

---

**ANALISIS KENAIKAN MUKA AIR LAUT DI BELAWAN****Arrisha Anggraini, Ahmad Perwira Mulia, Gina Cynthia R Hasibuan, M. Faisal**

Universitas Sumatera Utara

Email: [arrishaanggraini11@gmail.com](mailto:arrishaanggraini11@gmail.com), [a.perwira@usu.ac.id](mailto:a.perwira@usu.ac.id), [gina.hasibuan@usu.ac.id](mailto:gina.hasibuan@usu.ac.id),  
[mfaisal@usu.ac.id](mailto:mfaisal@usu.ac.id)**Abstrak:**

Perubahan iklim dapat menyebabkan peningkatan temperatur laut yang berdampak pada kenaikan muka air laut karena memuainya volume air laut serta pencairan es di kutub. Naiknya muka air laut menimbulkan ancaman bagi wilayah yang berada di wilayah pesisir dan pantai, salah satunya adalah Kecamatan Medan Belawan. Salah satu dampaknya adalah banjir rob. Banjir rob disebabkan pasang air laut kemudian diperparah oleh fenomena kenaikan muka air laut. Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis kenaikan muka air laut di Kecamatan Medan Belawan dengan melakukan pengolahan data pasang surut tahun 2012-2022 dan data sea level anomaly tahun 1993-2022. Metode yang digunakan untuk menghitung komponen pasang surut menggunakan metode admiralty dan tren kenaikan muka air laut diperoleh menggunakan metode regresi linier. Hasil dari penelitian ini menunjukkan nilai kenaikan muka air laut berdasarkan data pasang surut sebesar 0,22 mm/tahun dan berdasarkan data satelit altimetri sebesar 4,5 mm/tahun.

**Kata Kunci:** Kenaikan Permukaan Laut, Admiralty, Anomali Tingkat Laut.**Abstract:**

*Climate change can cause an increase in sea temperatures which will have an impact on sea level rise due to the expansion of sea water volume and melting ice at the poles. Rising sea levels pose a threat to areas in coastal and coastal areas, one of which is Medan Belawan District. One of the impacts is tidal flooding. Tidal floods caused by high tides are then exacerbated by the phenomenon of rising sea levels so that it becomes a factor in increasing tidal flood inundation. The purpose of this study is to analyze sea level rise in Medan Belawan District by processing tidal data for 2012-2022 and sea level anomalies for 1993-2022 in the rate of sea level rise. The method used to calculate the tidal component uses the Admiralty method, sea level rise uses the linear regression method. The results of this study show that the value of sea level rise based on tidal data is 0.22 mm/year and 4.5 mm/year based on altimetry satellite data.*

**Keyword** : *Sea level rise, Admiralty, Sea level anomaly.*

---

---

## **PENDAHULUAN**

---

---

Indonesia merupakan negara yang memiliki wilayah laut yang luas yang memiliki banyak potensi didalamnya. Selain dampak positif, laut memiliki juga dapat berdampak pada wilayah daratan disekitarnya salah satunya fenomena kenaikan air laut. Fenomena kenaikan muka air laut atau biasa disebut dengan *sea level rise* karena memuainya volume air laut diakibatkan karena adanya pemanasan global hingga mencapai 1,5<sup>o</sup>C-2<sup>o</sup>C pada tahun 2100 dan pencairan lapisan es (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2021). Dampak pemanasan global menyebabkan kenaikan permukaan air laut semakin menambah kerentanan di wilayah pesisir (Joesidawati, 2016). Fenomena kenaikan muka air laut dapat berakibat buruk tidak hanya pada kehidupan manusia, namun juga berdampak pada ekosistem penting lainnya yang menggantungkan proses pertumbuhan dan metabolismenya di kawasan pesisir. Kenaikan muka air laut akan memicu mundurnya garis pantai yang berdampak pada berkurangnya lahan pemukiman dan mengancam area yang memiliki topografi yang rendah, membanjiri lahan produktif seperti sawah, industri dan lainnya serta dapat berkontribusi dalam mencemari persediaan air tawar (Shalsabilla, Setiyono, Sugianto, Ismunarti, & Marwoto, 2022).

Fenomena banjir rob ini seringkali dijumpai di daerah pesisir, salah satunya di wilayah Kecamatan Medan Belawan. Kecamatan Medan Belawan memiliki luas wilayah sebesar 21,82 km<sup>2</sup> yang terdiri dari 6 kelurahan, dihuni oleh 108.987 penduduk dan terletak di atas permukaan laut sekitar 0–3 m. Selain itu, didominasi dengan *mangrove* dengan luas 576 ha, permukiman/perumahan dengan luas 553 ha serta industri/pergudangan 400 ha (Badan Pusat Statistik Kota Medan, 2021). Di Kecamatan Medan Belawan juga terdapat Pelabuhan Belawan yang merupakan pelabuhan terbuka untuk perdagangan internasional, regional dan nasional. Pelabuhan Belawan ini merupakan urat nadi perekonomian Sumatera Utara khususnya arus keluar masuk barang dan penumpang melalui angkutan laut, sehingga Kota Medan dikenal dengan pintu gerbang Indonesia bagian Barat (Pemerintah Kota Medan, 2014). Kondisi ini juga mendorong pertumbuhan industri, baik besar, menengah, kecil, maupun industri-industri perumahan. Pertumbuhan dan perkembangan industri ini tentunya akan mendorong pertumbuhan permukiman di wilayah tersebut.

Maka melihat wilayah Kecamatan Medan Belawan itu sendiri, perlu dilakukan analisis terhadap kenaikan muka air laut guna mengurangi dampak kerugian yang diakibatkan. Untuk mengetahui fluktuasi muka air laut dapat memanfaatkan data pasang surut ataupun satelit altimetri (Yulian Fahmi Sageta, Sugeng Widada, 2012). Pada umumnya, dalam menghitung data pasang surut, dapat dilakukan dengan cara

konvensional dan metode *admiralty* (Ongkosongo & Suyarso, 1989). Dengan keterbatasan data pasang surut, satelit altimetri dapat menjadi salah satu alternatif yang tepat untuk mengamati perubahan nilai muka air laut secara kontinyu dan cukup efektif untuk diterapkan pada cakupan area yang luas, menghemat waktu dan pengamatan dapat dilakukan secara *time-series* dalam periode yang panjang. Dengan memanfaatkan dua data tersebut akan menjadi lebih baik dalam mengamati kenaikan muka air laut.

Penelitian terdahulu yang pernah dilakukan dengan menggunakan metode *admiralty* seperti Pasaribu, Sewiko and Arifin (2022), Pranowo et al. (2019), F Lang et al. (2019), Sri Sugiarti and Setiawan (2014) dalam menentukan *phase* dan amplitudo yang selanjutnya dapat diperoleh kedudukan muka air laut. Adapun beberapa penelitian terdahulu yang memanfaatkan data satelit altimetri berupa *sea level anomaly* dalam menentukan *sea level rise* seperti M.Baba, Y. and O (2022), Ariana, Kusmana and Setiawan (2017).

Informasi dan data tentang kenaikan muka air laut sangat bermanfaat bagi aspek-aspek pembangunan seperti perencanaan tata ruang (di atas maupun di bawah permukaan tanah), perencanaan pembangunan sarana/prasarana, pelestarian lingkungan, maka sudah sewajarnya bahwa ini perlu diketahui dengan sebaik-baiknya dengan pemantauan secara berkesinambungan. Pada Penelitian ini diharapkan data pasang surut dan satelit altimetri *time-series* dapat mendukung pengamatan terhadap kenaikan muka air laut yang terjadi di Kecamatan Medan Belawan.

## **METODE PENELITIAN**

---

Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini berupa analisis komponen pasang surut menggunakan metode *admiralty* dan regresi linier dalam mendapatkan tren kenaikan muka air laut.

Lokasi penelitian ini adalah berada di Kecamatan Medan Belawan, Provinsi Sumatera Utara, dimana Kecamatan Medan Belawan dihuni oleh 108.987 penduduk menurut Data Badan Pusat Statistik Kota Medan Tahun 2021. Luas wilayah Kecamatan Medan Belawan adalah 21,82 km<sup>2</sup> dan terletak 0-3 m diatas permukaan laut (Badan Pusat Statistik Kota Medan, 2021).

Penelitian ini menggunakan 1 jenis data, yakni data sekunder. Data sekunder yang digunakan dalam penelitian ini berupa data pasang surut air laut yang direkam otomatis menggunakan alat perekam otomatis (*tide recorder*) yang dimiliki oleh Pusat Hidro-Oseanografi Angkatan Laut (Pushidrosal) di Belawan, selama periode 11 tahun dari 2012-2022, data satelit altimetri berupa *Sea Level Anomaly* (SLA) selama periode 1993–2022 dengan kualitas produk level 4 yang diperoleh dari AVISO *Live Access Server* pada 98,625 E dan 3,875 N.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

---

### 1. Kenaikan Muka Air Laut

Dalam memperoleh nilai kenaikan muka air laut, dilakukan dengan menggunakan data pasang surut yang diperoleh dari Pusat Hidro-Oseanografi Angkatan Laut (Pushidrosal) dari tahun 2012-2022 dengan metode *admiralty* dan menggunakan data *sea level anomaly* yang didapatkan melalui AVISO *Live Access Server* selama 30 tahun dari tahun 1993-2022 dengan regresi linier.

Berdasarkan data pasang surut yang bersumber dari Pushidrosal, dilakukan analisis terhadap data pasang surut metode *admiralty* 29 piantan melalui 8 skema penyelesaian.

Pada skema pertama, hasil pengamatan pasang surut disusun berdasarkan tanggal pengamatan dan waktu lokal. Contoh penyusunan data pengamatan pasang surut di daerah Belawan yang dilakukan dari tanggal 1 Januari 2016 hingga tanggal 31 Januari 2016 yang berarti tanggal tengah pengamatan adalah 16 Januari 2016 (Tabel 1).

Selanjutnya skema kedua bertujuan untuk menentukan jumlah bacaan (+) dan (-) untuk masing-masing nilai  $X_1$ ,  $Y_1$ ,  $X_2$ ,  $Y_2$ ,  $X_4$  dan  $Y_4$  pada masing-masing tanggal pengamatan. Penyusunan skema 2 ini menggunakan panduan Tabel 2, untuk mengetahui jam pengamatan mana saja yang masuk kelompok positif (+) dan kelompok negatif (-) untuk masing-masing komponen  $X_1$ ,  $Y_1$ ,  $X_2$ ,  $Y_2$ ,  $X_4$  dan  $Y_4$ . Berikut ini hasil skema 2 ditunjukkan pada Tabel 3.

Kolom pada skema 3 berisi penjumlahan aljabar skema 2, yaitu terdiri dari kolom  $X_0$ ,  $X_1$ ,  $Y_1$ ,  $X_2$ ,  $Y_2$ ,  $X_4$  dan  $Y_4$  dalam setiap hari pengamatan, menyusun skema 3 dimana kolom  $X_0$  berisi perhitungan mendatar dari hitungan  $X_1$  pada skema 2 tanpa memperhatikan tanda (+) dan (-) dan kolom  $X_1$ ,  $Y_1$ ,  $X_2$ ,  $Y_2$ ,  $X_4$  dan  $Y_4$  merupakan penjumlahan mendatar dari  $X_1$ ,  $Y_1$ ,  $X_2$ ,  $Y_2$ ,  $X_4$  dan  $Y_4$  pada skema 2 dengan memperhatikan tanda (+) dan (-). Untuk mengatasi hasilnya tidak ada yang negatif maka ditambahkan 2000 (untuk kolom  $X_1$ ,  $Y_1$ ,  $X_2$ ,  $Y_2$ ) dan 500 (untuk kolom  $X_4$  dan  $Y_4$ ). Berikut ini merupakan hasil dari penyelesaian skema 3 dari metode *admiralty* data 29 piantan ditunjukkan pada Tabel 4.

Skema 4 merupakan hasil pengali proses bulanan untuk panjang data 29 piantan. Penyusunannya menggunakan kolom-kolom yang dikenal dengan Tabel *Doodson*, dikalikan dengan nilai-nilai dari Skema 3 pada Tabel 4. Berikut ini hasil dari skema 4 metode *admiralty* untuk panjang data 29 piantan pada Tabel 5.

Pada penyusunan skema 5 dan skema 6 diperlukan konfirmasi apakah data pengamatan 29 piantan atau 15 piantan, karena memerlukan tabel pengali sesuai dengan data pengamatan 29 piantan atau 15 piantan. Perhitungannya diperlukan data dari skema 4 yaitu hasil perhitungan harga  $X$  dan  $Y$ .

Hasil skema 5 sebagai berikut:

$$\begin{aligned} X00 &= 104170 \\ X10 &= -9650 \\ X12 - Y1b &= -2050 \\ X13 - Y1c &= -600 \\ X20 &= -2050 \\ X22 - Y2b &= -28570 \\ X23 - Y2c &= -5020 \\ X42 - Y4b &= -1420 \\ X44 - Y4d &= 560 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan skema 6 adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} Y10 &= 1570 \\ Y12 + X1b &= -1670 \\ Y13 + X1c &= -440 \\ Y20 &= 12350 \\ Y22 + X2b &= -21350 \\ Y23 + X2c &= -2020 \\ Y42 + X4b &= -1240 \\ Y44 + X4d &= 340 \end{aligned}$$

Selanjutnya Hasil dari penyelesaian skema 7 dapat dilihat pada Tabel 6.

**Tabel 1 Skema 1**

Jam	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Tanggal																								
02-Jan-16	130	140	140	160	170	180	180	180	160	140	120	100	90	90	110	120	140	170	180	190	190	180	170	160
03-Jan-16	150	140	140	150	150	160	170	170	160	150	140	120	110	100	110	120	120	150	170	180	190	190	190	180
04-Jan-16	160	150	140	140	140	140	150	160	160	160	150	140	130	120	110	110	120	130	150	170	180	200	200	190
05-Jan-16	180	170	150	140	130	130	130	140	150	160	160	160	150	130	120	120	110	120	130	150	170	190	200	210
06-Jan-16	200	180	160	140	130	110	110	120	130	150	160	170	170	160	140	130	110	110	110	130	150	180	200	220
07-Jan-16	220	200	180	150	130	110	100	100	110	130	160	170	180	180	160	140	120	110	100	110	130	160	190	220
08-Jan-16	230	230	210	170	140	110	90	80	90	110	140	170	190	200	190	160	130	110	100	90	110	140	170	210
09-Jan-16	240	240	230	200	160	120	80	60	60	80	120	160	190	210	210	190	160	130	100	90	90	110	150	190
10-Jan-16	230	250	250	220	180	140	90	60	50	60	90	130	180	210	220	210	170	150	120	90	80	90	120	160
11-Jan-16	210	240	260	250	210	160	110	70	40	40	60	100	150	200	230	230	200	180	140	100	80	80	90	130
12-Jan-16	180	230	250	260	240	190	140	90	50	30	40	70	120	170	210	240	210	210	170	130	90	80	80	110
13-Jan-16	150	200	240	260	250	220	170	120	70	40	30	50	90	140	190	230	230	230	200	160	120	90	80	90
14-Jan-16	120	160	210	240	250	230	200	150	100	60	40	40	60	110	160	200	200	240	220	190	150	120	90	90
15-Jan-16	100	130	170	210	230	230	220	180	140	90	60	50	50	80	120	170	200	230	230	210	180	150	120	110
16-Jan-16	100	110	140	170	200	220	220	200	160	130	90	70	60	70	100	140	150	210	220	220	210	180	150	120
17-Jan-16	110	110	120	140	170	190	200	200	180	160	130	100	80	80	90	110	120	170	200	210	220	200	180	160
18-Jan-16	130	120	110	120	130	150	170	180	180	170	160	130	110	90	90	100	100	140	170	190	210	220	210	190
19-Jan-16	170	140	120	110	110	120	140	150	170	180	180	160	140	120	110	100	100	110	130	160	190	210	220	220
20-Jan-16	200	170	150	120	110	100	100	120	140	160	180	180	170	160	140	120	100	100	110	130	160	190	220	230
21-Jan-16	220	210	180	140	110	90	80	90	110	140	170	190	190	190	170	140	110	100	90	100	130	160	200	230
22-Jan-16	240	230	210	170	130	100	70	70	80	100	140	180	200	210	200	170	130	110	90	90	100	130	170	210
23-Jan-16	240	250	230	200	160	120	80	60	50	70	110	160	190	220	220	200	160	140	100	80	80	100	140	180
24-Jan-16	220	250	250	230	190	140	100	60	40	50	80	130	170	210	230	220	180	160	130	90	80	90	110	150
25-Jan-16	200	240	250	240	210	170	120	80	50	40	60	100	150	190	220	230	210	190	150	110	90	80	100	130

Jam	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Tanggal																								
26-Jan-16	170	220	240	250	230	190	140	100	60	40	50	80	120	170	210	230	220	210	170	130	100	90	90	110
27-Jan-16	150	190	230	240	230	210	160	120	80	50	50	60	100	150	190	220	230	220	190	150	120	100	90	100
28-Jan-16	130	170	210	230	230	210	180	140	100	70	50	60	90	130	170	200	220	220	200	170	140	110	100	100
29-Jan-16	120	150	180	210	220	210	190	150	120	90	70	60	80	110	150	190	200	220	210	190	160	130	110	110
30-Jan-16	120	140	160	190	210	210	190	170	130	100	80	70	80	100	130	170	180	210	210	190	170	150	130	120

Sumber: Data Pushidrosal

**Tabel 2 Tabel Konstanta Pengali Menyusun Skema 2**

Waktu	X1	Y1	X2	Y2	X4	Y4
00:00	-1	-1	1	1	1	1
01:00	-1	-1	1	1	0	1
02:00	-1	-1	1	1	-1	1
03:00	-1	-1	-1	1	-1	-1
04:00	-1	-1	-1	1	0	-1
05:00	-1	-1	-1	1	1	-1
06:00	1	-1	-1	-1	1	1
07:00	1	-1	-1	-1	0	1

08:00	1	-1	-1	-1	-1	1
09:00	1	-1	1	-1	-1	-1
10:00	1	-1	1	-1	0	-1
11:00	1	-1	1	-1	1	-1
12:00	1	1	1	1	1	1
13:00	1	1	1	1	0	1
14:00	1	1	1	1	-1	1
15:00	1	1	-1	1	-1	-1
16:00	1	1	-1	1	0	-1
17:00	1	1	-1	1	1	-1
18:00	-1	1	-1	-1	1	1
19:00	-1	1	-1	-1	0	1
20:00	-1	1	-1	-1	-1	1
21:00	-1	1	-1	-1	-1	-1
22:00	-1	1	-1	-1	0	-1
23:00	-1	1	-1	-1	1	-1

**Tabel 3 Skema 2**

X1		Y1		X2		Y2		X4		Y4	
+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-
1600	1990	1790	1800	1570	2020	1640	1950	1190	1200	1780	1810
1620	1990	1810	1800	1720	1890	1600	2010	1210	1210	1790	1820
1640	1960	1810	1790	1850	1750	1590	2010	1190	1200	1780	1820
1650	1950	1800	1800	1980	1620	1650	1950	1210	1200	1770	1830
1660	1910	1810	1760	2090	1480	1740	1830	1200	1180	1760	1810
1660	1900	1800	1760	2150	1410	1880	1680	1210	1160	1770	1790
1660	1910	1800	1770	2190	1380	2070	1500	1210	1180	1810	1760
1650	1920	1820	1750	2130	1440	2280	1290	1210	1170	1800	1770
1620	1930	1800	1750	1990	1560	2410	1140	1200	1180	1830	1720
1610	1950	1810	1750	1790	1770	2520	1040	1180	1210	1830	1730
1580	2010	1820	1770	1570	2020	2510	1080	1190	1210	1830	1760
1590	2060	1850	1800	1390	2260	2430	1220	1200	1240	1850	1800
1560	2070	1830	1800	1260	2370	2180	1450	1200	1240	1830	1800
1590	2070	1850	1810	1230	2430	1920	1740	1220	1230	1810	1850
1600	2040	1830	1810	1320	2320	1670	1970	1220	1230	1810	1830
1620	2010	1820	1810	1520	2110	1490	2140	1210	1220	1800	1830
1620	1950	1820	1750	1730	1840	1390	2180	1190	1200	1750	1820
1660	1900	1810	1750	1970	1590	1450	2110	1190	1190	1740	1820
1670	1890	1830	1730	2150	1410	1640	1920	1190	1180	1750	1810
1680	1860	1810	1730	2250	1290	1850	1690	1190	1170	1760	1780
1660	1870	1810	1720	2220	1310	2100	1430	1200	1160	1790	1740



X1		Y1		X2		Y2		X4		Y4	
+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-
1660	1880	1810	1730	2110	1430	2330	1210	1210	1150	1800	1740
1630	1930	1820	1740	1940	1620	2450	1110	1200	1190	1830	1730
1640	1970	1850	1760	1760	1850	2500	1110	1210	1200	1850	1760
1630	1990	1850	1770	1590	2030	2460	1160	1190	1220	1830	1790
1630	2000	1860	1770	1460	2170	2360	1270	1190	1230	1830	1800
1630	2000	1850	1780	1390	2240	2210	1420	1190	1230	1830	1800
1630	2000	1860	1770	1360	2270	2040	1590	1200	1230	1810	1820
1610	2000	1840	1770	1380	2230	1900	1710	1210	1200	1790	1820

**Tabel 4 Skema 3**

Xo	X1	Y1	X2	Y2	X4	Y4
3590	1610	1990	1550	1690	1990	1970
3610	1630	2010	1830	1590	2000	1970
3600	1680	2020	2100	1580	1990	1960
3600	1700	2000	2360	1700	2010	1940
3570	1750	2050	2610	1910	2020	1950
3560	1760	2040	2740	2200	2050	1980
3570	1750	2030	2810	2570	2030	2050
3570	1730	2070	2690	2990	2040	2030
3550	1690	2050	2430	3270	2020	2110
3560	1660	2060	2020	3480	1970	2100
3590	1570	2050	1550	3430	1980	2070
3650	1530	2050	1130	3210	1960	2050
3630	1490	2030	890	2730	1960	2030
3660	1520	2040	800	2180	1990	1960
3640	1560	2020	1000	1700	1990	1980
3630	1610	2010	1410	1350	1990	1970
3570	1670	2070	1890	1210	1990	1930
3560	1760	2060	2380	1340	2000	1920
3560	1780	2100	2740	1720	2010	1940
3540	1820	2080	2960	2160	2020	1980
3530	1790	2090	2910	2670	2040	2050
3540	1780	2080	2680	3120	2060	2060
3560	1700	2080	2320	3340	2010	2100
3610	1670	2090	1910	3390	2010	2090
3620	1640	2080	1560	3300	1970	2040

Analisis dan Prediksi Kenaikan Muka Air Laut di Belawan

X <sub>0</sub>	X <sub>1</sub>	Y <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	Y <sub>2</sub>	X <sub>4</sub>	Y <sub>4</sub>
3630	1630	2090	1290	3090	1960	2030
3630	1630	2070	1150	2790	1960	2030
3630	1630	2090	1090	2450	1970	1990
3610	1610	2070	1150	2190	2010	1970

**Tabel 5 Skema 4**

Indeks	X	Y
0	104170	
10	-9650	1570
12	-1830	-330
1b	-1340	220
13	-830	-130
1c	-310	-230
20	-2050	12350
22	-13910	-10750
2b	-10600	14660
23	-4270	-2270
2c	250	750
42	-460	-850
4b	-390	960
44	400	310
4d	30	-160

**Tabel 6 Skema 7**

	S <sub>0</sub>	M <sub>2</sub>	S <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	K <sub>1</sub>	O <sub>1</sub>	M <sub>4</sub>	MS <sub>4</sub>
V = PR	104170,00	-	-2478,550	-	-	379,060	560,000	-416,250
cos R	0	28393,400		5901,310	9666,140			
VI =		-	12029,75	-	1603,400	-557,300	327,600	-515,650
PR sin		21753,400	0	3073,700				
R								
PR	104170,00	35768,640	12282,43	6653,803	9798,222	673,995	648,785	662,691
	0		0					
P	696,000	559,000	448,000	566,000	439,000	565,000	507,000	535,000
f		1,038	1,000	1,038	0,882	0,807	1,077	1,038

$1 + W$		1,000	0,926	0,822	1,301	1,000	1,000	0,926
$V$		565,278	0,000	569,085	384,883	540,396	770,557	565,278
$u$		-0,194	0,000	-0,194	-0,941	1,267	-0,387	-0,194
$w$		0,000	-10,345	-4,001	-13,104	0,000	0,000	-10,345
$p$		333,000	345,000	327,000	173,000	160,000	307,000	318,000
$R^o$		217,457	101,642	207,513	170,582	304,222	30,328	231,088
$s = V +$		1115,542	436,297	1099,403	714,419	1005,88	1107,49	1103,82
$u + w$						5	8	8
$+ p +$								
$R^o$								
$g$		35,542	76,297	19,403	354,419	285,885	27,498	23,828
$A = PR$	149,670	61,660	29,593	13,783	19,440	1,479	1,188	1,288
$: (p \times f$								
$x$								
$(1+W)$								
)								

Sumber: Hasil Analisis

Setelah skema 7 telah dilakukan, maka langkah terakhir yaitu melakukan rekapitulasi nilai-nilai yang telah didapatkan pada Tabel 6 sebagai berikut:

**Tabel 7 Skema 8**

	$S_o$	$M_2$	$S_2$	$N_2$	$K_1$	$O_1$	$M_4$	$MS_4$	$S_o$	$M_2$
A (cm)	149,7	61,7	29,6	13,8	6,8	19,4	1,5	6,4	1,2	1,3
g (°)		35,5	76,3	19,4	76,3	354,4	285,9	354,4	27,5	23,8

Hasil dari melewati serangkaian skema dalam analisis metode admiralty selama tahun 2012-2022, dirangkum nilai MSL, HHWL dan formzahl pada Tabel 7 sebagai berikut:

**Tabel 8 Analisis Data Pasang Surut Metode Admiralty**

Tahun	Bulan	Elevasi Muka Air Laut (cm)		Formzahl
		HHWL	MSL	
2012	Januari	277,211	149,943	21,726
	Februari	278,338	149,454	20,570
	Maret	281,131	149,842	18,553
	April	283,103	149,454	15,805
	Mei	287,833	149,626	11,419
	Juni	285,580	149,655	13,730
	Juli	281,330	149,626	17,923
	Agustus	280,424	149,727	19,030

Analisis dan Prediksi Kenaikan Muka Air Laut di Belawan

Tahun	Bulan	Elevasi Muka Air Laut (cm)		Formzahl
		HHWL	MSL	
2013	September	284,745	149,989	15,232
	Oktober	285,229	149,815	14,400
	November	282,700	149,858	17,015
	Desember	280,607	149,943	19,278
	Januari	279,208	149,899	20,591
	Februari	280,127	149,986	19,844
	Maret	281,392	149,856	18,321
	April	286,044	149,914	13,784
	Mei	287,632	149,784	11,937
	Juni	285,429	149,684	13,939
	Juli	283,360	149,856	16,352
	Agustus	282,205	149,838	17,471
2014	September	284,667	149,875	15,083
	Oktober	286,706	149,846	12,986
	November	283,637	149,852	16,067
	Desember	279,948	149,928	19,909
	Januari	279,052	149,914	20,776
	Februari	278,671	149,741	20,812
	Maret	282,671	149,899	17,128
	April	282,960	149,569	16,177
	Mei	283,747	149,741	15,736
	Juni	284,390	149,943	15,495
	Juli	282,931	149,885	16,839
	Agustus	281,500	149,914	18,327
2015	September	290,546	149,856	9,167
	Oktober	285,488	150,000	14,512
	November	284,003	150,073	16,144
	Desember	282,049	150,043	18,037
	Januari	276,007	149,899	23,792
	Februari	278,747	149,928	21,109
	Maret	282,523	150,072	17,621
	April	282,242	150,072	17,902
	Mei	280,738	149,899	19,061
	Juni	280,167	149,943	19,718
	Juli	280,308	149,885	19,462
	Agustus	280,964	149,813	18,663
September	281,802	149,871	17,939	

Tahun	Bulan	Elevasi Muka Air Laut (cm)		Formzahl
		HHWL	MSL	
	Oktober	279,027	149,914	20,801
	November	274,749	149,914	25,078
	Desember	275,024	149,713	24,401
2016	Januari	276,246	149,670	23,093
	Februari	277,570	149,957	22,344
	Maret	278,778	149,641	20,504
	April	278,018	149,713	21,407
	Mei	280,703	149,971	19,239
	Juni	280,278	149,856	19,434
	Juli	279,663	149,713	19,763
	Agustus	281,332	150,115	18,898
	September	282,837	150,043	17,249
	Oktober	281,098	150,187	19,276
	November	275,662	149,957	24,252
	Desember	275,675	150,057	24,440
2017	Januari	275,624	150,057	24,491
	Februari	277,844	149,899	21,955
	Maret	280,991	149,907	18,822
	April	280,452	150,014	19,576
	Mei	278,390	149,828	21,265
	Juni	280,207	149,971	19,736
	Juli	281,379	149,899	18,419
	Agustus	280,691	149,583	18,476
	September	281,568	150,014	18,461
	Oktober	280,740	150,029	19,317
	November	276,270	150,014	23,758
	Desember	276,495	150,043	23,591
2018	Januari	276,515	149,943	23,370
	Februari	278,085	149,670	21,254
	Maret	278,704	149,483	20,262
	April	280,742	149,928	19,115
	Mei	280,044	149,813	19,583
	Juni	280,107	150,101	20,094
	Juli	280,953	149,828	18,702
	Agustus	281,362	149,957	18,552
	September	281,321	150,072	18,823
	Oktober	278,736	150,014	21,293

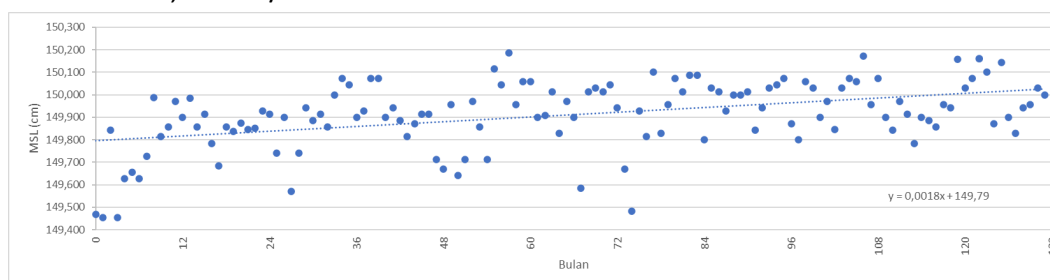
Analisis dan Prediksi Kenaikan Muka Air Laut di Belawan

Tahun	Bulan	Elevasi Muka Air Laut (cm)		Formzahl
		HHWL	MSL	
	November	276,907	150,086	23,265
	Desember	276,217	150,086	23,955
2019	Januari	277,093	149,799	22,505
	Februari	276,569	150,029	23,489
	Maret	279,552	150,014	20,477
	April	280,943	149,928	18,914
	Mei	281,937	150,000	18,063
	Juni	281,341	150,000	18,659
	Juli	281,920	150,014	18,109
	Agustus	280,912	149,842	18,772
	September	282,359	149,943	17,526
	Oktober	279,259	150,029	20,798
	November	276,286	150,043	23,801
	Desember	274,622	150,072	25,521
2020	Januari	276,313	149,871	23,429
	Februari	276,704	149,799	22,894
	Maret	279,120	150,057	20,995
	April	279,707	150,029	20,350
	Mei	280,962	149,899	18,837
	Juni	282,783	149,971	17,160
	Juli	283,939	149,845	15,751
	Agustus	280,847	150,029	19,210
	September	281,549	150,072	18,595
	Oktober	279,794	150,057	20,321
	November	276,534	150,172	23,811
	Desember	275,429	149,957	24,485
2021	Januari	275,428	150,072	24,716
	Februari	276,753	149,899	23,046
	Maret	279,779	149,842	19,905
	April	279,801	149,971	20,141
	Mei	279,969	149,914	19,858
	Juni	281,855	149,784	17,714
	Juli	283,801	149,899	15,998
	Agustus	282,751	149,885	17,019
	September	279,571	149,856	20,141
	Oktober	278,548	149,957	21,366
	November	278,161	149,943	21,724

Tahun	Bulan	Elevasi Muka Air Laut (cm)		Formzahl
		HHWL	MSL	
2022	Desember	276,957	150,158	23,359
	Januari	275,456	150,029	24,602
	Februari	275,789	150,072	24,355
	Maret	278,709	150,158	21,607
	April	281,157	150,101	19,044
	Mei	282,196	149,871	17,546
	Juni	283,295	150,144	16,992
	Juli	282,461	149,899	17,337
	Agustus	281,872	149,828	17,783
	September	280,190	149,943	19,695
	Oktober	276,657	149,957	23,257
	November	277,003	150,029	23,055
Desember	276,426	150,000	23,574	

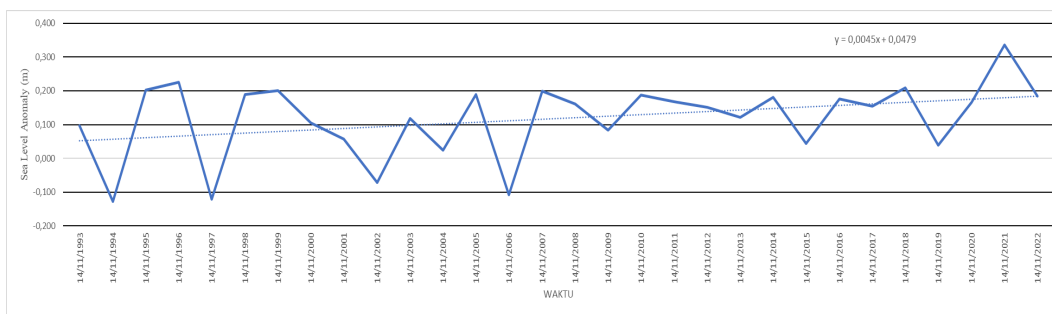
Pada Tabel 8 didapatkan nilai MSL, HHWL dan *formzahl* pada Kecamatan Medan Belawan dari tahun 2012-2022. Berdasarkan perhitungan bilangan formzahl dari tahun 2012-2022 pada Tabel 7, secara keseluruhan rata-rata didapat nilai bilangan F (formzahl) sebesar 0,24 dimana bertipe pasang surut semi diurnal tide atau harian ganda. Menurut Triatmodjo (1999), pernyataan pertama yang dibuat oleh Wyrcki 1961), dalam Ramdhan et al. (2021), yang menunjukkan wilayah Indonesia terdiri dari 4 tipe pasang surut, dan memang Belawan itu sendiri merupakan tipe pasang surut harian ganda yang berada di *Malacca Strait* sampai ke *Andaman Sea*. Hal tersebut juga didukung beberapa penelitian lainnya seperti Syahputra and Rahma (2023), Frederick et al. (2016), Pariwono (1989), dan Gultom et al. (2022) dan Yuliadi (2008) yang menyatakan bahwasanya Belawan bertipe pasang surut harian ganda.

Grafik tren *mean sea level* rata-rata bulanan yang dapat dilihat pada Gambar 1, diperoleh persamaan  $y = 0,0018x + 149,79$  secara regresi linier dengan nilai kenaikan muka air laut sebesar 0,22 mm/tahun.



**Gambar 1 Grafik Tren Mean Sea Level Bulanan**

Berdasarkan data satelit altimetri berupa *sea level anomaly* dengan kualitas produk level 4 yang paling bagus dan diperuntukkan bagi *scientific*. Data tersebut diperoleh selama periode 30 tahun dari 1993-2022 yang didapatkan secara terbuka pada AVISO *Live Access Server*, kemudian dalam mengisi kekosongan data dilakukan interpolasi data secara linier. Dengan regresi linier diperoleh tren yang menunjukkan nilai *sea level rise* (kenaikan muka air laut). Dapat dilihat Pada Gambar 2 yang merupakan tren *sea level anomaly* dengan persamaan  $y = 0,0045x + 0,0479$ , dengan nilai kenaikan muka air laut sebesar 4,5 mm/tahun.



Gambar 2 Grafik Tren Sea Level Anomaly

## KESIMPULAN

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan diperoleh kesimpulan bahwa berdasarkan data pasang surut Pushidrosal tahun 2012-2022, dari hasil analisis admiralty 29 piantan berdasarkan persamaan  $y=0,0018x+149,79$  diperoleh informasi sea level rise sebesar 0,22 mm/tahun, yang diambil dari tren grafik bulanan mean sea level secara regresi linier.

Data satelit altimetri dalam kurun waktu 1993-2022, berdasarkan persamaan  $y=0,0045x + 0,0479$  diperoleh informasi sea level rise sebesar 4,5 mm/tahun, yang diambil tren sea level anomaly dengan regresi linier.

## BIBLIOGRAFI

- Ariana, Dewi, Kusmana, Cecep, & Setiawan, Yudi. (2017). Study of Sea Level Rise Using Satellite Altimetry Data in the Sea of Dumai, Riau, Indonesia. *Geoplanning: Journal of Geomatics and Planning*, 4(1), 75. <https://doi.org/10.14710/geoplanning.4.1.75-82>
- Badan Pusat Statistik Kota Medan. (2021). *Kecamatan Medan Belawan Dalam Angka* (Vol. 13; Bambang Karnoyudho, Ed.).
- F Lang, Abigail E., I Kalangi, Patrice N., Dien, Heffry V, Masengi, Kwa, Ch Pamikiran, Revols D., Kaparang, Frangky E., Studi Pemanfaatan Sumberdaya Perikanan, Program, &



- Perikanan dan Ilmu Kelautan, Fakultas. (2019). Perbandingan Hasil Analisis Pasang Surut di Pelabuhan Perikanan Pantai Tumumpa Menggunakan Metode Kuadrat Terkecil dan Metode Admiralty. In *Lang Jurnal Ilmiah Platax* (Vol. 10). Retrieved from <http://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/platax>
- Frederick, Hendra, Dwi, Agus Anugroho, & Hariadi. (2016). Pemetaan Banjir Rob Terhadap Pasang Tertinggi di Wilayah Pesisir Kecamatan Medan Belawan, Sumatera Utara. *Jurnal Oceanografi*, 5, 334–339. Retrieved from <http://ejournal-s1.undip.ac.id/index.php/jose>
- Gultom, Feri, Harsono, Gentio, Pranowo, Widodo S., & Adrianto, Dian. (2022). Sistem Informasi Pasang Surut Berbasis Android di Wilayah Kerja Pangkalan TNI Angkatan Laut (Studi Kasus Belawan, Tarempa, Sibolga, Natuna dan Cilacap). *Jurnal Chart Datum*, 3(2), 81–92. <https://doi.org/10.37875/chartdatum.v3i2.121>
- Intergovernmental Panel on Climate Change. (2021). *Climate Change 2021: The Physical Science Basis*. Retrieved from <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/>
- Joesidawati, Marita Ika. (2016). Penilaian Kerentanan Pantai Di Wilayah Pesisir Kabupaten Tuban Terhadap Ancaman Kerusakan. *Jurnal Kelautan: Indonesian Journal of Marine Science and Technology*, 9(2), 188. <https://doi.org/10.21107/jk.v9i2.1667>
- M.Baba, Y., Opaluwa D., & O, Faruna S. (2022). Analysis Of Sea Level Anomaly Over Nigeria Coastal Area Using Multi-Mission Satellite Altimetry Data. *Annual General Meeting and Conference of National Association of Surveying and Geoinformatics Lecturers*, 2213. Abuja.
- Ongkosongo, Otto S. R., & Suyarso. (1989). *Pasang Surut*. Jakarta: Pusat Penelitian dan Pengembangan Oseanologi.
- Pariwono, J. I. (1989). Kondisi Pasang Surut Indonesia. *Prosiding Pasang Surut*, 135–147. Jakarta: Pusat Penelitian dan Pengembangan Oseanologi LIPI.
- Pasaribu, Roberto Patar, Sewiko, Roni, & Arifin, Arifin. (2022). Application of The Admiralty Method to Process Tidal Data in the Waters of The Nasik Strait - Bangka Belitung. *Jurnal Ilmiah PLATAx*, 10(1), 146. <https://doi.org/10.35800/jip.v10i1.39719>
- Pemerintah Kota Medan. (2014). Medan Belawan. Retrieved from <https://pemkomedan.go.id/hal-medan-belawan.html>
- Pranowo, Widodo, Supriyadi, Eko, Meteorologi, Jurnal, & Geofisika, Dan. (2019). Tidal Analysis in Pamenugepek, Belitung, and Sarmi Waters Based on Admiralty Method. *Jurnal Meteorologi Dan Geofisika*.

- Ramadhan, Muhammad, Yulius, Yulius, & Oktaviana, Nindya Kania. (2021). Distribution of Tide Type in Indonesian Waters Based on 7 Days Data Measurement of Ipassoet-BIG Station. *Jurnal Segara*, 17(2), 117. <https://doi.org/10.15578/segara.v17i2.9342>
- Shalsabilla, Annisa, Setiyono, Heryoso, Sugianto, Denny Nugroho, Ismunarti, Dwi Haryo, & Marwoto, Jarot. (2022). Kajian fluktuasi muka air laut sebagai dampak dari perubahan iklim di perairan Semarang. *Indonesian Journal of Oceanography*, 4(1), 69–76.
- Sri Sugiarti, Annisa, & Setiawan, Ichsan. (2014). Tidal Analysis at Kuala Langsa and Pusong Island Using Admiralty Method. *Annual International Conference Syiah Kuala University*, 22–24.
- Syahputra, Teuku Rahmat, & Rahma, Endah Anisa. (2023). *Karakteristik Pasang Surut Air Laut di Peairan Belawan Menggunakan Metode Admiralty Characteristics of Sea Water Tide in Belawan Waters Using Admiralty Method*. 5(1). <https://doi.org/10.35308/jlik.v5i1.5914>
- Triatmodjo, Bambang. (1999). *Teknik Pantai*. Yogyakarta: Beta Offset.
- Wyrski, Klaus. (1961). Physical Oceanography of the Southeast Asian Waters. In *Scientific Results of Marine Investigation of the South China Sea and the Gulf of Thailand 1959-1961* (Vol. 2).
- Yuliadi, Lintang Permata Sari. (2008). *Aplikasi data pasang surut real time dalam penentuan kedalaman laut aktual di selat malaka*.
- Yulian Fahmi Sageta, Sugeng Widada, Heryoso Setiyono. (2012). Analisa Data Pasang dan Satelit Altimetri Sebagai Kajian Fluktuasi Muka Air Laut Di Pesisir Kota Surabaya Periode 2000-2009. *Journal of Oceanography Universitas Diponegoro*, 1, 40–48.

---

**Copyright holders:**

Arrisha Anggraini, Ahmad Perwira Mulia, Gina Cynthia R Hasibuan, M. Faisal (2023)

**First publication right:**

Journal of Syntax Admiration

**This article is licensed under:**

