

# Rancang Bangun Material Penyusun Breakwater Berbentuk Polypod

Muhammad Yusuf Arifandi dan Suharjoko

Departemen Teknik Infrastruktur Sipil, Institut Teknologi Sepuluh Nopember(ITS), Surabaya

e-mail: myusuf.arifandi@gmail.com

**Abstrak**—Breakwater adalah salah satu bangunan pelindung pantai yang berfungsi untuk meredam energi gelombang yang datang menuju pantai. Dalam pembangunan breakwater dibutuhkan material yang kokoh dan kuat dalam menghadapi gelombang dan arus laut. Material yang sering digunakan sebagai material penyusun breakwater adalah material buatan yang terbuat dari beton. Dalam penelitian ini bertujuan untuk menentukan bentuk dan ukuran material penyusun breakwater, melakukan analisa skala model dan melakukan pengujian model fisik material penyusun breakwater. Bentuk material penyusun breakwater yang digunakan pada penelitian ini adalah polypod. Untuk melakukan pengujian model fisik polypod, digunakan skala 1:50. Dengan skala tersebut didapatkan berat model uji yang digunakan sebesar 263,277 gram. Pengujian stabilitas breakwater belum dapat dilakukan, karena terkendala pada proses pengembangan alat uji akibat adanya pandemi Covid-19. Sehingga nilai koefisien stabilitas material polypod belum dapat ditentukan.

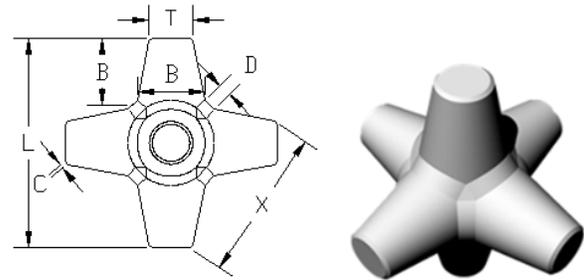
**Kata Kunci**—Breakwater, Lapis Lindung, Material, Polypod, Skala Model.

## I. PENDAHULUAN

PANTAI adalah wilayah yang menjadi batas antara daratan dan lautan, proses alami yang terjadi di darat dan di laut saling mempengaruhi antar keduanya yang dapat diidentifikasi melalui perubahan garis pantai yang sering terjadi di wilayah pantai. Pantai yang tersusun oleh material pasir akan mudah berubah karena adanya proses penjalaran gelombang dan arus dekat pantai menyebabkan bentuk pergerakan sedimen yang dapat bergerak secara horizontal dan vertikal [1]. Hal tersebut dapat mengakibatkan erosi pantai yang menyebabkan daerah daratan berkurang karena tergerus oleh gelombang dan arus laut. Untuk menstabilkan garis pantai dapat dilakukan dengan membangun bangunan pengaman pantai yang berupa breakwater, revetment, atau groin untuk mereduksi gelombang dan mengatur pola pergerakan sedimen pada daerah garis pantai [2].

Dalam pembangunan bangunan pengaman pantai diperlukan material yang kokoh dan kuat dalam menghadapi gelombang dan arus laut. Material tersebut digunakan sebagai material lapis lindung dalam bangunan perlindungan pantai. Material lapis lindung (armor unit) memiliki berbagai jenis tipe yang dibedakan menjadi dua yaitu material alami (batu alam, batu granit dan batu basalt) dan material buatan yang pada umumnya terbuat dari beton.

Saat ini pembangunan bangunan perlindungan pantai di Indonesia pada umumnya masih memakai beton dan batuan alami. Contoh pemakaian produk material buatan terdapat pada bangunan perlindungan pantai bangunan Jetty di



Gambar 1. Bentuk Material Crablock.

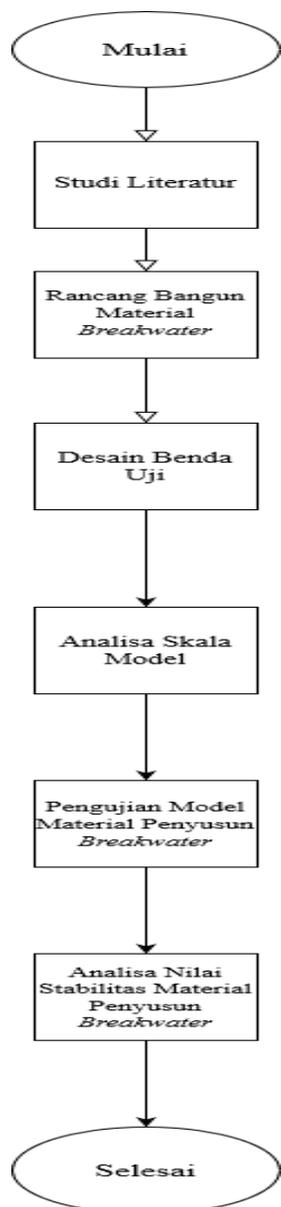
pantai Glagah Kabupaten Kulon Progo Yogyakarta dan bangunan Groin di pantai Jetis Kabupaten Cilacap Jawa Tengah. Produk yang digunakan pada kedua bangunan tersebut adalah tetrapod sebagai material penyusun bangunan.

Tetrapod adalah material yang terbuat dari beton yang memiliki bentuk yang sederhana, dan dengan perbandingan panjang kaki dan besar badan yang sesuai sehingga dapat menjadi material yang kuat dan kokoh [3]. Tetrapod merupakan material lapis lindung yang dikembangkan dengan sistem penyusunan secara acak atau seragam dengan dua lapisan material. Tetrapod memiliki keunggulan sebagai material penyusun breakwater karena memiliki nilai stabilitas yang lebih baik dan nilai porositas yang tinggi sehingga dapat mengurangi jumlah penggunaan beton.

Dengan perkembangan teknologi, dikembangkan material lapis lindung dengan satu lapisan material yang memiliki nilai stabilitas lebih besar. Sehingga dapat mengurangi kebutuhan beton yang digunakan. Accropode adalah material pertama yang dikembangkan oleh Sogreah pada tahun 1980 sebagai material lapis lindung lapisan tunggal. Setelah penemuan tersebut, dilakukan pengembangan dalam bentuk dan dimensi material penyusun breakwater.

Pada tahun 2007, dikembangkan bentuk material baru bernama Crablock. Material ini dikembangkan sebagai material lapis lindung lapisan tunggal. Crablock memiliki bentuk simetris dengan 6 kaki yang sama panjang. Hal tersebut menjadikan penempatan crablock lebih mudah sehingga dapat diletakkan secara acak pada bagian material lapis lindung breakwater. Dalam penelitian yang dilakukan oleh [4] didapatkan nilai stabilitas crablock sebesar 2.8 dan koefisien stabilitas sebesar 16.46. Dari hasil penelitian tersebut didapatkan bahwa crablock memiliki potensi untuk menjadi material penyusun breakwater yang stabil dan mudah untuk diaplikasikan.

Dengan bentuk yang memiliki 6 kaki sama panjang, memiliki tinggi yang sama pada berbagai sisi. Dengan dimensi tinggi minimum crablock 1.8 m, menyebabkan pada proses



Gambar 2. Bagan Alir Penelitian.

pengecoran tinggi jatuh beton tidak sesuai dengan tinggi jatuh minimal sesuai standar pekerjaan pengecoran beton yaitu 1.5 m. Hal tersebut dapat menyebabkan beton mengalami segregasi pada saat proses pengecoran, sehingga produk yang dihasilkan dapat mengalami kerusakan dan keropos. Dari hal tersebut maka dapat dikembangkan bentuk baru yang memiliki nilai stabilitas yang tinggi dan memiliki dimensi yang lebih ringkas.

Dalam penelitian ini akan dikembangkan desain material penyusun dengan bentuk baru. Sehingga dapat dihasilkan bentuk dan dimensi material penyusun *breakwater* yang dapat diaplikasikan sebagai material penyusun dengan sistem lapisan tunggal (*Single layer unit*).

## II. METODOLOGI

Metode penelitian dilakukan dengan mengikuti tahapan-tahapan sebagaimana yang dapat dilihat pada bagan alir pada Gambar 2.

## III. ANALISA DAN PEMBAHASAN

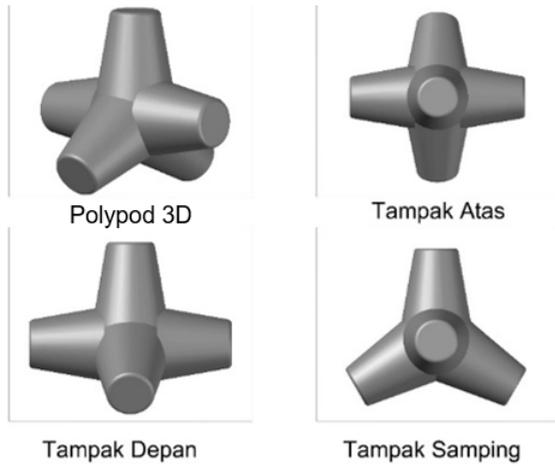
### A. Rancang Bangun Material Penyusun Breakwater

Dalam perencanaan bentuk material penyusun breakwater dapat didasarkan pada optimalisasi karakteristik teknis material lapis lindung. Menurut [6] karakteristik teknis material lapis lindung adalah sebagai berikut:

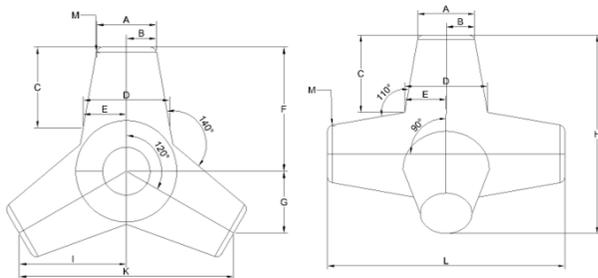
1. Memiliki stabilitas hidraulik yang baik pada pemasangan secara lapisan tunggal pada sudut pemasangan yang beragam.
2. Tetap stabil pada kondisi gelombang yang melebihi perencanaan.
3. Tidak memiliki kecenderungan untuk longsor pada lereng bangunan.
4. Tetap stabil pada keadaan rusak.
5. Memiliki stabilitas yang baik dengan volume lapis lindung minimum.
6. Memiliki tegangan internal yang kecil sehingga tidak memerlukan tulangan.
7. Mudah untuk dicetak.
8. Mudah dipasang.

Material yang telah ada saat ini sudah dapat diaplikasikan dengan baik, namun tiap material memiliki kelemahan pada beberapa karakteristik teknis diatas. Salah satu material yang memiliki karakteristik teknik material lapis lindung yang baik saat ini adalah *crablock*. *Crablock* adalah bentuk kombinasi dari material X-bloc dan tetrapod yang dipadukan menjadi satu bentuk yang baru. Dengan bentuk tersebut *crablock* dapat mencapai nilai stabilitas sebesar 2.8 yang setara dengan koefisien stabilitas sebesar 16.46 [4]. Dengan nilai tersebut dapat diartikan bahwa *crablock* memiliki stabilitas dua kali lipat lebih baik dari tetrapod. Namun *crablock* memiliki kelemahan pada kesulitan proses pencetakan produk karena memiliki dimensi yang tinggi, sehingga menyebabkan beton yang digunakan berpotensi mengalami segregasi.

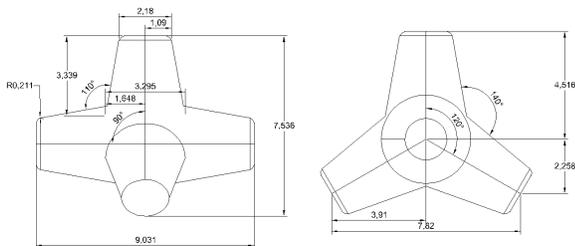
Dengan permasalahan tersebut, dalam penelitian ini akan mencoba merancang bentuk baru yang dapat diaplikasikan sebagai material penyusun breakwater. Bentuk yang akan digunakan pada penelitian ini didasarkan pada bentuk tetrapod (material break water berkaki 4) dan *crablock* (material break water berkaki 6) yang memiliki keserupaan secara geometris. Untuk mengatasi masalah tinggi jatuh beton yang tinggi maka dirancang menyerupai bentuk tetrapod sehingga tinggi jatuh beton menjadi lebih pendek. Untuk meningkatkan stabilitas material pada bidang miring, direncanakan penambahan bentuk secara tegak lurus dari bentuk kepala sehingga menyerupai tangan. Dengan pertimbangan tersebut maka didapatkan rancangan bentuk yang akan digunakan adalah material break water berkaki 5 dinamakan sebagai bentuk *polypod*.



Gambar 7. Rencana Bentuk Polypod.



Gambar 8. Dimensi Polypod.



Gambar 9. Desain rencana model uji polypod.

**B. Desain Benda Uji**

**1) Dimensi Polypod**

Dimensi polypod didapatkan dari rumusan dimensi tetrapod sesuai *Shore Protection Manual 1984* dengan penyesuaian ukuran sesuai dengan bentuk polypod. Sehingga didapatkan dimensi polypod sebagai berikut :

Dimensi polypod dapat ditentukan dengan persamaan berikut :

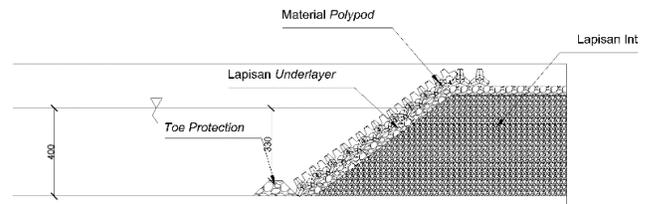
- A = 0.234 L
- B = 0.117 L
- C = 0.37 L
- D = 0.365 L
- E = 0.182 L
- F = 0.5 L
- G = 0.25 L
- H = 0.776 L
- I = 0.433 L
- J = 0.235 L
- K = 0.866 L
- M = 0.1 A (radius)



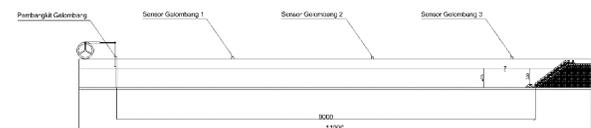
Gambar 3. Bekisting Model Uji.



Gambar 4. Hasil pencetakan model material uji.



Gambar 5. Rencana model uji breakwater.



Gambar 6. Rencana Sketsa Pengujian

**2) Volume Polypod**

Bentuk polypod terdiri dari 5 kaki-kaki yang berbentuk kerucut yang terhubung oleh badan polypod yang berada pada titik berat polypod. Untuk menentukan volume bentuk polypod dapat diketahui dengan menentukan volume kaki-kaki polypod dan badan polypod. Untuk mempermudah perhitungan maka badan polypod diasumsikan berbentuk bola. Sehingga untuk menentukan volume polypod dapat digunakan rumus sebagai berikut :

- Volume kaki – kaki polypod

$$V_{kons} = \frac{1}{3} \pi (B^2 + B \cdot E + E^2) \cdot C$$

- Volume badan polypod

$$V_{body} = \frac{4}{3} \pi N^3$$

- Volume Polypod

Tabel 1.  
Hasil Pengujian Berat Jenis Material

No.	Sampel	Massa (g)	Volume (cm <sup>3</sup> )	Berat jenis (g/cm <sup>3</sup> )
1	A	321.9		2.575
2	B	320.4	125	2.564
3	C	319.9		2.559
Rata-rata				2.566

$$V_p = (5 \times V_{cone}) + V_{body}$$

$$V_p = (5 \left( \frac{1}{3} \pi (B^2 + BE + E^2) C \right) + \frac{4}{3} \pi N^3)$$

$$V_p = ((B^2 + BE + E^2) \frac{5}{3} \pi C) + \frac{4}{3} \pi N^3$$

$$V_p = (((0.117L)^2 + (0.117L \times 0.183L) + (0.183L)^2)$$

$$(\frac{5}{3} \times 0.37L) + \frac{4}{3} (0.129L)^3)$$

$$V_p = (0.0137L^2 + 0.0214L^2 + 0.0335L^2)(1.937L)$$

$$+ (\frac{4}{3} \times 0.00214L^3)$$

$$V_p = (0.0686L^2)(1.937L) + 0.00896L^3$$

$$V_p = (0.1328L^3) + ? 0.00896L^3$$

$$V_p = 0.142L^3$$

### 3) Rencana Prototipe

Untuk mengetahui stabilitas hidraulik polypod maka direncanakan prototipe sebagai benda uji material. Koefisien stabilitas polypod diasumsikan sama dengan tetrapod dimana KD = 8. Dalam penelitian ini diasumsikan tinggi gelombang rencana di lapangan/prototipe adalah 5 m. Dengan tinggi gelombang rencana tersebut maka dimensi prototipe polypod adalah sebagai berikut :

- Parameter yang diasumsikan :

- H = 5 m
- KD = 8
- ρa = 2516.8 kg/m<sup>3</sup>
- ρw = 1000 kg/m<sup>3</sup>
- Sr = (2516.8 / 1000) = 2.5168
- g = 9.8 m/s<sup>2</sup>
- Ctg(α) = 1,5

- Dimensi prototipe material polypod :

- Berat Material

$$W = \frac{\rho_a \times g \times H^3}{K_d \times (Sr - 1)^3 \times \cot(\alpha)}$$

$$W = \frac{2516.8 \times 9.8 \times 5^3}{8 \times (2.516 - 1)^3 \times 1,5}$$

$$W = 32909.58kg$$

- Volume Material

$$V = \frac{W}{\rho_a}$$

$$V = \frac{32909.58}{2516.8}$$

$$V = 13.08m^3$$

- Dimensi

$$L = \sqrt[3]{\frac{V}{0.142}}$$

$$L = \sqrt[3]{\frac{13.08}{0.142}}$$

$$L = 4.516m$$

### C. Analisa Skala Dimensi

Pada penelitian ini, pengujian direncanakan dilakukan pada saluran dengan dimensi 0.6 m x 0.2 m x 11 m. Dengan dimensi saluran pengujian tersebut maka digunakan skala 1:50 pada model yang akan diuji. Untuk mengetahui perbandingan model dengan skala prototipe yang sebenarnya, dilakukan perhitungan analisa skala model sebagai berikut :

#### 1) Tinggi Gelombang

Tinggi gelombang rencana pada perencanaan prototipe diasumsikan setinggi 5 m. Berdasarkan keserupaan geometri, tinggi gelombang yang direncanakan pada prototipe adalah sebagai berikut.

$$H_m = H_p \times H_r$$

Dengan:

H<sub>p</sub> = Tinggi Gelombang Prototipe

H<sub>m</sub> = Tinggi Gelombang Model

H<sub>r</sub> = Skala Model

Sehingga didapatkan:

$$H_m = 5 \times 0.02$$

$$H_m = 0.1 m$$

Dari perhitungan tersebut tinggi gelombang rencana yang digunakan pada model sebesar 0.1 m (10 cm).

#### 2) Kedalaman Air

Kedalaman air pada saluran gelombang direncanakan setinggi 40 cm. Maka kedalaman air yang dimodelkan pada keadaan sebenarnya adalah sebagai berikut:

$$d_p = \frac{d_m}{d_r}$$

Dengan:

d<sub>p</sub> = Kedalaman Laut Prototipe

d<sub>m</sub> = Kedalaman air Model

d<sub>r</sub> = Skala Model

Sehingga didapatkan:

$$d_p = \frac{0.4}{0.02}$$

$$d_p = 20 m$$

Dari perhitungan tersebut kedalaman air pada prototipe di lapangan adalah 20 m .

3) Model Uji Material Polypod

Model material penyusun *breakwater* didapatkan melalui hasil skala prototipe yang telah direncanakan. Untuk menentukan dimensi model yang akan diuji maka dilakukan perhitungan sebagai berikut:

- Berat Model Material Penyusun *Breakwater*.

$$W_m = W_p \times W_r$$

Dengan:

$W_p$  = Berat Prototipe

$W_m$  = Berat Model

$W_r$  = Skala Model Berat

Untuk mengetahui skala model dalam perhitungan berat maka dilakukan perbandingan dengan menggunakan keserupaan geometri maka didapatkan skala model berat didapatkan:

$$W_r = \frac{W_m}{W_p}$$

$$W_r = \frac{V_m \cdot \rho_a}{V_p \cdot \rho_a}$$

$$W_r = V_r$$

$$W_r = L_r^3$$

$$W_r = 0.02^3$$

$$W_r = 0.000008$$

Maka didapatkan berat model *polypod* adalah,

$$W_m = W_p \times W_r$$

$$W_m = 32909.58 \times 0.000008$$

$$W_m = 0.263277 \text{ kg}$$

$$W_m = 263.277 \text{ g}$$

- Volume Model Material Penyusun *Breakwater*.

$$V_m = V_p \times V_r$$

Dengan:

$V_p$  = Volume Prototipe

$V_m$  = Volume Model

$V_r$  = Skala Model Volume

Untuk mengetahui skala model dalam perhitungan volume maka dilakukan perbandingan dengan menggunakan keserupaan geometri maka didapatkan skala model volume didapatkan:

$$V_m = V_p \times V_r$$

$$L_m^3 = L_p^3 \times L_r^3$$

$$V_r = L_r^3$$

$$V_r = 0.02^3$$

$$V_r = 0.000008$$

Maka didapatkan volume model *polypod* adalah,

$$V_m = 13.08 \times 0.000008$$

$$V_m = 0.00010464 \text{ m}^3$$

$$V_m = 104.64 \text{ cm}^3$$

- Dimensi Model Material Penyusun *Breakwater*.

Dari hasil perhitungan volume model material penyusun *breakwater* dapat ditentukan dimensi model *polypod*. Dari perhitungan diatas, didapatkan dimensi model *polypod* yang digunakan adalah sebagai berikut,

$$L = \sqrt[3]{\frac{104.64}{0.142}} = 9.031 \text{ cm}$$

$$A = 0.234 (9.031) = 2.118 \text{ cm}$$

$$B = 0.117 (9.031) = 1.059 \text{ cm}$$

$$C = 0.37 (9.031) = 3.345 \text{ cm}$$

- $D = 0.365 (9.031) = 3.296 \text{ cm}$
- $E = 0.182 (9.031) = 1.648 \text{ cm}$
- $F = 0.5 (9.031) = 4.516 \text{ cm}$
- $G = 0.25 (9.031) = 2.258 \text{ cm}$
- $H = 0.776 (9.031) = 7.012 \text{ cm}$
- $I = 0.433 (9.031) = 3.913 \text{ cm}$
- $J = 0.235 (9.031) = 2.125 \text{ cm}$
- $K = 0.866 (9.031) = 7.818 \text{ cm}$
- $M = 0.1 \text{ A (radius)} = 0.212 \text{ cm}$
- $D_n = \sqrt[3]{\frac{W}{\rho_a}} = 4,711 \text{ cm}$

D. Pengujian Model Material Penyusun *Breakwater*

1) Pembuatan Bekisting Model Uji

Dalam pembuatan bekisting, ukuran yang digunakan berdasarkan hasil analisa skala dimensi model uji. Bahan bekisting yang digunakan adalah kayu, karena murah dan mudah dalam pembentukan sesuai desain model uji. Bekisting dibagi menjadi dua bagian untuk memudahkan proses pencetakan. Yaitu bagian atas dan bagian bawah. Setelah terbentuk sesuai dengan bentuk desain, bekisting dilapisi dengan plat aluminium 0,4 mm. Hal tersebut bertujuan untuk mempermudah proses pencetakan dan membuat bentuk model yang akan dicetak lebih presisi.

2) Pengujian Berat Jenis Material

Pengujian berat jenis mortar dilakukan menggunakan benda uji kubus 5 x 5 x 5 cm. Dari hasil pembuatan benda uji sebanyak 3 buah didapatkan hasil sebagai berikut.

Dari Hasil pengujian tersebut maka didapatkan berat jenis material yang digunakan sebesar 2.566 g/cm<sup>3</sup>.

3) Pembuatan Model Uji Material Polypod

Pembuatan model uji dilakukan dengan menggunakan bekisting yang telah di desain sesuai bentuk dan material yang telah diuji pada proses sebelumnya. Dari hasil pencetakan model uji didapatkan model uji seperti berikut.

4) Penyusunan Model *Breakwater*

Model *breakwater* direncanakan berdasarkan tinggi gelombang rencana dan kedalaman air pada saluran gelombang. Tinggi struktur model *breakwater* yang digunakan pada penelitian ini ditentukan sebagai berikut:

- Tinggi jagaan = 1,2 x Hm  
= 1,2 x 10  
= 12 cm
- Kedalaman air = 40 cm
- Tinggi model = 40 + 12 = 52 cm

Dari perhitungan tersebut didapatkan tinggi rencana model *breakwater* setinggi 52 cm dari dasar saluran. Setelah menentukan tinggi model bangunan, dapat ditentukan material lapisan model uji *breakwater*. Dengan data-data yang telah diperoleh maka didapatkan rencana material yang digunakan sebagai bahan lapisan adalah sebagai berikut:

- Lapisan *underlayer*

$$W_{50} = \frac{W_{Model}}{10} = \frac{0.2632}{10}$$

$$= 0,0263 \text{ kg} = 26,3 \text{ gram}$$

$$D_{n50} = \left( \frac{W_{50}}{\rho_a} \right)^{1/3}$$

$$= \left( \frac{26,3}{2,65} \right)^{1/3}$$

$$= 2,149 \text{ cm}$$

Dari perhitungan tersebut didapatkan material lapisan *underlayer* menggunakan batuan yang memiliki berat 23,3 – 29,3 gram dan diameter batuan 20 – 23 mm.

- Lapisan inti

$$W_{50} = \frac{W_{Model}}{0,2632}$$

$$= \frac{50}{0,2632}$$

$$= 0,00526 \text{ kg} = 5,26 \text{ gram}$$

$$D_{n50} = \left( \frac{W_{50}}{\rho_a} \right)^{1/3}$$

$$= \left( \frac{5,26}{2,65} \right)^{1/3}$$

$$= 1,257 \text{ cm} = 12,57 \text{ mm}$$

Dari perhitungan tersebut didapatkan material lapisan inti menggunakan batuan yang memiliki berat 2,26 – 8,26 gram dan diameter batuan 9 – 15 mm.

- Lapisan perlindungan kaki

Lapisan perlindungan kaki didesain lebih besar untuk mencegah kegagalan struktur *breakwater* akibat kerusakan pada struktur perlindungan kaki. Dalam rancangan penelitian ini, lapisan perlindungan kaki direncanakan menggunakan batuan dengan diameter 35 – 45 mm.

Dari hasil perhitungan tersebut, maka didapatkan desain model *breakwater* sebagai berikut.

- Rancangan Pengujian Stabilitas Model Material Penyusun *Breakwater*

Dalam pelaksanaan penelitian ini pengujian belum dapat dilakukan karena terhalang oleh kondisi pandemi covid-19. Sehingga dalam pembahasan ini membahas tentang rancangan pengujian dan analisa koefisien stabilitas yang seharusnya dilakukan. Untuk menentukan stabilitas model polypod, dilakukan uji gelombang dengan variasi periode dan tinggi gelombang. Dalam penelitian ini direncanakan menggunakan variasi tinggi gelombang pada interval 5 cm – 12 cm.

Pengujian dilakukan selama 1000 – 3000 kali gelombang yang terjadi. Pengamatan terhadap model *breakwater* dilakukan setiap 1000 kali gelombang yang disimulasikan. Setiap 1000 kali gelombang yang terjadi dilakukan pengukuran perpindahan material polypod untuk mengetahui tingkat kerusakan model *breakwater*. Jika pada pengujian pertama selama 1000 kali tidak terdapat material yang berpindah, maka dapat dilanjutkan dengan variasi tinggi gelombang atau periode yang lebih tinggi. Tetapi jika pada pengujian pertama sudah terdapat material yang mengalami perpindahan, maka pengujian dilanjutkan dengan tinggi gelombang dan periode yang sama sebanyak 1000 kali gelombang. Pengujian dilakukan terus menerus sampai

material polypod cenderung stabil pada titik kerusakan tertentu [4].

Hasil pengujian yang digunakan sebagai analisa koefisien stabilitas adalah tinggi gelombang, periode gelombang, jumlah gelombang yang terjadi dan tingkat kerusakan model *breakwater*.

#### IV. KESIMPULAN/SARAN

##### A. Kesimpulan

Bentuk yang digunakan pada penelitian ini adalah polypod, yang merupakan kombinasi dari bentuk tetrapod dan crablock. Untuk menentukan dimensi polypod dapat ditentukan dari volume bentuk polypod yang dibutuhkan. Adapun rumus yang dapat digunakan untuk perhitungan dimensi polypod adalah sebagai berikut :

$$\bullet L = \sqrt[3]{\frac{V}{0,142}}$$

- A = 0.234 L
- B = 0.117 L
- C = 0.37 L
- D = 0.365 L
- E = 0.182 L
- F = 0.5 L
- G = 0.25 L
- H = 0.776 L
- I = 0.433 L
- J = 0.235 L
- K = 0.866 L
- M = 0.1 A (radius)

Skala model yang digunakan pada penelitian ini adalah 1: 50. Dari hasil analisa skala model, didapatkan parameter pengujian model material penyusun sebagai berikut :

- Tinggi gelombang model = 0.1 m
- Tinggi gelombang prototipe = 5 m
- Kedalaman air model = 0.4 m
- Kedalaman air prototipe = 20 m
- Model material penyusun :
  - Volume model = 104.64 cm<sup>3</sup>
  - Berat model = 263.28 gram

Nilai stabilitas material polypod belum dapat diketahui. Karena dalam penelitian ini belum dilaksanakan pengujian stabilitas model material benda uji. Hipotesis untuk nilai stabilitas material polypod lebih besar dari material tetrapod.

##### B. Saran

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, saran dari penulis untuk penelitian selanjutnya yaitu melakukan pengujian stabilitas model uji dengan rancangan yang telah dijelaskan pada penelitian ini dan menambahkan hal-hal yang diperlukan dalam pengujian dan analisa nilai stabilitas. Agar didapatkan hasil yang akurat dan detail.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1]. A. Yustian, D. Nugroho dan D. H. Ismunarti, "Studi Efektivitas Groin Terhadap Perubahan Garis Pantai Teluk Penyu Kabupaten Cilacap," *Jurnal Oseanografi*, vol. 5, pp. 406-414, 2016.
- [2]. B. Triatmodjo, *Perencanaan Bangunan Pantai*, Yogyakarta: Beta Offset, 2012.
- [3]. P. Daniel dan L. Greslou, "The Tetrapod," p. 469, 1962.
- [4]. A. Broere, "Physical model tests on stability and interlocking of new breakwater armour block Crablock," Delft University of Technology, 2015.
- [5]. F. Bonfantini, "Set-up to design guidance for the Crablock armour unit," UNESCO-IHE Institute for Water Education, The Netherlands, 2014.
- [6]. J. A. Melby dan G. F. Turk, "CORE-LOC Concrete Armour Units," US ARMY Corps Of Engineers Waterways Experiment Station, Vicksburg, 1997.
- [7]. CERC, "Shore Protection Manual," Department Of Army US Army Corps of Engineers, Washington, 1984.
- [8]. S. A. Hughes, *Physical Models and Laboratory Techniques in Coastal Engineering*, Singapore: JBW Printers & Binders, 1993.
- [9]. K. Kinog dan dkk, "Stabilitas Armor pada Breakwater Tenggelam," *Jurnal Teknik Sipil*, vol. 12, pp. 1-12, 2005.
- [10]. M. Salauddin, *Physical model tests on new armour block Crablock for breakwaters to come to preliminary design guidance*, Delft: UNESCO-IHE Institute for Water Education, 2015.
- [11]. J. W. V. D. Meer, "Stability of Cubes, Tetrapods and Accropode," *Breakwater*, pp. 59 - 68, 1988.
- [12]. N. Yuwono, *Dasar-Dasar Perencanaan Bangunan Pantai*, Yogyakarta, 1992.