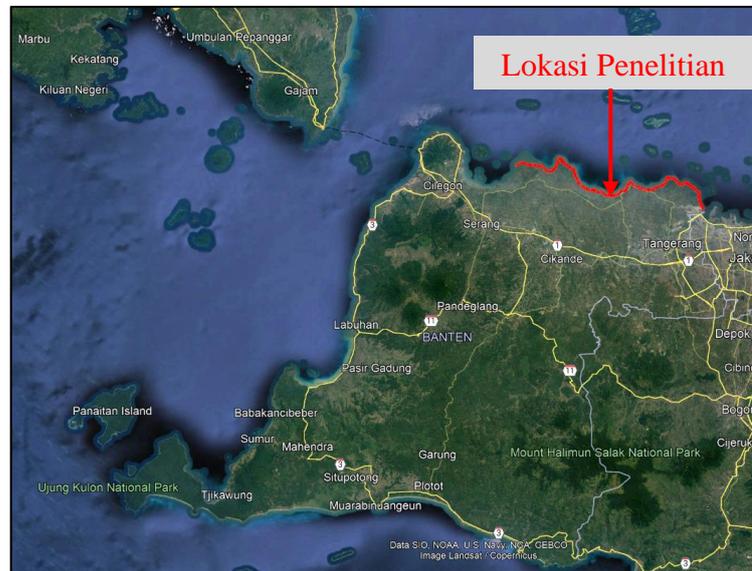


BAB 5

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan Permendagri Nomor 72 Tahun 2019, Provinsi Banten memiliki luas 9.662,92 km². Provinsi Banten tercatat memiliki 2 (dua) Kota yaitu Tangerang dan Cilegon dan 4 (empat) Kabupaten, yaitu Serang, Pandeglang, Lebak, Tangerang. Provinsi Banten kemudian mengalami pemekaran wilayah sehingga terbentuk dua Kota baru, yakni Kota Serang dari Kabupaten Serang (UU Nomor 32 Tahun 2007 tentang Pembentukan Kota Serang di Provinsi Banten) serta Kota Tangerang Selatan dari Kabupaten Tangerang (UU Nomor 51 Tahun 2008 tentang Pembentukan Kota Tangerang Selatan di Provinsi Banten).



Gambar 5.1. Gambar peta provinsi banten dan lokasi penelitian

(Sumber : Google Earth Pro, 2023)

Dari sisi astronomis, wilayah Provinsi Banten berada pada batas 105°01'11"-106°07'12" Bujur Timur dan 05°07'50" - 07°01'01" Lintang Selatan. Adapun wilayah Provinsi Banten memiliki empat perbatasan yaitu:

- a. Sebelah Utara dengan Laut Jawa;
- b. Sebelah Selatan berbatasan dengan Samudra Hindia;
- c. Sebelah Barat berbatasan dengan Selat Sunda;
- d. Sebelah Timur berbatasan dengan DKI Jakarta dan Provinsi Jawa Barat.

(Sumber : Dokumen Rencana Pembangunan Daerah Tahun 2023 – 2026)

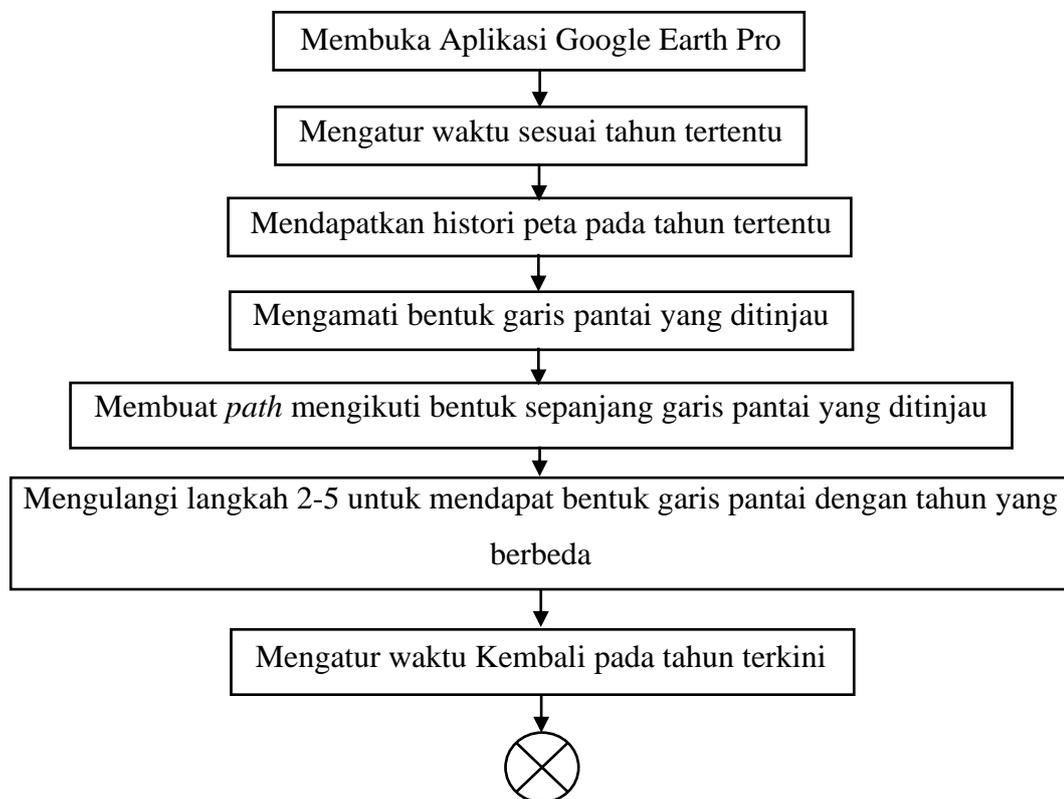
Kondisi pantai utara banten (Gambar 5.1) terkini telah mengalami banyak perubahan jika dibandingkan dengan kondisi 30 tahun sebelumnya. Perubahan-perubahan yang terjadi akan dibahas lebih jelas dalam penelitian ini sesuai dengan tujuan penelitian pertama yaitu untuk menganalisa perubahan garis pantai yang terjadi selama tahun 1985 sampai tahun 2022 di sepanjang pesisir pantai Tanjung Batok Domas (Serang) hingga Pantai Indah Kapuk 2 (Tangerang).

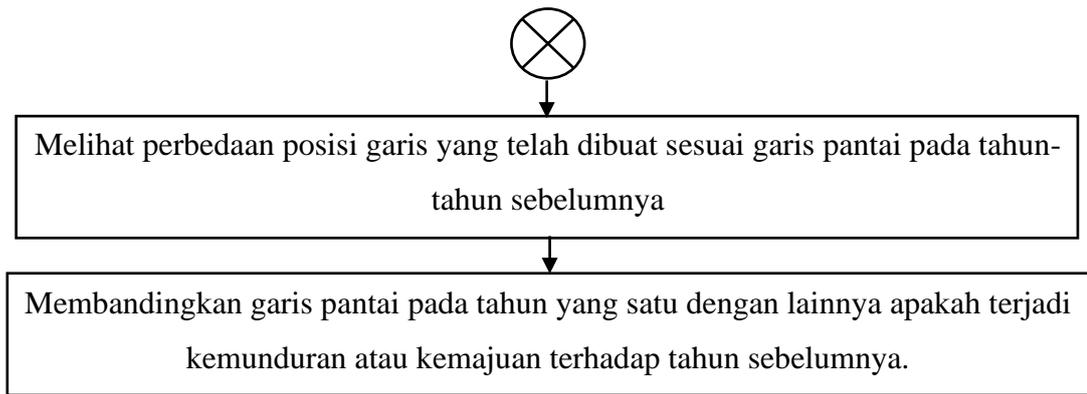
5.1. Perubahan Garis Pantai Banten Utara (Tahun 1985-2022)

Monitoring perubahan garis pantai ini memiliki beberapa tahapan mulai dari pengumpulan data, pengolahan data dan analisis data untuk kemudian diambil kesimpulan berupa hasil penelitian.

5.1.1. Data Google Earth

Dalam Bab 4 telah dibahas sedikit mengenai data yang digunakan untuk meninjau perubahan garis Pantai Utara Banten selama beberapa tahun yaitu menggunakan data garis pantai yang didapat dari aplikasi Google Earth Pro. Berikut ini tahapan yang dilakukan untuk mendapat data garis pantai tahun tertentu.

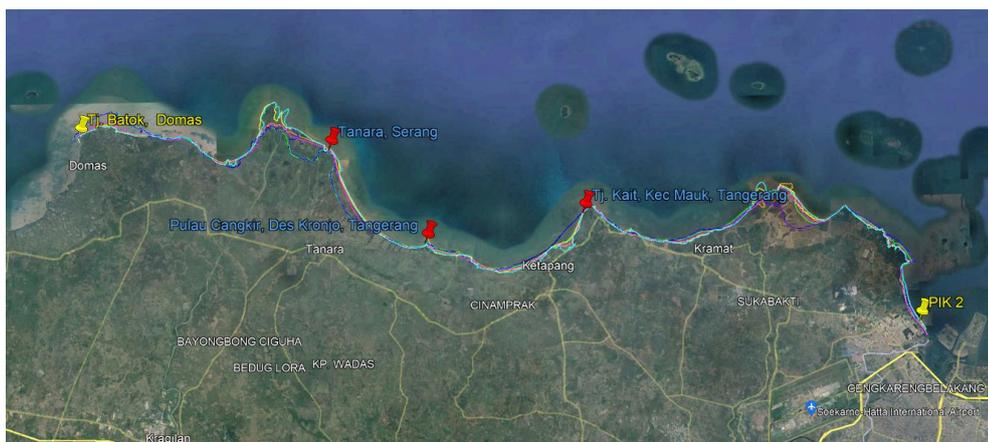




Gambar 5.2. *Flowchart* pengamatan perubahan garis pantai dengan aplikasi Google Earth Pro
(Sumber : Analisis Penulis, 2023)

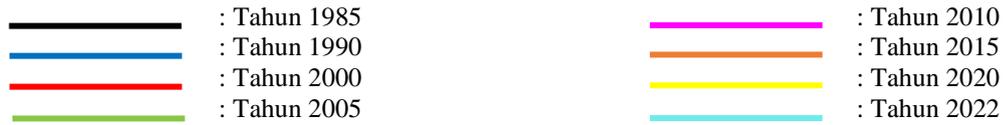
5.1.2. Perubahan Garis Pantai Banten Utara

Banten utara merupakan wilayah pesisir Banten yang menghadap ke laut utara pulau Jawa. Pantai utara Jawa diketahui memiliki tingkat perubahan yang cukup tinggi berdasarkan hasil penelitian-penelitian terdahulu (Tunjung, 2020 dan Putra, 2020). Pembahasan monitoring garis pantai utara Banten khususnya wilayah tinjauan pesisir Domas – Pantai Indah Kapuk 2 akan dibahas perubahan garis pantai yang terjadi selama tahun 1985-2022 berdasarkan penggunaan data *Google Earth Pro*.



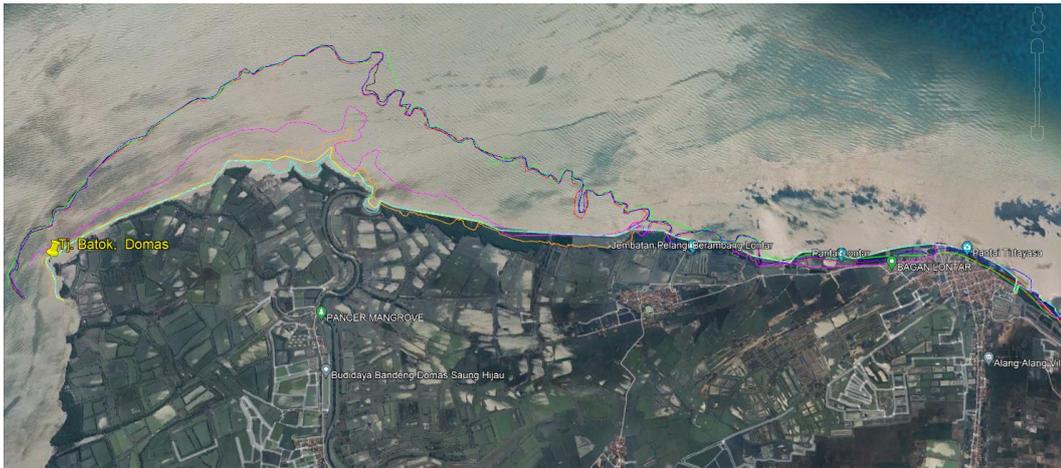
Gambar 5.3. Garis pantai sepanjang Pesisir Tanjung Batok - PIK 2
(Sumber : Analisis Penulis, 2023)

Keterangan :



Wilayah tinjauan perubahan garis pantai pesisir Domas – Pantai Indah Kapuk 2 cukup panjang, maka pembahasan akan dibagi menjadi beberapa segmen berdasarkan klasifikasi wilayah yang terabrasi dan terakresi.

a. Perubahan Garis Pantai di Wilayah Domas - Tirtayasa



Gambar 5.4. Garis pantai di Pesisir Domas – Tirtayasa

(Sumber : Analisis Penulis, 2023)

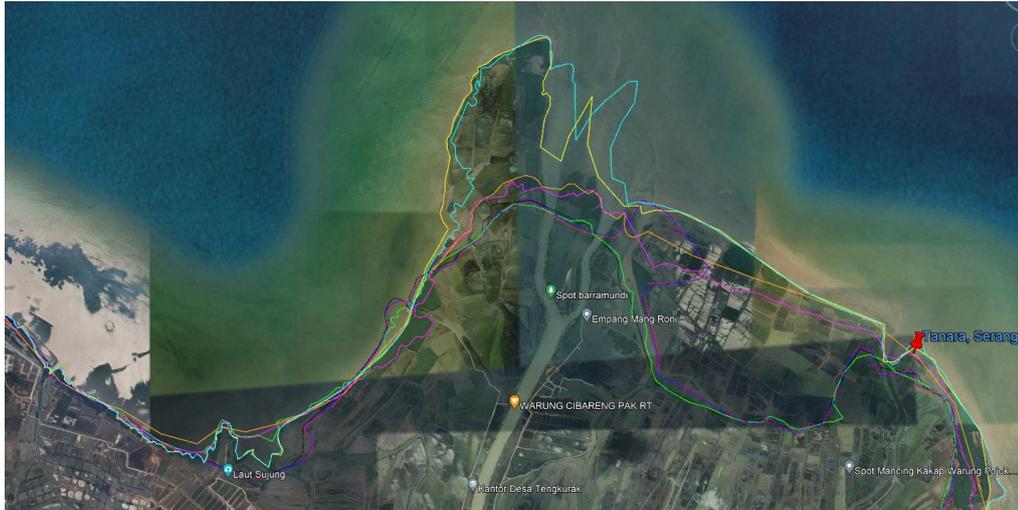
Keterangan :



Berdasarkan Gambar 5.4 diketahui bahwa tata guna lahan pesisir Pantai Tanjung Domas-Pantai Lontar berupa tambak, sedangkan pesisir Pantai Lontar-Pantai Tirtayasa tata guna lahannya permukiman. Erosi terjadi di pesisir Pantai Tanjung Domas-Pantai Lontar selama periode 1985-2015, sedangkan tinjauan garis pantai tahun 2015 sampai 2022 tingkat perubahannya relatif stabil.

Perubahan garis pantai wilayah Lontar sampai Tirtayasa cukup stabil dari tahun 1985-2022. Erosi terbesar yaitu di sepanjang pantai Domas-Lontar yang mencapai 1.229 m. Akresi terbesar yaitu di sepanjang pantai Lontar-Tanara yang mencapai 80,7 m. Erosi terkecil yaitu di sepanjang pantai Domas-Lontar sebesar 62,8 m. Akresi terkecil yaitu di sepanjang pantai Lontar-Tanara sebesar 9,36 m.

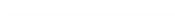
b. Perubahan Garis Pantai di Wilayah Tirtayasa - Tanara



Gambar 5.5. Garis pantai di Pesisir Tirtayasa – Tanara

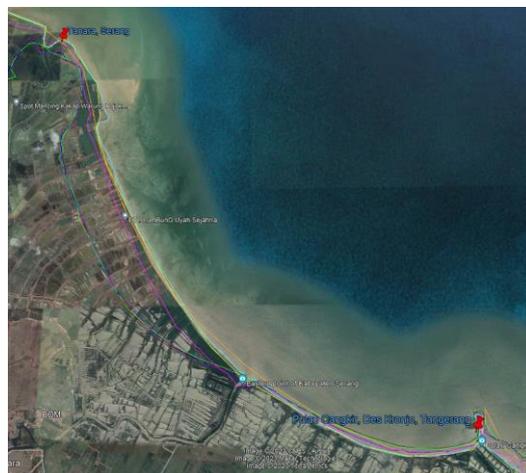
(Sumber : Analisis Penulis, 2023)

Keterangan :

	: Tahun 1985		: Tahun 2010
	: Tahun 1990		: Tahun 2015
	: Tahun 2000		: Tahun 2020
	: Tahun 2005		: Tahun 2022

Berdasarkan Gambar 5.5 diketahui bahwa tata guna lahan pesisir Pantai Tirtayasa-Tanara berupa tambak dan terdapat muara Sungai Ciujung. Akresi terjadi di pesisir Pantai Tirtayasa-Tanara selama periode 1985-2022. Akresi terbesar di sepanjang Pantai Tirtayasa-Tanara yang mencapai 1.565 m. Akresi terkecil yaitu di sepanjang Pantai Tirtayasa-Tanara sebesar 5,26 m. Penyebab terjadinya akresi pada pesisir tersebut karena pengaruh sedimentasi pada muara Sungai Ciujung.

c. Perubahan Garis Pantai di Wilayah Tanara - Pulau Cangkir



Gambar 5.6. Garis pantai di Pesisir Tanara - Pulau Cangkir

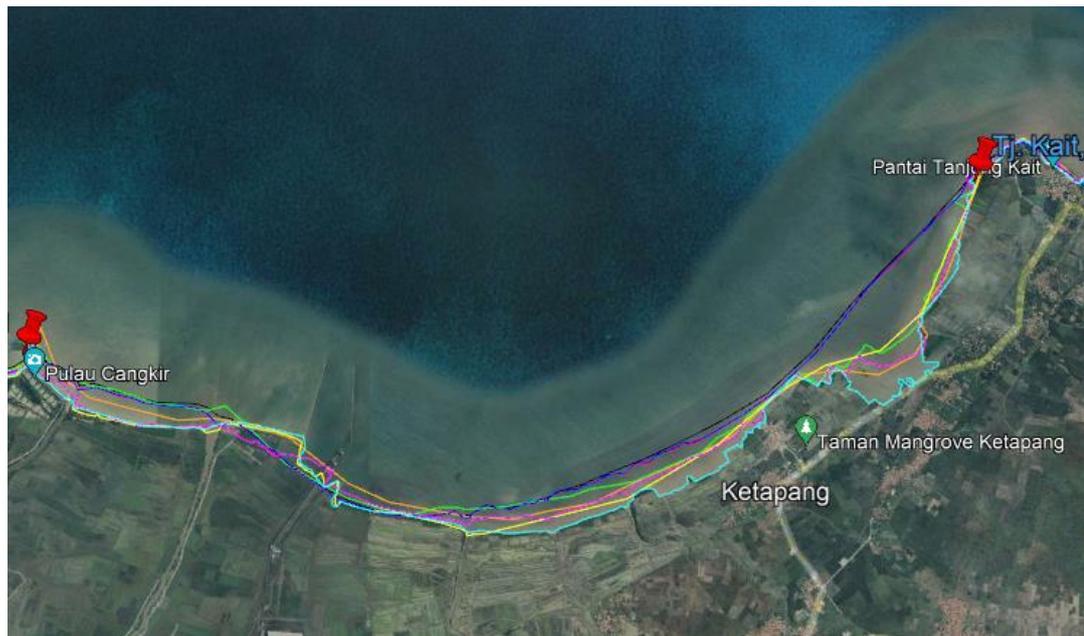
(Sumber : Analisis Penulis, 2023)

Keterangan :

	: Tahun 1985		: Tahun 2010
	: Tahun 1990		: Tahun 2015
	: Tahun 2000		: Tahun 2020
	: Tahun 2005		: Tahun 2022

Berdasarkan Gambar 5.6 diketahui bahwa tata guna lahan pesisir Tanara - Pulau Cangkir berupa tambak. Akresi terjadi di pesisir Pantai Tanara selama periode 1985-2022. Perubahan garis pantai wilayah Pulau Cangkir bagian barat terjadi erosi selama periode 1985-2022. Erosi terbesar yaitu di sepanjang pantai Tanara yang mencapai 138 m. Akresi terbesar yaitu di sepanjang pantai Pulau Cangkir yang mencapai 719 m. Erosi terkecil yaitu di sepanjang pantai Domas-Lontar sebesar 5,47 m. Akresi terkecil yaitu di sepanjang pantai Lontar-Tanara sebesar 57,3 m.

d. Perubahan Garis Pantai di Wilayah Pulau Cangkir - Tanjung Kait



Gambar 5.7. Garis pantai di Pesisir Pulau Cangkir - Tanjung Kait

(Sumber : Analisis Penulis, 2023)

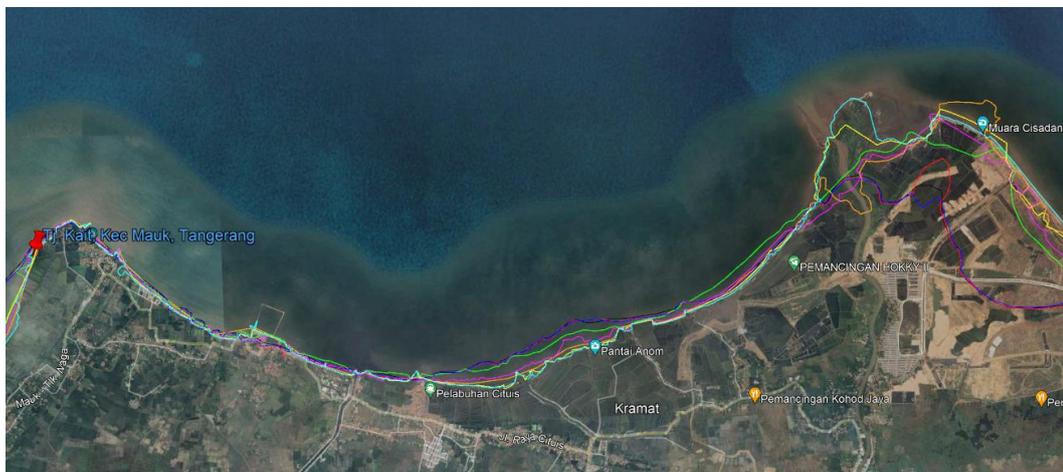
Keterangan :

	: Tahun 1985		: Tahun 2010
	: Tahun 1990		: Tahun 2015
	: Tahun 2000		: Tahun 2020
	: Tahun 2005		: Tahun 2022

Berdasarkan Gambar 5.7 diketahui bahwa tata guna lahan pesisir Pantai Pulau Cangkir-Pantai Tanjung Kait berupa tambak. Erosi terjadi di pesisir Pantai Pulau Cangkir-Pantai Tanjung Kait selama periode 1985-2015.

Erosi terbesar yaitu di sepanjang pantai Tanjung Kait yang mencapai 1.090 m. Akresi terbesar yaitu di sekitar Pantai Pulau Cangkir yang mencapai 315 m. Erosi terkecil yaitu di sepanjang Pantai Tanara sebesar 6,39 m. Akresi terkecil yaitu di sekitar pantai Pulau cangkir sebesar 3,46 m.

e. Perubahan Garis Pantai di Wilayah Tanjung Kait - Muara Cisadane



Gambar 5.8. Garis pantai di Pesisir Tanjung Kait - Muara Cisadane

(Sumber : Analisis Penulis, 2023)

Keterangan :

	: Tahun 1985		: Tahun 2010
	: Tahun 1990		: Tahun 2015
	: Tahun 2000		: Tahun 2020
	: Tahun 2005		: Tahun 2022

Berdasarkan Gambar 5.8 diketahui bahwa tata guna lahan pesisir Pantai Tanjung Kait - Muara Cisadane berupa permukiman dan persawahan. Perubahan garis pesisir Pantai Tanjung Kait cukup stabil periode 1985-2015. Terjadi perubahan garis pantai di sebelah barat Muara Cisadane yang signifikan dalam periode 1985-2015.

Erosi terbesar yaitu di sekitar Pantai Anom yang mencapai 462 m. Akresi terbesar yaitu di sekitar Pantai Tanjung Kait yang mencapai 113 m. Erosi terkecil yaitu di

sekitar Pantai Anom sebesar 12,7 m. Akresi terkecil yaitu di sekitar Pantai Tanjung Kait sebesar 4,51 m.

f. Perubahan Garis Pantai di Wilayah Muara Cisadane - Pantai Indah Kapuk (PIK) 2



Gambar 5.9. Garis pantai di Pesisir Muara Cisadane - Pantai Indah Kapuk (PIK) 2

(Sumber : Analisis Penulis, 2023)

Keterangan :

	: Tahun 1985		: Tahun 2010
	: Tahun 1990		: Tahun 2015
	: Tahun 2000		: Tahun 2020
	: Tahun 2005		: Tahun 2022

Berdasarkan Gambar 5.9 diketahui bahwa tata guna lahan pesisir Pantai Muara Cisadane - PIK berupa tambak dan permukiman. Terjadi perubahan garis pesisir Pantai di Pesisir Muara Cisadane periode 1985-2015. Laju perubahan garis pantai di PIK lebih stabil dalam periode 1985-2015.

Erosi terbesar yaitu di Pantai Muara Kecil yang mencapai 738 m. Akresi terbesar yaitu di sisi barat Pantai Muara Cisadane yang mencapai 1.790 m. Erosi terkecil yaitu di sekitar Pantai Indah Kapuk 2 sebesar 12,7 m. Akresi terkecil yaitu di sekitar Pantai Tanjung Pasir sebesar 4,51 m.

Secara garis besar perubahan garis Pantai Domas-Pantai Indah Kapuk 2 ditunjukkan pada Tabel 5.1.

Tabel 5.1. Besar perubahan garis Pantai Domas-PIK 2 Tahun 1945-2022

Lokasi	Erosi Max. (m)	Erosi Min. (m)	Akresi Max. (m)	Akresi Min. (m)
Perubahan Garis Pantai di Wilayah Domas - Tirtayasa	1.229	62,8	80,7	9,36
Perubahan Garis Pantai di Wilayah Tirtayasa - Tanara	-	-	1.565	5,26
Perubahan Garis Pantai di Wilayah Tanara - Pulau Cangkir	138	5,47	719	57,3
Perubahan Garis Pantai di Wilayah Pulau Cangkir - Tanjung Kait	1.090	6,39	315	3,46
Perubahan Garis Pantai di Wilayah Tanjung Kait - Muara Cisadane	462	12,7	113	4,51
Perubahan Garis Pantai di Wilayah Muara Cisadane - Pantai Indah Kapuk (PIK) 2	738	11,4	1.790	5,48

(Sumber : Analisa Penulis, 2023)

Berdasarkan Gambar 5.4-Gambar 5.9 dan Tabel 5.1 diketahui bahwa perubahan garis Pantai Domas-PIK 2 mengalami erosi dan akresi. Erosi terbesar terjadi di wilayah pesisir Pantai Domas-Lontar yaitu sejauh 1.229 m selama Tahun 1985-2022. Erosi terkecil terjadi di dekat muara Sungai Cidurian sebesar 5,47 m. Akresi terbesar terjadi di pesisir sebelah barat Muara Sungai Cisadane yaitu sejauh 1.790 m dan akresi terbesar kedua terjadi di sekitar Muara Sungai Ciujung sebesar 1.565 m selama Tahun 1985-2022. Akresi terkecil terjadi di pesisir PLTU Lontar sebesar 3,46 m.

Hasil penelitian di atas dibandingkan dengan hasil penelitian di buku “Perubahan Garis Pantai Pesisir Utara Jawa” oleh Suhardi, dkk dari FMIPA Universitas Indonesia Tahun 2020. Buku tersebut menjelaskan bahwa terjadi akresi dari tahun 2006-2015 di wilayah pesisir pantai DAS Cisadane dan PIK 2 Tangerang. Tahun

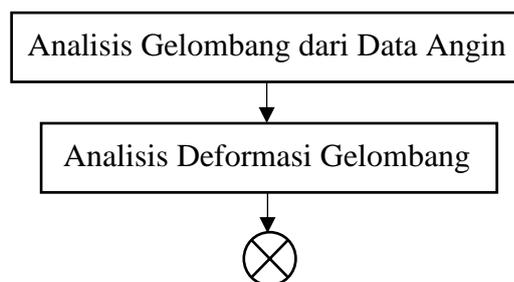
2015-2019, pesisir pantai DAS Cisadane mengalami erosi sedangkan PIK tetap mengalami akresi. Tahun 2006-2019 terjadi dominan erosi di wilayah lainnya yaitu pesisir kiri dan kanan Tanjung Kait dan wilayah Pesisir Tanjung Pasir.

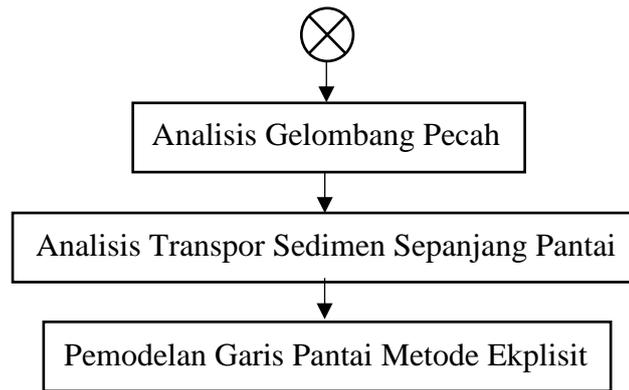
5.2. Model Evolusi Perubahan Garis Pantai (Tahun 2022-2030)

Penyebab utama garis pantai dapat berevolusi yaitu transport sedimen sepanjang pantai yang terangkut terlalu jauh. Model perubahan/evolusi garis pantai dalam penelitian ini hanya diperhitungkan transport sedimen sepanjang pantai. Transport sedimen lain seperti diberikan dalam imbalan sedimen pantai tidak diperhitungkan. Model perubahan garis pantai didasarkan pada kesamaan kontinuitas sedimen sehingga pantai dibagi menjadi sejumlah pias. Pada setiap pias akan ditinjau debit angkutan sedimen yang masuk dan keluar.

Pantai yang ditinjau evolusinya yaitu Pantai Tanara sampai Tanjung Kait. Pada titik tinjauan ini merupakan pantai yang penggunaan lahannya, diketahui dari aplikasi Google Eeath, sebagai fungsi alami pantai dan tidak mengalami perubahan dari tahun 1985-2022. Sebelum melakukan model perubahan garis pantai, terlebih dahulu dilakukan pengumpulan dan analisa data. Data-data yang digunakan adalah data sekunder yang didapatkan dari berbagai sumber.

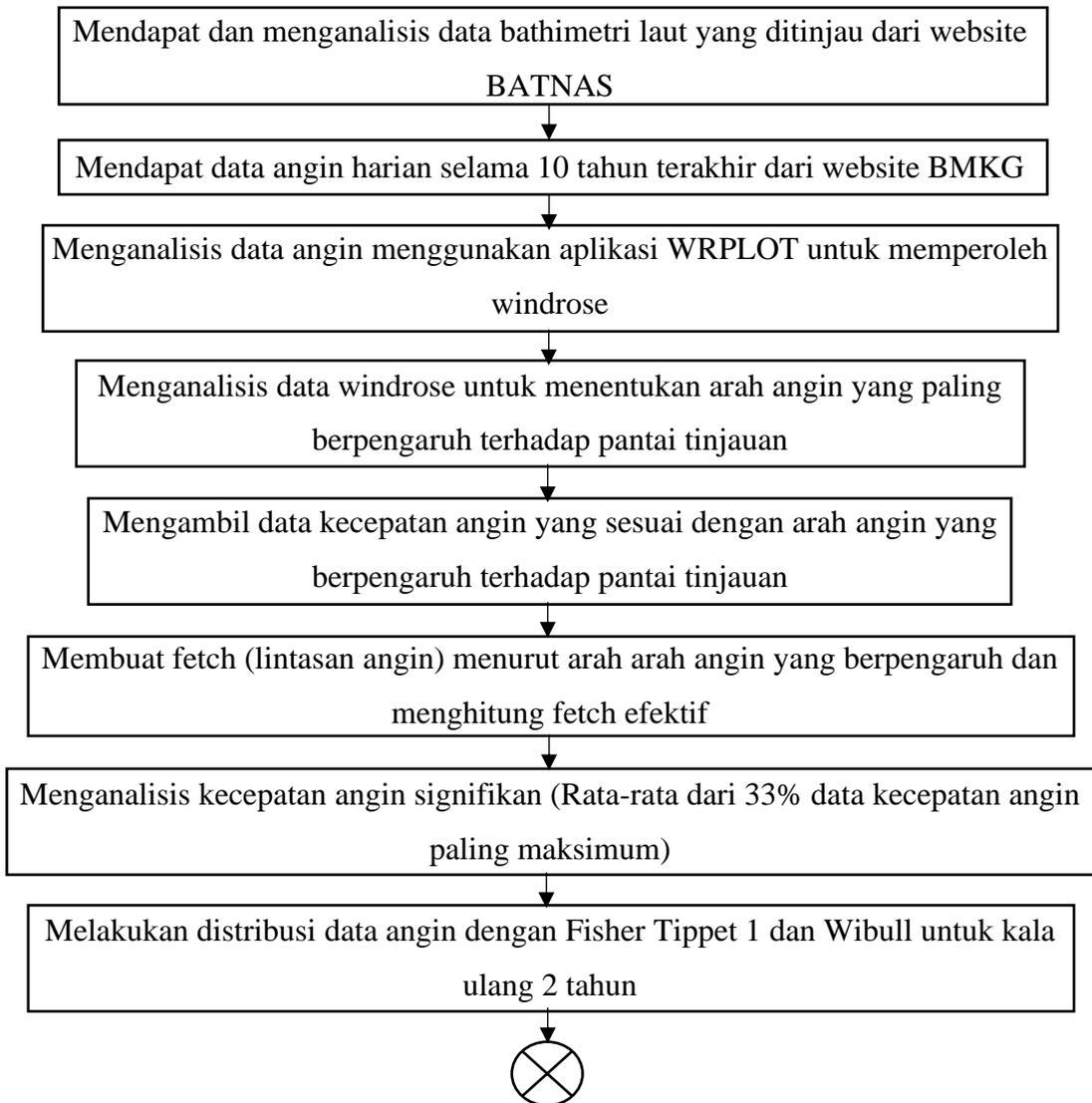
Daratan pesisir pantai di daerah tersebut digunakan untuk tambak dan pantainya merupakan pantai yang berpasir. Garis pantai di lokasi tersebut mengalami perubahan akresi maupun erosi. Pantai Tanara-Pulau Cangkir merupakan pantai yang memiliki fungsi alami serta masih berpasir atau belum terkena intervensi sehingga faktor penyebab terjadinya perubahan garis pantai di wilayah tersebut kemungkinan karena transport sedimen sejajar pantai.

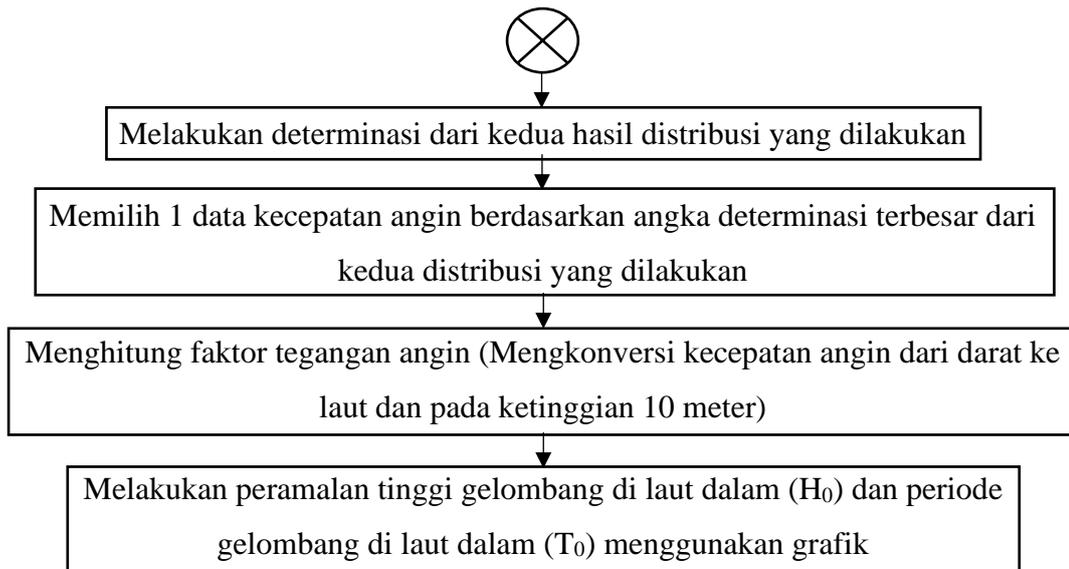




Gambar 5.10. *Flowchart* mencari evolusi perubahan garis pantai
(Sumber : Analisis Penulis, 2023)

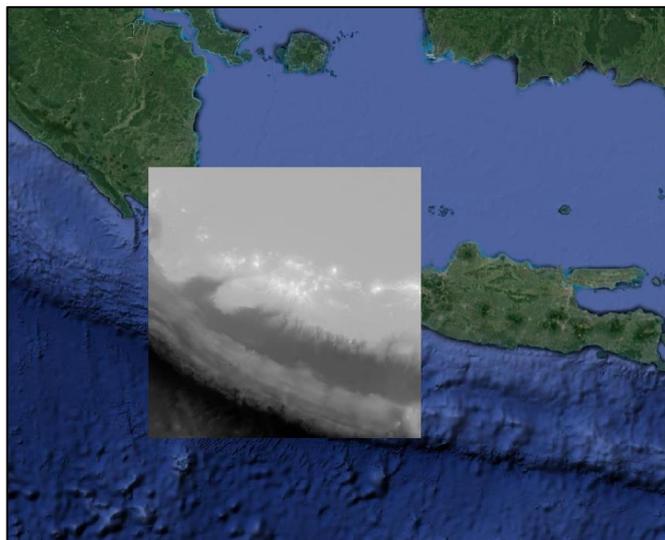
5.2.1. Analisis Gelombang dari Data Angin





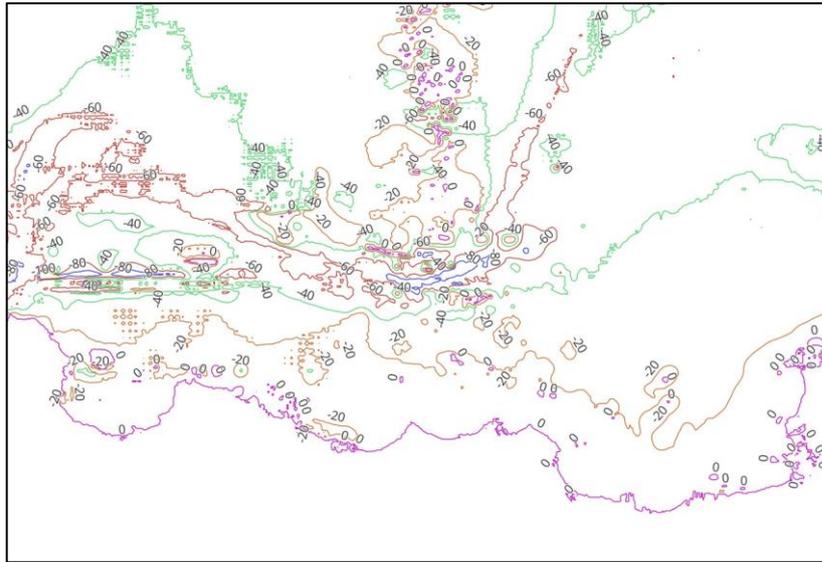
Gambar 5.11. *Flowchart* analisis gelombang dari data angin
(Sumber : Analisis Penulis, 2023)

5.2.1.1. Data Bathimetri



Gambar 5.12. Bathimetri Jawa Barat
(Sumber : *Website* BATNAS, 2023)

Peta bathimetri daerah Tanara – Tanjung Kait secara detail dapat pada gambar 5.12. Peta Bathimetri tersebut perlu diolah menggunakan aplikasi QGIS agar dapat dibaca elevasi laut di sekitar lokasi penelitian. Gambar 5.13. adalah gambaran mengenai formasi dasar laut menurut kontur yang diketahui. Dari data tersebut, dapat dilihat bahwa Pantai Tanara – Tanjung Kait memiliki kemiringan yang cukup landai.



Gambar 5.13. Peta bathimetri

(Sumber : Analisis Penulis, 2023)

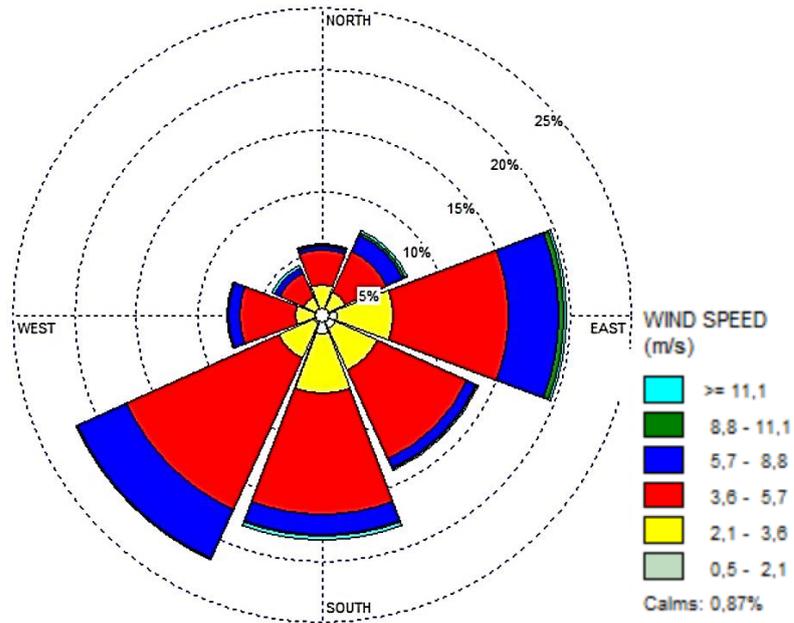
5.2.1.2. Angin

a. Data angin

Komponen dari data angin berupa distribusi arah dan kecepatan angin. Bentuk penyajian data angin dibuat dalam diagram windrose (Mawar Angin) agar karakteristik angin dapat dibaca dengan cepat dan mudah. Kegunaan data angin diantaranya adalah:

- 1) Mengetahui distribusi arah dan kecepatan angin yang terjadi pada suatu daerah
- 2) Perencanaan tipe dan letak bangunan pantai yang akan digunakan

Data angin yang didapat berasal dari *Website* BMKG Stasiun Geofisika Tangerang yang terdekat dengan pantai tinjauan. Data berupa kecepatan angin maksimum (m/s), arah angin saat kecepatan maksimum ($^{\circ}$) dan arah angin terbanyak ($^{\circ}$) setiap jam selama 11 tahun yaitu tahun 2012-2022. Data angin tersebut diolah menjadi windrose menggunakan aplikasi *WRPLOT*. Gambar 5.12 adalah windrose dari data angin hasil pengolahan di tahun 2012-2022 dan data angin ini kemudian digunakan untuk analisis gelombang.



Gambar 5.14. Windrose kejadian angin menuju di Pantai Tanara-Tanjung Kait, Banten 2012-2022

(Sumber : Analisis Penulis, 2023)

Tabel 5.2. Distribusi frekuensi kejadian angin menuju di Pantai Tanara-Tanjung Kait, Banten 2012-2022 dalam m/s

Dates: 01/01/2012 - 01:00 ... 31/12/2022 - 10:00								% Off
Directions / Wind Classes (m/s)	0,5 - 2,1	2,1 - 3,6	3,6 - 5,7	5,7 - 8,8	8,8 - 11,1	>= 11,1	Total	
1 337,5 - 22,5	0,00575	0,01900	0,02849	0,00325	0,00050	0,00100	0,05774	
2 22,5 - 67,5	0,00500	0,01550	0,03724	0,01425	0,00200	0,00200	0,07566	
3 67,5 - 112,5	0,01200	0,04524	0,09323	0,04024	0,00425	0,00225	0,19637	
4 112,5 - 157,5	0,01225	0,03699	0,07873	0,00875	0,00075	0,00125	0,13813	
5 157,5 - 202,5	0,01600	0,04699	0,09823	0,01700	0,00100	0,00275	0,18118	
6 202,5 - 247,5	0,00800	0,03074	0,13422	0,04349	0,00100	0,00000	0,21653	
7 247,5 - 292,5	0,00600	0,01575	0,04474	0,01000	0,00050	0,00050	0,07715	
8 292,5 - 337,5	0,00625	0,01075	0,02024	0,00600	0,00000	0,00125	0,04430	
Sub-Total	0,07093	0,22001	0,53285	0,14236	0,00996	0,01095	0,96706	
Calms							0,00871	
Missing/incomplete							0,00423	
Total							1,00	

(Sumber : Analisa Penulis, 2023)

Berdasarkan distribusi kecepatan dan arah mata angin tersebut hanya dipilih arah angin paling dominan yang berpengaruh terhadap lokasi pantai tinjauan.

5.2.1.4. Kecepatan Angin Signifikan

Berdasarkan data kecepatan angin maksimum tahun 2012-2022 untuk arah menuju Barat Daya (BD), kecepatan angin signifikan diambil sebanyak 33% dari total

kecepatan angin maksimum setiap tahunnya. 33% data angin teratas dipilih kemudian dicari rata-ratanya setiap tahun.

Tabel 5.3. Kecepatan angin signifikan (2012-2022)

Dalam satuan m/s

No	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
1	38	12	8	9	8	8	8	5	5	7	6
2	38	11	7	8	6	8	6			6	5
3	23	11	7	7	6	7	6			6	5
4	15	7	7	6	6	7	5				
5	14	7	6	6	6	6	5				
6	13	7	6	6	6	6	5				
7	12	6	6	6	6	6					
8	10	5	6	6	5	6					
9	10	5	6	6	5	6					
10	10	5	6	6	5	5					
11	9	5		6	5	5					
12	9	5			5	5					
13	8	4			5	5					
14	8	4			5	5					
15	7				5	5					
16					5	5					
17					5	5					
18					5						
19					4						
20					4						
21					4						
Rata-Rata	14,93	6,714	6,5	6,545	5,286	5,882	5,833	5	5	6,333	5,333

(Sumber : Analisa Penulis, 2023)

Data kecepatan angin rata-rata di setiap tahun tersebut merupakan data angin representative untuk arah menuju Barat Daya.

5.2.1.5. Kecepatan Angin berdasarkan Periode Ulang

Evolusi pantai diketahui penyebab utamanya yaitu oleh laju transport sedimen sepanjang pantai. Laju transport sedimen sepanjang pantai tergantung dengan sudut datang gelombang, durasi dan energi gelombang. Sehingga gelombang besar akan mengangkut material pasir lebih banyak daripada gelombang kecil tetapi jika gelombang kecil terjadi dalam waktu lebih sering dari gelombang besar, maka gelombang kecil tersebut dapat mengangkut pasir lebih banyak daripada gelombang

besar. Sehingga dapat digunakan data gelombang dengan periode ulang yang kecil untuk menganalisis transport sedimen sepanjang pantai.

Data angin yang sudah ada beberapa tahun ke belakang hanya digunakan satu data kecepatan angin saja untuk satu periode ulang sebagai data kecepatan angin untuk analisis gelombang. Perhitungan kecepatan angin rencana ini menggunakan analisis statistik atau sering disebut dengan metode weibull dan fisher tippet type 1 berdasarkan frekuensi kejadian angin bertiup.

Tabel 5.4. Hitungan dasar statistik kecepatan angin signifikan (Metode FT-1)

No Urut	Usm, Kec. Angin (m/s)	Usm, Kec. Angin (m/s)	P	y_m	$U_{sm}y_m$	y_m^2	$(U_{sm} - \bar{U}_{sm})^2$	\bar{U}_{sm}	$U_{sm} - \bar{U}_{sm}$	$(U_{sm} - \bar{U}_{sm})^2$
1	14,93	14,93	0,950	2,963	44,245	8,778	68,296	11,329	3,605	12,993
2	6,71	6,71	0,860	1,889	12,686	3,570	0,002	9,261	-2,547	6,487
3	6,50	6,55	0,770	1,341	8,776	1,798	0,015	8,204	-1,659	2,752
4	6,55	6,50	0,680	0,952	6,190	0,907	0,029	7,456	-0,956	0,914
5	5,29	6,33	0,590	0,639	4,048	0,408	0,113	6,853	-0,520	0,270
6	5,88	5,88	0,500	0,367	2,156	0,134	0,619	6,328	-0,445	0,198
7	5,83	5,83	0,410	0,115	0,670	0,013	0,699	5,843	-0,010	0,000
8	5,00	5,33	0,320	-0,130	-0,694	0,017	1,785	5,371	-0,038	0,001
9	5,00	5,29	0,230	-0,384	-2,032	0,148	1,914	4,881	0,404	0,164
10	6,33	5,00	0,140	-0,675	-3,375	0,456	2,786	4,322	0,678	0,460
11	5,33	5,00	0,050	-1,095	-5,474	1,199	2,786	3,513	1,487	2,211
Jumlah		73,36		5,982	67,196	17,428	79,044	73,361	0,000	26,450
Rata-Rata		6,67								

(Sumber : Analisa Penulis, 2023)

Tabel 5.5. Hitungan periode ulang kecepatan angin signifikan (Metode FT-1)

Kala Ulang, T_r (th)	y_r (th)	U_{sr} (m/s)	σ_{nr}	σ_r	$U_s - 1,28\sigma_r$ (m)	$U_s + 1,28\sigma_r$ (m)
2	0,367	6,328	0,320	0,900	5,175	7,480
5	1,500	8,511	0,535	1,503	6,587	10,435
10	2,250	9,956	0,728	2,046	7,337	12,576
20	2,970	11,343	0,925	2,600	8,014	14,671
25	3,199	11,783	0,989	2,780	8,225	15,341
50	3,902	13,138	1,188	3,339	8,864	17,412
100	4,600	14,483	1,387	3,901	9,490	19,475

(Sumber : Analisa Penulis, 2023)

Tabel 5.6. Hitungan dasar statistik kecepatan angin signifikan (Metode Weibull)

No Urut	Usm, Kec. Angin (m/s)	Usm, Kec. Angin (m/s)	P	y_m	$U_{sm}y_m$	y_m^2	$(U_{sm} - \bar{U}_{sm})^2$	\bar{U}_{sm}	$U_{sm} - \bar{U}_{sm}$	$(U_{sm} - \bar{U}_{sm})^2$
1	14,93	14,93	0,946	1,711	25,545	2,926	68,296	10,778	4,156	17,271
2	6,71	6,71	0,858	1,398	9,387	1,955	0,002	9,220	-2,506	6,278
3	6,50	6,55	0,770	1,213	7,940	1,471	0,015	8,297	-1,752	3,068
4	6,55	6,50	0,682	1,071	6,961	1,147	0,029	7,589	-1,089	1,186
5	5,29	6,33	0,594	0,950	6,016	0,902	0,113	6,986	-0,652	0,426
6	5,88	5,88	0,506	0,840	4,942	0,706	0,619	6,439	-0,557	0,310
7	5,83	5,83	0,418	0,736	4,294	0,542	0,699	5,920	-0,087	0,008
8	5,00	5,33	0,330	0,633	3,377	0,401	1,785	5,407	-0,074	0,005
9	5,00	5,29	0,242	0,527	2,784	0,278	1,914	4,877	0,409	0,167
10	6,33	5,00	0,154	0,409	2,047	0,168	2,786	4,292	0,708	0,502
11	5,33	5,00	0,066	0,262	1,310	0,069	2,786	3,557	1,443	2,083
Jumlah	73,36			9,750	74,604	10,564	79,044	73,361	0,000	31,304
Rata-Rata	6,67									

(Sumber : Analisa Penulis, 2023)

Tabel 5.7. Hitungan periode ulang kecepatan angin signifikan (Metode Weibull)

Kala Ulang, T_r (th)	y_r (th)	U_{sr} (m/s)	σ_{nr}	σ_r	$U_s - 1,28\sigma_r$ (m)	$U_s + 1,28\sigma_r$ (m)
2	0,833	6,401	0,358	1,007	5,112	7,689
5	1,269	8,575	0,539	1,515	6,636	10,513
10	1,517	9,815	0,663	1,865	7,427	12,202
20	1,731	10,878	0,776	2,181	8,086	13,670
25	1,794	11,194	0,810	2,277	8,279	14,108
50	1,978	12,110	0,910	2,558	8,836	15,384
100	2,146	12,948	1,002	2,818	9,340	16,555

(Sumber : Analisa Penulis, 2023)

Tabel 5.8. Rekapitulasi hasil analisis periode ulang

Periode Ulang (Tahun)	Distribusi Fisher Tippett I			Distribusi Weibull		
	Kecepatan Angin			Kecepatan Angin		
	$U_s - 1,28\sigma_r$ (m)	U_{sr} (m/s)	$U_s + 1,28\sigma_r$ (m)	$U_s - 1,28\sigma_r$ (m)	U_{sr} (m/s)	$U_s + 1,28\sigma_r$ (m)
2	5,175	6,328	7,480	5,112	6,401	7,689
5	6,587	8,511	10,435	6,636	8,575	10,513
10	7,337	9,956	12,576	7,427	9,815	12,202
20	8,014	11,343	14,671	8,086	10,878	13,670
25	8,225	11,783	15,341	8,279	11,194	14,108
50	8,864	13,138	17,412	8,836	12,110	15,384
100	9,490	14,483	19,475	9,340	12,948	16,555
Angka Determinasi	0,6654			0,6040		

(Sumber : Analisa Penulis, 2023)

Dari kedua distribusi yang telah dilakukan didapat angka determinasi lebih besar pada distribusi fisher tippet type 1, sehingga diambil kecepatan angin yang akan digunakan untuk analisis gelombang dengan periode ulang 2 tahun yaitu 6,33 m/s.

5.2.1.5. Analisis Pembangkitan Gelombang

Data angin yang didapat dari BMKG Stasiun Geofisika Tangerang tidak diketahui diukur pada elevasi berapa sehingga diasumsikan kecepatan angin diukur pada elevasi 3 meter di atas permukaan tanah. Rumus dan grafik untuk memprediksi gelombang didasarkan pada kecepatan angin yang diukur pada elevasi 10 m karena tegangan angin konstan pada elevasi 10-100 m. (Dicari dengan persamaan 3.1).

Diketahui :

$$U_z = 6,33 \text{ m/s}$$

$$Z = 3 \text{ m}$$

Dicari :

Kecepatan angin pada ketinggian 10 m di atas permukaan tanah, U_{10} ?

Penyelesaian :

$$\begin{aligned} U_{10} &= U_z \left(\frac{10}{Z} \right)^{1/7} \\ &= 6,33 \left(\frac{10}{3} \right)^{1/7} \\ &= 7,52 \text{ m/s} \end{aligned}$$

5.2.1.6. Konversi Kecepatan Angin

Data angin yang digunakan untuk peramalan gelombang ialah data angin yang berada di permukaan laut pada lokasi pembangkitan, sehingga angin yang diukur kecepataannya di darat perlu dikonversi menjadi data angin di laut. (Dicari dengan persamaan 3.2).

Diketahui :

$$U_{10} = 7,52 \text{ m/s}$$

$R_L = 1,2$ (didapat dari plot grafik pada (Gambar 3.2))

$R_T = 1$ (diasumsikan tidak ada perbedaan temperature antara udara dan air)

Dicari :

Kecepatan angin di atas permukaan laut, U ?

Penyelesaian :

$$\begin{aligned}U &= U_{10} \times R_L \times R_T \\ &= 7,52 \text{ m/s} \times 1,2 \times 1 \\ &= 10,62 \text{ m/s}\end{aligned}$$

5.2.1.7. Faktor Tegangan Angin

Untuk menggunakan grafik pada (Gambar 3.5), peramalan tinggi gelombang (H_0) dan periode gelombang (T_0), kecepatan angin yang didapat di atas (U) masih harus dirubah ke faktor tegangan angin U_A (*wind-stress factor*). (Dicari dengan persamaan 3.3).

Diketahui :

$$U = 10,62 \text{ m/s}$$

Dicari :

Faktor tegangan angin, U_A ?

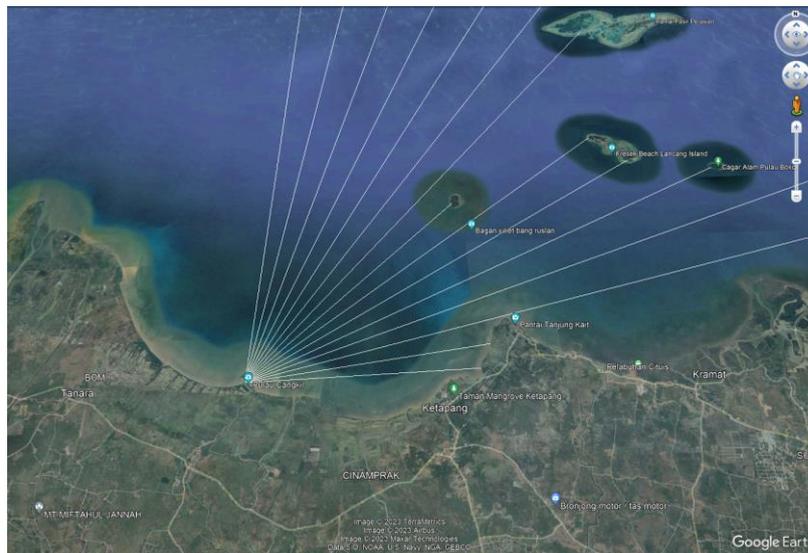
Penyelsaian :

$$\begin{aligned}U_A &= 0,71 \times U^{1,23} \\ &= 0,71 \times (10,62)^{1,23} \\ &= 10,62 \text{ m/s}\end{aligned}$$

5.2.1.7. Panjang Fetch (Lintasan Angin)

Pantai Tanara-Tanjung Kait berada di utara pulau Jawa dengan garis pantai yang menghadap ke arah Utara. Arah angin yang berpengaruh pada pantai ini adalah arah menuju Barat Daya, Selatan dan Tenggara. Sedangkan arah lainnya tidak berpegaruh secara langsung, namun memungkinkan terjadi pembelokan ke arah

Pantai Tanara-Tanjung Kait. Arah angin yang digunakan dalam penelitian ini dibatasi hanya menggunakan satu arah angin yang paling berpengaruh saja yaitu arah menuju Barat Daya. Perhitungan panjang fetch menggunakan media bantu *Google Earth Pro* sehingga memiliki ketepatan yang cukup tinggi dalam menentukan fetch. Dengan ditarik garis panjang dari koordinat tinjauan yaitu pada $106^{\circ}26'28.56''$ BT dan $6^{\circ}1'53,43''$ LS, panjang fetch efektif dengan daerah bangkitan Barat Daya dapat dilihat melalui Gambar 5.13. Perhitungan fetch efektif dapat dilihat pada Tabel 5.3.



Gambar 5.15. Fetch efektif arah Barat Daya

(Sumber : Analisis Penulis, 2023)

Berikut ini merupakan langkah-langkah perhitungan untuk mendapatkan besarnya panjang fetch efektif.

- a. Sesuai dengan Gambar 5.13 arah angin menuju menjadi acuan 0° dan bertambah tiap 6° sampai sudut sebesar 42° ke sisi kiri dan ke sisi kanan dari acuan 0° sesuai arah angin yang menuju. Tiap-tiap sudut yang bertambah dihitung jarak/panjangnya dari titik tinjau sampai panjang garis yang ditarik menemui daratan/pulau. Sedangkan untuk garis yang mengarah ke laut lepas, maka panjang garis diasumsikan 1000 km menurut sumber buku CERC.
- b. Besarnya $\cos \alpha$ tiap-tiap sudut baik dari arah kanan maupun dari arah kiri acuan 0° untuk fetch semua arah angin.

Tabel 5.9. Cos α ke kiri dan ke kanan

No.	α (°)	cos α
1	42	0,743
2	36	0,809
3	30	0,866
4	24	0,914
5	18	0,951
6	12	0,978
7	6	0,995
Arah Angin (BD)	0	1,000
1	6	0,995
2	12	0,978
3	18	0,951
4	24	0,914
5	30	0,866
6	36	0,809
7	42	0,743
Jumlah		13,511

(Sumber : Analisa Penulis, 2023)

Setelah itu semua nilai cos α dijumlahkan = 13,51

Setelah didapatkan panjang garis Tabel 5.4 (Kolom 4) yang ditarik tiap-tiap sudut sesuai perhitungan nomer 1, hasil dari tiap panjang garis yang ditarik tersebut kemudian dikalikan dengan nilai cos α (Kolom 3).

- c. Nilai yang didapatkan pada nomer 3 dijumlahkan.
- d. Apabila sudah dihitung total dari $\sum x_i \cos \alpha$ lalu dihitung panjang fetch efektifnya.

$$\text{Fetch efektif} = \frac{\sum x_i \times \cos \alpha}{\sum \cos \alpha}$$

$$\begin{aligned} \text{Fetch efektif BD} &= \frac{1156,82}{13,511} \\ &= 85,62 \text{ Km} \end{aligned}$$

Tabel 5.10. Fetch arah barat daya

No.	α (°)	cos α	Xi (Km)	Xi . Cos α
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5 = (4 x 3)</i>
1	42	0,743	9,13	6,785
2	36	0,809	9,68	7,831
3	30	0,866	28	24,249
4	24	0,914	33,9	30,969

5	18	0,951	22,8	21,684
6	12	0,978	19,8	19,367
7	6	0,995	19,2	19,095
	0	1,000	11,9	11,900
1	6	0,995	24,8	24,664
2	12	0,978	665	650,468
3	18	0,951	26	24,727
4	24	0,914	31,3	28,594
5	30	0,866	26,4	22,863
6	36	0,809	26,4	21,358
7	42	0,743	326	242,265
Jumlah		13,511		1156,820
Feff =		85,62 Km		

(Sumber : Analisa Penulis, 2023)

5.2.1.8. Peramalan Gelombang di Laut Dalam

Peramalan gelombang menggunakan nomogram (Gambar 3.5), dilakukan dengan sistem *Fetch Limited* dan *Time Duration Limited*. Hasil dari kedua sistem tersebut dipilih yang terkecil.

Berikut ini merupakan langkah-langkah peramalan gelombang dengan sistem *Fetch Limited*.

- Memplot fetch efektif (85,62 Km) ke dalam nomogram arah sumbu X.
- Menarik garis dari titik fetch efektif lurus ke atas sejajar sumbu Y.
- Memplot faktor tegangan angin (10,62 m/s) yang telah dihitung sebelumnya ke dalam nomogram arah sumbu Y.
- Menarik garis dari titik U_A lurus ke kanan sejajar sumbu X.
- Menandai titik perpotongan dari dua garis yang telah dibuat.
- Mengamati letak titik yang telah ditandai berada di antara garis H_0 dan T_0 pada nomogram.
- Menentukan besar H_0 (1,6 m) dan T_0 (6,05 s) sesuai garis *Significant Ht* dan *Peak Spectral Period* yang terdekat dengan titik yang telah ditandai.

Berikut ini merupakan langkah-langkah peramalan gelombang dengan sistem *Time Duration Limited*.

- Menentukan waktu badai minimal berlangsung (4 jam)
- Memplot waktu badai minimal berlangsung ke garis *Min. Duration*.

- c. Memplot faktor tegangan angin (dalam satuan m/s) yang telah dihitung sebelumnya ke dalam nomogram arah sumbu Y.
- d. Menarik garis dari titik U_A lurus ke kanan sejajar sumbu X.
- e. Menandai titik perpotongan dari dua garis yang telah dibuat.
- f. Mengamati letak titik yang telah ditandai berada di antara garis H_0 dan T_0 pada nomogram.
- g. Menentukan besar H_0 (0,94 m) dan T_0 (4,30 s) sesuai garis *Significant Ht* dan *Peak Spectral Period* yang terdekat dengan titik yang telah ditandai.

Berdasarkan Lampiran 4.a didapat H_0 dan T_0 dari metode grafik sebagai berikut :

Tabel 5.11. Rekapitulasi tinggi dan periode gelombang di laut dalam

Kala Ulang	Fetch Limited		Time duration limited	
	Tinggi Gelombang, H_0 (m)	Periode Gelombang, T_0 (s)	Tinggi Gelombang, H_0 (m)	Periode Gelombang, T_0 (s)
2	1,60	6,05	0,94	4,30

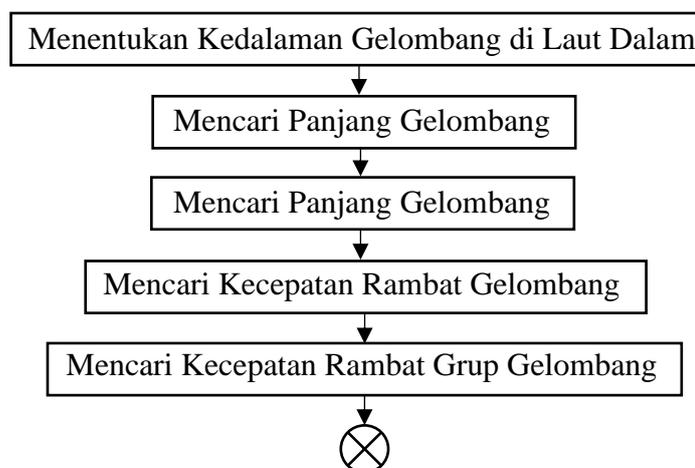
(Sumber : Analisa Penulis, 2023)

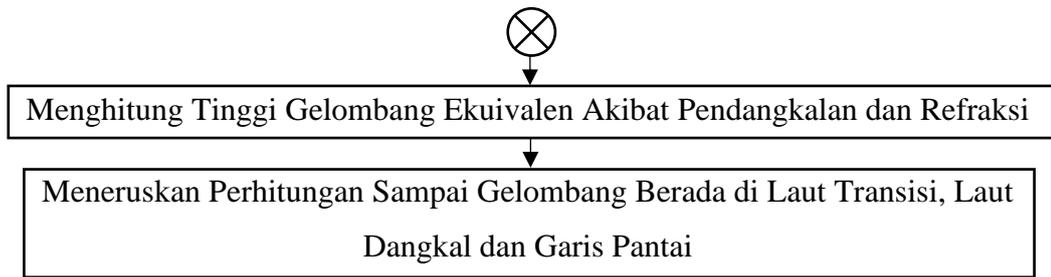
Berdasarkan (Table 5.11) dipilih H_0 dan T_0 yang terkecil dari sistem *Time Duration Limited* :

$$H_0 = 0,94 \text{ m}$$

$$T_0 = 4,30 \text{ s}$$

5.2.2. Analisis Deformasi Gelombang





Gambar 5.16. *Flowchart* deformasi gelombang

(Sumber : Analisis Penulis, 2023)

5.2.2.1. Menentukan Kedalaman Gelombang

Kedalam gelombang di laut dalam dapat ditentukan sendiri angka kedalamannya. Angka kedalaman (d) kemudian dimasukkan ke dalam table di bawah ini sehingga didapat jenis kedalaman lautnya.

Tabel 5.12. Klasifikasi kedalaman laut

	Laut Dangkal	Laut Transisi	Laut Dalam
Kedalaman Relatif (d/L₀)	$< \frac{1}{25}$	$\frac{1}{25} \leq \frac{d}{L_0} \leq \frac{1}{2}$	$> \frac{1}{2}$

(Sumber : Analisa Penulis, 2023)

Pada kedalaman 10 m :

$$d = 10 \text{ m}$$

$$T_0 = 4,30 \text{ s}$$

$$\begin{aligned}
 L_0 &= \frac{g T^2}{2 \pi} \\
 &= \frac{9,81 \times 4,3^2}{2 \pi} \\
 &= 28,86 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Maka :

$$\begin{aligned}
 \frac{d}{L_0} &= \frac{10}{28,86} \\
 &= 0,35 < \frac{1}{25} \quad (\text{Termasuk Laut Dangkal})
 \end{aligned}$$

5.2.2.2. Mencari Panjang Gelombang

Panjang gelombang perhitungannya mengikuti persamaan dalam table di bawah ini.

Tabel 5.13. Persamaan panjang gelombang

	Laut Dangkal	Laut Transisi	Laut Dalam
Panjang Gelombang (L)	\sqrt{gdT}	$\frac{gT^2}{2\pi} \tanh \frac{2\pi d}{L}$	$\frac{gT^2}{2\pi}$

(Sumber : Analisa Penulis, 2023)

Perhitungan panjang gelombang pada kedalaman 10 m (Laut Dangkal).

$$\begin{aligned}
 L_0 &= 28,86 \text{ m} \\
 d &= 10 \text{ m} \\
 T &= 4,3 \text{ s} \\
 L &= \sqrt{gdT} \\
 &= \sqrt{9,81 \times 10 \times 4,3} \\
 &= 28,19 \text{ m}
 \end{aligned}$$

5.2.2.3. Mencari Kecepatan Rambat Gelombang

Kecepatan rambat gelombang perhitungannya mengikuti persamaan dalam table di bawah ini.

Tabel 5.14. Persamaan kecepatan rambat gelombang

	Laut Dangkal	Laut Transisi	Laut Dalam
Cepat Rambat (C₀)	\sqrt{gd}	$\frac{gT}{2\pi} \tanh \frac{2\pi d}{L}$	$\frac{gT}{2\pi}$

(Sumber : Analisa Penulis, 2023)

Perhitungan kecepatan rambat gelombang pada kedalaman 10 m (Laut Dangkal).

$$\begin{aligned}
 L &= 28,19 \text{ m} \\
 T &= 4,3 \text{ s} \\
 C &= \sqrt{gd} \\
 &= \sqrt{9,81 \times 10} \\
 &= 6,56 \text{ m/s}
 \end{aligned}$$

5.2.2.4. Mencari Kecepatan Rambat Grup Gelombang

Kecepatan rambat grup gelombang perhitungannya mengikuti persamaan dalam table di bawah ini.

Tabel 5.15. Persamaan kecepatan rambat grup gelombang

	Laut Dangkal	Laut Transisi	Laut Dalam
Cepat Rambat Grup (C_{g0})	$\frac{1}{2} \left(1 + \frac{4\pi^d}{\sinh(4\pi\frac{d}{L})} \right) \frac{gT}{2\pi} \tanh \frac{2\pi d}{L}$	$\frac{1}{2} \left(1 + \frac{4\pi^d}{\sinh(4\pi\frac{d}{L})} \right) \frac{gT}{2\pi} \tanh \frac{2\pi d}{L}$	0,5 C_0

(Sumber : Analisa Penulis, 2023)

Perhitungan kecepatan rambat grup gelombang pada kedalaman 10 m.

$$L = 28,19 \text{ m}$$

$$T = 4,3 \text{ s}$$

$$d = 10 \text{ m}$$

$$C_{g0} = 0,5 C_0$$

$$= 0,5 \times \frac{gT}{2\pi}$$

$$= 0,5 \times \frac{9,81 \times 4,3}{2\pi}$$

$$= 3,35 \text{ m/s}$$

$$C_g = \frac{1}{2} \left(1 + \frac{4\pi^d}{\sinh(4\pi\frac{d}{L})} \right) \frac{gT}{2\pi} \tanh \frac{2\pi d}{L}$$

$$= \frac{1}{2} \left(1 + \frac{4\pi \frac{10}{28,19}}{\sinh(4\pi \frac{10}{28,19})} \right) \frac{9,81 \times 4,3}{2\pi} \tanh \frac{2\pi \times 10}{28,19}$$

$$= 3,62 \text{ m/s}$$

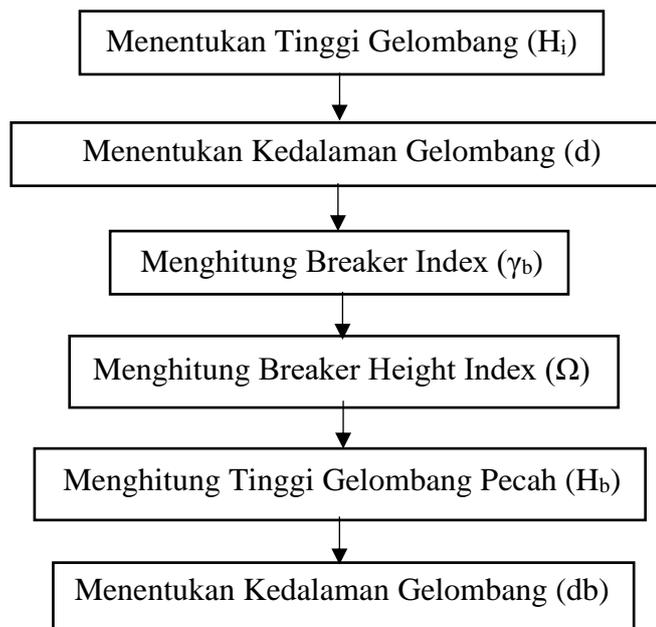
5.2.2.5. Menghitung Tinggi Gelombang Ekuivalen Akibat Pendangkalan dan Refraksi

Gelombang yang mengalami pendangkalan dan refraksi dihitung Kembali ketinggian gelombang ekuivalenya.

Perhitungan ketinggian gelombang ekuivalen pada kedalaman 10 m.

$$\begin{aligned}K_s &= \frac{C_{g0}}{C_g} \\&= \frac{3,35}{3,62} \\&= 0,96 \\K_r &= \sqrt{\frac{b_0}{b_1}} \\&= \sqrt{\frac{\cos \theta_0}{\cos \theta_1}} \\&= \sqrt{\frac{\cos 45}{\cos 43,7}} \\&= 0,98 \\H_i &= K_s \times K_r \times H_0 \\&= 0,96 \times 0,98 \times 0,94 \\&= 0,89 \text{ m}\end{aligned}$$

5.2.3. Analisis Gelombang Pecah



Gambar 5.17. *Flowchart* analisis gelombang pecah

(Sumber : Analisis Penulis, 2023)

5.2.3.1. Menentukan Kedalaman Awal Gelombang

Gelombang dihitung pada kedalaman awal 10 m pada kondisi belum pecah.

$H_b > H_i$ (Gelombang Belum Pecah Pecah)

5.2.3.2. Menghitung Breaker Index (γ_b)

Menghitung breaker index (γ_b) pada gelombang kedalaman 10 m.

$H_i = 0,9$ m

Kemiringan rata-rata bathimetri :

m rata-rata = $(\sum m) / n$

n = 5 titik

m = y / x

= kedalaman / Jarak datar

y = 20 m

Tabel 5.16. Kemiringan bathimetri pada kedalaman laut 20 m

No.	X	m
1	7458 m	0,002682 m
2	11612 m	0,001722 m
3	16165 m	0,001237 m
4	11979 m	0,00167 m
5	8052 m	0,002484 m
	$\sum m =$	0,0098 m

(Sumber : Analisa Penulis, 2023)

m rata-rata = $(\sum m) / n$
= 0,0098/5
= 0,001958945 m

m = 0,001958945 m

$\alpha = 43,75 (1 - e^{-19 \times m})$
= 43,75 (1 - $e^{-19 \times 0,0019}$)
= 1,598°

$$b = \frac{1,56}{(1 + e^{-19,5 \times m})}$$

$$= \frac{1,56}{(1 + e^{-19,5 \times 0,0019})}$$

$$= 0,795$$

$$H_b = \frac{d_b}{\frac{1}{b - \left(\frac{\alpha \times H_b}{g \times T_0^2}\right)}}$$

$$= \frac{10}{\frac{1}{0,79 - \left(\frac{1,59 \times 7,31}{9,81 \times 4,3^2}\right)}}$$

$$= 7,31 \text{ m}$$

$$H_b > H_i$$

$$7,31 > 0,9 \quad (\text{Gelombang Belum Pecah})$$

Jika :

$$H_b \approx H_i \quad (\text{Gelombang Mulai Pecah})$$

$$H_b < H_i \quad (\text{Gelombang Sudah Pecah})$$

Perhitungan pada kedalaman lainnya ditabulasi pada table berikut.

Tabel 5.17. Perhitungan gelombang pecah

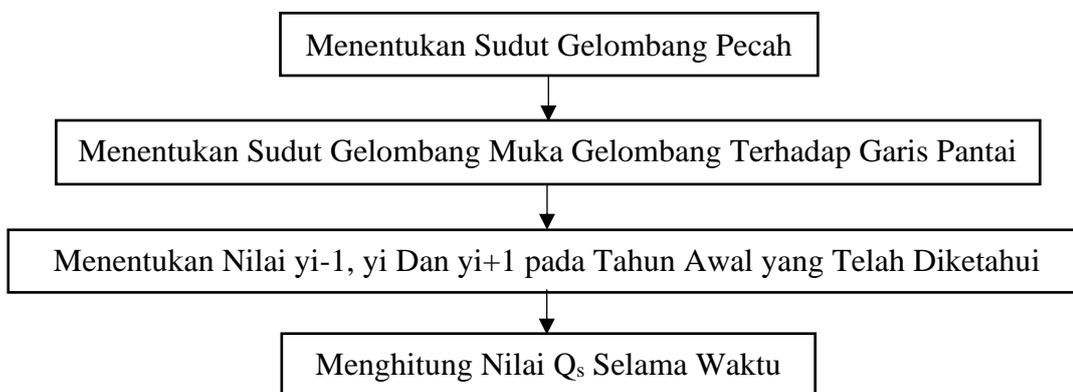
Menentukan H_i		Menentukan H_b		
D	H_i	db	Hb	Keterangan
10	0,90	10	7,31	Belum Pecah
9	0,88	9	6,63	Belum Pecah
8	0,86	8	5,94	Belum Pecah
7	0,85	7	5,24	Belum Pecah
6	0,83	6	4,53	Belum Pecah
5	0,81	5	3,81	Belum Pecah
4	0,80	4	3,07	Belum Pecah
3	0,79	3	2,32	Belum Pecah
2,00	0,81	2	1,56	Belum Pecah
1,80	0,82	1,8	1,41	Belum Pecah
1,60	0,83	1,6	1,25	Belum Pecah
1,40	0,84	1,4	1,10	Belum Pecah
1,20	0,86	1,2	0,94	Belum Pecah
1,19	0,86	1,19	0,94	Belum Pecah
1,18	0,86	1,18	0,93	Belum Pecah

1,17	0,87	1,17	0,92	Belum Pecah
1,16	0,87	1,16	0,91	Belum Pecah
1,15	0,87	1,15	0,90	Belum Pecah
1,14	0,87	1,14	0,90	Belum Pecah
1,13	0,87	1,13	0,89	Belum Pecah
1,12	0,87	1,12	0,88	Belum Pecah
1,11	0,87	1,11	0,87	Mulai Pecah
1	0,89	1	0,79	Sudah Pecah

(Sumber : Analisa Penulis, 2023)

Berdasarkan Tabel 5.17 diketahui gelombang mulai pecah pada kedalaman 1,11 m.

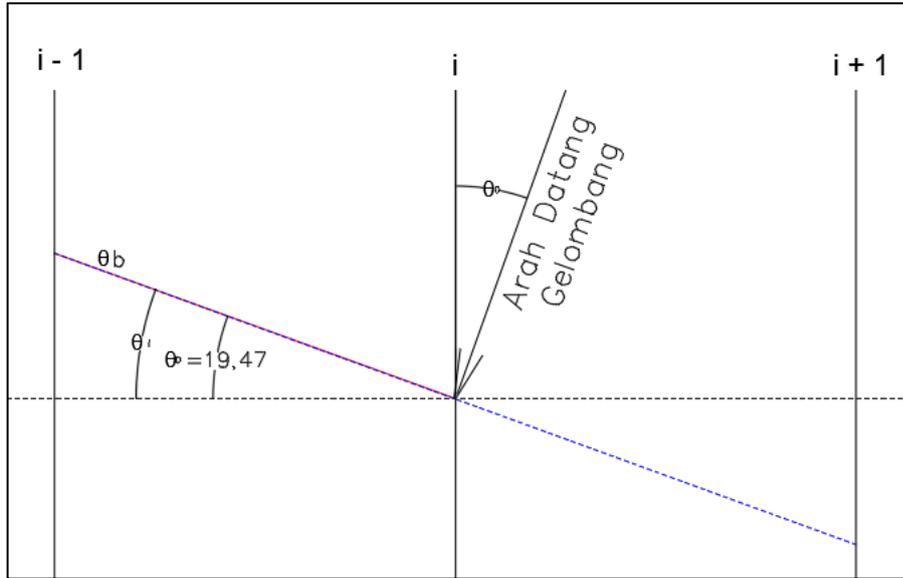
5.2.4. Analisis Transport Sedimen Sepanjang Pantai



Gambar 5.18. *Flowchart* analisis transpor sedimen sepanjang pantai

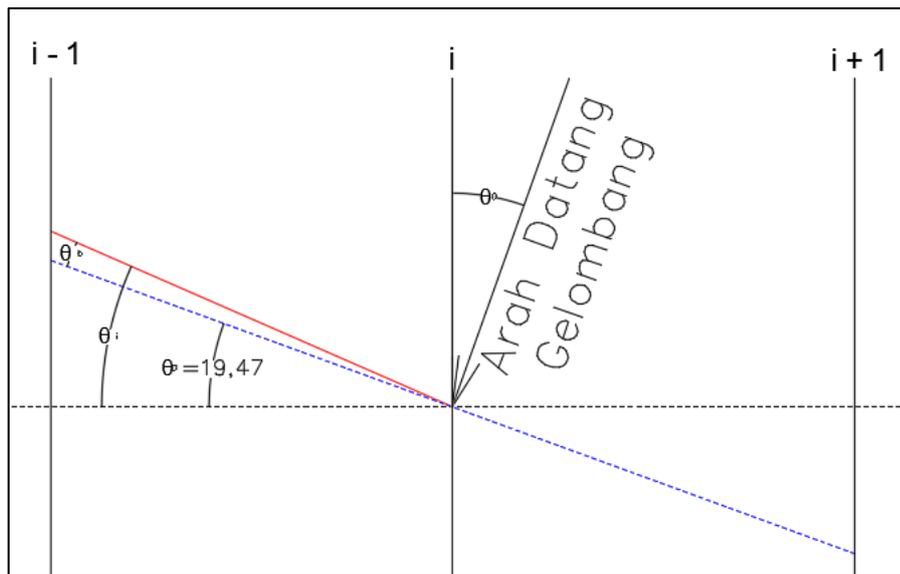
(Sumber : Analisa penulis, 2023)

Garis pantai yang panjang dibagi menjadi beberapa pias agar perhitungan transport sedimen terkontrol. Analisis transport sedimen pada tiap-tiap pias akan menghasilkan debit transport masuk dan keluar garis pantai.



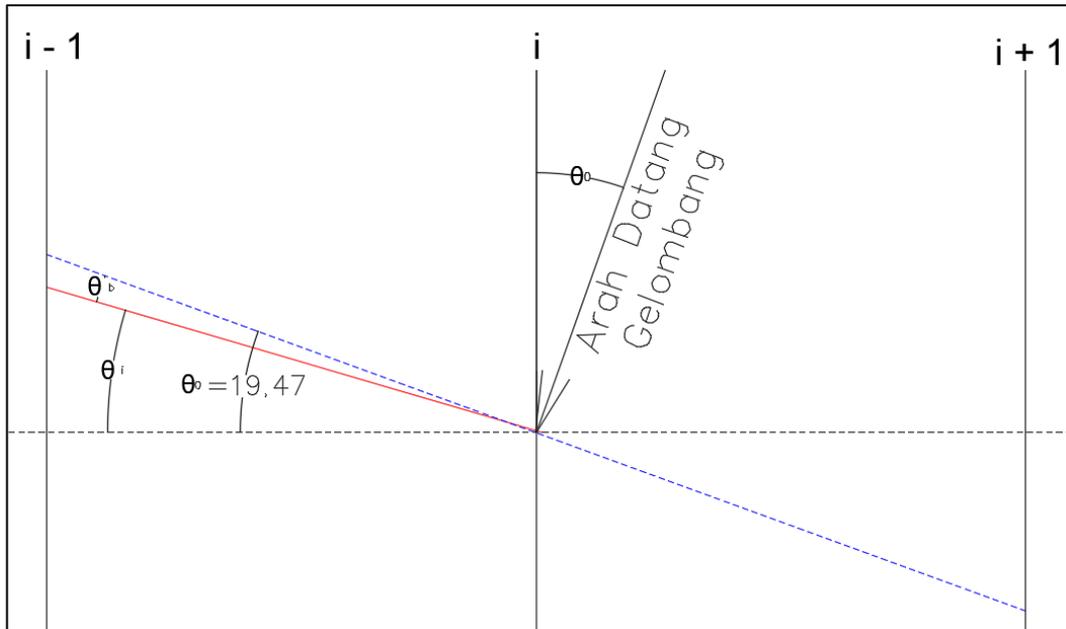
Gambar 5.19. Hubungan antara θ_0 , θ_i dan θ_b (kondisi $\theta_b = 0$)

(Sumber : Analisis Penulis, 2023)



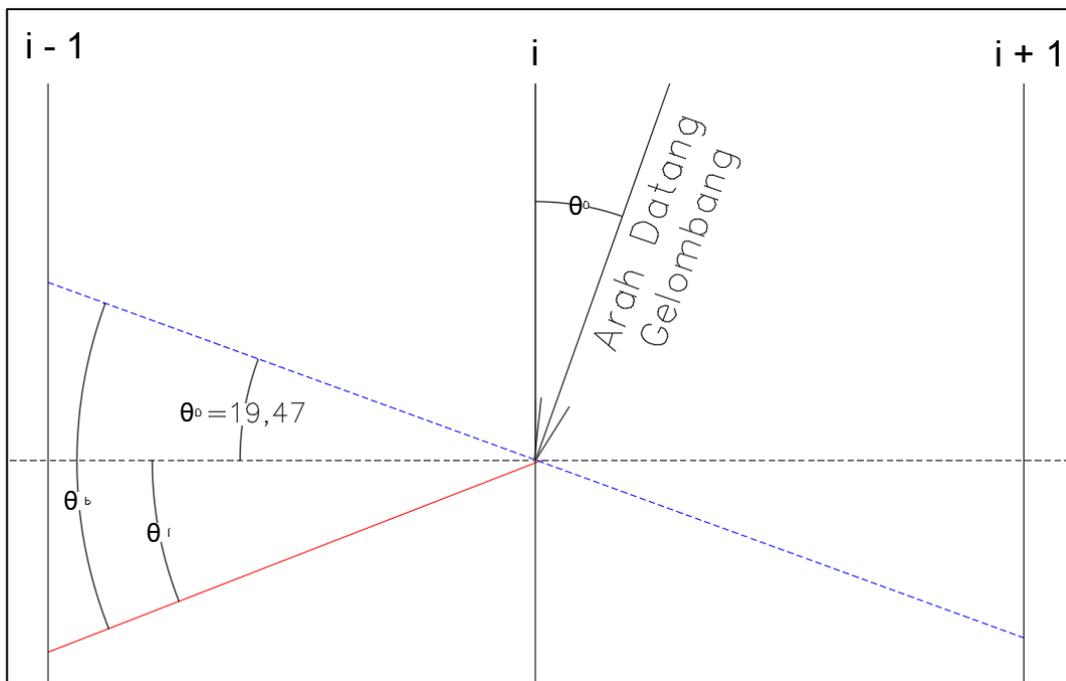
Gambar 5.20. Hubungan antara θ_0 , θ_i dan θ_b (kondisi $\theta_b = -\theta_0 + \theta_i$)

(Sumber : Analisis Penulis, 2023)



Gambar 5.21. Hubungan antara θ_0 , θ_i dan θ_b (kondisi $\theta_b = \theta_0 - \theta_i$)

(Sumber : Analisis Penulis, 2023)



Gambar 5.22. Hubungan antara θ_0 , θ_i dan θ_b (kondisi $\theta_b = \theta_0 + \theta_i$)

(Sumber : Analisis Penulis, 2023)

Keterangan :

----- Garis Muka Gelombang

Garis Pantai



----- Garis acuan arah X

Dengan :

$$\tan \theta_i = \frac{y_i - y_{i+1}}{\Delta x}$$

$$\theta_i = \tan^{-1} \frac{y_i - y_{i+1}}{\Delta x}$$

Perhitungan transport sedimen di Segment 1, Pias 2

Diketahui :

$$db = 1,11 \text{ m}$$

$$\theta_{ob} = 19,473^\circ$$

$$\rho \text{ air laut} = 1030 \text{ kg/m}^3$$

$$g = 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$H_b = 0,87 \text{ m}$$

$$K = 0,401 \text{ (CERC)}$$

$$y_i = 3859 \text{ m}$$

$$y_{i+1} = 3740 \text{ m}$$

$$\Delta x = 100 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} C_{gb} &= \sqrt{g \times db} \\ &= \sqrt{9,81 \times 1,11} \\ &= 3,29 \text{ m/s} \end{aligned}$$

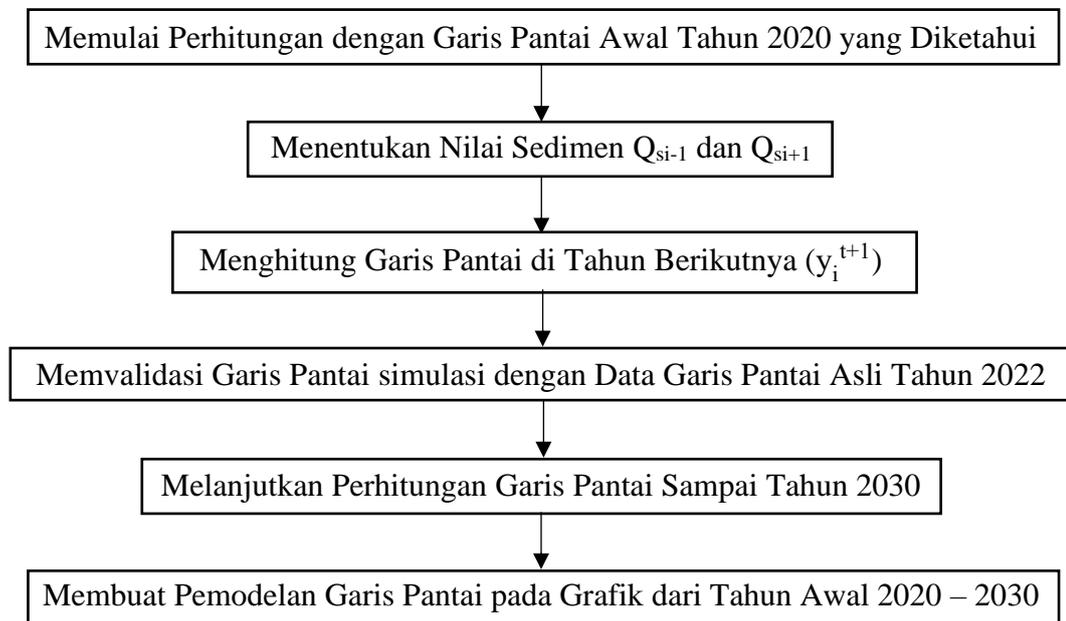
$$\begin{aligned} E_b &= \frac{\rho g H_b^2}{8} \\ &= \frac{1030 \times 9,81 \times 0,87^2}{8} \\ &= 955,99 \text{ kg/m}^4 \cdot \text{s}^2 \end{aligned}$$

$$\frac{y_i - y_{i+1}}{\Delta x} = \tan \theta_i$$

$$\begin{aligned} \theta_i &= \tan^{-1} \frac{y_i - y_{i+1}}{\Delta x} \\ &= \tan^{-1} \frac{3859 - 3740}{100} \\ &= 49,96^\circ \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \theta_b &= \theta_{0b} - \theta_i \\ &= 19,473^\circ - 49,96^\circ \\ &= 30,49^\circ \\ Q_{si+1} &= K \times P_i^n \\ &= K \times E_b \times C_{gb} \times \sin \theta_b \times \cos \theta_b \\ &= 0,401 \times 955,99 \times 3,29 \times \sin (30,49^\circ) \times \cos (30,49^\circ) \\ &= 4870,87 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

5.2.5. Pemodelan Garis Pantai



Gambar 5.23. *Flowchart* pemodelan garis pantai metode eksplisit

(Sumber : Analisis Penulis, 2023)

Pemodelan garis pantai menggunakan persamaan diferensial parsial 3.38.

$$\frac{\partial y}{\partial t} = -\frac{1}{d} \frac{\partial Q}{\partial x}$$

Persamaan di atas dapat diselesaikan dengan bantuan Deret Taylor :

$$F_{i+1} = F_i + F_i' \frac{\Delta X}{1!} + F_i'' \frac{\Delta X^2}{2!} + \dots$$

$$F_{i-1} = F_i - F_i' \frac{\Delta X}{1!} + F_i'' \frac{\Delta X^2}{2!} + \dots$$

a. Forward Difference

$$F_{i+1} = F_i + F_i' \frac{\Delta X}{1!}$$

$$F_i' = \frac{F_{i+1} - F_i}{\Delta x}$$

b. Backward Difference

$$F_{i-1} = F_i - F_i' \frac{\Delta X}{1!}$$

$$F_i' = \frac{F_i - F_{i-1}}{\Delta x}$$

c. Central Difference

$$F_{i+1} - F_{i-1} = F_i - F_i + 2F_i' \frac{\Delta X}{1!}$$

$$2F_i' \Delta X = F_{i+1} - F_{i-1}$$

$$F_i' = \frac{F_{i+1} - F_{i-1}}{2\Delta X}$$

Sehingga persamaan diferensial 3.38. dapat diselesaikan menjadi :

$$\frac{\partial y}{\partial t} = -\frac{1}{d} \frac{\partial Q}{\partial x}$$

$$\frac{F_i^{t+1} - F_i^t}{\Delta X} = -\frac{1}{d} \frac{F_{i+1}^t - F_{i-1}^t}{2\Delta X}$$

$$\frac{y_i^{t+1} - y_i^t}{\Delta t} = -\frac{1}{d} \frac{Q_{i+1}^t - Q_{i-1}^t}{2\Delta x}$$

$$y_i^{t+1} = -\frac{1}{d} \frac{Q_{i+1}^t - Q_{i-1}^t}{2} \frac{\Delta t}{\Delta x} + y_i^t$$

$$y_i^{t+1} = y_i^t - \frac{1}{d} \frac{Q_{i+1}^t - Q_{i-1}^t}{2} \frac{\Delta t}{\Delta x}$$

Sehingga untuk mencari garis pantai di tahun berikutnya menggunakan persamaan di atas.

Perhitungan garis pantai Segment 1, Pias 2

Diketahui :

$$y_i^t = 3816 \text{ m}$$

$$db = 1,11 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
Q_{si-1} &= 505,62 \text{ m}^3/\text{hari} \text{ (Initial Condition, karena garis paling tepi)} \\
Q_{si+1} &= 4870,87 \text{ m}^3/\text{hari} \\
\Delta t &= 0,05 \text{ hari} \\
\Delta x &= 100 \text{ m} \\
\alpha \text{ (faktor kalibrasi)} &= 0,5
\end{aligned}$$

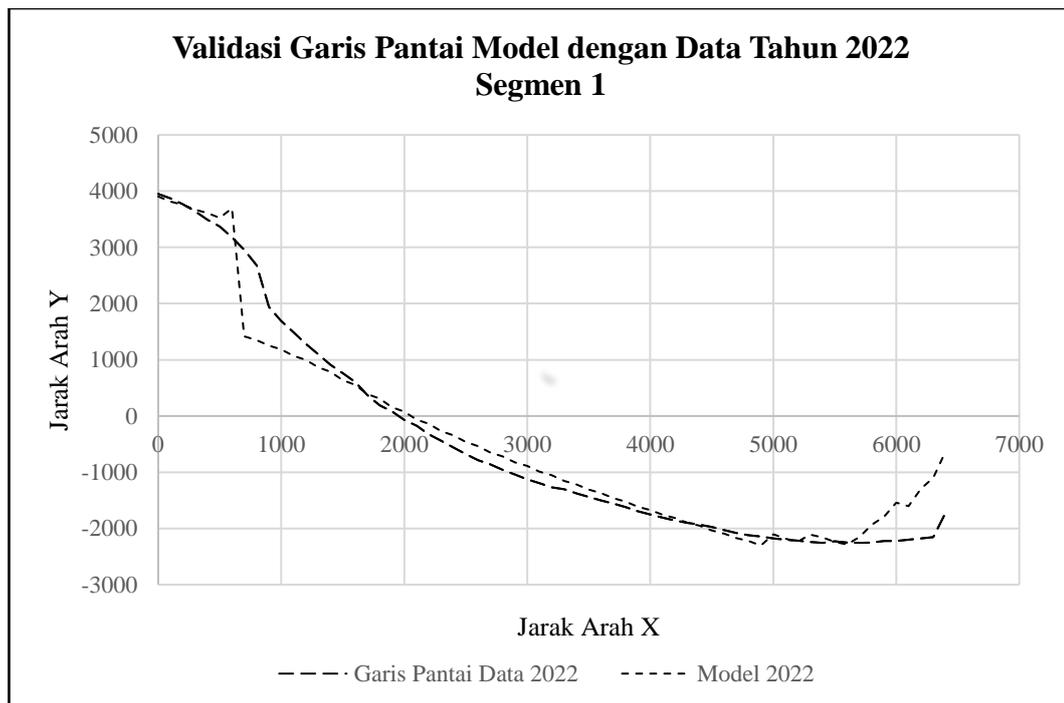
Ditanya :

Garis pantai berikutnya pada y_i^{t+1} ?

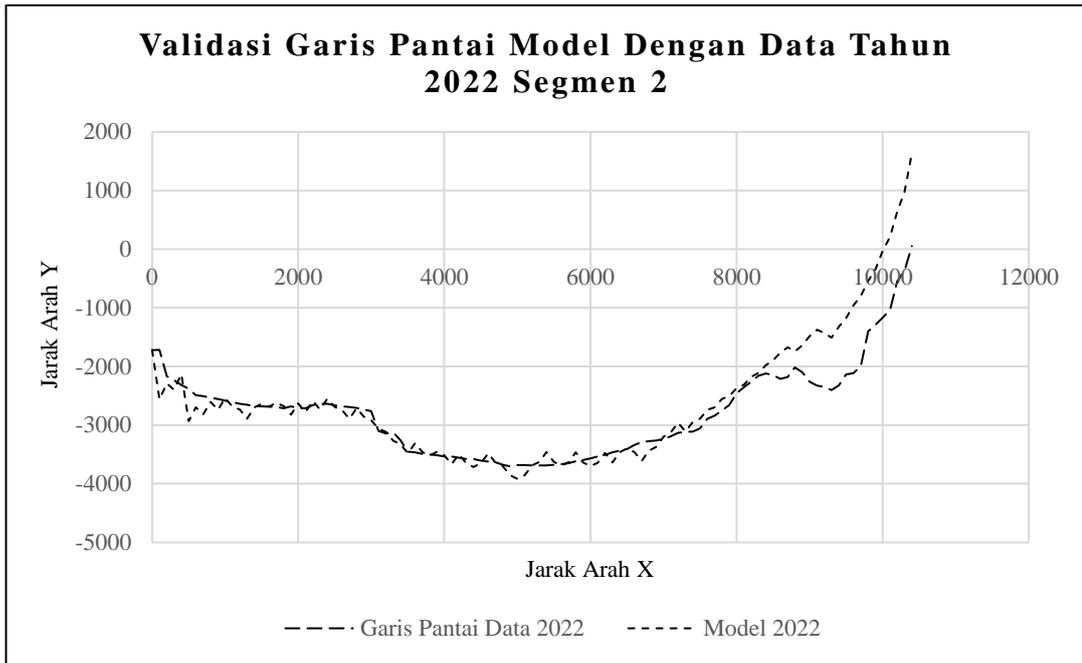
Penyelesaian :

$$\begin{aligned}
y_i^{t+1} &= y_i^t - \frac{\alpha \times 1}{d_b} \frac{Q_{i+1}^t - Q_{i-1}^t}{2} \frac{\Delta t}{\Delta x} \\
&= 3859 - \frac{0,5 \times 1}{1,11} \times \frac{4870,87 - 505,62}{2} \times \frac{0,05}{100} \\
&= 3858,51 \text{ m}
\end{aligned}$$

Perbandingan garis pantai model dengan data di Tahun 2022 :



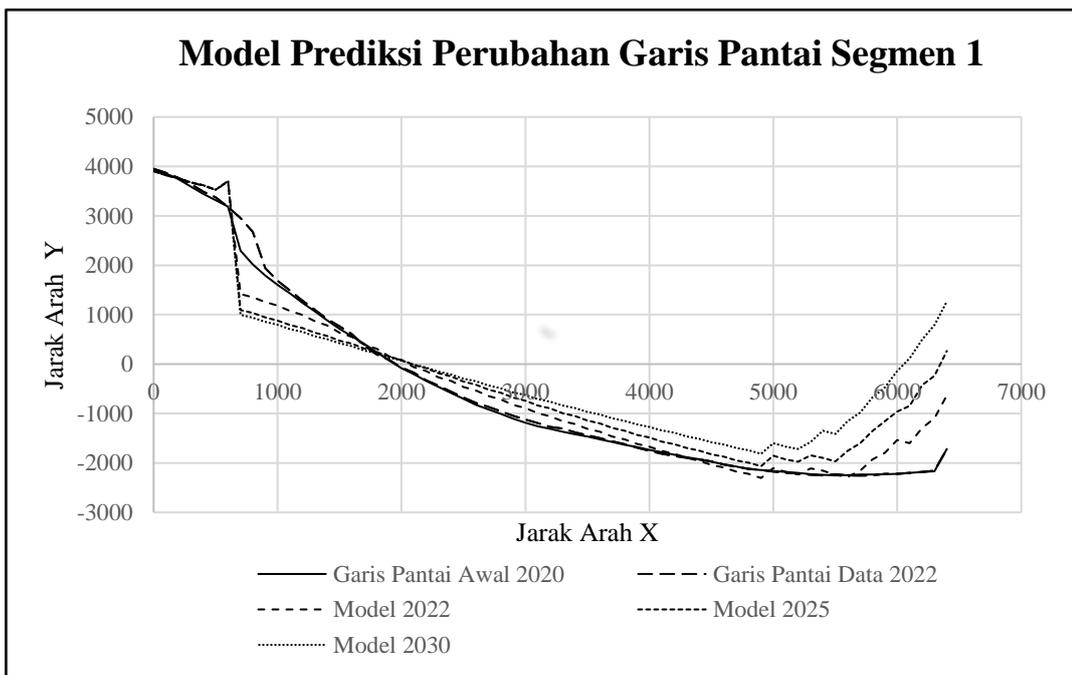
Gambar 5.24. Validasi model garis pantai segmen 1
(Sumber : Analisis Penulis, 2023)



Gambar 5.25. Validasi model garis pantai segmen 2
(Sumber : Analisis Penulis, 2023)

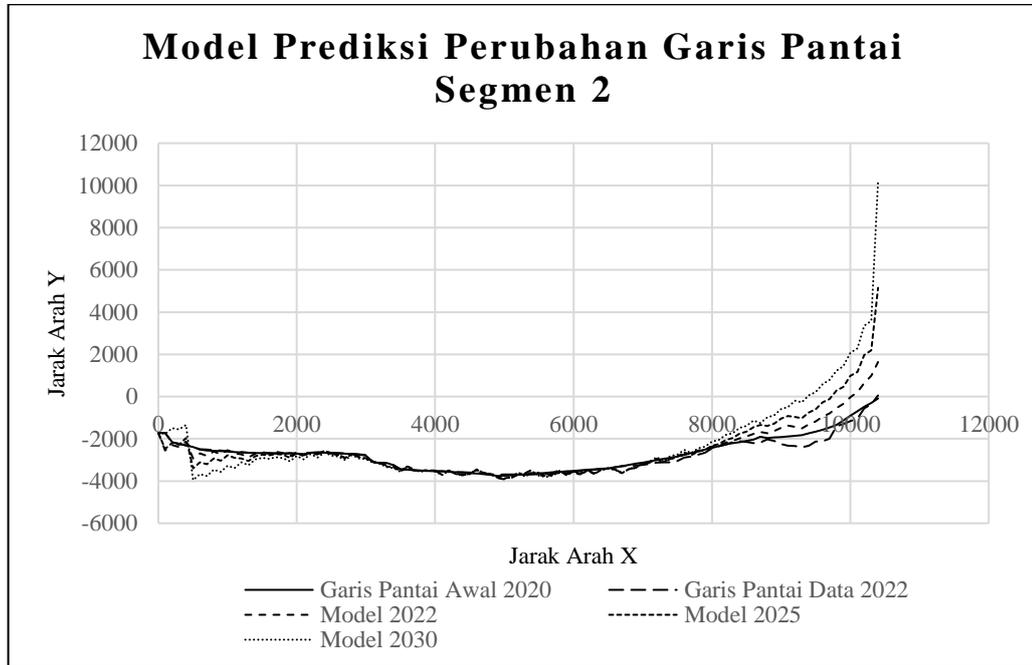
Hasil prediksi garis pantai Tahun 2022 dengan metode *one-line model* setelah dilakukan penyesuaian/kalibrasi ditunjukkan pada Gambar 5.24 dan 5.25.

Berikut ini model prediksi evolusi garis pantai di Pantai Tanara-Tanjung Kait dari Tahun 2022-2030 :



Gambar 5.26. Model evolusi garis pantai segmen 1

(Sumber : Analisis Penulis, 2023)



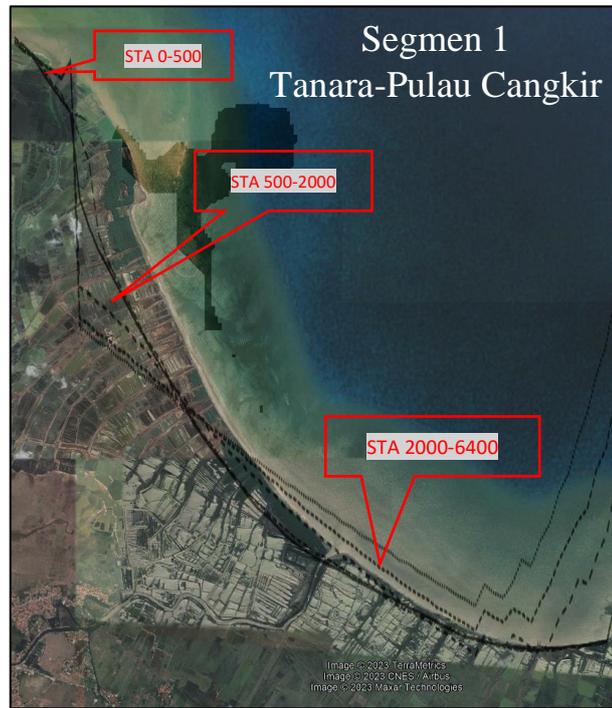
Gambar 5.27. Model evolusi garis pantai segmen 2

(Sumber : Analisis Penulis, 2023)

Garis pantai Tanara-Tanjung Kait dibagi menjadi 2 segmen karena dipisahkan oleh Pulau Cangkir yang berada di antara kedua segmen tersebut. Tahap pertama dalam simulasi perubahan garis pantai, dilakukan validasi model terhadap garis pantai tahun 2022. Berdasarkan hasil validasi, terdapat kemiripan model garis pantai antara garis pantai model dengan garis pantai data Tahun 2022 pada hampir seluruh segmen (Gambar 5.24 dan 5.25). Setelah melalui tahap pertama yaitu validasi dan diyakini model sudah mendapatkan hasil validasi terbaiknya, maka dilakukanlah simulasi perubahan garis pantai sampai kurun waktu tertentu. Dalam penelitian ini dilakukan simulasi perubahan garis pantai sampai tahun 2030.

Berdasarkan simulasi pemodelan garis pantai didapatkan untuk segmen 1, STA 0-500 m (Tenjoayu, Tanara), garis pantai mengalami kemajuan tetapi hanya dari Tahun 2025 ke 2030. Kemunduran garis pantai terjadi signifikan dari Tahun 2020 ke 2025 dan kemunduran memendek Tahun 2025 ke 2030 di sekitar STA 500-2000 m (Pedaleman, Tanara). Model garis pantai di sekitar STA 2000-6400 m

(Pedaleman- Bagian Barat Pulau Cangkir, Kronjo) terjadi kemajuan signifikan setiap tahunnya dari tahun 2022-2030.



Gambar 5.28. Prediksi evolusi garis pantai di segmen 1
(Sumber : Analisis Penulis, 2023)

Keterangan :

- | | | | |
|-------|------------------------|---------|------------------------|
| ———— | Garis Pantai Awal 2020 | - - - - | Garis Pantai Data 2022 |
| ----- | Model 2022 | | Model 2025 |
| | Model 2030 | | |

Garis pantai di segmen 2 cenderung stabil di tengah tetapi tidak stabil di ujung garis pantai. Pada sekitar STA 0-500 m (Bagian Timur Pulau Cangkir) garis pantai mengalami kemajuan dari Tahun 2025 ke 2030. STA 500-2000 m (Bagian Barat Muara Ci Manceuri) model menunjukkan garis pantai mundur secara signifikan dari Tahun 2022 ke 2030. Daerah tengah bentang, STA 2000-8000 m (Bagian Timur Muara Ci Manceuri-Ketapang), garis pantai cenderung stabil mengalami kemajuan dan kemunduran yang tidak signifikan. Di sekitar STA 8000-10400 m (Ketapang-Pantai Tanjung Kait) pola garis pantai maju di setiap tahunnya secara signifikan Tahun 2022 ke 2030.



Gambar 5.29. Prediksi evolusi garis pantai di segmen 2

Keterangan :

- | | | | |
|-------|------------------------|-----------|------------------------|
| ———— | Garis Pantai Awal 2020 | - - - - | Garis Pantai Data 2022 |
| | Model 2022 | - · - · - | Model 2025 |
| | Model 2030 | | |

Hasil prediksi garis pantai Tanara Serang-Tanjung Kait Tangerang dengan Metode *One-Line Model* ini dapat digunakan untuk memprediksi garis pantai di masa mendatang dengan catatan tidak terjadi intervensi terhadap pantai misal dibangun bangunan pengaman pantai, pulau buatan, dll.