

# OPTIMASI BIAYA PADA PEMBANGUNAN STRUKTUR DAN NONSTRUKTUR UNTUK PENANGGULANGAN ABRASI PANTAI TIRTAMAYA DI KABUPATEN INDRAMAYU, JAWA BARAT

Rullyanto Arie Hernowo<sup>1</sup>, Trihono Kadri<sup>2</sup>

## ABSTRAK

Pekerjaan pembangunan struktur pengamanan pantai selama ini sangat mahal biayanya, sehingga untuk mengatasi hal tersebut diperlukan suatu upaya penanganan penanggulangan abrasi pantai dengan optimasi biaya pembangunan struktur dan nonstruktur.

Lokasi penelitian ini adalah pada Pantai Tirtamaya di Kabupaten Indramayu, dengan panjang bangunan 160m dan luas layanan 2 Ha. Pengamanan Pantai Tirtamaya diperlukan untuk kepentingan melindungi tempat wisata dan jaringan perpipaan. Batasan tinggi gelombang pada periode ulang 50 tahunan sebesar 3,65 meter dan periode gelombang sebesar 8,46 detik sehingga dapat mengoptimasi biaya pada pembangunan struktur dan non-struktur untuk penanggulangan abrasi Pantai Tirtamaya di Kabupaten Indramayu.

Hasil penelitian ini didapat penanggulangan abrasi Pantai Tirtamaya di Kabupaten Indramayu dengan cara yang lebih murah dan efektif dengan optimasi biaya pada pembangunan struktur dan non-struktur yaitu pada penggabungan pembangunan *breakwater geosynthetics* dan vegetasi. Pembangunan *breakwater geosynthetics* dan vegetasi membutuhkan biaya lebih murah dibandingkan pembangunan *breakwater* kubus beton dan vegetasi. Gabungan *breakwater geosynthetics* dan vegetasi dapat mengantisipasi gelombang setinggi 3,65 m, waktu pelaksanaannya relatif lebih cepat, dan memiliki fungsi ekologis karena vegetasi/ hutan *mangrove* berperan dalam kemampuannya mendukung eksistensi lingkungan fisik, sebagai penahan ombak, penahan angin, pengendali banjir dan pencegah intrusi air asin.

**Kata kunci:** Optimasi, abrasi, pantai, *geosynthetic*, vegetasi.

## ABSTRACT

*Coastal protection structure construction work is really expensive, therefore to allocate it, there should be such an effort to handle the coastal erosion by optimizing the structure and non-structure development cost budgeting. The site of this research is located in Indramayu Regency, Tirtamaya Beach. The length of the building is 160 m and it has 2Ha wide. With a wave height limits on total annual return of 50 years as 3.65 meters and wave period amounted 8.46 seconds, it is expected that it can optimize the cost of the building structure and non-structure for erosion prevention may occurs at Tirtamaya Beach, Indramayu Regency.*

*Overall, trough this research, there is a cheaper and effective way to handle the erosion which may occur at Tirtamaya Beach in Indramayu Regency by optimizing the cost of structural and non-structural building, such as joining the geosynthetics breakwater construction and vegetation. The development of breakwater geosynthetics and vegetations is cheaper compare to the development of a concrete breakwater cube and vegetation. Combination of breakwater geosynthetics and vegetation could anticipate 3.65 m waves, relatively faster execution time, and it has the ecological functions because the vegetation/mangrove forests play a role in supporting the existence of the physical environment, breakwater, windbreaks, flood control, and prevention of saltwater intrusion.*

**Keywords:** Optimization, erosion, beach, *geosynthetic*, vegetation.

<sup>1</sup> Alumni Magister Teknik Sipil FTSP Universitas Trisakti

<sup>2</sup> Dosen Jurusan Teknik Sipil FTSP Universitas Trisakti

## 1. PENDAHULUAN

### Latar Belakang

Kondisi Pantai Tirtamaya Indramayu telah terjadi abrasi yang cukup kritis sehingga diperlukan penanganan dan pengelolaan yang terarah, terpadu dan berkelanjutan dalam rangka memberi rasa aman. Perlindungan pantai dapat dilakukan dengan *soft solution* (struktur) atau *hard solution* (non-struktur). Cara non-struktur dapat berupa penanaman pohon bakau (*mangrove*), pengisian pasir pada pantai (*sand nourishment*), pemeliharaan karang laut dan gundukan pasir (*dunes*) di pinggir pantai. Cara struktur adalah penanganan dengan jalan membuat struktur bangunan pelindung pantai, seperti dinding pantai (*seawall*), *groin*, *jetty* atau pemecah gelombang (*breakwater*).

### Identifikasi Masalah

Telah diketahui bahwa pekerjaan pembangunan struktur pengamanan pantai selama ini sangat mahal biayanya, sehingga untuk mengatasi hal tersebut diperlukan suatu upaya penanganan penanggulangan abrasi pantai dengan optimasi biaya. Optimasi biaya ditujukan membandingkan pada pembangunan pengamanan pantai dengan menggunakan struktur atau non-struktur atau menggabungkan pembangunan struktur dan non-struktur, sehingga ditemukan suatu cara atau upaya penanganan pengamanan pantai yang optimal.

### Batasan Masalah

Lokasi penelitian ini adalah pada Pantai Tirtamaya di Kabupaten Indramayu dengan panjang bangunan 160 m dan luas layanan 2 Ha. Pengamanan pantai untuk kepentingan melindungi tempat wisata dan jaringan perpipaan.

### Rumusan Masalah

Rumuskan masalah dalam penelitian ini adalah untuk mengetahui berapa biaya yang dibutuhkan pada pembangunan struktur (*breakwater*) untuk penanggulangan abrasi Pantai Tirtamaya Jawa Barat, di Kabupaten Indramayu, dan bagaimana penanganan pengamanan pantai yang optimal untuk penanggulangan abrasi Pantai Tirtamaya.

### Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan yaitu dengan optimasi biaya pada pembangunan struktur dan non-struktur untuk penanggulangan abrasi pantai sehingga dapat mengetahui biaya termurah untuk penanggulangan abrasi Pantai Tirtamaya, di Kabupaten Indramayu Jawa Barat.

### Kegunaan Penelitian

Kegunaan penelitian ini adalah memberi masukan kepada instansi terkait sebagai dasar merumuskan kebijakan untuk penanggulangan abrasi Pantai Tirtamaya Jawa Barat, di Kabupaten Indramayu. Hasil penelitian dapat dijadikan studi banding bagi peneliti lain

yang akan meneliti tentang masalah yang sama dan acuan untuk pembangunan pengamanan pantai yang selanjutnya.

## 2. TINJAUAN TEORITIS

### ***Breakwater***

*Breakwater* adalah struktur pengaman pantai yang diletakkan di lepas pantai untuk menahan gempuran gelombang.

### **Geosintetis dan Geogrid**

Geosintetis adalah bahan pembentuk karung-karung pasir yang digunakan sebagai material pengaman pantai, sedangkan *geogrid* dipasang pada bagian dasarnya untuk meratakan settlement/ pemadatan tanah yang terjadi.

Geosintetis yang digunakan memiliki spesifikasi berbahan baku polymer (100% polymer), berat per-area 600g/m<sup>2</sup>, tebal 5mm, tegangan tarik searah mesin 25kN/m, tegangan tarik melintang mesin 40kN/m, elongasi searah mesin 60%, elongasi melintang mesin 40%, gaya tekan (*puncture strength*) 6000N, ukuran bukaan efektif 0,08mm, dan koefisien permeabilitas 0,03m/s.

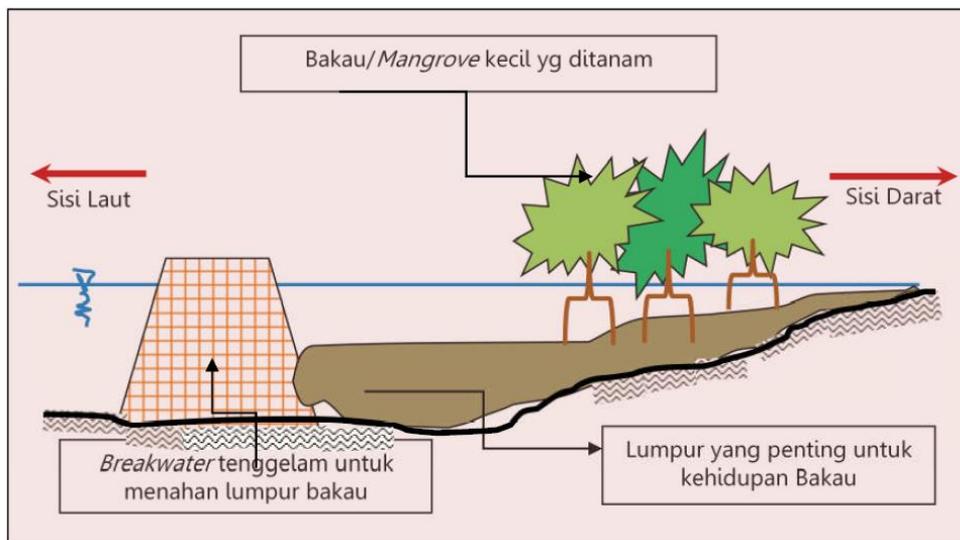
Geogrid yang digunakan memiliki spesifikasi berbahan baku polymer 100% polyester, berat per-area 310 g/m<sup>2</sup>, tegangan tarik maksimum > 30 kN/m, perpanjangan pada tegangan normal > 8%, tegangan tarik pada perpanjangan 2% sebesar 13.5 kN/m, tegangan tarik pada perpanjangan 5% adalah 24 kN/m, ketahanan terhadap ultraviolet 96.3%, tahan terhadap cuaca apapun.

### **Penanaman Vegetasi Pelindung**

Memberikan dampak yang ramah lingkungan, penanaman vegetasi pelindung pantai (*mangrove*) perlu dikembangkan. Dengan adanya hutan *mangrove* maka didaerah tersebut bisa dijadikan sebagai daerah pertumbuhan ekosistem baru yang kaya akan ragam flora dan fauna. Memperhatikan kondisi lingkungan perairan di Pantai Tirtamaya yang berupa lumpur pengembangan tanaman *mangrove* dapat dipertimbangkan. Penanaman *mangrove* tidak dapat diandalkan tanpa adanya bantuan struktur pelindung (*breakwater*), karena tanaman yang baru ditanam belum cukup kuat untuk menahan gempuran gelombang. Sedangkan dengan pengembangan *mangrove* gelombang rencana untuk *breakwater* dapat diturunkan. Vegetasi *mangrove* hanya dapat tumbuh di pantai yang memiliki cukup lumpur dan masih terpengaruh kondisi pasang surut.

Penanaman *mangrove* yang meliputi pengadaan seluruh bibit, penyiapan lokasi dan seluruh pekerjaan yang diperlukan untuk menyelesaikan penanaman. *Mangrove* dapat tumbuh dengan baik pada substrat (tanah) yang berlumpur, dan dapat mentoleransi tanah

lumpur berpasir, yang sesuai dengan kondisi tanah di lokasi pekerjaan. Bibit *mangrove* yang akan ditanam didatangkan dari daerah Pabean Ilir, Kecamatan Indramayu, Kabupaten Indramayu, untuk usia 1 tahun atau dengan tinggi 100 – 130 cm, perawatan tanaman selama 1 tahun, kegiatan penyulaman dilakukan dengan tujuan untuk mengganti *mangrove* yang rusak atau mati selama masa pemeliharaan.



**Gambar 1.** Penanganan Abrasi dengan Pembangunan *Breakwater* dan *Mangrove*.

### Optimasi

Optimasi adalah suatu proses untuk mencapai hasil yang ideal atau optimal atau nilai yang dapat dicapai, sedangkan optimasi menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia adalah prosedur yang digunakan untuk membuat sistem atau desain yang fungsional atau seefektif mungkin dengan menggunakan teknik aplikasi matematika.

Optimasi dalam penyelesaian masalah merupakan suatu cara pengambilan keputusan sehingga didapatkan hasil penyelesaian yang optimal sesuai dengan kendala "state of nature" yang harus dipenuhi. Metode yang banyak digunakan antara lain Bakau/*Mangrove* kecil yang ditanam *Breakwater* tenggelam untuk menahan lumpur bakau Lumpur yang penting untuk kehidupan Bakau Sisi Laut Sisi Darat Gambar 1.

### Abrasi

Abrasi merupakan proses pengikisan pantai oleh gerusan air laut baik yang disebabkan oleh meningkatnya permukaan air laut ataupun oleh tenaga gelombang laut dan arus laut yang bersifat merusak. Abrasi biasanya disebut juga erosi pantai. Dampak yang diakibatkan oleh abrasi ini sangat besar. Garis pantai akan semakin menyempit dan apabila tidak diatasi lama kelamaan daerah-daerah yang permukaannya rendah akan

tenggelam. Pantai yang indah dan menjadi tujuan wisata menjadi rusak. Pemukiman warga dan tambak tergerus hingga menjadi laut. Tidak sedikit warga di pesisir pantai yang telah direlokasi gara-gara abrasi pantai ini. Abrasi pantai juga berpotensi menenggelamkan beberapa pulau kecil di perairan Indonesia.



**Gambar 2.** Abrasi di Pantai Tirtamaya, Kabupaten Indramayu.

Adanya perbandingan biaya tindakan preventif terhadap biaya tindakan korektif, menjadi *lesson learn* untuk proyek-proyek ke depan supaya identifikasi tindakan preventif suatu resiko dilakukan secara cermat dan untuk mendapatkan biaya yang optimal perlu melakukan beberapa tahapan analisa data sehingga biaya yang akan dikeluarkan merupakan biaya yang benar-benar optimal dan hasil yang didapatkan maksimal (Sihombing, M., 2011). Menurut Mandagi (2013), salah satu upaya untuk mengembalikan tingkat kemajuan proyek ke rencana semula adalah dengan mengoptimasi biaya dan durasi proyek.

PT. UMMS GEOTECHNICAL SUPPORT INDONESIA (2013), menyebutkan:

1. Geobag, Perlindungan pantai direncanakan untuk melindungi daratan terhadap banjir dan mengurangi erosi serta abrasi pantai yang disebabkan oleh pergerakan arus laut yang konstan.
2. Material Geobag dapat bertahan hingga 60 tahun.

Berdasarkan data dari PT. G dengan membuka website [www.geoforce-indonesia.com](http://www.geoforce-indonesia.com) menyebutkan bahwa perlindungan pantai direncanakan untuk melindungi daratan dari abrasi yang disebabkan oleh pergerakan/ arus laut yang kontinyu. Geosintetik dapat digunakan dalam aplikasi hidrolis ini, diantaranya adalah:

1. Sebagai filter di struktur tanggul/dam.
2. Sebagai pondasi di bawah groyne atau *breakwater* (pemecah gelombang).

3. Sebagai pelindung area pondasi dari *scouring* (gerusan), bahkan dibentuk menjadi geotextile container atau disebut Geobag untuk melindungi pantai dari abrasi.
4. Daya tahannya diprediksi akan awet selama minimal 25 tahun di tanah alami dengan  $4 < \text{pH} < 9$  dan di tanah bertemperatur  $< 25^\circ \text{C}$ . Dengan memperhitungkan juga vandalisme, dapat diasumsikan bahwa geosintetis memiliki umur rencana  $\pm 15 - 20$  tahun.

Penanganan abrasi dengan vegetasi (*mangrove*) dapat dilakukan jika *mangrove* sudah memiliki daya tahan akan gelombang pasang surut air laut sehingga *mangrove* harus memiliki tinggi yang cukup dan berakar kuat agar dapat tumbuh, hal tersebut membutuhkan bangunan pemecah gelombang di bagian depan yang mengarah ke laut untuk menghalangi hantaman gelombang yang datang secara langsung.

### 3. METODOLOGI

#### Metode Analisis Data

Berdasarkan studi kepustakaan dan observasi, peneliti mengambil data *breakwater* kubus beton, data *breakwater geosynthetics*, dan data gabungan *breakwater geosynthetics* dengan vegetasi. Data-data tersebut diambil untuk mengetahui biaya dalam pembangunannya dan dibandingkan lalu dioptimasi untuk mendapatkan bangunan pengamanan pantai yang lebih murah.

Dari hasil pemodelan transformasi gelombang, hidrodinamik arus, dan perubahan garis pantai didapatkan bahwa bangunan pengamanan pantai yang paling cocok diterapkan pada Pantai Tirtamaya adalah *detached breakwater* yang direncanakan berfungsi sebagai *artificial reef*. *Breakwater* direncanakan dipasang pada elevasi  $-0,50 \text{ m}$  sampai  $-1,00$  dengan panjang  $160 \text{ m}$ . *Mangrove* ditanam pada elevasi  $+0,50 \text{ m}$  sebagai pelindung alamiah pantai dan fungsi ekologis.

#### Topografi dan Bathimetri

Pantai Tirtamaya adalah bagian hilir dari DAS Cimanuk dan terletak di daerah tropis, musim dipengaruhi oleh angin muson barat dan angin muson timur. Pengaruh angin juga menyebabkan adanya musim hujan dengan hujan maksimum umumnya pada Desember dan musim kemarau dengan hujan minimal pada bulan Juni. DAS Cimanuk dicirikan dengan adanya daerah pegunungan yang relatif basah dibandingkan daerah pesisir yang relatif kering.



Gambar 3. Peta Lokasi.

### Oceanografi

Analisis *oceanografi* dilakukan untuk melihat gambaran kondisi *hidro-oceanografi* dari perairan di sekitar lokasi yang nantinya akan digunakan untuk perencanaan fasilitas pengamanan pantai.

Tabel 1. Tipe Pasang Surut Menurut Bilangan Formzall,

Bilangan Formzall(F)	Tipe Pasang Surut	Keterangan
$1.5 < F < 3.0$	Pasang harian ganda (semidiurnal)	Dalam 1 hari terjadi 2 kali air pasang dan 2 kali air surut dengan ketinggian yang hampir sama dan terjadi berurutan secara teratur. Periode pasang surut rata-rata adalah 12 jam 24 menit
$1.5 < F < 3.0$	Campuran, condong ke semi diurnal	Dalam 1 hari terjadi 2 kali air pasang dan 2 kali air surut dengan ketinggian dan periode yang berbeda
$1.5 < F < 3.0$	Campuran, condong ke diurnal	Dalam 1 hari terjadi 1 kali air pasang dan 1 kali air surut dengan ketinggian yang hampir berbeda. Kadang-kadang terjadi 2 kali pasang dalam 1 hari dengan perbedaan yang besar pada tinggi dan waktu
$F > 3.0$	Pasang harian tunggal (diurnal)	Dalam 1 hari terjadi 1 kali air pasang dan 1 kali air surut. Periode pasang surut adalah 24 jam 50 menit.

Hasil peramalan gelombang yang berupa series waktu kejadian gelombang akibat angin, masih belum dapat langsung digunakan untuk perencanaan. Perencanaan memerlukan suatu tinggi (dan periode) gelombang yang biasanya didasarkan pada suatu fenomena statistik yang dikenal dengan nama periode ulang. Dalam kajian ini gelombang rencana yang dipakai adalah berdasarkan analisis harga ekstrim dari data gelombang terbesar tahunan hasil peramalan gelombang. Tinggi gelombang rencana untuk perairan Pantai Tirtamaya disajikan berikut.

Tabel 2. Gelombang Rencana Perairan Pantai Tirtamaya.

Periode Ulang (Tahun)	Tinggi Gelombang (m)	Periode Gelombang (dt)
1	1,22	4,92
2	1,54	5,52
3	1,86	6,06
5	2,21	6,60
10	2,66	7,24
25	3,23	7,97
<b>50</b>	<b>3,65</b>	<b>8,46</b>
100	4,07	8,93
200	4,48	9,37

Dari grafik diperoleh untuk tinggi gelombang periode ulang 50 tahunan sebesar 3,65 meter mempunyai periode gelombang sebesar 8,46 detik. Besaran tinggi dan periode gelombang ini yang akan dijadikan input dalam analisis refraksi dan difraksi gelombang.

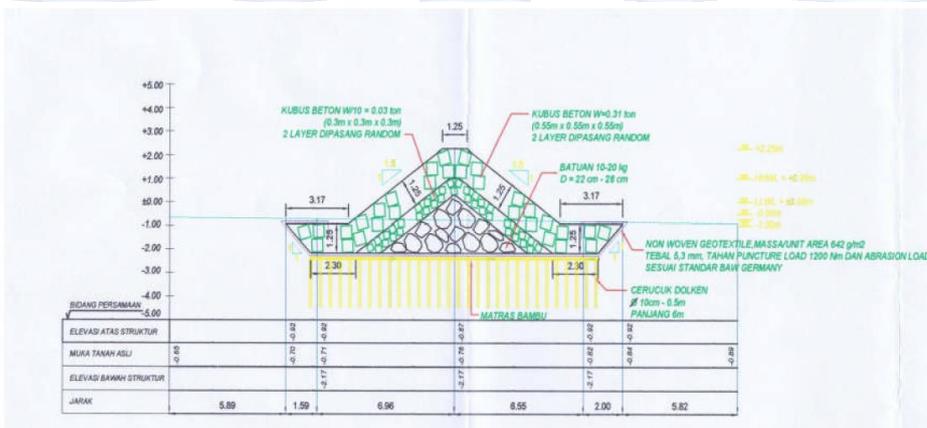
#### 4. ANALISA HASIL PENELITIAN

##### Biaya Pembangunan Pengamanan Pantai dengan Konstruksi Beton (Beton Kubus)

Dibawah ini disampaikan proses perhitungan volume pada konstruksi pengamanan pantai dengan kubus beton dan daftar kuantitas harga atau biaya pembangunan pemecah gelombang (*breakwater* dengan konstruksi kubus beton) pada Pantai Tirtamaya, Kabupaten Indramayu.

##### Perhitungan Volume:

- Pasangan Batu Kosong sepanjang 160 m.  
Diketahui Panjang *Breakwater* 160 meter, karena instalasi di dalam laut sehingga terjadi kemungkinan kelebihan atau kekurangan material tersebut, maka diberi batas toleransi sampai 200 meter.  
Panjang rata-rata =  $(200 \text{ m} + 160 \text{ m}) / 2 = 180 \text{ m}$   
Luas =  $(7,854 \times 2) / 2 = 7,85 \text{ m}^2$   
Volume =  $7,85 \times 180 = 1.488,00 \text{ m}^3$



Gambar 4. Gambar Potongan Melintang *Breakwater*

2. Pemasangan Lapisan Geogrid Geotextile  
 Panjang = 160 m  
 Lebar =  $2 + 2 + 1,75 + 14,80 + 2 + 2 + 1 = 25,55$  m  
 Luas =  $160 \times 25,55 = 4000,00$  m<sup>2</sup>
3. Pemasangan Sesek Bambu  
 Panjang = 160 m  
 Lebar = 14,49 m  
 Luas =  $160 \times 14,49 = 2.352$  m<sup>2</sup>
4. Pemancangan Dolken  
 Lebar = 3 m  
 Jarak antar pancang/dolken = 1,054 m  
 Panjang Batang = 4 m  
 Jumlah Batang =  $(3 : 1,054) + 1$  batang = 4 batang  
 Panjang = 160 m  
 Jumlah Batang sepanjang 160 m =  $160 : 1,054 + 0 = 151,80$  batang  
 Volume Jumlah Batang =  $151,80 \times 4 = 607,21$  batang  
 Jadi Panjang Total 2 Buah *Breakwater* =  $4 \times 607,21 = 2.582,00$  m
5. Pengadaan dan Pemasangan Kubus Beton 55 x 55 x 55 cm  
 Panjang =  $160 + 2,71 = 162,71$  m  
 Isi Kubus per 10 m<sup>2</sup> (dipasang Random) = 43 buah  
 Lebar rata-rata bawah =  $3,96 + 3,63 + 3,63 + 6,16 = 17,38$  m  
 Lebar rata-rata atas =  $2,3 + 3,36 + 1,25 + 3,36 + 4,5 = 14,77$  m  
 Lebar total rata-rata =  $(17,38 + 14,77) : 2 = 16,08$  m  
 Didapat Luas =  $16,08 \times 1,25 = 20,09$  m<sup>2</sup>  
 Volume =  $(20 : 10) \times (120 : 1,25) \times 43 = 8.256 \approx 8.257$  buah  
 Panjang Lingkar = 15,8 m  
 Lebar rata-rata toe (bagian bawah dari *breakwater*, yang berfungsi sebagai kaki konstruksi) yang di laut =  $(4,5 + 25) : 2 = 14,75$  m  
 Lebar rata-rata toe yang di darat =  $(4 + 80) : 2 = 42$  m  
 Total Lebar toe =  $(14,75 + 42) : 2 = 28,38$  m  
 Didapat Luas =  $28,38 \times 1,25 = 35,47$  m<sup>2</sup>  
 Volume =  $(35,47 : 10) \times (15,8 : 1,25) \times 43 = 1.927,8 \approx 1.928$  buah  
 Jadi Total Jumlah Kubus =  $1.928 + 8.257 = 11.174$  buah
6. Pengadaan dan Pemasangan Kubus Beton 30 x 30 x 30 cm  
 Panjang =  $160 + 2,71 = 162,71$  m  
 Isi Kubus per 10 m<sup>2</sup> (dipasang Random) = 50 buah  
 Lebar rata-rata bawah =  $3,96 + 3,63 + 3,63 + 6,16 = 17,38$  m  
 Lebar rata-rata atas =  $2,3 + 3,36 + 1,25 + 3,36 + 4,5 = 14,77$  m  
 Lebar total rata-rata =  $(17,38 + 14,77) : 2 = 16,08$  m  
 Didapat Luas =  $16,08 \times 1,25 = 20,09$  m<sup>2</sup>  
 Volume =  $(20,09 : 10) \times (162,71 : 1,25) \times 50 = 13.077,82 \approx 13.078$  buah  
 Panjang Lingkar = 15,8 m  
 Lebar rata-rata toe yang di laut =  $(4,5 + 39,94) : 2 = 22,22$  m  
 Lebar rata-rata toe yang di darat =  $(4 + 100) : 2 = 52$  m  
 Total Lebar toe =  $(22,22 + 52) : 2 = 37,11$  m  
 Didapat Luas =  $37,11 \times 1,25 = 46,39$  m<sup>2</sup>  
 Volume =  $(46,39 : 10) \times (15,8 : 1,25) \times 50 = 9.186 \approx 9.187$  buah  
 Jadi Total Jumlah Kubus =  $13.078 + 9.187 = 22.272$  buah

## 7. Galian Tanah

Diketahui:

Panjang = 160 m (panjang bangunan *breakwater*)

Volume =  $160 \times 4 \times 5,27 = 3.375 \text{ m}^3$

Maka di bawah ini disampaikan biaya pembangunan pemecah gelombang dengan konstruksi *breakwater* Kubus Beton di Pantai Tirtamaya.

**Tabel 3.** Biaya Pembangunan *Breakwater* dengan kubus beton

NO.	URAIAN	VOLUME	SATUAN	HARGA	JUMLAH
				SATUAN (Rp.)	HARGA (Rp.)
<b>I.</b>	<b>PEKERJAAN PERSIAPAN</b>				<b>64.000.000,00</b>
1	Mobilisasi dan Demobilisasi	1,00	Ls.	64.000.000,00	64.000.000,00
<b>II.</b>	<b>PEKERJAAN TANAH</b>				<b>75.319.875,00</b>
1	Pek. Galian tanah	3.375,00	m <sup>3</sup>	22.317,00	75.319.875,00
<b>III.</b>	<b>PEKERJAAN KONSTRUKSI</b>				<b>8.132.627.044,00</b>
1	Pek. Pengad. & Pemasangan Batu kosong	1.488,00	m <sup>3</sup>	270.736,00	402.855.168,00
2	Pek. Pengad. & Pemasangan Kubus beton uk. 0,55x0,55x0,5	11.174,00	bh	362.616,00	4.051.871.184,00
3	Pek. Pengad. & Pemasangan Kubus beton uk. 0,30x0,30x0,3	22.272,00	bh	117.684,00	2.621.058.048,00
4	Pembesian	21.078,00	kg	25.299,00	533.252.322,00
5	Pek. Pengad. & Pemasangan Lapisan Geotextile	4.000,00	m <sup>2</sup>	53.227,00	212.908.000,00
6	Pek. Pengad & Pemasangan sesek bambu	2.352,00	m <sup>2</sup>	92.332,00	217.164.864,00
7	Pek. Pengad & pemancangan dolken Ø 10 cm - 4 m	2.582,00	m'	36.219,00	93.517.458,00
	<b>SUB JUMLAH HARGA</b>				<b>8.271.946.919,00</b>
	PPN 10 %				827.194.691,90
	<b>TOTAL</b>				<b>9.099.141.610,90</b>
	<b>DIBULATKAN</b>				<b>9.100.000.000,00</b>
	TERBILANG :	Sembilan Milyar Seratus Juta Rupiah			

## 4.2. Biaya Pembangunan Pengamanan Pantai dengan Konstruksi *Breakwater Geosynthetics/Geobag*

Biaya pembangunan pemecah gelombang (*breakwater* dengan konstruksi *Geosynthetics/Geobag*) Pantai Tirtamaya, Kabupaten Indramayu.

### Perhitungan Volume Pekerjaan Pemasangan *Geosynthetics (Geobag)*

Lebar puncak tergantung pada limpasan yang diijinkan. Pada kondisi limpasan yang diijinkan, lebar puncak minimum adalah sama dengan lebar dari tiga buah batu pelindung/geosintetis yang disusun berdampingan ( $n = 3$ ). 1 buah geosintetis memiliki panjang 1,7 m, karena dipasang 3 buah maka lebar puncak adalah:  $3 \times 1,7 = 5,1 \text{ m} \approx 5,0$  meter. Lebar bawah:  $6 \times 1,7 = 10,2 \text{ m} \approx 10,0$  meter.

Dimensi dan spesifikasi bangunan yang ditentukan berdasarkan karakteristik gelombang dan kebutuhan pelaksanaan konstruksi adalah:

1. Lebar atas : 5,0 meter
2. Lebar bawah : 10,0 meter
3. Kemiringan muka (laut) : 1:1
4. Kemiringan belakang (darat) : 1:1
5. Bahan bangunan : tumpukan karung geosynthetic yang berisi pasir

6. Ukuran karung *geosynthetic* : 1,7 x 0,7 x 0,5 meter
7. Lapisan bawah : Geogrid (sebagai alas penahan geobag *breakwater* agar tidak jatuh bahkan runtuh.

Tinggi *Breakwater* = 0,7 x 8 = 5,6 m

Luas = ((5 + 10) : 2) x 5,6 = 42 m<sup>2</sup>

Panjang = 1,7 x 160 = 272 m

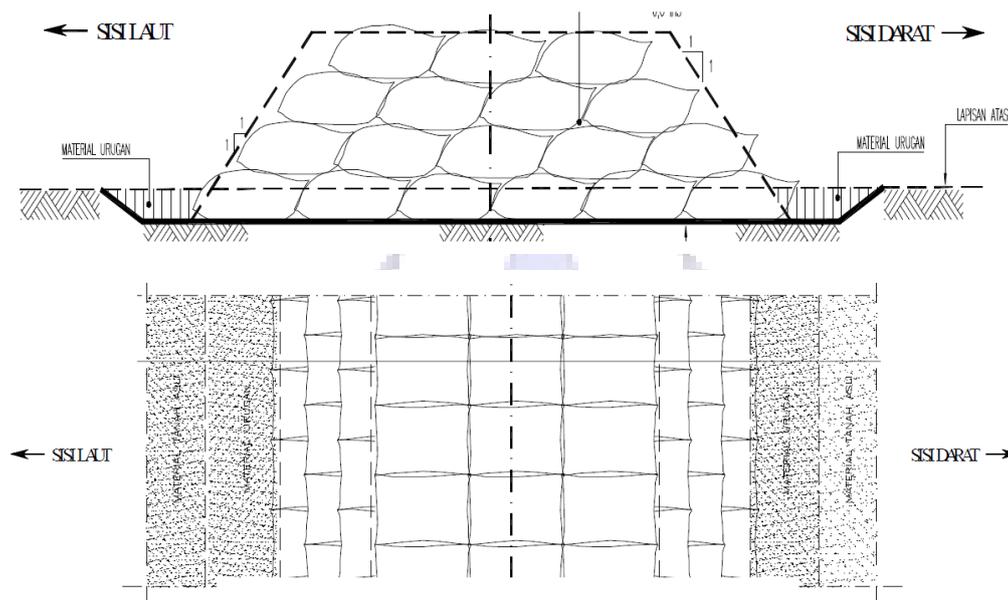
Didapat Volume = 42 x 272 = 11.424 m<sup>3</sup>

Diketahui Volume 1 karung = 1,7 x 0,7 x 0,5 = 0,59 m<sup>3</sup>

Maka diasumsikan 2 karung ≈ 1 m<sup>3</sup>

Jadi Volume 11.424 x 2 = 22.848 buah karung

Layout penempatan bangunan disajikan pada gambar berikut.



**Gambar 5.** *Breakwater Geosynthetics* (Geobag)

Sehingga diketahui biaya yang dibutuhkan adalah:

**Tabel 4.** Biaya Pembangunan *Breakwater* dengan *Geosynthetic* (Geobag)

NO.	URAIAN	VOLUME	SATUAN	HARGA	JUMLAH
				SATUAN (Rp.)	HARGA (Rp.)
<b>I.</b>	<b>PEKERJAAN PERSIAPAN</b>				<b>64.000.000,00</b>
1	Mobilisasi dan Demobilisasi	1,00	Ls.	64.000.000,00	64.000.000,00
<b>II.</b>	<b>PEKERJAAN TANAH</b>				<b>75.319.875,00</b>
1	Pek. Galian tanah	3.375,00	m3	22.317,00	75.319.875,00
<b>III.</b>	<b>PEKERJAAN KONSTRUKSI</b>				<b>6.181.485.490,00</b>
1	Pek. Pengad. & Pemasangan Batu kosong	1.488,00	m3	270.736,00	402.855.168,00
2	Pek. Pengad. & Pemasangan Geosintetic (Geobag) ka	22.848,00	bh	230.000,00	5.255.040.000,00
3	Pek. Pengad. & Pemasangan Lapisan Geotextile	4.000,00	m2	53.227,00	212.908.000,00
4	Pek. Pengad & Pemasangan sesek bambu	2.352,00	m2	92.332,00	217.164.864,00
5	Pek. Pengad & pemancangan dolken Ø 10 cm - 4 m	2.582,00	m'	36.219,00	93.517.458,00
	<b>SUB JUMLAH HARGA</b>				<b>6.320.805.365,00</b>
	PPN 10 %				632.080.536,50
	TOTAL				<b>6.952.885.901,50</b>
	DIBULATKAN				<b>6.953.000.000,00</b>
	TERBILANG	Enam Milyar Sembilan Ratus Lima Puluh Tiga Juta Rupiah			

## Biaya Pembangunan Pengamanan Pantai dengan Vegetasi

Biaya Penanaman *Mangrove* adalah sebagai berikut :

**Tabel 5.** Biaya Penanaman *Mangrove*

No.	Jenis Pekerjaan	Volume	Harga Satuan (Rp.)	Jumlah (Rp.)
A.	Persiapan			
	1) Pembuatan Direksi Kit	24 m <sup>2</sup>	761,930	18,286,320
	2) Pembuatan Papan Nama	2 buah	515,867	1,031,734
	3) Pembuatan gudang	36 m <sup>2</sup>	507,493	18,269,748
B.	Penentuan Arah Larikan & Pemancangan Ajir	10,750 batang	7,899	84,914,409
C.	Penanaman Mangrove	10,750 batang	2,875	30,906,250
D.	Pembuatan Pagar Bambu di Garis Pantai	4,300 m	8,222	35,354,600
E.	Perawatan Mangrove 1 Tahun			
F.	1) Penjaga 2 orang	24 org-bulan	900,000	21,600,000
	2) Penggantian Bibit Mangrove (25%)	2,688 batang	2,875	7,726,563
			<b>Jumlah</b>	<b>218,089,623</b>
			<b>PPN 10 %</b>	<b>21,808,962</b>
			<b>TOTAL DIBULATKAN</b>	<b>239,898,000</b>

## Optimasi Biaya Pada Pembangunan Struktur dan Non-Struktur untuk Penanggulangan Abrasi Pantai

Adapun pengoptimasiannya terdapat pada tabel 6, dimana penelitian ini mencari penanganan abrasi pantai yang paling optimal.

**Tabel 6.** Optimasi dengan membandingkan jenis pengamanan pantai.

No.	Jenis Pengaman Pantai	Mengantisipasi Tinggi Gelombang 3,65m	Fungsi Ekologis	Fungsi Keamanan	Waktu Pelaksanaan	Biaya Pembangunan (Rp)	Ket
1.	Breakwater Kubus+ Vegetasi	√	√				
2.	Breakwater Geosynthetics+Vegetasi	√	√	√	√		

Pada tabel di atas diketahui bahwa:

1. Pembangunan *Breakwater* Kubus Beton dan Penanaman Vegetasi membutuhkan pembiayaan besar, waktu pelaksanaan lama, dapat mengantisipasi gelombang setinggi 3,65 m, dapat membahayakan pengunjung wisata/perahu yang melintas karena bahannya keras, memiliki fungsi ekologis.
2. Pembangunan *Breakwater* Geosynthetics + Vegetasi membutuhkan biaya lebih murah dibandingkan Pembangunan *Breakwater* Kubus Beton, dapat mengantisipasi gelombang setinggi 3,65 m, waktu pelaksanaannya relatif lebih cepat, tidak membahayakan pengunjung wisata/perahu yang datang, secara ekologis, dan memiliki fungsi ekologis karena vegetasi/ hutan *mangrove* berperan dalam kemampuannya mendukung eksistensi lingkungan fisik, sebagai penahan ombak, penahan angin, pengendali banjir dan pencegah intrusi air asin, Sedangkan

peranannya di dalam lingkungan biota adalah sebagai tempat persembunyian dan tempat berkembang biaknya berbagai jenis biota air, termasuk ikan dan udang.

Didapat hasil optimasi sebagai penanggulangan abrasi pantai yaitu Pembangunan *Breakwater* Geosynthetics + Vegetasi dengan pembiayaan Rp 7.192.898.000,00 (Tujuh Milyar Seratus Sembilan Puluh Dua Juta Delapan Ratus Sembilan Puluh Delapan Ribu Rupiah).

Berdasarkan hasil perhitungan di atas didapat hasil bahwa terdapat perbedaan yang signifikan antara pembangunan pemecah gelombang *Breakwater* konstruksi kubus beton + vegetasi dengan pembangunan pemecah gelombang *Breakwater* Geosynthetics + vegetasi di Pantai Tirtamaya, Kabupaten Indramayu.

Pada pembangunan pemecah gelombang *breakwater* konstruksi kubus beton + vegetasi menghabiskan biaya Rp. 9.339.898.000,00 (Sembilan Milyar Tiga Ratus Tiga Puluh Sembilan Juta Delapan Ratus Sembilan Puluh Delapan Ribu Rupiah), sedangkan untuk pembangunan pemecah gelombang *Breakwater* Geosynthetics + Vegetasi hanya menghabiskan biaya Rp. 7.192.898.000,00 (Tujuh Milyar Seratus Sembilan Puluh Dua Juta Delapan Ratus Sembilan Puluh Delapan Ribu Rupiah). Dengan demikian peneliti dapat mengoptimasi biaya dengan memilih konstruksi yang lebih murah dalam pembiayaannya. Sehingga didapat penanggulangan abrasi Pantai Tirtamaya di Kabupaten Indramayu, Jawa Barat dengan cara yang lebih murah dan efektif yaitu dengan optimasi biaya pada pembangunan struktur dan non-struktur.

## **5. KESIMPULAN DAN SARAN**

### **Kesimpulan**

Kesimpulan penelitian ini didapat penanggulangan abrasi Pantai Tirtamaya di Kabupaten Indramayu, Jawa Barat dengan cara yang lebih murah dan efektif yaitu dengan optimasi biaya pada pembangunan struktur dan non-struktur. Pembangunan *Breakwater* Geosynthetics dengan Vegetasi membutuhkan biaya lebih murah dibandingkan Pembangunan *Breakwater* Kubus Beton dengan Vegetasi, dapat mengantisipasi gelombang setinggi 3,65 m, waktu pelaksanaannya relatif lebih cepat, tidak membahayakan pengunjung wisata/perahu yang datang, secara ekologis, dan memiliki fungsi ekologis karena vegetasi/hutan *mangrove* berperan dalam kemampuannya mendukung eksistensi lingkungan fisik, sebagai penahan ombak, penahan angin, pengendali banjir dan pencegah intrusi air asin. Sedangkan peranannya di dalam lingkungan biota adalah sebagai tempat persembunyian dan tempat berkembang biaknya berbagai jenis biota air, termasuk ikan dan udang. Dengan demikian peneliti

dapat mengoptimasi biaya dengan memilih konstruksi yang lebih murah dalam pembiayaannya.

### **Saran**

1. Dengan adanya penelitian ini diharapkan penanggulangan abrasi pantai di masa yang akan datang dapat dilakukan secara tepat sasaran dan hemat biaya.
2. Penelitian ini masih memiliki banyak kekurangan, diharapkan penelitian sejenis yang akan datang dapat melengkapi atau bahkan menyempurnakannya, terutama penelitian mendalam tentang *Mangrove*.

### **DAFTAR PUSTAKA**

- Asmara, R. 2010. *Operations Research Linier Programming*. Data Geotextile PT. Multibangun Rekatama Patria. 2012.
- Data PT. GEOFORCE INDONESIA. 2013. [www.geoforce-indonesia.com](http://www.geoforce-indonesia.com).
- Data PT. UMMS GEOTECHNICAL SUPPORT INDONESIA. 2013. [www.umms.geotechnicalsupport.com](http://www.umms.geotechnicalsupport.com).
- Fajri, F., dkk. 2012. "Studi Abrasi Pantai Padang Kota Padang Provinsi Sumatera Barat". Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Riau Kampus Binawidya. *Jurnal Perikanan dan Kelautan* 17, 2 (2012) : 36 – 42.
- Gunarto. 2004. "Konservasi Mangrove Sebagai Pendukung Sumber Hayati Perikanan Pantai". 2004. *Jurnal Litbang Pertanian*.
- Hillier, F. S., & Liberman, G. J. 2009. *Introduction to Operations Research*.
- Ivor, A. M., et.al., 2012. mengenai "Storm Surge Reduction by Mangroves".
- Mandagi, R. J. M., Tarore, H., Malingkas, G. Y., 2013. "Optimasi Biaya Dan Durasi Proyek Menggunakan Program Lindo" (Studi Kasus: Pembangunan Dermaga Penyeberangan Salakan tahap II). Fakultas Teknik, Jurusan Sipil, Universitas Sam Ratulangi. *Jurnal Sipil Statik* Vol. 1 No. 4, Maret (226-232) ISSN: 2337-6732.
- Muryani, C., dkk. 2011. "Model Pemberdayaan Masyarakat Dalam Pengelolaan Dan Pelestarian Hutan Mangrove Di Pantai Pasuruan Jawa Timur". *Jurnal Manusia dan Lingkungan LPPM UGM*.
- Purba, A. N. 2011. "Estimasi Penyimpanan Karbon pada Substrat Lumpur Mangrove di Kawasan Rehabilitasi Suaka Margasatwa karnggading Langkat Timur laut III".
- Rusdianti, K., dan Sunito, S., 2012. bahwa "Konservasi Lahan Hutan Mangrove Serta Upaya Penduduk Lokal Dalam Merehabilitasi Ekosistem Mangrove".
- Sihombing, M. 2011. "Optimasi Biaya Mitigasi faktor Resiko Dominan Yang Berpengaruh Pada Kinerja Waktu (Studi Kasus Pekerjaan Piping Proyek X Pada PT Y)".
- Triatmodjo, B. 2010. Pelabuhan.