

TINJAUAN TERHADAP DESAIN REKLAMASI KOTA SORONG PROVINSI PAPUA BARAT

Wilson Fredik Tallane

Tommy Jansen, M. Ihsan Jasin

Fakultas Teknik, Jurusan Sipil, Universitas Sam Ratulangi Manado

email: icontallane18@gmail.com

ABSTRAK

Kota Sorong merupakan kota industri, perdagangan dan jasa, karena Kota Sorong dikelilingi oleh kabupaten lain yang mempunyai sumber daya alam yang sangat potensial sehingga membuka peluang bagi investor dalam maupun luar negeri untuk menanamkan modalnya. Dengan meningkatnya perekonomian, dilakukan reklamasi pada kota sorong adalah suatu usaha memanfaatkan kawasan yang relatif tidak berguna atau masih kosong dan berair menjadi lahan berguna. Reklamasi pantai juga memberikan keuntungan dan dapat membantu kota dalam rangka penyediaan lahan untuk berbagai keperluan (pemekaran kota), penataan daerah pantai, pengembangan wisata bahari, dan lain-lain.

Dalam penelitian ini dilakukan analisis dengan metode hindcasting gelombang dengan menggunakan data angin 10 tahun terakhir dari BMKG sorong untuk mendapatkan tinggi dan periode gelombang serta perhitungan, run-up, overtopping gelombang, dan kontrol stabilitas terhadap desain reklamasi. Berdasarkan hasil penelitian terhadap tinjauan desain reklamasi dikatakan tidak aman terhadap gelombang yang mengakibatkan overtopping dan dari perhitungan terhadap stabilitas batu pelindung terdapat perbedaan dari jumlah lapisan pada hasil yang di desain dan yang sudah ada (existing).

Kata kunci : Kota Sorong, Reklamasi, Run-Up, Overtopping, Stabilitas Batu Pelindung.

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Kota Sorong adalah sebuah kota di Provinsi Papua Barat, Indonesia. Secara astronomis, Kota Sorong terletak Antara 131° 17' Bujur Timur dan 0°53' Lintang Selatan Dan dilalui oleh garis khatulistiwa. Dengan luas wilayah sebesar 1.105 km², sebagian besar wilayah Kota Sorong merupakan daerah perbukitan.

Kota Sorong juga merupakan kota industri, perdagangan dan jasa, karena Kota Sorong dikelilingi oleh kabupaten lain yang mempunyai sumber daya alam yang sangat potensial sehingga membuka peluang bagi investor dalam maupun luar negeri untuk menanamkan modalnya. Dengan meningkatnya perekonomian, dilakukan reklamasi pada kota sorong adalah suatu usaha memanfaatkan kawasan yang relatif tidak berguna atau masih kosong dan berair menjadi lahan berguna.

Reklamasi pantai juga memberikan keuntungan dan dapat membantu kota dalam rangka penyediaan lahan untuk berbagai keperluan (pemekaran kota), penataan daerah pantai, pengembangan wisata bahari, dan lain-lain. Dalam melakukan proses reklamasi adalah salah satu tujuan, dimana agar dalam perencanaan

reklamasi tidak terjadi masalah seperti overtopping akibat gelombang, pasang surut air laut, abrasi dan lain-lainnya. nantinya akan difungsikan untuk mencegah tanah yang hilang akibat gelombang laut dan juga sebagai benteng perlindungan garis pantai.

Rumusan Masalah

Berdasarkan dari latar belakang, maka akan dirumuskan tinjauan terhadap desain reklamasi kota sorong berdasarkan analisis yang dilakukan dengan memperhitungkan gaya-gaya yang terdapat di sekitar daerah reklamasi tersebut aman atau tidak terhadap *overtopping* dan stabilitas batu pelindung

Batasan Masalah

Dalam penelitian ini permasalahan dibatasi pada:

1. Tidak memperhitungkan biaya dalam perencanaan pembangunannya.
2. Tidak memperhitungkan volume timbunan pada daerah reklamasi.
3. Daerah tinjauan pada reklamasi pantai Kota Sorong.
4. Tidak menghitung besarnya sedimentasi yang terjadi.
5. Mengabaikan faktor-faktor bencana alam.

6. Data angin yang digunakan adalah data angin 10 tahun terakhir.
7. Yang ditinjau hanya bangunan pengaman reklamasi (*Breakwater*).
8. Tidak memperhitungkan gaya-gaya yang terjadi dari laut dan dari daratan.
9. Gelombang yang dihitung adalah gelombang yang diakibatkan oleh angin.

Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui aman atau tidak terhadap pengaruh *overtopping* dan stabilitas batu pelindung pada desain reklamasi.

Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Sebagai bahan referensi mengenai desain reklamasi pantai.
2. Mendapatkan desain yang aman dari masalah-masalah pantai yang terjadi.
3. Menambahkan pengetahuan bagi peneliti untuk memperdalam ilmu dalam bidang teknik pantai.

LANDASAN TEORI

Tinjauan Umum

Reklamasi bertujuan untuk menambah luasan daratan untuk suatu aktivitas yang sesuai di wilayah tersebut. Sebagai contoh pemanfaatan lahan reklamasi adalah untuk keperluan industri, terminal pgeti kemas, kawasan peristiwa dan kawasan pemukiman. Selain untuk tujuan di atas, kegiatan reklamasi ini juga dapat dimanfaatkan untuk keperluan konservasi wilayah pantai. Disamping kegiatan tersebut perlu dilakukan pula perencanaan reklamasi pantai yang benar dengan dasar akademik dan data-data primer dari lapangan.

Sistem Reklamasi

Ada beberapa sistem yang menyangkut pertimbangan-pertimbangan, yaitu tujuan reklamasi itu sendiri, kondisi dan lokasi lahan, serta ketersediaan sumber daya. Beberapa sistem tersebut adalah sebagai berikut:

1. Sistem Kanalisasi: Yaitu membuat kanal-kanal atau saluran drainase (kondisi tertentu dilengkapi pintu) bertujuan untuk menurunkan muka air sehingga lahan bisa dimanfaatkan.
2. Sistem Polder: Dalam sistem ini yaitu: melingkupi suatu lahan basah (genangan)

dengan tanggul yang diusahakan kedap air dan menurunkan tinggi muka air tanah di dalam areal tersebut, selanjutnya mengendalikan tinggi muka air supaya selalu berada di bawah ambang batas yang dikehendaki, sehingga lahan cukup kering dan siap untuk dimanfaatkan untuk pertanian, perindustrian dan lain-lainnya.

3. Sistem Urugan: Sistem reklamasi dengan jalan mengurug lahan yang akan direklamasi kemudian diikuti dengan langkah-langkah perlindungan dari sistem perbaikan tanahnya (tanah urug reklamasi). Sistem ini berkembang didukung dengan berbagai jenis alat-alat besar seperti alat penggalian tanah, alat pengambilan dan pengeruk tanah, alat-alat transport, perlengkapan penebaran bahan-bahan tanah urug, dan alat perlengkapan pemadatan tanah.

Gelombang

Gelombang di laut dapat dibedakan menjadi beberapa macam yang tergantung pada gaya pembangkitnya. Gelombang tersebut itu adalah gelombang angin yang diakibatkan oleh tiupan angin di permukaan laut, gelombang pasang surut dbangkitkan oleh gaya tarik benda-benda langit terutama matahari dan bulan, gelombang tsunami terjadi karena letusan gunung berapi atau gempa di laut, gelombang yang dibangkitkan oleh kapal yang bergerak, dan sebagainya.

Deformasi Gelombang

Gelombang yang menjalar dari laut dalam menuju pantai akan mengalami perubahan bentuk. Di laut dalam bentuk gelombang adalah sinusoidal. Di laut transisi dan dangkal, puncak gelombang menjadi semakin tajam, sehingga tidak stabil dan pecah. Setelah pecah gelombang arus menjalar ke pantai, dan semakin dekat dengan pantai tinggi gelombang semakin berkurang. Analisis transformasi gelombang sering dilakukan dengan konsep gelombang laut dalam ekuivalen, yaitu tinggi gelombang laut dalam apabila gelombang tidak mengalami refraksi. Pemakaian gelombang ini bertujuan untuk menetapkan tinggi gelombang yang mengalami refraksi, difraksi dan transformasi lainnya sehingga perkiraan transformasi dan deformasi gelombang dapat dilakukan lebih mudah. Tinggi gelombang di laut dalam ekuivalen diberikan oleh bentuk:

$$H'o = K' Kr Ho \quad (1)$$

dimana:

- H'_o : tinggi gelombang laut dalam ekivalen
- H_o : tinggi gelombang laut dalam
- K' : koefisien difraksi
- K_r : koefisien refraksi = $\sqrt{\frac{b_o}{b}}$
- B : jarak antara garis orthogonal

Gelombang Pecah

Jika gelombang menjalar dari tempat yang dalam menuju ke tempat yang makin lama makin dangkal, pada suatu lokasi tertentu gelombang tersebut akan pecah.

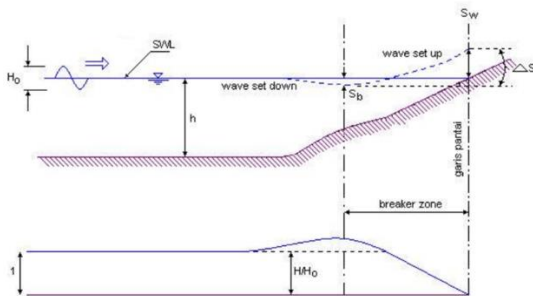
$$\frac{H_b}{H'_o} = \frac{1}{3.3 \left(\frac{H'_o}{L_o}\right)^{1/3}} \tag{2}$$

dimana:

- H_b : tinggi gelombang pecah.
- H'_o : tinggi gelombang laut dalam ekivalen.
- L_o : panjang gelombang di laut dalam.

Wave Set-Up

Gelombang yang datang dari laut menuju pantai menyebabkan fluktuasi muka air di daerah pantai terhadap muka air diam. Pada waktu gelombang pecah akan terjadi penurunan elevasi muka air rerata terhadap elevasi muka air diam di sekitar lokasi gelombang pecah.



Gambar 1. Wave set-up dan wave set-down
Sumber: Triatmodjo, 2011

Wave set-up di pantai dapat dihitung dengan menggunakan teori Longuet-Higgins dan Stewart (1963, dalam CERC, 1984).

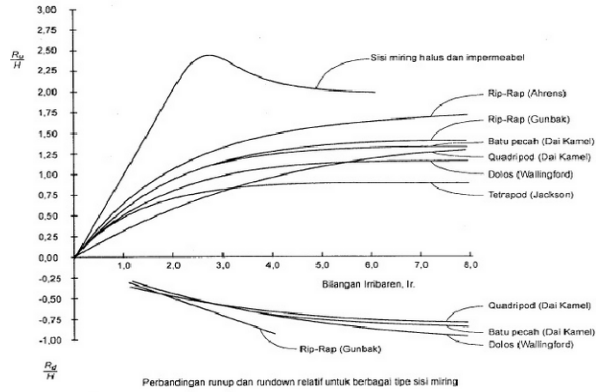
$$S_w = 0.19 \left(1 - 2.82 \sqrt{\frac{H_b}{gT^2}} \right) H_b \tag{3}$$

Penentuan rayapan gelombang dilakukan dengan bantuan grafik run-up gelombang.

$$I_r = \frac{\text{tg}\theta}{\left(\frac{H}{L_o}\right)^{0.5}} \tag{4}$$

dimana:

- I_r : bilangan Irrabaren
- θ : sudut kemiringan sisi bangunan
- H : tinggi gelombang di lokasi bangunan
- L_o : panjang gelombang di laut dalam



Gambar 2. Grafik hubungan antara R_u/H dan I_r , Gelombang Run-UP
Sumber: Yuwono, 1992

Peramalan Gelombang dengan Periode Ulang (Analisis Frekuensi)

Metode Gumbel

Untuk menentukan periode ulang dipergunakan analisis harga-harga ekstrim tinggi gelombang, biasanya diambil satu gelombang tertinggi tiap tahunnya. Pada metode gumbel, tinggi gelombang pada periode ulang dituliskan dalam bentuk persamaan sebagai berikut (Nur Yuwono, 1992).

$$H_{ST} = \overline{H}_S + \frac{\sigma H_S}{\sigma n} (Y - Y_n) \tag{5}$$

dimana:

- \overline{H}_S = rata-rata tinggi gelombang signifikan dari seluruh data yang ada
- σH_S = deviasi standard tinggi gelombang signifikan.

Angin

Angin yang berhembus di atas permukaan air akan memindahkan energinya ke air. Kecepatan angin menimbulkan tegangan pada permukaan laut, sehingga permukaan air yang semula tenang akan terganggu dan timbul dan riak gelombang kecil di atas permukaan air.

Distribusi Kecepatan Angin

Distribusi kecepatan angin di atas permukaan laut terbagi dalam tiga daerah sesuai dengan elevasi di atas permukaan. Di daerah geostropik yang berada di atas 1000 m kecepatan angin adalah konstan. Di bawah elevasi tersebut terdapat

dua daerah yaitu daerah Ekman yang berada pada elevasi 100 sampai 1000 m dan daerah di mana tegangan konstan yang berada pada elevasi 10 sampai 100 m.

Untuk memprediksi gelombang didasarkan pada kecepatan angin yang di ukur pada elevasi $y = 10$ m. Apabila angin tidak diukur pada elevasi 10 m, maka kecepatan angin harus dikonversikan pada elevasi tersebut. Untuk (y) lebih kecil dari 20 dapat menggunakan persamaan berikut :

$$U_{(10)} = U(y) (10/y)^{1/7} \quad (6)$$

dimana:

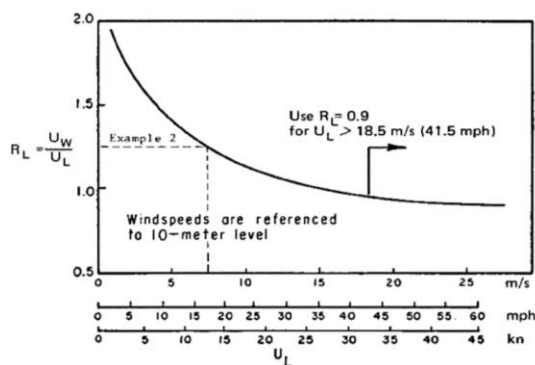
$U_{(10)}$: kecepatan angin pada ketinggian 10 m
 y : elevasi terhadap permukaan air

Data Angin

Data angin yang digunakan untuk peramalan gelombang adalah data di permukaan laut pada lokasi pembangkitan. Data tersebut dapat diperoleh dari pengukuran langsung di atas permukaan laut (menggunakan kapal yang sedang berlayar) atau pengukuran di darat (di lapangan terbang) di dekat lokasi peramalan yang kemudian dikonversi menjadi data angin laut. Kecepatan angin diukur dengan anemometer, dan biasanya dinyatakan dalam knot.

Distribusi Kecepatan Angin

Sudah dijelaskan di depan bahwa data angin dapat diperoleh dari pencatatan di permukaan laut atau pengukuran di darat. Oleh karena itu diperlukan transformasi dari data angin di lokasi stasiun angin ke data angin di atas permukaan laut.



Gambar 3. Hubungan Antara Kecepatan Angin di Laut dan di Darat
 Sumber: Triatmodjo, 1999

Kecepatan angin dikonversikan pada faktor tegangan angin dengan menggunakan rumus berikut:

$$UA = 0,71 (U)^{1.23} \quad (7)$$

dimana:

U_L : kecepatan angin di atas daratan yang terdekat dengan lokasi studi
 U : kecepatan angin

Fetch

Di dalam tinjauan pembangkitan gelombang di laut, fetch dibatasi oleh bentuk daratan yang mengelilingi laut. Di daerah pembentukan gelombang, gelombang tidak hanya dibangkitkan dalam arah yang sama dengan arah angin tetapi juga dalam berbagai sudut terhadap arah angin. cara untuk mendapatkan *fetch* efektif. *Fetch* rerata efektif diberikan oleh persamaan berikut:

$$F_{\text{eff}} = \frac{\sum X_i \cos \alpha}{\sum \cos \alpha} \quad (8)$$

Dimana :

F_{eff} : fetch rerata efektif
 X_i : panjang segmen fetch yang diukur dari titik observasi gelombang keujung akhir fetch
 α : deviasi pada kedua sisi dari arah angin, dengan menggunakan pertambahan 6° sampai sudut sebesar 42° pada kedua sisi dari arah angin.

Pasang Surut

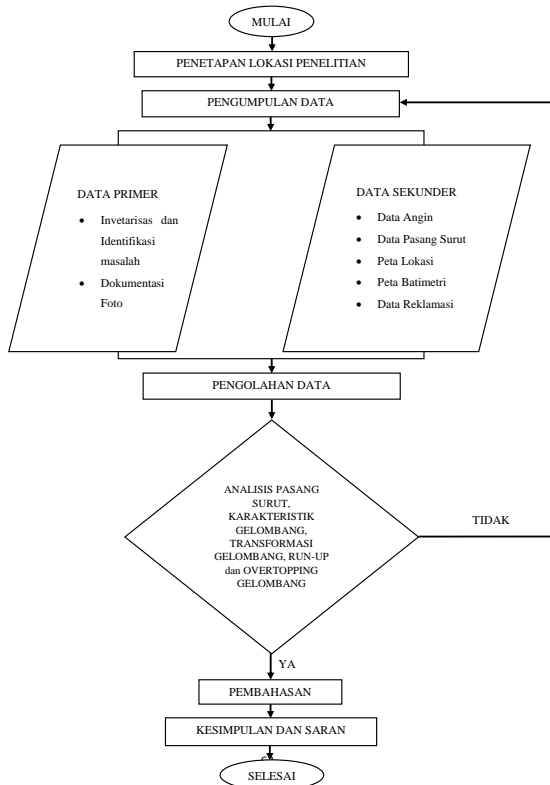
Pasang surut adalah fluktuasi muka air laut karena adanya gaya tarik benda-benda di langit, terutama matahari dan bulan terhadap massa air laut. Tinggi pasang surut adalah jarak vertikal antara air tertinggi dan air terendah yang berurutan. Periode pasang surut adalah waktu yang diperlukan dari posisi muka air pada muka air rerata ke posisi yang sama berikutnya.

1. Beberapa definisi muka air laut berdasarkan data pasang surut yaitu :
2. Muka air tinggi (High Water Level, HWL), adalah muka air tertinggi yang dicapai pada saat air pasang dalam satu siklus pasang surut.
3. Muka air rendah (Low Water Level, LWL), adalah kedudukan air terendah yang dicapai pada saat air surut dalam satu siklus pasang surut.
4. Muka air tinggi rerata (Mean High Water Level, MHWL), adalah rerata dari muka air tinggi selama periode 19 tahun (Triatmojo, 1999).
5. Muka air rendah rerata (Mean Low Water Level, MLWL), adalah rerata dari muka air rendah selama periode 19 tahun. (Triatmojo, 1999).
6. Muka air laut rerata (Mean Sea Level, MSL), adalah muka air rerata antara muka air tinggi

- rerata dan muka air rendah rerata.
7. Muka air tinggi tertinggi (Highest High Water Level, HHWL), adalah air tertinggi pada saat pasang surut purnama atau bulan mati.
 8. Muka air rendah terendah (Lowest Low Water Level, LLWL), adalah air terendah pada saat pasang surut purnama atau bulan mati.

METODOLOGI PENELITIAN

Tahapan Pelaksanaan Studi



Gambar 4. Tahapan Pelaksanaan Studi

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perhitungan Pasang Surut dengan Metode Admiralty

Hal yang terpenting dalam perencanaan suatu struktur/bangunan pantai adalah dengan mendapatkan nilai dari konstanta-konstanta pasang surut. Data yang diperoleh dari Distrik Navigasi (Data Pasang Surut) untuk daerah Reklamasi Pantai Kota Sorong (Tabel 1).



Gambar 5. Grafik Pasang Surut Reklamasi Pantai Kota Sorong

Sumber: Data Pasang Surut Distrik Navigasi Sorong

Hasil Jenis Pasang Surut

Setelah didapatkan hasil akhir dari perhitungan data pasang surut air laut metode Admiralty ini, maka berdasarkan konstanta harmonik pasang surut tersebut dapat dibuat analisa pasang surut air laut tersebut.

Tabel 2. Konstanta Harmonik Pasang Surut Bulan Desember 2018

	S0	M2	S2	N2	K1	O1	M4	MS4	K2	P1
A (cm)	96	51	1	2	52	3	16	2	0.24	17.1
g ^o	336	101	133	272	80	108	176	316	271	-339

Tabel 3. Hasil Analisa Jenis Pasang Surut Pada Bulan Desember 2018

-	=	Harian Ganda Beraturan (Semi Diurnal)
1.0486	=	Campuran Condong ke Hariian Ganda (Mixed Semi – Diurnal)
-	=	Campuran Condong ke Hariian Tunggal (Mixed – Diurnal)
-	=	Harian Tunggal Beraturan (Diurnal)

Tabel 1. Data Pasang Surut Kota Sorong

Tanggal	Bacuan Skala Pada Jam																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
01/12/2018	120	110	90	70	60	50	50	50	60	80	90	110	120	120	120	110	100	90	80	70	70	80	90	100
02/12/2018	110	110	110	90	80	70	60	50	50	60	80	100	120	130	130	110	100	80	70	60	60	70	80	80
03/12/2018	100	110	110	120	100	90	70	60	50	60	70	80	110	120	140	140	130	110	90	70	50	50	50	60
04/12/2018	70	90	110	120	120	110	90	80	60	60	60	70	90	110	130	140	140	130	110	80	60	40	30	40
05/12/2018	50	70	100	130	120	120	110	90	70	60	60	70	80	100	130	140	150	150	130	100	70	50	30	30
06/12/2018	30	50	80	120	120	130	120	110	90	70	60	60	70	90	110	140	150	160	140	120	90	60	30	20
07/12/2018	20	30	50	100	110	120	130	120	100	80	70	70	70	80	100	130	150	160	150	130	110	70	40	20
08/12/2018	20	20	40	80	90	110	120	120	110	100	80	70	70	80	90	120	140	150	160	150	120	90	60	30
09/12/2018	20	20	30	60	70	100	120	120	110	90	80	70	80	90	110	130	140	150	150	140	110	80	50	50
10/12/2018	30	20	20	50	60	80	100	120	120	110	100	80	80	80	80	100	110	130	150	150	140	120	90	60
11/12/2018	40	30	30	40	50	70	110	120	110	100	90	80	80	80	80	90	100	120	130	140	140	130	110	80
12/12/2018	60	40	30	30	40	60	80	100	110	110	110	100	90	80	80	90	100	110	120	130	140	130	120	100
13/12/2018	70	60	40	40	40	50	70	80	100	110	110	110	100	90	90	90	90	100	110	120	120	130	120	110
14/12/2018	90	70	60	50	50	50	60	80	90	100	110	110	110	100	90	90	90	90	90	100	110	110	110	110
15/12/2018	100	80	70	60	60	60	60	70	80	100	110	110	110	110	100	90	90	80	80	90	100	100	100	110
16/12/2018	100	90	90	70	70	60	60	70	80	90	100	110	120	120	110	100	90	80	80	80	80	80	90	100
17/12/2018	100	100	100	90	80	70	70	70	70	80	90	110	120	120	120	110	90	80	70	60	60	70	80	80
18/12/2018	90	100	100	100	90	80	70	70	70	70	80	90	100	120	130	130	120	110	90	70	60	50	50	60
19/12/2018	70	90	100	110	110	100	90	80	70	70	80	90	110	120	140	140	140	120	100	80	50	40	40	40
20/12/2018	60	70	90	110	110	110	100	90	70	70	70	80	100	120	140	150	150	140	120	90	60	40	30	30
21/12/2018	40	50	80	100	110	120	110	100	80	70	70	70	80	100	130	150	160	160	140	110	80	50	30	20
22/12/2018	20	40	60	80	110	120	120	110	90	80	70	60	70	90	110	140	160	160	160	130	100	70	40	20
23/12/2018	10	20	40	70	90	120	130	120	110	90	70	60	70	80	100	120	150	160	170	150	130	90	50	30
24/12/2018	10	10	20	50	70	100	120	130	120	100	80	70	60	70	80	100	130	150	160	140	110	80	40	40
25/12/2018	20	10	20	30	60	80	110	130	130	120	100	80	70	60	70	90	110	130	150	160	150	130	100	70
26/12/2018	40	20	20	20	40	70	90	120	130	130	110	100	80	70	80	90	110	130	150	150	140	120	90	60
27/12/2018	60	40	20	20	30	50	80	100	120	130	120	110	90	80	70	70	80	90	110	130	140	140	130	110
28/12/2018	70	60	40	30	30	40	60	90	110	120	130	120	110	90	80	70	70	80	90	100	120	130	130	120
29/12/2018	100	80	60	50	40	40	50	70	90	110	120	130	120	110	100	80	70	70	80	90	110	120	120	120
30/12/2018	110	100	80	70	60	50	50	60	80	100	110	120	130	120	110	100	90	70	70	70	70	80	90	100
31/12/2018	110	110	100	90	80	70	60	60	70	80	100	100	120	130	130	120	100	70	70	60	60	70	80	80

Keterangan : Air Tertinggi : 1.6 m
Air Terendah : 0.2 m

Tabel 4. Penentuan Elevasi Muka Air Laut

Elevasi Muka Air	Satuan	Hasil Perhitungan
HHWL	cm	160
MHWL	cm	148
MSL	cm	96.2
MLWL	cm	45
LLWL	cm	20
Range	cm	103

Sumber: Hasil Perhitungan

Hindcasting Gelombang

Perhitungan Faktor Tegangan Angin

Data angin yang digunakan adalah data angin maksimum harian yang setelah diolah pada akhirnya akan didapat tinggi gelombang maksimum. Data angin diperlukan untuk perkiraan tinggi dan periode gelombang.

Langkah-langkah perhitungan untuk mendapatkan nilai UA (perhitungan pada data angin di ambil bulan Desember 2018):

a. Koreksi terhadap Elevasi

Data angin diambil dari BMKG Sorong Stasiun Meteorologi dan Geofisika.

$$U_{10} = U_z \left(\frac{10}{Z} \right)^{1/7}$$

dimana: $U_z = 4$ knot

$Z = 15$ m

$U_L = 4$ knot = $4 * 0.5144$ m/det
= 2.056 m/det

Sehingga:

$$U_{10} = 2.056 \left(\frac{10}{15} \right)^{1/7} = 0.1958 \text{ m/det}$$

b. Koreksi terhadap Stabilitas dan Efek Lokasi

$$U = RT * RL * U10$$

dimana: $U10 = 0.1958$ m/det

$RL = 1.8$ m/det

$RT = 27.8$

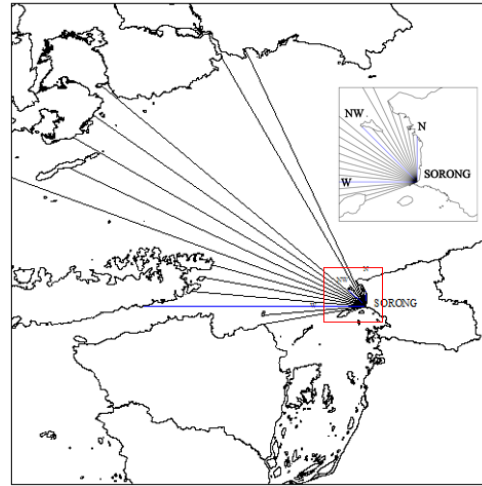
$$U = 27.8 * 1.8 * 0.1958$$

$$= 9.7983 \text{ m/det}$$

Pengelolaan Data Fetch

Data fetch yang dimaksud adalah data lokasi. Data lokasi yang digunakan dalam peramalan gelombang adalah data lokasi dimana tinggi dan periode gelombang akan ditentukan.

Data lokasi adalah digunakan untuk menentukan panjang pembentukan (*fetch*) untuk tiap-tiap arah angin. Dibawah ini adalah panjang fetch pada tiga mata angin.



Gambar 6. Fetch Arah N, NW, dan W

Sumber: Olahan dengan ArcGIS dan Autocad

Perhitungan Fetch:

Untuk perhitungan Fetch diambil contoh untuk perhitungan arah N:

a. Panjang garis Fetch untuk arah N = 0° adalah 1.1 cm (pada peta) dan skala pada gambar 1 : 500000. Maka panjang fetch pada arah N untuk sudut 0° = 5.5 km

b. Nilai dari cos 0° adalah 1, maka,
 $F * \cos \alpha = 5.5 * 1 = 5.5$ km

c. Perhitungan F_{eff}

$$F_{eff} = \frac{\sum F \cos \alpha}{\sum \cos \alpha}$$

$$F_{eff} = \frac{5.2+4.3+3.9+4.0+5.5+0+0+0+0}{0.9+1+1+1+1+1+1+1+1+0.9} = 31.7 \text{ km}$$

Tabel 4. Perhitungan Fetch Efektif Reklamasi Pantai Kota Sorong.

Arah Utama	α (°)	Peta (cm)	F (km)	cos (α)	$F * \cos (\alpha)$	F efektif (km)
N	-20	1.1	5.5	0.9	5.2	31.7
	-15	0.9	4.5	1.0	4.3	
	-10	0.8	4.0	1.0	3.9	
	-5	0.8	4.0	1.0	4.0	
	0	1.1	5.5	1.0	5.5	
	5	0.0	0.0	1.0	0.0	
	10	0.0	0.0	1.0	0.0	
	15	0.0	0.0	1.0	0.0	
	20	0.0	0.0	0.9	0.0	
	Σ			8.8	22.9	
NE	-20	0.0	0.0	0.9	0.0	8.8
	-15	0.0	0.0	1.0	0.0	
	-10	0.0	0.0	1.0	0.0	
	-5	0.0	0.0	1.0	0.0	
	0	0.0	0.0	1.0	0.0	
	5	0.0	0.0	1.0	0.0	
	10	0.0	0.0	1.0	0.0	
	15	0.0	0.0	1.0	0.0	
	20	0.0	0.0	0.9	0.0	
	Σ			8.8	0.0	
E	-20	0.0	0.0	0.9	0.0	8.8
	-15	0.0	0.0	1.0	0.0	
	-10	0.0	0.0	1.0	0.0	
	-5	0.0	0.0	1.0	0.0	
	0	0.0	0.0	1.0	0.0	
	5	0.0	0.0	1.0	0.0	
	10	0.0	0.0	1.0	0.0	
	15	0.0	0.0	1.0	0.0	
	20	0.0	0.0	0.9	0.0	
	Σ			8.8	0.0	
SE	-20	0.0	0.0	0.9	0.0	8.8
	-15	0.0	0.0	1.0	0.0	
	-10	0.0	0.0	1.0	0.0	
	-5	0.0	0.0	1.0	0.0	
	0	0.0	0.0	1.0	0.0	
	5	0.0	0.0	1.0	0.0	
	10	0.0	0.0	1.0	0.0	
	15	0.0	0.0	1.0	0.0	
	20	0.0	0.0	0.9	0.0	
	Σ			8.8	0.0	

Tabel 4. Perhitungan Fetch Efektif Reklamasi Pantai Kota Sorong. (lanjutan)

Arah Utama	α (°)	Peta (km)	F (km)	cos (α)	F*cos (α)	F efektif (km)
S	-20	0.0	0.0	0.9	0.0	8.8
	-15	0.0	0.0	1.0	0.0	
	-10	0.0	0.0	1.0	0.0	
	-5	0.0	0.0	1.0	0.0	
	0	0.0	0.0	1.0	0.0	
	5	0.0	0.0	1.0	0.0	
	10	0.0	0.0	1.0	0.0	
	15	0.0	0.0	1.0	0.0	
	20	0.0	0.0	0.9	0.0	
	Σ					
SW	-20	0.0	0.0	0.9	0.0	8.8
	-15	0.0	0.0	1.0	0.0	
	-10	0.0	0.0	1.0	0.0	
	-5	0.0	0.0	1.0	0.0	
	0	0.0	0.0	1.0	0.0	
	5	0.0	0.0	1.0	0.0	
	10	0.0	0.0	1.0	0.0	
	15	0.0	0.0	1.0	0.0	
	20	0.0	0.0	0.9	0.0	
	Σ					
W	-20	0.8	3.8	0.9	3.5	239.26
	-15	0.7	3.5	1.0	3.4	
	-10	4.3	21.5	1.0	21.2	
	-5	4.3	21.5	1.0	21.4	
	0	1.1	5.5	1.0	5.5	
	5	7.3	36.5	1.0	36.4	
	10	6.8	34.0	1.0	33.5	
	15	6.6	33.0	1.0	31.9	
	20	15.7	78.5	0.9	73.8	
	Σ					
NW	-20	13.7	68.5	0.9	64.4	576.15
	-15	14.1	70.5	1.0	68.1	
	-10	13.9	69.5	1.0	68.4	
	-5	14.4	72.0	1.0	71.7	
	0	12.6	63.0	1.0	63.0	
	5	12.0	60.0	1.0	59.8	
	10	11.8	59.0	1.0	58.1	
	15	12.0	60.0	1.0	58.0	
	20	11.9	59.5	0.9	55.9	
	Σ					

Sumber: Hasil Penelitian

Peramalan Tinggi dan Periode Gelombang

Tahapan dan langkah-langkah perhitungan *hindcasting* gelombang diberikan dalam (Samudra, dkk, 2018; Mamanua, dkk, 2017.; Dauhan, dkk, 2013) untuk mendapatkan nilai H_o dan T_o .

Berikut ini disajikan tabel rekapitulasi arah, tinggi dan periode gelombang dari masing-masing fetch berdasarkan *Hindcasting* Gelombang tahun 2009 – 2018.

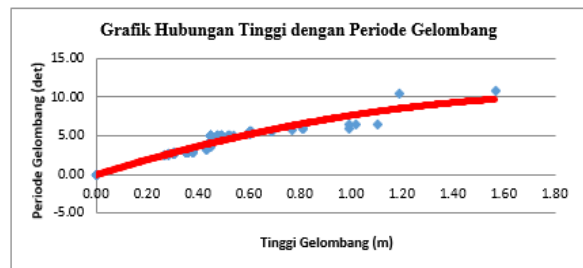
Tabel 5. Rekapitulasi arah, tinggi dan periode gelombang dari masing-masing fetch berdasarkan *Hindcasting* Gelombang tahun 2003 – 2013.

Bulan	H - T	Arah Datang Gelombang				MAX TIAP BULAN ARAH DOMINAN	
		N	NW	W	SW	H-T	
JANUARI	H (m)	0.375	1.016	0.444	-	NW	1.016
	T (det)	5.070	4.305	2.947	-		4.305
FEBRUARI	H (m)	0.433	0.485	0.683	-	W	0.683
	T (det)	5.877	3.068	3.588	-		3.588
MARET	H (m)	0.433	0.444	0.762	-	W	0.762
	T (det)	5.587	2.947	3.772	-		3.772
APRIL	H (m)	0.521	0.444	1.561	-	W	1.561
	T (det)	6.316	2.947	5.240	-		5.240
MEI	H (m)	1.099	0.444	0.485	-	N	1.099
	T (det)	10.389	2.947	3.068	-		10.389
JUNI	H (m)	0.430	0.485	0.444	-	NW	0.485
	T (det)	5.555	3.068	2.947	-		3.068
JULI	H (m)	0.430	-	0.599	-	W	0.599
	T (det)	5.555	-	3.380	-		3.380
AGUSTUS	H (m)	0.521	0.485	0.485	-	N	0.521
	T (det)	6.316	3.068	3.068	-		6.316
SEPTEMBER	H (m)	0.468	-	0.807	-	W	0.807
	T (det)	5.877	-	3.873	-		3.873
OKTOBER	H (m)	1.184	0.444	0.512	-	N	1.184
	T (det)	10.921	2.947	3.144	-		10.921
NOVEMBER	H (m)	0.375	0.485	0.807	-	W	0.807
	T (det)	5.070	3.068	3.873	-		3.873
DESEMBER	H (m)	0.354	0.992	0.608	-	NW	0.992
	T (det)	4.881	4.257	3.401	-		4.257
MAX TIAP ARAH	H (m)	1.184	1.016	1.561	-	W	1.561
	T (det)	10.921	4.305	5.240	-		5.240

Sumber: Hasil Penelitian

Dari hasil rekapitulasi tersebut (Tabel 5), berdasarkan metode SMB dapat diketahui bahwa gelombang dominan dan maksimum berasal dari arah barat pada bulan April. Sedangkan untuk arah barat laut, barat daya, dan selatan, parameter gelombang yang terbentuk lebih kecil. Hal ini disebabkan gelombang dari arah barat mempunyai daerah pembangkitan gelombang yang lebih besar dan juga perbedaan faktor yang mempengaruhi pembangkitan gelombang seperti kecepatan angin, durasi, arah angin, dan fetch.

Dari perhitungan rekapitulasi tinggi dan periode gelombang Tahun 2009 – 2018 didapat grafik hubungan antara tinggi dan periode gelombang seperti pada Gambar 7.



Gambar 7. Hubungan Tinggi dengan Periode Gelombang Berdasarkan grafik

Perkiraan Gelombang dengan Priode Ulang

Frekuensi gelombang-gelombang besar merupakan faktor yang mempengaruhi perencanaan bangunan pantai dalam hal ini yang dimaksudkan tinjauan terhadap desain reklamasi. Di dalam studi ini untuk menetapkan besarnya gelombang dengan periode ulang tertentu akan digunakan distribusi nilai ekstrim dengan menggunakan metode Gumbel.

Tabel 6. Analisa Frekuensi Gelombang

No.	Tahun	H max (m)			T max (det)		
		H (m)	$H - \bar{H}_i$	$(H - \bar{H}_i)^2$	T (det)	$T - \bar{T}_i$	$(T - \bar{T}_i)^2$
1	2009	1.0164	0.1341	0.0180	4.3048	-1.9896	3.9585
2	2010	0.8069	-0.0754	0.0057	4.8808	-1.4136	1.9982
3	2011	0.5993	-0.2830	0.0801	5.8775	-0.4169	0.1738
4	2012	0.5993	-0.2830	0.0801	3.3796	-2.9148	8.4961
5	2013	1.1844	0.3021	0.0913	10.9214	4.6270	21.4091
6	2014	1.0989	0.2166	0.0469	10.3891	4.0947	16.7666
7	2015	1.5611	0.6788	0.4607	5.5546	-0.7398	0.5473
8	2016	0.4443	-0.4380	0.1919	4.8808	-1.4136	1.9982
9	2017	0.5209	-0.3614	0.1306	6.3162	0.0219	0.0005
10	2018	0.9917	0.1094	0.0120	6.4390	0.1446	0.0209
Σ		8.8233		1.1171	62.9437		55.3692
\bar{H}_i		0.882332		\bar{T}_i	6.2944		

Sumber: Hasil Penelitian

Tabel 7. Perhitungan Tinggi Gelombang dengan Kala Ulang Tertentu (Metode Gumbel)

No.	Periode Ulang Gelombang (Tahun)	\bar{H}_i (meter)	σH_i	σ_n	Y	Y_n	H_{ST}	\bar{T}_i	σT_i	T_{ST}
							(meter)	(detik)	(detik)	
1	H10	0.882	0.352	0.94	2.250	0.495	1.540	6.294	2.480	6.952
2	H20	0.882	0.352	1.06	2.970	0.523	1.696	6.294	2.480	7.108
3	H30	0.882	0.352	1.11	3.339	0.536	1.772	6.294	2.480	7.184
4	H50	0.882	0.352	1.16	3.902	0.548	1.901	6.294	2.480	7.313
5	H100	0.882	0.352	1.2	4.600	0.56	2.068	6.294	2.480	7.481

Sumber: Hasil Penelitian

Tabel 8. Tinggi dan Periode Beberapa Kala Ulang

Kala Ulang	Tinggi Gelombang (meter)	Periode (detik)
10	1.540	6.952
20	1.696	7.108
30	1.772	7.184
50	1.901	7.313
100	2.068	7.481

Perhitungan gelombang Pecah

Tabel 9. Perhitungan Gelombang Pecah Reklamasi Pantai

No	Kala Ulang (tahun)	H _o (m)	T _o (detik)	L _o (m)	C _o (m/det)	m rata-rata
1	10	1.540	6.952	75.400	10.845	0.1
2	20	1.696	7.108	78.811	11.088	0.1
3	30	1.772	7.184	80.514	11.207	0.1
4	50	1.901	7.313	83.429	11.408	0.1
5	100	2.068	7.481	87.295	11.670	0.1

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 9. Perhitungan Gelombang Pecah Reklamasi Pantai (lanjutan)

K _s	K _r	H _o	gT ²	H _o /gT ²	Grafik H _b /H _o	H _b (m)
0.654	0.940	2.355	474.150	0.00497	1.350	2.079
0.669	0.940	2.536	495.602	0.00512	1.350	2.289
0.676	0.940	2.622	506.307	0.00518	1.350	2.392
0.688	0.940	2.763	524.640	0.00527	1.350	2.566
0.704	0.940	2.939	548.950	0.00535	1.350	2.792

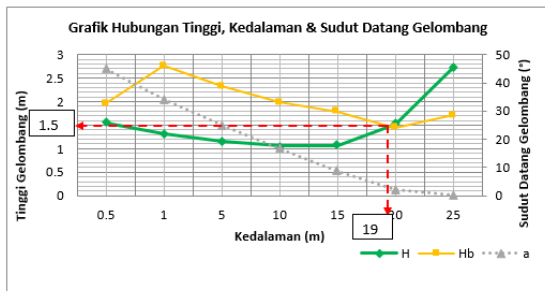
Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 10. Perhitungan Gelombang Pecah Untuk Potongan 12 Arah Barat

H	H _o	gT ²	H _o /gT ²	H _b /H _o	H _b
1.55381	1.56696	269.35	0.00582	1.25	1.95869
1.31473	1.69772	924.579	0.00184	1.625	2.75879
1.15712	1.42871	797.387	0.00179	1.626	2.32308
1.06016	1.22866	692.03	0.00178	1.626	1.9978
1.06773	1.03613	621.01	0.00167	1.725	1.78732
1.52085	0.74541	626.686	0.00119	1.925	1.43492
2.71594	0.85133	909.775	0.00094	2	1.70267

Sumber: Hasil Perhitungan

Dari perhitungan gelombang pecah pada potongan 12 dibuat grafik hubungan tinggi, kedalaman dan sudut datang gelombang.



Gambar 8. Grafik Hubungan Tinggi, Kedalaman dan Sudut Datang Gelombang Arah Barat Pot.12
Sumber: Hasil Penelitian

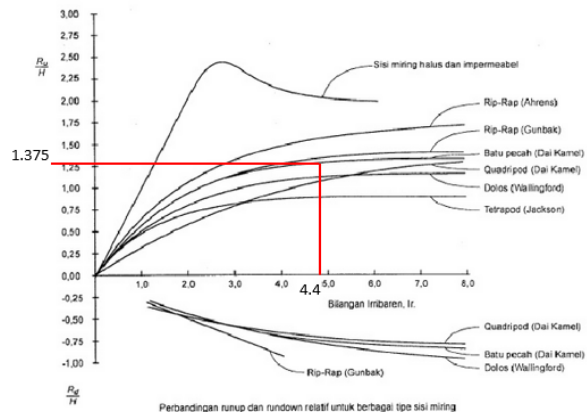
Berdasarkan grafik hubungan tinggi, kedalaman, dan sudut datang gelombang di potongan 12 maka diperoleh :

Tinggi gelombang maksimum (H_b) = 1.5 m
Gelombang pecah pada kedalaman = 19 m

Analisa Perhitungan Run-up dan Overtopping

Run-Up Gelombang

Run-up gelombang dihitung pada breakwater berdasarkan periode ulang.



Gambar 9. Grafik hubungan antara Ru/H dan Ir, Gelombang Run-Up
Sumber: Triatmodjo, 2011

Dari grafik didapat Ru/H = 1.313 untuk perhitungan 10 tahun periode ulang. Jadi untuk menghitung Run-Up gelombang:

$$Ru = Ru/H * H'o$$

dimana:

H'o = dipakai tinggi gelombang 10 tahun kala ulang

maka:

$$Ru = 1.375 * 2.355 = 3.238 \text{ m}$$

$$ds + R = 3.6 + 3.238 = 6.838 \text{ m}$$

Jadi dari perhitungan Run-Up gelombang didapat Ru = 3.238 m untuk perhitungan 10 tahun periode ulang.

Kontrol untuk Overtopping:

$$h > ds + R \text{ (Overtopping dan Non overtopping)}$$

dimana:

H = tinggi bangunan
ds= kedalaman kaki bangunan
R = run-up gelombang

Maka:

$$5.1 > 3.6 + 3.238 \text{ Terjadi Overtopping}$$

Tabel 11. Perhitungan *Run-Up* pada *Breakwater* Berdasarkan Periode Ulang

Periode Ulang	Ho (m)	Lo (m)	Sea Level Rise (m)	Koefisien Refraksi (Kr)	Tinggi Gelombang [Ho (m) = Ho*Kr]	Periode Gelombang [T (det)]	Ho/gT ²	Kedalaman di kaki Bangunan [ds (m)]
10	1.540	75.400	0.05	0.94	0.0927	6.9522	0.00497	3.6
20	1.696	78.811	0.05	0.94	0.1021	7.1077	0.00512	3.6
30	1.772	80.514	0.05	0.94	0.1067	7.1841	0.00518	3.6
50	1.901	83.429	0.05	0.94	0.1144	7.3130	0.00527	3.6
100	2.068	87.295	0.05	0.94	0.1245	7.4805	0.00535	3.6

Tabel 11. Perhitungan *Run-Up* pada *Breakwater* Berdasarkan Periode Ulang (lanjutan)

ds/Ho	θr	Ir	Ru/H	Run - Up Gelombang	Tinggi Bangunan	ds (m) + R (m)	Ket.
				[R (m)]	[h (m)]		
2.3374	0.7692	5.4	1.375	2.118	5.1	5.718	Overtopping
2.1230	0.7692	5.2	1.344	2.279	5.1	5.879	Overtopping
2.0315	0.7692	5.2	1.344	2.381	5.1	5.981	Overtopping
1.8938	0.7692	5.1	1.313	2.495	5.1	6.095	Overtopping
1.7404	0.7692	5.0	1.313	2.715	5.1	6.315	Overtopping

Perhitungan Tinggi *Run-Up* pada Potongan 12, 17, 20, 24 dengan Grafik *Run-Up* bilangan Irabiren.

Tabel 12. Perhitungan *Run-Up* pada potongan 12

Muka Air Diam (SWL)	Sea Level Rise SLR	Ho	Koefisien Refraksi	Tinggi Gelombang Ekuivalen	Periode Gelombang	Ho/gT ²
(m)	(m)	(m)	(Kr)	[Ho (m) = Ho*Kr]	[T (det)]	
HHWL	0.05	1.5611	1	1.5611	5.2399	0.0057957
MSL	0.05	1.5611	1	1.5611	5.2399	0.0057957
LLWL	0.05	1.5611	1	1.5611	5.2399	0.0057957

Tabel 12. Perhitungan *Run-Up* pada potongan 12 (lanjutan)

Kedalaman di kaki Bangunan [ds (m)]	ds/Ho	Ir	Ru/Ho	Run-Up Gelombang	Tinggi Bangunan	ds (m) + R (m)	Ket.
				[R (m)]	[h (m)]		
4.1	2.6264	5.346002	1.375	2.1465	6	6.2465	Overtopping
3.4	2.1780	5.346002	1.375	2.1465	6	5.5465	Non Overtopping
2.1	1.3452	5.346002	1.375	2.1465	6	4.2465	Non Overtopping

Perhitungan Stabilitas terhadap Batu Pelindung

Dari perhitungan di dapat perbandingan stabilitas Batu Pelindung antara yang didisain dan yang sudah ada (eksisting) seperti pada Tabel 13.

Tabel 13. Perbandingan jumlah batu yang didisain dan yang sudah ada

Potongan		Yang di Desain			Yang sudah ada		
		12	17	20	12	17	20
Berat untuk lapis pertama	Kg	1280	1280	1280	1050	1050	1050
Berat untuk lapis kedua	Kg	128	128	128	235	235	235
Berat untuk lapis ketiga	Kg	7	7	7	-	-	-
Diameter batu untuk lapis pertama	cm	69	69	69	-	-	-
Diameter batu untuk lapis kedua	cm	22	22	22	-	-	-
Diameter batu untuk lapis ketiga	cm	5	5	5	-	-	-
Jumlah batu untuk lapis pertama	buah	40	37	42	-	-	-
Jumlah batu untuk lapis kedua	buah	285	279	263	-	-	-
Jumlah batu untuk lapis ketiga	buah	858	842	1039	-	-	-

Sumber: Hasil Perhitungan

Perhitungan Prediksi Elevasi Muka Air Laut

Elevasi muka air rencana dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$DWL = HHWL + Sw + SLR$$

dimana:

DWL = Design water level/Elevasi muka air rencana

Sw = Wave set-up

SLR = Kenaikan elevasi muka air laut karena pemanasan global (*Sea Level Rise*)

HHWL = Muka air tertinggi saat pasang surut = 160cm = 1.6 m

Sehingga didapatkan elevasi muka air rencana adalah sebagai berikut:

$$DWL = HHWL + Sw + SLR = 1.6 + 0.283 + 0.12 = 2.003 \text{ m}$$

PENUTUP

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian terhadap tinjauan desain reklamasi dikatakan tidak aman terhadap gelombang yang mengakibatkan *overtopping* dan dari perhitungan terhadap stabilitas batu pelindung terdapat perbedaan lapisan dari hasil yang di desain dan yang sudah ada (existing).

Saran

1. Pelaksanaan kebijakan reklamasi pantai harus memperhatikan lingkungan di sekitar penimbunan lahan, agar dapat menjamin keberadaan nelayan di sekitar wilayah reklamasi.
2. Desain reklamasi dapat ditindaklanjuti agar tidak terjadi *overtopping* akibat gelombang dan pasang surut air laut.
3. Dari hasil perhitungan didapat 3 lapisan pada desain dan dari perencanaan yang sudah ada berjumlah 2 lapisan, sehingga hasil penelitian ini juga berguna untuk perencanaan reklamasi.
4. Untuk selanjutnya perlu dilakukan penelitian mengenai dampak reklamasi pantai dan pengaruhnya terhadap lingkungan di kota Sorong.

DAFTAR PUSTAKA

Badan Pusat Statistik, 2016. *Sorong Municipality in Figures*, BPS Kota Sorong.

Dauhan, S. K., H. Tawas, H. Tangkudung, J. D. Mamoto, *Analisis Karakteristik Gelombang Pecah terhadap Perubahan Garis Pantai di Atep Oki*, Jurnal Sipil Statik Vo.1 No.12, November 2013(784-796) ISSN: 2337-6732, Universitas Sam Ratulangi, Manado

- Dinas Hidro–Oseanografi TNI Angkatan Laut, 2018. *Daftar Pasang Surut Kepulauan Indonesia*. Dinas Hidro – Oseanografi, Jakarta.
- Mamanua, I. C., T. Jansen, A. K. T. Dundu., 2017. *Perencanaan Bangunan Pengaman Pantai pada Daerah Pantai Kima Bajo Kabupaten Minahasa Utara*, Jurnal Sipil Statik Vol.5 No.6 Agustus 2017 (335-344) ISSN: 2337-6732, Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Samudra, A. R., M. I. Jasin, F. Halim., 2018. *Evaluasi Kinerja Breakwater terhadap Gelombang di Kawasan Pelabuhan Manado*, Jurnal Sipil Statik Vol.6 No.4 April 2018 (211-224) ISSN: 2337-6732, Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Triatmodjo, Bambang., 2011, *Perencanaan Bangunan Pantai*, Beta Offset, Yogyakarta.
- Yuwono, Nur., 1992. *Dasar-dasar Perencanaan Bangunan Pantai*, Vol. 1 dan 2, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta