merupakan salah satu kota yang rentan terhadap kenaikan muka air laut. Kenaikan permukaan laut adalah salah satu dampak perubahan iklim global yang paling nyata dan mengkhawatirkan saat ini. Fenomena ini telah menyebabkan perubahan signifikan pada kondisi lingkungan pesisir di seluruh dunia, termasuk di DKI Jakarta. Dampak kenaikan muka air laut dan penurunan permukaan tanah di Jakarta sangat jelas dan merusak (Wahyudi et al., 2009). Banjir yang semakin sering dan intensif telah menghantam wilayah ini, mengakibatkan kerugian besar dalam hal ekonomi, infrastruktur, dan kesejahteraan masyarakat. Rumah-rumah terendam air, jalan-jalan menjadi tak bisa dilalui, dan kerusakan terjadi di berbagai fasilitas kota. Kondisi Jakarta sebagai ibu kota negara Indonesia memiliki tingkat pertumbuhan penduduk yang tinggi dan berpengaruh terhadap pembangunan bangunan-bangunan besar serta terus menerus pengambilan penggunaan air dari tanah yang tereksploitasi secara berlebihan (Latifah et al., 2022).

Kenaikan muka air laut yang terus menerus serta penurunan permukaan tanah akibat bangunan-bangunan berat yang tidak terawat, dan pemanfaatan air tanah yang tidak tepat akan berdampak besar terhadap banjir yang akan berdampak serius pada runtuhnya kota Jakarta (Utami, 2023). Proses pembangunan yang begitu pesat di daratan Jakarta memberikan ancaman penurunan muka tanah (*land subsidence*) yang signifikan. Penelitian (Abidin et al., 2004) menunjukkan bahwa Jakarta mengalami penurunan muka tanah maksimum sebesar 34,2 cm/ tahun berdasarkan data pengamatan GPS periode 2000 - 2001 di titik *Daan Mogot*, dan berdasarkan pengukuran *gravity* tahun 2009-2010 mengkonfirmasi penurunan muka tanah di wilayah DKI Jakarta maksimum 14,4 cm/tahun.

Pemerintah Jakarta telah melakukan berbagai upaya untuk mengatasi masalah ini, termasuk pembangunan tanggul laut, normalisasi sungai, serta program penghijauan dan pelestarian lingkungan. Tantangan ini tetap besar dan memerlukan kerja sama semua pihak untuk menemukan solusi jangka panjang yang berkelanjutan (Saputra, 2023). Hasil penelitian *Nature Communication* yang dipublikasikan pada 29 Oktober 2019 menuturkan bahwa beberapa negara, salah satunya Indonesia akan tenggelam pada 2050 mendatang. Penelitian (Karlina, 2020) membahas tentang naiknya permukaan air laut yang membuat perubahan garis pantai akibat masalah perubahan iklim. Perubahan iklim terjadi akibat faktor alam dan manusia. Perubahan iklim yang disoroti adalah meningkatnya permukaan air laut akibat pemanasan global yang membuat gunung es di kutub utara mencair yang berimbas salah satunya pada perubahan garis pantai dan tenggelamnya pulau-pulau di daerah kepulauan seperti Jakarta (Yusuf, 2023).

Joe Biden menyampaikan dalam pidatonya di Kantor Direktur Intelijen Nasional, AS pada hari Selasa, 27 Juli 2021 bahwa “apa yang terjadi di Indonesia jika prediksinya benar dalam 10 tahun ke depan, mereka mungkin harus memindahkan ibu kotanya karena akan tenggelam“, dapat disimpulkan bahwa masalah ini bukan hanya masalah kota Jakarta namun, masalah yang mengancam bumi secara keseluruhan. Prediksi tenggelamnya Jakarta sudah mendapatkan perhatian Internasional perlu menjadi masalah serius yang perlu ditangani dengan baik oleh pemerintah pusat dan daerah dengan mengupayakan berbagai kebijakan dan program yang relevan dengan persoalan tersebut.

Penelitian ini dilakukan analisa menggunakan data pasang surut pada tahun 2019, 2020, 2021, dan 2022 di stasiun Ancol yang terletak di Jakarta Utara menggunakan metode *least square*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui serta melihat *trend* perubahan kenaikan muka laut menggunakan data pasang surut Ancol yang terletak di Jakarta Utara Pada tahun 2019 sampai tahun 2022. Metode *Least Square* dapat melakukan pengukuran perubahan kedudukan permukaan air laut dalam jangka panjang yang dapat menghasilkan peramalan pasang surut (Setyawan et al., 2015).

1. 2. Rumusan Masalah

Penelitian yang dilakukan oleh (Utami, 2023) menyatakan bahwa wilayah Jakarta sebagian besar berada di bawah permukaan laut, dan sebagian besar daerahnya sudah mengalami penurunan tanah (*subsidence*) yang disebabkan oleh pengeboran air tanah yang berlebihan. Kombinasi antara penurunan tanah dan kenaikan muka air laut membuat Jakarta semakin rentan terhadap banjir dan genangan air laut yang dapat berdampak pada tenggelamnya kota Jakarta, sehingga diperlukan penelitian lebih lanjut untuk memantau peramalan kenaikan muka air laut. Berdasarkan masalah yang terjadi di Jakarta maka dapat dikemukakan pokok-pokok rumusan masalah yang akan dibahas dalam skripsi ini, yaitu:

1. Bagaimana *trend* kenaikan muka air laut di wilayah perairan Jakarta Utara pada tahun 2019-2022 berdasarkan hasil peramalan menggunakan data pengamatan Pushidrosal TNI AL?
2. Bagaimana korelasi kenaikan muka air laut terhadap peramalannya menggunakan metode *least square*?

1.3. Tujuan

Tujuan penelitian berdasarkan rumusan masalah diatas adalah

1. Mengetahui trend kenaikan muka air laut di wilayah perairan Jakarta Utara pada tahun 2019-2022 berdasarkan peramalan menggunakan metode *Least Square*.
2. Mengidentifikasi perhitungan nilai koefisien kenaikan pasang surut dengan metode *least square*.

1.4. Manfaat

Pelaksanaan peramalan pasang surut dan kenaikan muka air laut berguna untuk merencanakan mitigasi dan adaptasi terhadap dampak kenaikan muka air laut di Jakarta merupakan salah satu upaya yang dapat dilakukan. Peramalan ini membantu pemerintah dan masyarakat untuk mengambil tindakan proaktif dalam melindungi kota dari risiko tenggelam akibat kenaikan muka air laut. Peramalan pasang surut juga bermanfaat untuk mendapatkan informasi terbaru terkait *trend* perubahan

kenaikan muka air laut secara efektif dan efisien selama periode tahun 2019 sampai dengan tahun 2022 di perairan Jakarta Utara. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat membantu pemerintah atau instansi terkait untuk mengantisipasi dampak kenaikan muka air laut pada daerah terdampak serta penanggulangannya.

1.5. Ruang Lingkup Penelitian

Penelitian ini memiliki cakupan ruang lingkup permasalahan yang dibatasi oleh hal-hal sebagai berikut:

1. Data yang digunakan sebagai analisa adalah data jam-jaman yang merupakan data sekunder pada bulan Juli, Agustus, September, Oktober dan November dalam kurun waktu 4 tahun (2019 sampai dengan 2022) .
2. Data pasang surut yang digunakan berasal dari Pusat Hidrografi dan Oseanografi TNI Angkatan Laut (Pushidrosal) pada wilayah stasiun Ancol, Jakarta Utara.
3. Analisa pasang surut menggunakan Metode *Least Square* dengan bantuan *software Anfor* dan *Microsoft Excel*.

1.6. Kerangka Pemikiran

Pasang surut merupakan peristiwa alam yang berkaitan dengan naik turunnya permukaan air laut, yang terjadi berulang-ulang dan teratur akibat tarikan gravitasi benda-benda di langit, terutama bulan dan matahari, pada sebagian besar air laut di Bumi (Wijaya & Yanuar, 2021). Karakteristik dan prakiraan pasang surut dapat ditentukan dengan menghitung data amplitudo dan perbedaan fasa yang membentuk komponen pasang surut. Tujuan peramalan pasut untuk mendapatkan informasi tentang kenaikan muka air laut di masa depan pada waktu dan lokasi tertentu. Tujuan dari penelitian ini adalah memprediksi pasang surut dan menkorelasikan peramalan dengan data pengamatan menggunakan metode *least square*. Hasil penelitian ini diharapkan dapat digunakan dalam perencanaan dan pengembangan wilayah perairan secara optimal dan berkelanjutan untuk kegiatan pelayaran, pelabuhan, angkutan laut dan pariwisata. Informasi tentang prakiraan kenaikan permukaan laut dapat digunakan untuk memperkirakan potensi kerusakan.

1.7. Hipotesis

Berdasarkan referensi dan penelitian terdahulu yang diperoleh dari studi literatur, penulis menduga bahwa metode least square dapat digunakan untuk peramalan pasang surut. Penulis menduga bahwa akan terjadi kenaikan pasang surut sebesar 0,13-1,42 cm setiap bulannya diperairan Teluk Jakarta (Afifah et al., 2017) berdasarkan penelitian terdahulu.

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 peneliti. 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
Rais et al., 2022	Model Prediksi Kenaikan Permukaan Air Laut Menggunakan Data Satelit Altimery Jason-1 dengan pendekatan Algoritma Long-Short Term Memory (Studi Kasus: Teluk Jakarta)	Algoritma Long-Short Term Memory (LSTM)	Hasilnya menunjukkan bahwa akan terjadi kenaikan maksimum sebesar 140 centimeter pada 2040 dengan area terdampak sebesar 6144,2 ha. Teluk Jakarta dalam jangka waktu 1992 - 2020 relative fluktuatif dengan trend cenderung naik setiap 5 tahun sekali
Khomsin, 2014 (Teknik Geomatika, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS))	Analisa Sea Level Rise Perairan Indonesia Menggunakan Data Satelit Altimetri Jason-2 Tahun 2009-2012	Data GDR (Geophysical Data Record) dari satelit Jason-2 tahun 2009-2012 dengan menggunakan perangkat lunak BRAT (Basic Radar Altimetry Toolbox) Metode Regresi Linear	Penelitian kenaikan muka air laut dilakukan pada perairan Indonesia dalam kurun waktu 4 tahun (2009-2012) dengan mengambil 20 titik pengamatan. Terdapat 12 titik yang mengalami kenaikan dengan kenaikan terbesar mencapai 12 mm/tahun yaitu di titik Samudera Pasifik tepatnya sebelah utara Papua Barat, sedangkan kenaikan muka air laut terkecil terjadi pada

Tabel 2. Penelitian terdahulu (lanjutan)

Peneliti	Judul	Metode	Hasil
			titik Selat Makassar dengan kenaikan sebesar 0,587 mm/tahun.
Effendi et al., 2017 (Universitas Diponegoro)	Peramalan Pasang Surut Di Sekitar Perairan Tempat Pelelangan Ikan (Tpi) Banyutowo, Kabupaten Pati, Jawa Tengah	Menggunakan Metode Admiralty dengan bantuan software World Tides dan MIKE 21	Hasil penelitian diketahui karakteristik pasang surut di Sekitar Perairan TPI Banyutowo adalah tipe pasut tunggal atau Diurnal dengan nilai formzahl 5,17. Nilai HHWL sebesar 247 cm, LLWL sebesar 115 cm, dan MSL sebesar 181 cm. Peramalan pasang surut memiliki nilai MRE sebesar 2,492% untuk World Tides, dan 20,277% untuk MIKE 21. Serta elevasi lantai dermaga TPI Banyutowo adalah sebesar 3,652 m.
Prayogo, 2021 (Teknik Geomatika, Universitas Gadjah Mada)	Analisis Kenaikan Muka Air Laut di Perairan Kalianget Kabupaten Sumenep Tahun 2000-2020.	Metode Least Square menggunakan data dari Badan Informasi Geospasial (BIG) dan satelit altimetri pada Pusat Jaring Kontrol Geodesi dan Geodinamika	Perhitungan data pasang surut menunjukkan bahwa tipe pasang surut Campuran, cenderung ke harian ganda ($0.25 < F < 1.5$). Kenaikan muka air laut berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan menunjukkan bahwa rata-rata setiap tahunnya perairan Kalianget Kabupaten Sumenep mengalami kenaikan sebesar 0.724 mm/ tahun. Sehingga akumulasi kenaikan muka air laut selama 20 tahun di perairan 14,488 mm.
Rina Indriani, 2023 (Teknik Geodesi dan Geomatika Universitas Lampung)	Penerapan Metode <i>Least Square</i> Untuk Peramalan Perubahan Muka Air Laut Menggunakan Data Pasang Surut Di Stasiun Ancol Kota Jakarta	Metode <i>Least Square</i> dengan program Anfor	Hasil yang akan diperoleh penelitian ini berupa <i>trend</i> kenaikan muka air laut dan koefisien korelasi antara kenaikan muka air laut dan peramalannya.

Menurut (Rais et al., 2022) dalam penelitiannya yang berjudul Model Prediksi Kenaikan Permukaan Air Laut Menggunakan Data Satelit Altimery Jason-1 dengan pendekatan *Algoritma Long-Short Term Memory* (Studi Kasus: Teluk Jakarta). Tidak hanya wilayah pesisir yang terancam oleh kenaikan muka air laut nantinya pulaupulau kecil yang menjadi habitat dan nursery ground bagi bermacam-macam organisme laut pun ikut terancam oleh naiknya permukaan air laut. Pada umumnya kenaikan permukaan air laut atau *sea level rise* merupakan dampak dari pemanasan global yang sedang terjadi saat ini. Selain itu variable perubahan iklim dapat

memperbesar kemungkinan serta intensitas berbagai macam bencana atau fenomena alam seperti storm surge, curah hujan yang tinggi, La-Niña, El-Nino, *Madden-Julian Oscillation* serta perubahan *mean sea level* (MSL) yang dapat menyebabkan banjir di wilayah pesisir Jakarta

(Khomsin, 2014) melakukan penelitian terkait *sea level rise* pada 20 titik perairan Indonesia menggunakan data satelit Jason-2 dalam kurun waktu 2009 sampai 2012. Penelitian ini juga dilakukan analisa *sea level rise* di perairan Indonesia sehingga bisa diketahui perubahan serta kecenderungan kenaikan muka air laut selama kurun waktu 2009-2012. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa nilai SLA tertinggi terjadi pada bulan Januari 2011 sebesar 0,229 m dan nilai SLA terendah pada bulan September 2011 sebesar -0,030 m. Kenaikan muka air laut terbesar berada di daerah sebelah utara Papua Barat tepatnya di Samudra Pasifik, dengan kenaikan mencapai 12 mm/ tahun. Sedangkan untuk daerah yang mengalami kenaikan terkecil berada di perairan Selat Makassar dengan kenaikan sebesar 0,587 mm/ tahun. Titik yang mengalami penurunan muka air laut terbesar berada di perairan sebelah utara Pulau Sumbawa dengan penurunan sebesar 7,05 mm/ tahun pada periode tahun 2009-2012.

Penelitian yang dilakukan oleh (Effendi et al., 2017) yang berjudul Peramalan Pasang Surut di Sekitar Perairan Tempat Pelelangan Ikan (Tpi) Banyutowo, Kabupaten Pati, Jawa Tengah . Hasil penelitian dengan menggunakan metode *admiralty* diperoleh karakteristik pasang surut di sekitar perairan TPI Banyutowo adalah tipe pasut harian tunggal atau *diurna tide* dengan nilai formzahl 5,17. Nilai HHWL, LLWL, dan MSL sudah dikoreksi dengan pasang surut Tuban dari BIG yaitu HHWL sebesar 247 cm, LLWL sebesar 115 cm, dan MSL sebesar 181 cm. Peramalan pasang surut menggunakan *World Tides* dan MIKE 21 memiliki nilai MRE sebesar 2,492% untuk *World Tides*, dan 20,277% untuk MIKE 21. Serta elevasi lantai dermaga TPI Banyutowo adalah sebesar 3,652 m.

(Prayogo, 2021) juga pernah melakukan studi pengamatan laut berjudul “Analisis kenaikan muka air laut di perairan Kalianget Kabupaten Sumenep Tahun 2000-

2020” yang bertujuan untuk melakukan studi kenaikan muka air laut di perairan Kalianget. Hasil penelitian Kabupaten Sumenep menunjukkan tipe pasang surut campuran, cenderung ke harian ganda ($0.25 < F$). Kenaikan muka air laut bahwa rata-rata setiap tahunnya perairan Kalianget Kabupaten Sumenep mengalami kenaikan sebesar 0.724 mm/ tahun. Hasil akhir akumulasi kenaikan muka air laut selama 20 tahun di perairan Kalianget Kabupaten Sumenep sebesar 14,488 mm.

Penelitian yang peneliti lakukan ini tidak hanya untuk mengetahui perubahan muka air lautnya saja namun dihitung *trend* perubahannya dan peramalan elevasi yang terjadi di perairan Ancol, Jakarta Utara yang diperoleh dari Pushidrosal selama 4 tahun terakhir. Hasil yang akan diperoleh penelitian ini berupa *trend* kenaikan muka air laut dan koefisien korelasi antara kenaikan muka air laut dan peramalannya, 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

Kota Administrasi Jakarta Utara terbagi atas 6 kecamatan dan 31 kelurahan dengan panjang garis pantai dari barat ke timur sekitar 35 km dan total luas wilayah sekitar 139,5 km². Jakarta Utara merupakan wilayah dataran rendah dengan ketinggian 0 sampai 20 m di atas permukaan laut, namun terdapat beberapa wilayah yang berada pada ketinggian 1 – 1,5 m di bawah muka laut pasang. Daerah Jakarta Utara berbatasan dengan Laut Jawa di bagian utara; wilayah Jakarta Barat, Jakarta Pusat dan Jakarta Timur di bagian selatan; Kabupaten Tangerang dan Jakarta Barat di bagian barat; dan wilayah Jakarta Timur dan Kabupaten Bekasi di bagian timur (Statistik Sektor Provinsi Dki Jakarta, 2020). Klasifikasi (Wahyudi et al., 2009)

wilayah pesisir Jakarta Utara berada pada kelas kerentanan tinggi dan sangat tinggi. Tingginya tingkat kerentanan wilayah pesisir Jakarta Utara perlu mendapatkan perhatian karena berpotensi mengalami kerusakan yang sangat besar jika tidak dilakukan pengelolaan, mitigasi, dan adaptasi pada kenaikan muka air laut.

2.3. Metode *Least Square*

Metode *Least Square* merupakan salah satu metode pengolahan data pasang surut yang digunakan untuk menganalisa komponen pasut dengan perhitungan rerataan kuadrat terkecil, amplitudo dan fase komponen dari persamaan harmonik pasut dalam jangka waktu tertentu (Supriyono et al., 2015) . Metode *least square* merupakan metode perhitungan pasut di mana metode ini berusaha membuat garis yang mempunyai jumlah selisih (jarak vertikal) antara data dengan regresi yang terkecil (Ferdiansyah, 2019).

Menurut Pariwono (1989) dalam (Supriyadi et al., 2019) menyatakan bahwa metode ini efektif digunakan untuk menghitung pasang surut karena menghasilkan sembilan komponen beserta elevasinya. Komponen tersebut berguna untuk mengetahui seberapa besar perbedaan dari nilai komponen dan perbedaan tipe pasang surut. Perhitungan metode *least square* dilakukan dengan mengabaikan faktor meteorologis dapat diturunkan persamaan (Ongkosongo, 1989) dalam (Miftakhul Ulum, 2013).

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

dengan :

$\eta(t)$ = elevasi pasang surut fungsi dari waktu

A_i = Amplitudo komponen ke-i

$\omega_i = T_i/2\pi$, T_i = Periode komponen ke-i

P_i = fase komponen ke- i

S_0 = duduk tengah (*mean sea level*)

t = waktu

N = jumlah komponen

Nilai A_i dan B_i adalah konstanta harmonik komponen ke- i , k adalah bilangan dari komponen yang akan ditentukan, dan t_n adalah waktu pengamatan. Menggunakan metode *least square*, data pengamatan dipecahkan menjadi *time series* dengan mengabaikan suku yang dipengaruhi oleh faktor meteorologi (sso) (Arizona, 2015). Kelebihan metode *Least square* menghasilkan analisis pasut yang lebih teliti dan memperoleh nilai amplitudo dan fase yang lebih baik karena pendekatan ini bekerja dengan input data pasut yang lebih panjang (Supriyono et al., 2015). Pengolahan menggunakan metode *Least Square* data pasang surut diolah dengan menggunakan program ANFOR, program yang dibuat dengan menggunakan teori Fourier. Program ANFOR merupakan program yang dapat dijalankan baik di Win32 *operating system* maupun *under linux* (Zakaria, 2005).

2.4. Pasang Surut

Pasang surut laut merupakan kejadian proses naik dan turunnya permukaan laut karena adanya pengaruh gaya dari benda-benda langit terutama oleh adanya gaya tarik menarik matahari dan bulan terhadap massa air di bumi (Aulia, 2022). Fenomena ini dapat diprediksi dan dihitung karena terjadi secara periodik (Rosida et al., 2022). Secara umum pasut di satu tempat dapat berbeda dengan tempat lain karena perbedaan kedalaman dan luas perairan, gesekan dasar (*bottom friction*), dan pengaruh rotasi bumi yang berefek pada gaya-gaya gravitasi. Gaya gravitasi disini merupakan tarik menarik antara bumi, bulan dan matahari yang disebut gaya-gaya penggerak pasut (GPP) (Dhamayanti, 2015). Fluktuasi muka air laut dapat diperkirakan dari nilai konstanta harmonik GPP di wilayah penelitian dengan metode analisis harmonik tertentu (Sudirman, Adibrata., 2007).

Metode analisa harmonik yang digunakan pada penelitian ini adalah metode *Least Square* menggunakan program Anfor. Metode *Least square* merupakan metode perhitungan pasang surut yang digunakan untuk menghitung dua komponen harmonik yaitu amplitudo dan keterlambatan fase. Analisis harmonik pasang surut bertujuan untuk memperoleh komponen harmonik pasang surut berupa nilai amplitudo dan fase dari data hasil pengamatan. Nilai komponen harmonik tersebut

selanjutnya dapat digunakan untuk memperoleh jenis pasang surut serta elevasi muka air pada daerah pengamatan. Perhitungan komponen pasut dilakukan menggunakan *software Microsoft Excel*, dengan metode *Least Square*. Komponen harmonik kemudian dikelompokkan ke dalam tiga komponen, yaitu tengah harian (*semi diurnal*), harian (*diurnal*), dan periode panjang (Yulieth dan Rafael, 2020). Berikut adalah tabel komponen pasang surut air laut:

Tabel 3. Komponen Harmonik 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>)	K_1	15,04	23,94
	-Luni-solar diurnal	O_1	13,94	25,82
	-Principal lunar diurnal	P_1	14,96	24,06
	-Principal solar diurnal	Q_1	13,40	26,87
	-Large lunar elliptic			
3.	Periode Panjang (<i>long-period</i>)	M_f	1,1	327,86
	-Lunar fortnightly	M_m	0,54	661,31
	-Lunar monthly	S_{sa}	0,08	4382,80
	-Solar semi-diurnal	M_4	57,97	6,21
	Komponen Laut Dangkal	MS_4	58,98	6,10

(Sumber : Zakaria, 2009)

Keterangan :

M_2 = Konstanta harmonik bulan

S_2 = Konstanta harmonik matahari

N_2 = Konstanta harmonik transformasi jarak bulan

K_2 = Konstanta harmonik transformasi jarak matahari

O_1 = Konstanta harmonik deklinasi bulan

P_1 = Konstanta harmonik deklinasi matahari

K_1 = Konstanta harmonik deklinasi bulan dan matahari

MS_4 = Konstanta harmonik interaksi antara S_2 dan M_2

M_4 = Konstanta harmonik ganda M_2

Hasil dari pengolahan dapat diperoleh berupa komponen harmonik yang akan dilanjutkan dengan analisa data dengan menggunakan bilangan Formzhal yakni perbandingan antara amplitudo komponen tunggal dengan komponen berganda. Hasil perhitungan bilangan Formzhal ini akan diketahui tipe pasang surut di wilayah kajian. Menurut (Wyrcki, 1961) dalam (Khairunnisa et al., 2021), ada empat tipe pasut yang dapat diketahui (gambar 1), berikut merupakan persamaan 1 bilangan Formzhal :

$$F = \frac{O_1 + K_1}{M_2 + S_2} \quad (2)$$

Keterangan :

F = Bilangan *formzahl*.

O_1 = Amplitudo komponen pasut 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

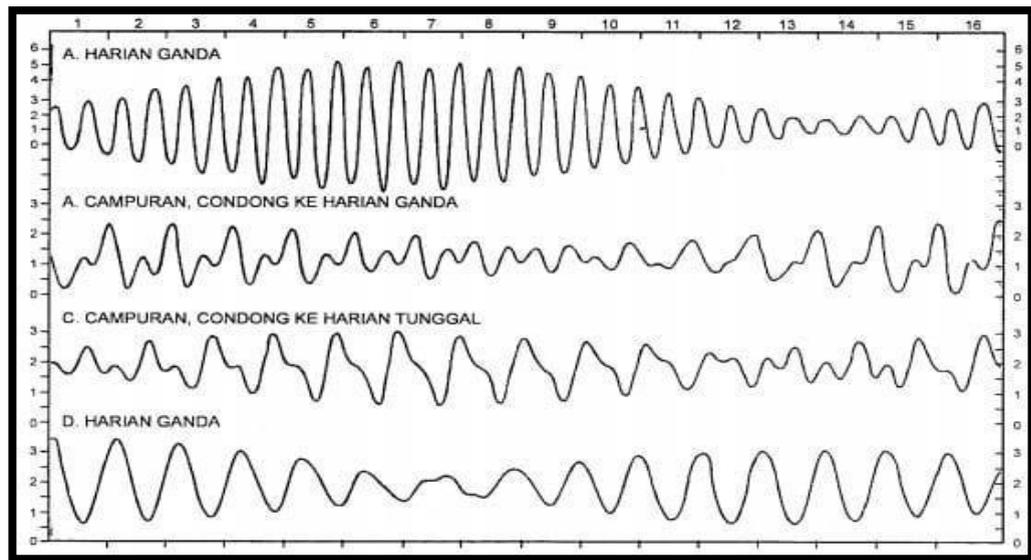
Bilangan *Formzahl* memiliki nilai untuk setiap tipe pasang surut suatu wilayah, ketentuan tipe pasang surut berdasarkan bilangan Formzahl tersaji pada tabel dibawah ini.

Tabel 4. Tipe Pasang Surut Berdasarkan Bilangan Formzahl.

Nilai Formzhal	Tipe Pasang Surut	Keterangan
$F \leq 0,25$	Harian Ganda (<i>Semidiurnal</i>)	<ul style="list-style-type: none"> Dalam sehari terjadi dua kali pasang dan dua kali surut. Bentuk gelombang simetris.
$0,25 < F \leq 1,5$	Campuran condong harian ganda	<ul style="list-style-type: none"> Dalam sehari terjadi dua kali pasang dan dua kali surut
$1,5 < F \leq 3$	Campuran condong harian Tunggal	<ul style="list-style-type: none"> Dalam sehari terjadi dua kali pasang dan dua kali surut. Bentuk gelombang pasang pertama tidak sama dengan gelombang pasang kedua (asimetris) dengan bentuk condong diurnal
$F > 3$	Harian Tunggal	<ul style="list-style-type: none"> Dalam sehari terjadi sekali pasang dan sekali surut.

(Sumber :Dhamayanti, 2016)

Hasil perhitungan bilangan Formzahl ini akan diketahui tipe pasang surut pada suatu perairan. Pada gambar 1 dibawah ini merupakan gambar tipe pasang surut. Tipe pasang surut suatu perairan dapat ditentukan dengan dua metode yaitu dengan melihat grafik pasang surut dan menghitung nilai bilangan *formzahl* (Bonauli et al., 2016). Tipe pasang surut berdasarkan bilangan *formzahl* dibagi menjadi empat:



Gambar 1. Tipe pasang (sumber: wyrcki, 1961)

1. Pasang surut harian tunggal (*Diurnal Tide*)
Merupakan pasut yang hanya terjadi satu kali pasang dan satu kali surut dalam satu hari. Biasanya terjadi di laut sekitar katulistiwa. Contoh : perairan di sekitar Selat Karimata dan Perairan antara Sumatera dan Kalimantan.
2. Pasang surut harian ganda (*Semidiurnal Tide*)
Merupakan pasut yang terjadi dua kali pasang dan dua kali surut yang tingginya hampir sama dalam satu hari. Contoh : perairan Selat Malaka.
3. Pasang surut campuran condong harian tunggal (*Mixed Tide Prevailing Diurnal*)
Merupakan pasut yang tiap harinya terjadi satu kali pasang dan satu kali surut tetapi terkadang dengan dua kali pasang dan dua kali surut yang sangat berbeda dalam tinggi dan waktunya. Contoh : perairan di Indonesia bagian Timur.
4. Pasang surut campuran condong harian ganda (*Mixed Tide Prevailing Semidiurnal*)

Merupakan pasut yang terjadi dua kali pasang dan dua kali surut dalam sehari tetapi terkadang terjadi satu kali pasang dan satu kali surut dengan memiliki tinggi dan waktu yang berbeda.

2.5. Elevasi Muka Air Laut Rencana

Elevasi yang cukup penting yaitu muka air tinggi tertinggi (HHWL) dan muka air rendah terendah (LLWL). Muka air tinggi tertinggi sangat diperlukan untuk perencanaan bangunan pantai, sedangkan muka air rendah terendah sangat diperlukan untuk perencanaan pembangunan pelabuhan (Kresteva et al., 2020). Elevasi muka air rencana dapat ditentukan menggunakan komponen komponen pasang surut yang didapat dari perhitungan analisa pasang surut dengan metode *least square* di atas, berikut penentuan *elevasi* muka air rencana.

Parameter elevasi juga dihitung dengan rumus persamaan dibawah ini sebagai berikut (Wulansari et al., 2015) :

- a. *Mean Sea Level* (MSL)

$$\text{MSL} = S_0 \dots\dots\dots (3)$$

- b. *Lowest Low Water Level* (LLWL)

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

- c. *Highest High Water Level* (HHWL)

$$\text{HHWL} = AS_0 + A(M_2 + S_2 + K_1 + O_1 + P_1 + K_2) \dots\dots\dots (5)$$

2.6. Peramalan Pasang Surut

Peramalan pasang surut merupakan suatu teknik perhitungan untuk meramal pasang surut di suatu daerah pada waktu tertentu. Gaya tarik bumi dan benda langit (bulan dan matahari), gaya gravitasi bumi, perputaran bumi pada sumbunya dan perputaran bumi mengelilingi matahari menimbulkan pergeseran air laut, salah satu akibatnya adalah terjadinya pasang surut laut (Ayu, 2015). Fenomena alam tersebut merupakan gerakan periodik, maka pasang surut yang ditimbulkan dapat dihitung dan diprediksikan (Kresteva et al., 2020). Peramalan pasang surut dengan metode *Least Square* dilakukan untuk melihat *trend* perubahan muka air laut dimulai dari

tahun 2019 sampai tahun 2022 dengan bulan yang sama yaitu Juli, Agustus, September, Oktober, dan November. Diperoleh nilai MSL, LLWL dan HHWL selama 4 tahun. Perbedaan nilai elevasi pasang surut ini disebabkan oleh faktor astronomis gaya tarik matahari, bumi dan bulan yang berubah secara (Valerina et al., 2017).

2.7. Kenaikan Muka Air Laut

Wilayah yang memiliki elevasi permukaan tanah yang rendah sangat rentan tergenang apabila terjadi kenaikan muka air laut. Setiap tahunnya, Jakarta mengalami bencana banjir terutama ketika musim hujan atau curah hujan tinggi dalam waktu yang lama (Supriyono et al., 2015). Menurut Kepala Pusat Jaring Kontrol Geodesi dan Geodinamika Badan Informasi Geospasial (BIG) Gatot H Pramono, 30% kenaikan muka air laut dipengaruhi oleh perubahan iklim, 30% karena mencairnya es dan 40% akibat penurunan tanah. Tanpa memperhitungkan penurunan tanah, kenaikan muka air laut pada tahun 2010 sampai 2015 mencapai 4,4 milimeter per tahunnya (Audiena et al., 2023).

Kenaikan muka air laut merupakan salah satu faktor utama yang berkontribusi terhadap masalah tenggelamnya kota Jakarta. Peningkatan tinggi permukaan air laut disebabkan oleh pemanasan global yang menyebabkan pencairan es di kutub, serta ekspansi termal air laut akibat peningkatan suhu global (Tinata, 2023). Kenaikan muka air laut menyebabkan tekanan air laut semakin besar pada wilayah pesisir, termasuk Jakarta. Dampak yang ditimbulkan yaitu air laut mulai masuk ke daratan, terutama saat pasang laut atau ketika terjadi banjir akibat hujan. Hal ini menyebabkan genangan air laut di beberapa daerah kota Jakarta, bahkan hingga menyebabkan kerusakan pada infrastruktur dan pemukiman penduduk (Dasanto et al., 2022). Upaya untuk mengatasi dampak kenaikan muka air laut, perlu dilakukan berbagai cara adaptasi dan mitigasi seperti pembangunan tanggul laut, peningkatan sistem drainase, penghijauan, serta upaya-upaya untuk mengurangi emisi gas rumah kaca yang menjadi penyebab utama pemanasan global (Utami, 2023).

2.8. Metode *Regresi Linear*

Metode Regresi Linear adalah suatu teknik statistik yang digunakan untuk memodelkan hubungan antara satu atau lebih variabel independen (variabel prediktor atau variabel X) dengan suatu variabel dependen (variabel respons atau variabel Y). Tujuannya adalah untuk menemukan garis lurus terbaik yang meminimalkan selisih antara nilai prediksi (yang dihasilkan oleh garis regresi) dan nilai observasi yang sebenarnya. Metode regresi linear umumnya diterapkan dalam dua dimensi (yaitu, regresi linear sederhana) atau dalam banyak dimensi (yaitu, regresi linear berganda). Regresi linear sederhana, terdapat satu variabel independen dan satu variabel dependen, sementara dalam regresi linear berganda, terdapat lebih dari satu variabel independen (Djauhari, 2019). Persamaan umumnya adalah:

$$Y = a + bX \quad (5)$$

Dimana :

Y : nilai ramalan periode ke-t

a : konstanta

b : koefisien regresi (kemiringan), merupakan tingkat perubahan

x : indeks waktu (t=1, 2, 3, ..., n); n adalah banyaknya periode waktu

Persamaan untuk mendapatkan nilai a dan b adalah (Husdi dan Lasena, 2020):

$$a = \frac{(\sum y)(\sum x^2) - (\sum x) \sum xy}{n \sum x^2 - (\sum x)^2} \quad (6)$$

$$b = \frac{n(\sum xy) - (\sum x)(\sum y)}{n(\sum x^2) - (\sum x)^2} \quad (7)$$

Keterangan :

X : rata-rata variable t (waktu)

Y : rata-rata variable y (tinggi muka laut)

2.9. Root Mean Square Error (RMSE)

Perhitungan tingkat kesalahan bertujuan untuk mengetahui seberapa besar perbedaan data model prediksi dengan data pengamatan. Perhitungan tingkat kesalahan pada penelitian ini menggunakan persamaan *Root Mean Square Error* (RMSE). RMSE pada penelitian ini adalah nilai tingkat kesalahan mode prediksi pasang surut terhadap data pengamatan. Semakin mendekati nilai nol (0) nilai RMSE maka hasil elevasi model prediksi semakin akurat. Perhitungan nilai RMSE dihitung dengan menggunakan rumus pada persamaan 8 sebagai berikut (Adibrata., 2007) :

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum (Y' - Y)^2}{n}} \quad (8)$$

Keterangan :

Y ' = Nilai Prediksi

Y = Nilai Sejati

n = Jumlah Data

Kuat hubungan dinyatakan dalam bentuk angka, antara 0 – 1 yang disebut sebagai koefisien korelasi adalah ukuran statistik yang mengukur sejauh mana dua variabel berkaitan satu sama lain dalam suatu sampel data. Koefisien korelasi menggambarkan kekuatan dan arah hubungan antara dua variabel. Pada tabel 5 dibawah ini merupakan tingkat korelasi dan kekuatan hubungan sebagai berikut:

Tabel 5. Hubungan korelasi besaran mutlak

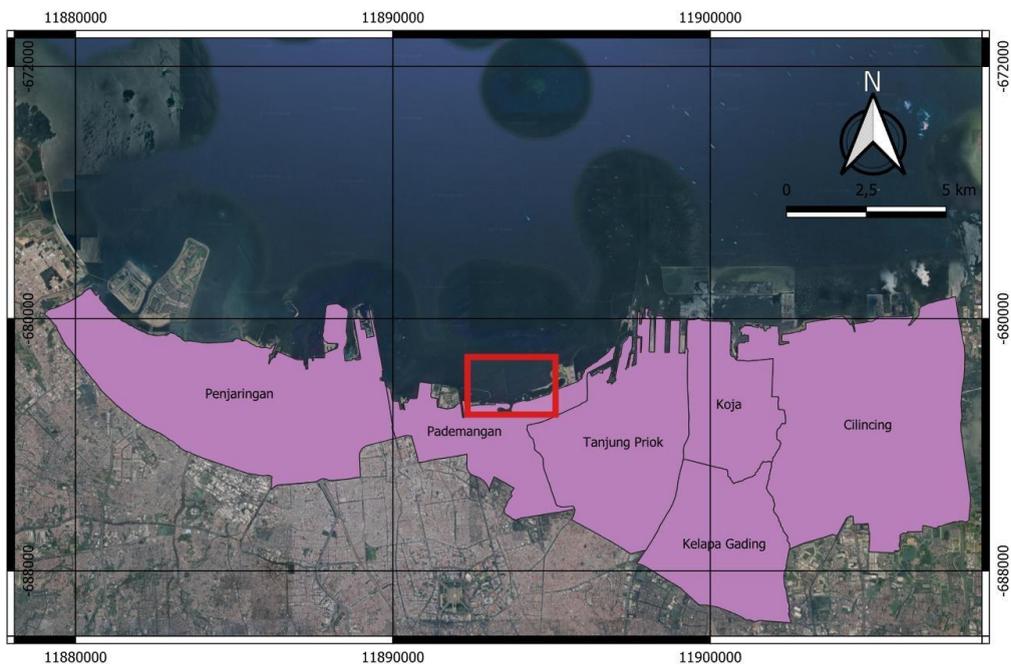
Nilai Korelasi (r)	Tingkat Hubungan
0	Tidak berkorelasi
0,01 – 0,20	Sangat Rendah
0,21 – 0,40	Rendah
0,41 – 0,60	cukup
0,61 – 0,80	Baik
0,81 – 0,99	Sangat Baik
1	Sempurna

(Sumber: Astuti, 2017)

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Lokasi Penelitian

Wilayah penelitian berlokasi di Jakarta Utara dengan menggunakan data dari stasiun pasang surut perairan Ancol. Secara astronomis Jakarta Utara berada pada posisi $06^{\circ}03'00''$ - $06^{\circ}11'00''$ LS dan $106^{\circ}42'00''$ - $106^{\circ}59'00''$ BT. Lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 2 dibawah ini :



Gambar 2. Lokasi area penelitian
(sumber: Pengolahan QGIS)

Penelitian ini dilakukan dengan beberapa tahapan yaitu tinjauan pustaka, persiapan, pengumpulan data, pengolahan data, analisis, serta membuat laporan.

3. 2. Data dan Peralatan

Data dan Peralatan yang digunakan dalam menunjang terlaksananya proses penelitian ini adalah sebagai berikut :

3.2.1. Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data pengamatan pasang surut stasiun Ancol, Jakarta dengan lama pengamatan dari Tahun 2019 sampai dengan tahun 2022. Data ini dapat di peroleh dari *website* resmi PUSHIDROSAL (Pusat Hidrografi dan Oseanografi TNI Angkatan Laut).

3.2.2. Peralatan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini dibagi menjadi dua, yaitu:

1. Perangkat keras

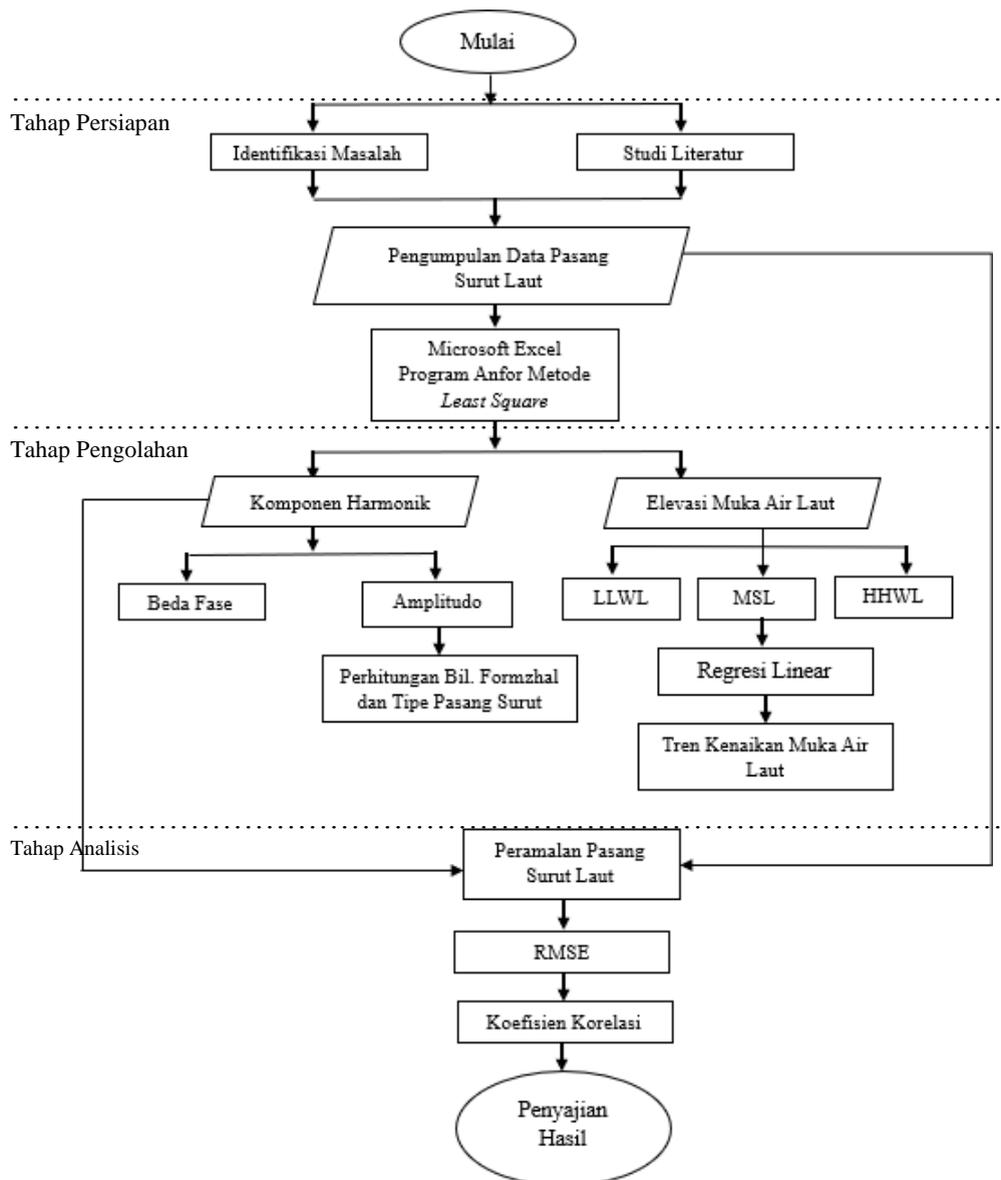
- a. Laptop/Personal *Computer* dengan *Sistem Operasi Windows 2019* untuk pengolahan data kenaikan muka air laut dan peramalannya serta untuk pengerjaan laporan.
- b. *Printer*

2. Perangkat lunak

- a. *Software Anfor* dan Program *Least Square*, Software ini digunakan untuk melakukan pemrosesan dan pengolahan data pasang surut.
- b. *Software Microsoft Excel 2019* yang digunakan untuk menginput data pengamatan pasang surut.
- c. *Software Microsoft Word 2019* yang digunakan untuk pengerjaan laporan skripsi.

3.3. Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian yang dilakukan akan ditunjukkan pada diagram alir gambar 3 dibawah ini :



Gambar 3. Diagram alir penelitian

Tahapan penelitian ini dimulai dari tahap persiapan yang berisi identifikasi masalah, studi literatur tentang perubahan kenaikan muka air laut, dilanjutkan dengan tahap pengumpulan data pasang surut tahun 2019, 2020, 2021, 2022 yang digunakan pada penelitian ini.

3.4. Pengumpulan Data

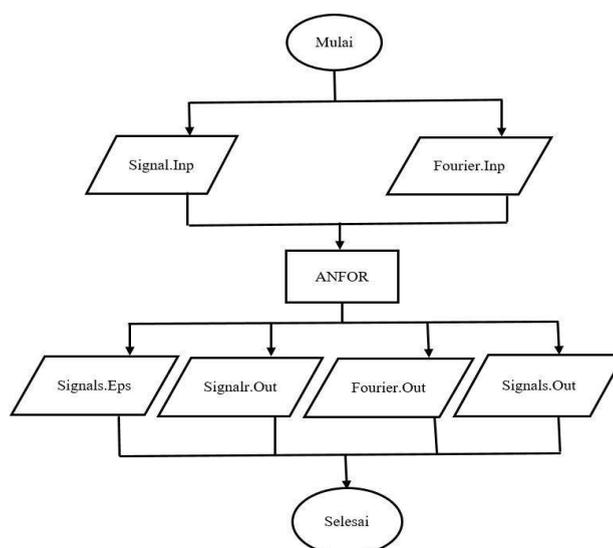
Data utama yang digunakan dalam penelitian ini berupa data sekunder pasang surut jam-jaman dari stasiun Ancol, Jakarta dengan panjang data 4 tahun (2019 sampai 2022) yang berasal dari website PUSHIDROSAL (Pusat Hidro-Oseanografi Angkatan Laut).

3.5. Pengolahan Data

Proses selanjutnya adalah tahap pengolahan data, dibawah ini akan dijelaskan tahapan apa saja yang dilakukan.

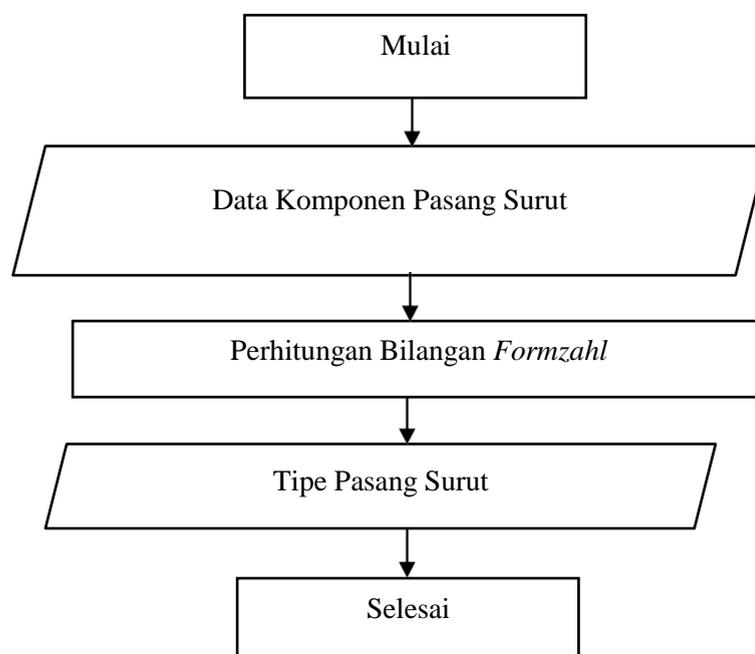
3.5.1. Pengolahan Data Pasang Surut

Data pasang surut harian bulan Juli, agustus, September, Oktober, November 2019 sampai 2022 masing-masing dianalisa dengan menggunakan metode Least Square program ANFOR dan hasilnya dirata-rata sehingga hasil akhirnya akan diketahui komponen-komponen pembangkit pasang di perairan Jakarta Utara yang dapat digunakan untuk mengetahui nilai MSL, LLLW, HHWL dan tipe pasang surut. dibawah ini merupakan diagram alir proses penguraian komponen pasang surut :



Gambar 4. Diagram alir proses penguraian komponen pasang surut

Hasil komponen harmonik pasang surut juga digunakan untuk menentukan tipe pasang surut melalui nilai bilangan formzahl seperti pada rumus di persamaan 2 (hal. 12). Nilai MSL dapat dilihat melalui nilai S_0 dari hasil nilai amplitudo komponen harmonik pasang surut. Data kenaikan muka air laut yang berasal dari data pasang surut kemudian dibuat korelasinya sehingga bisa terlihat bagaimana pola kenaikan muka air laut. Proses pengolahan data pasang surut dapat dilihat pada gambar 6 dibawah ini:

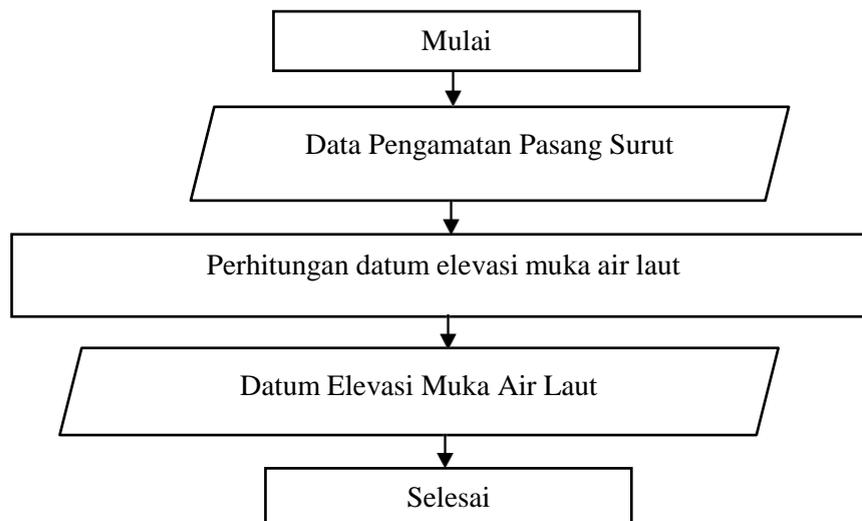


Gambar 6. Diagram alir pengolahan data pasang surut

Perhitungan Tipe pasang surut dapat dilihat pada Lampiran A (halaman 51)

3.5.2 Pengolahan 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 3, 4 dan 5 pada (hal.14)



Gambar 7. Diagram alir elevasi muka air

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

3.5.3. 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 Juli, Agustus, September, Oktober dan November 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 8. Langkah terakhir dari tahap ini yaitu menghitung nilai keakuratan hubungan korelasi antara data pengamatan dan peramalan dengan bantuan *software Microsoft Excel*.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan analisis dari hasil pengolahan data dalam penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa:

1. Kenaikan muka air laut perairan Jakarta Utara selama periode 2019 sampai 2022 menggunakan data pushidrosal menghasilkan persamaan $y = -0,3262X + 156,41$ dengan $R^2 = 0,1715$ yang artinya di perairan Jakarta Utara mengalami penurunan muka air laut sebesar $-1,549\text{cm/tahun}$. Kemungkinan terjadinya penurunan muka tanah di wilayah perairan Ancol, Jakarta Utara dikarenakan permukaan tanah yang lunak yang mengakibatkan penurunan muka tanah atau ambles tanah (*Land subsidence*) juga merupakan salah satu faktor yang dapat meningkatkan risiko tenggelamnya suatu wilayah, termasuk Jakarta dan sekitarnya.
2. Hasil pengolahan peramalan dan koefesienn menunjukkan bahwa ada hubungan yang kuat antara data pengamatan dan peramalannya. Metode Least Square dapat digunakan sebagai peramalan pasang surut air laut.

5.2. Saran

Berdasarkan hasil pengolahan data pada penelitian ini, saran yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya yaitu perlu dilakukan penelitian lanjutan yang tidak hanya dilakukan dari data web saja, melainkan dengan menggunakan data pengukuran langsung lebih teliti lagi dengan rentan kajian yang lebih lama, sehingga akan di dapat hasil prediksi yang lebih baik. Penelitian lebih lanjut juga disarankan untuk mengetahui apa penyebab pasti terjadinya penurunan muka air laut serta mengkaji potensi dampak kenaikan muka air laut. Penelitian untuk

wilayah kajian lain juga dibutuhkan guna kepentingan mitigasi wilayah dan sebaiknya dilakukan pada cakupan wilayah yang luas agar dapat terlihat secara jelas kenaikan muka air laut yang terjadi.

DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, H. Z., Djaja, R., Rais, J., dan Wedyanto, K. 2004. Land Subsidence of Jakarta Metropolitan Area. *FIPG Regional Conference, III*(December), 1–14. http://fig.net/pub/jakarta/papers/ts_06/ts_06_4_djaja_etal.pdf
- Afifah, I. N., Hamzah, L., Mutiara, R. P., Farrah, H. D. O. I., & Muhammad, F. (2017). Kajian Bahaya Akibat Kenaikan Muka Air Laut di Pesisir Jakarta. *Pertemuan Ilmiah Nasional Tahunan XIV & Kongres X ISOI. Tanjungpinang. Hal, October*, 331–341.
- Abidin, H. Z., Djaja, R., Rais, J., dan Wedyanto, K. 2004. Land Subsidence of Jakarta Metropolitan Area. *FIPG Regional Conference, III*(December), 1–14. http://fig.net/pub/jakarta/papers/ts_06/ts_06_4_djaja_etal.pdf
- Arizona, B. 2015. Studi Pemodelan Stokastik Curah Hujan Harian Di Stasiun Kota Metro. *Ekp*, 13(3), 1576–1580.
- Astuti, C. C. 2017. Analisis Korelasi untuk Mengetahui Keeratan Hubungan antara Keaktifan Mahasiswa dengan Hasil Belajar Akhir. *JICTE (Journal of Information and Computer Technology Education)*, 1(1), 1. <https://doi.org/10.21070/jicte.v1i1.1185>
- Audiena, N., dan Sya, N. 2023. Analisis Potensi Dan Penyebab Terjadinya Banjir Di Wilayah. *October*.
- Aulia, R. 2022. Pengaruh Pasang Surut Air Laut Pada Kerendahan Ufuk Dalam Perhitungan Awal Bulan Qamariyah.
- Bonauli, M., Helmi, M., Pranowo, W. S., , F. 2016. Surut Di Perairan Teluk Awur Kabupaten Jepara. *Kelautan dan Perikanan* 5(March 2015), 1–10.
- Dasanto, B. D., Sulistiyanti, S., Anria, A., dan Boer, R. 2022. Dampak Perubahan Iklim Terhadap Kenaikan Muka Air Laut Di Wilayah Pesisir Pangandaran.

Risalah Kebijakan Pertanian Dan Lingkungan Rumusan Kajian Strategis Bidang Pertanian Dan Lingkungan, 9(2), 82–94. <https://doi.org/10.29244/jkebijakan.v9i2.28039>

Dhamayanti, D. A. 2015. Praktik Kerja Magang Tentang Pengolahan Data Tinggi Muka Air Laut (Sea Level Rise) Di Balai Penelitian Dan Observasi Laut (Bpol) Perancak, Jembrana, Bali. *Block Caving – A Viable Alternative?*, 21(1), 1–9.

Dhamayanti, D. A. 2016. Studi Kenaikan Muka Air, Suhu Permukaan Laut, Dan Kaitannya Dengan Variasi Iklim: Studi Kasus Perairan Prigi, Trenggalek, Jawa Timur.

Djauhari, M. 2019. Metode Regresi Linier. 1–42.

Effendi, R., Handoyo, G., dan Setiyono, H. 2017. Peramalan Pasang Surut Di Sekitar Perairan Tempat Pelelangan Ikan (Tpi) Banyutowo, Kabupaten Pati, Jawa Tengah. *Journal of Oceanography*, 6(1), 221–227.

Fadlan Abida, R., Setiyo Pranowo, W., Pratomo, Y., dan Andri Kisnarti, E. 2015. Identifikasi komponen harmonik di Selat Lombok berdasarkan data arus time series. *Depik*, 4(1). <https://doi.org/10.13170/depik.1.1.2361>

Ferdiansyah, F. 2019. Pengolahan Data Pasut Dengan Program T_Tide Di Wilayah Stasiun Pegamatan Bali Utara Dan Pengembangan Bali Selatan. 1–69.

Husdi. 2023. Penerapan Metode Regresi Linear Untuk Prediksi Jumlah Bahan Baku Produksi Selai Bilfagi. *Jurnal Informatika*, 10(2), 129–135. <https://doi.org/10.31294/inf.v10i2.14129>

Husdi, H., dan Lasena, Y. 2020. Real Time Analisis Berbasis Internet Of Things Untuk Prediksi Iklim Lahan Pertanian. *Jurnal Media Informatika Budidarma*, 4(3), 834–840. <http://ejurnal.stmik-budidarma.ac.id/index.php/mib/article/view/2165>

Karlina, W. R. 2020. Pengaruh Naiknya Permukaan Air Laut Terhadap Perubahan Garis. *November*. <https://doi.org/10.23887/jkh.v6i2.28203>

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. <https://doi.org/10.21107/jk.v14i1.9928>

Khomsin, N. R. H. . 2014. Analisa Sea Level Rise Perairan Indonesia Menggunakan Data Satelit Altimetri Jason-2 Tahun 2009-2012. *Geoid*, 9(2), 128. <https://doi.org/10.12962/j24423998.v9i2.744>

Kresteva, G. D., Rochaddi, B., Satriadi, A., Kelautan, J. I., Perikanan, F., Diponegoro, U., Soedarto, J. P. H., dan Semarang, T. 2020. Studi Kenaikan Muka Air Laut Di Perairan Kendal. 3, 535–539.

Latifah, H. N., Fonna, K. R., dan Nurulita, I. P. 2022. Respon Pemerintah Terhadap Kenaikan Permukaan Air Laut Di Pesisir Utara Dki Jakarta. *Restorica: Jurnal Ilmiah Ilmu Administrasi Negara Dan Ilmu Komunikasi*, 8(2), 17–21. <https://doi.org/10.33084/restorica.v8i2.3479>

Miftakhul Ulum, K. 2013. Perbandingan Akurasi Prediksi Pasang Surut Antara Metode Admiralty dan Metode Least Square. *Geoid*, 09, 65–72.

Prayogo, L. M. 2021. Analisis Kenaikan Muka Air Laut Di Perairan Kalianget Kabupaten Sumenep Tahun 2000-2020. 2(1), 61–68.

Rais, A., Lestari, D. A., & Arifin, W. A. 2022. Model Prediksi Kenaikan Permukaan Air Laut Menggunakan Data Satelit Altimery Jason-1 dengan pendekatan Algoritma Long-Short Term Memory (Studi Kasus: Teluk Jakarta). *Jurnal Georafflesia*, 7(2), 165–172. <https://journals.unihaz.ac.id/index.php/georafflesia>

Rosida, L. A., Anwar, M. S., Sholeh, O. M., dan Syahrul, A. 2022. Penerapan Metode Least Square untuk Analisis Harmonik Pasang Surut Air Laut di Kabupaten Tuban , Jawa Timur. 02, 67–74.

Saputra, A. H. 2023. Tanggul Laut Sebagai Solusi Penanganan Banjir Rob Di Daerah Pesisir Jakarta. *Fakultas Teknik Sipil Universitas Pancasila*, October, 1–10.

Setyawan, A., Fukuda, Y., Nishijima, J., dan Kazama, T. 2015. Detecting Land Subsidence Using Gravity Method in Jakarta and Bandung Area, Indonesia. *Procedia Environmental Sciences*, 23(Ictcred 2014), 17–26.

<https://doi.org/10.1016/j.proenv.2015.01.004>

- Sudirman Adibrata. 2007. Analisis Pasang Surut Di Pulau Karampuang , Provinsi Sulawesi Barat Tide Analysis in Karampuang Island of West Sulawesi Province. *Sumberdaya Perairan*, 1(April), 1–6.
- Supriyadi, E., Siswanto, S., dan Pranowo, W. S. 2019. Karakteristik Pasang Surut Di Perairan Pameungpeuk, Belitung, Dan Sarmi Berdasarkan Metode Admiralty. *Jurnal Meteorologi Dan Geofisika*, 19(1), 29. <https://doi.org/10.31172/jmg.v19i1.518>
- Supriyono, Widodo S Pranowo, Sofyan Rawi, dan Herunadi, B. 2015. Analisa dan perhitungan prediksi pasang surut menggunakan metode admiralty dan metode least square (studi kasus perairan tarakan dan balikpapan). *Jurnal Chart Datum*, 1(1), 9–20.
- Tinata, L. 2023. Pengaruh Perubahan Iklim Terhadap Kenaikan Air Laut. *October*, 1–10.
- Utami, F. 2023. Pengaruh Pengambilan Air Tanah Secara Berlebihan Terhadap Penurunan Permukaan Tanah Di Jakarta. *Fakultas Teknik Sipil Universitas Pancasila Jl . Lenteng Agun. September*.
- Valerina, E., Hariadi, dan Setiyono, H. 2017. Studi karakteristik dan peramalan pasang surut Pelabuhan Labuhan Pandeglang bagian selatan Pelabuhan Merak Banten. *Oceanografi*, 6(December 2016), 516–524.
- Wahyudi, Hariyanto, T., dan Suntoyo. 2009. Analisa Kerentanan Pantai di Wilayah Pesisir Pantai Utara Jawa Timur. *Senta*, 1–9.
- Wirasatriya, A. 2006. Kajian Kenaikan Muka Laut Sebagai Landasan Penanggulangan Rob Di Pesisir Kota Semarang. *January 2005*.
- Wulansari Rahmawati, Gentur Handoyo, B. R. 2015. Kajian Elevasi Muka Air Laut di Perairan Pantai Kartini Jepara. 4, 487–491.
- Wyrski. 1961. Physical Oceanography of the Southeast Asian Waters. *Naga Report*, University of California. La Lolla

Yulieth, Rafael., 2020. Organisasi Dan Tata Kerja Perangkat Daerah. *Angewandte Chemie International Edition*, 6(11), 951–952.

Yusuf, F. M. 2023. Upaya menghadapi kenaikan muka air laut pada pesisir utara DKI Jakarta. *October*.

Zakaria, A. 2009. Program Interaktif berbasis Web untuk menghitung Panjang Gelombang dan Pasang Surut. *1*, 114.

Zakaria, A., Purna, B. I. M. C., & 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.