

Penggunaan Tetrapod Sebagai *Breakwater* Pantai Degayu Pekalongan

Fatra Hariz Akrom 23-840

¹Proyek Pengendalian Banjir Dan Rob Sungai Loji-Banger Paket II

²PT. Brantas Abipraya (Persero), Jakarta, Indonesia

*Fatrahariz@gmail.com

Abstract. *Erosi garis pantai (abrasi) merupakan merupakan salah satu masalah yang terjadi di daerah pantai. Salah satu daerah pantai yang mengalami ialah daerah pantai Degayu yang berada di Kota Pekalongan Provinsi Jawa Tengah. Untuk mengatasi erosi diperlukan perencanaan bangunan pantai yang baru. Berdasarkan hasil analisis bangunan pemecah gelombang (breakwater) yang terbaik dalam meminimalisir masalah abrasi. Maka perlu adanya perhitungan pemecah gelombang pada daerah tersebut. Dalam perencanaan pemecah gelombang diperlukan data-data seperti data gelombang angin, pasang surut, transport sedimen serta peta bathimetri, data-data ini kemudian dianalisis. Setelah di analisis dapat direncanakan pemecah gelombang dengan tipe sisi miring yang dipilih serta material dari batu pecah dan tetrapod sebagai pemecah gelombang di Pantai Degayu.*

Kata Kunci: Tetrapod, *Breakwater*, Pantai Degayu

1. Pendahuluan

1.1 Definisi

1.1.1 Pantai

Secara umum pantai di definisikan sebagai daerah di tepi perairan (laut) yang dipengaruhi oleh air pasang tertinggi dan air surut terendah, sedangkan daerah pesisir adalah daerah darat di tepi laut yang masih mendapat pengaruh laut seperti pasang surut, angin laut dan perembesan air laut (Triadmodjo, 1999). Daerah pantai merupakan daerah yang memiliki banyak fungsi pemanfaatan seperti sebagai kawasan pemukiman, industri, penambakan, pelabuhan, dan sebagainya. Namun dengan banyaknya manfaat tersebut, jika pantai tidak dikelola dengan baik maka akan menimbulkan masalah lain diantaranya yaitu perubahan morfologi garis pantai. Garis pantai adalah batas antara darat dengan lautan yang posisinya berubah-ubah menurut waktu dan tempat saat terjadinya fluktuasi muka air laut yang terutama disebabkan oleh gerak pasang surut (CERC, 1984 dalam Puspitasari, 2016). 1984 dalam Puspitasari, 2016). Terjadinya perubahan garis pantai dipengaruhi dari berbagai proses yang terjadi di sekitar pantai diantaranya yaitu peristiwa abrasi dan akresi. Abrasi adalah proses pengikisan tanah oleh gelombang dan arus laut, sedangkan akresi adalah penambahan daratan ke arah laut. Garis pantai yang selalu berubah setiap waktu akan mempengaruhi lingkungan sekitar pantai. Selain itu perubahan garis pantai akan mempengaruhi kondisi sosial, ekonomi dan budaya masyarakat terutama masyarakat yang tinggal di daerah pesisir, salah satunya yaitu di Pantai Degayu, Pekalongan. Pantai Degayu merupakan salah satu pantai yang berada di kota Pekalongan, Kota Pekalongan memiliki luas sebesar 42,25 km² yang hampir 70% dari luas wilayahnya sering terdampak Banjir dan ROB. Faktor penyebab banjir dan ROB antara lain perubahan iklim yang mengakibatkan semakin naiknya permukaan air laut serta penurunan muka tanah sebesar 2,1 cm – 11 cm bervariasi dari tahun 2015 – 2020. Dalam mengatasi permasalahan tersebut maka BBWS Pemali – Juana berencana membangun beberapa infrastruktur pengendalian banjir yang pekerjaannya dibagi menjadi tiga paket dengan judul pekerjaan “Pengendalian Banjir dan ROB Sungai Loji – Banger”. Dalam hal ini PT Brantas Abipraya (Persero) dipercayai mengerjakan paket II.

Abrasi yang terjadi salah satunya di pantai Degayu mengakibatkan banyak kerugian yang dialami masyarakat sekitar disana, diantaranya tergerusnya garis pantai, rusaknya dermaga,

hingga menurunkan potensi wisata dan mata pencaharian masyarakat sekitar. Oleh karena itu diperlukan tindakan pencegahan dan penanganan abrasi agar dampaknya tidak semakin besar. Abrasi yang terjadi salah satunya di pantai Degayu mengakibatkan banyak kerugian yang dialami masyarakat sekitar disana, diantaranya tergerusnya garis pantai, rusaknya dermaga, hingga menurunkan potensi wisata dan mata pencaharian masyarakat sekitar. Oleh karena itu diperlukan tindakan pencegahan dan penanganan abrasi agar dampaknya tidak semakin besar.

1.1.2 Gelombang

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

1.1.3 Deformasi Gelombang

Suatu gelombang yang menuju pantai akan mengalami perubahan bentuk atau deformasi gelombang. Perubahan bentuk gelombang ini disebabkan oleh beberapa faktor seperti refraksi gelombang, refleksi gelombang, difraksi gelombang, serta gelombang pecah.

1.1.4 Fluktuasi Muka Air Laut

Elevasi muka air laut rencana termasuk parameter penting dalam perencanaan bangunan pantai. Fluktuasi dari elevasi muka air tersebut merupakan penjumlahan dari beberapa parameter seperti pasang surut, wave set up, wind set up, serta parameter lain berupa kenaikan muka air akibat pemanasan global maupun tsunami.

1.1.5 Pasang Surut

Pasang surut merupakan fluktuasi muka air laut karena adanya gaya tarik benda-benda di langit, terutama matahari dan bulan terhadap massa air laut di bumi. Ada empat model pasang surut yang bisa dibedakan yaitu pasang surut harian tunggal, pasang surut campuran condong harian tunggal, pasang surut harian ganda, dan pasang surut campuran condong ke harian ganda.

1.1.6 Pemecah Gelombang atau *Breakwater*

Pemecah gelombang atau dikenal sebagai juga sebagai Pemecah ombak atau bahasa Inggris *breakwater* adalah prasanana yang dibangun untuk memecahkan ombak/gelombang, dengan menyerap sebagian energi gelombang. Pemecah gelombang digunakan untuk mengendalikan abrasi yang menggerus garis pantai dan untuk menenangkan gelombang dipelabuhan sehingga kapal dapat merapat dipelabuhan dengan lebih mudah dan cepat (Nuardi, 2017). Pemecah gelombang harus didesain sedemikian sehingga arus laut tidak menyebabkan pendangkalan karena pasir yang ikut dalam arus mengendap di kolam pelabuhan. Bila hal ini terjadi maka pelabuhan perlu dikeruk secara reguler. Sebenarnya *breakwater* atau pemecah gelombang dapat dibedakan menjadi dua macam yaitu pemecah gelombang sambung pantai dan lepas pantai. Tipe pertama banyak digunakan pada perlindungan perairan pelabuhan, sedangkan tipe kedua untuk perlindungan pantai terhadap erosi. Secara umum kondisi perencanaan kedua tipe adalah sama, hanya pada tipe pertama perlu ditinjau karakteristik gelombang di beberapa lokasi disepanjang pemecah gelombang, seperti halnya pada perencanaan *groin* dan *jetty*. Penjelasan lebih rinci mengenai pemecah gelombang sambung pantai lebih cenderung berkaitan dengan pelabuhan dan bukan dengan perlindungan pantai terhadap erosi. Selanjutnya dalam tinjauan lebih difokuskan pada pemecah gelombang lepas pantai.

Break water atau dalam hal ini pemecah gelombang lepas pantai adalah bangunan yang dibuat sejajar pantai dan berada pada jarak tertentu dari garis pantai. Pemecah gelombang dibangun sebagai salah satu bentuk perlindungan pantai terhadap erosi dengan menghancurkan energi gelombang sebelum sampai kepantai, sehingga terjadi endapan dibelakang bangunan. Endapan ini dapat menghalangi transport sedimen sepanjang pantai. Seperti disebutkan diatas bahwa pemecah gelombang lepas pantai dibuat sejajar pantai dan berada pada jarak tertentu dari garis pantai, maka tergantung pada panjang pantai yang dilindungi, pemecah gelombang lepas pantai dapat dibuat dari satu pemecah gelombang atau suatu seri bangunan yang terdiri dari beberapa ruas pemecah gelombang yang dipisahkan oleh celah.

1.1.7 Fungsi Pemecah Gelombang

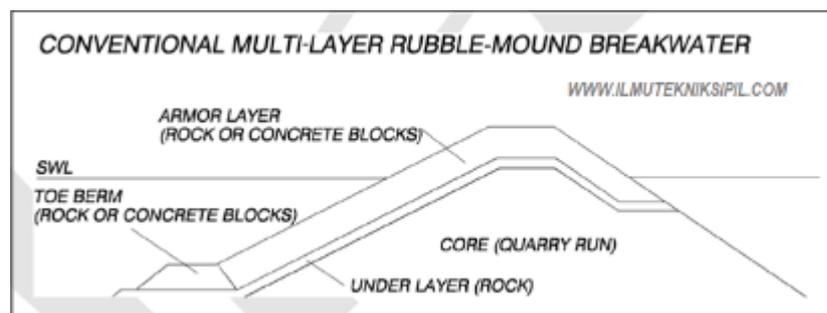
Bangunan ini berfungsi untuk melindungi pantai yang terletak dibelakangnya dari serangan gelombang yang dapat mengakibatkan erosi pada pantai. Perlindungan oleh pemecahan gelombang lepas pantai terjadi karena berkurangnya energy gelombang yang sampai

diperairan dibelakang bangunan. Karena pemecah gelombang ini dibuat terpisah kearah lepas pantai, tetapi masih didalam zona gelombang pecah (breakingzone). Maka bagian sisi luar pemecah gelombang memberikan perlindungan dengan meredam energi gelombang sehingga gelombang dan arus di belakangnya dapat dikurangi.

Terdapat tiga tipe jenis pemecah gelombang atau breakwater antara lain :

1. Breakwater sisi miring

Pemecah gelombang dengan sisi miring dibuat dari beberapa lapisan material yang ditumpuk dan dibentuk sedemikian rupa sehingga terlihat seperti sebuah gundukan besar batu alam dengan lapisan terluar dari material dengan butiran sangat besar yang dilindungi oleh lapis pelindung berupa batu besar atau beton dengan ukuran tertentu. Pemecah gelombang tipe ini bersifat fleksibel. Kerusakan yang terjadi karena serangan gelombang tidak secara tiba-tiba. Jenis lapis pelindung pemecah gelombang tipe ini adalah Quadripod, Tetrapod, Dolos. Pemecah gelombang dengan sisi miring dibuat untuk kedalaman kolam labuh yang relatif dangkal.



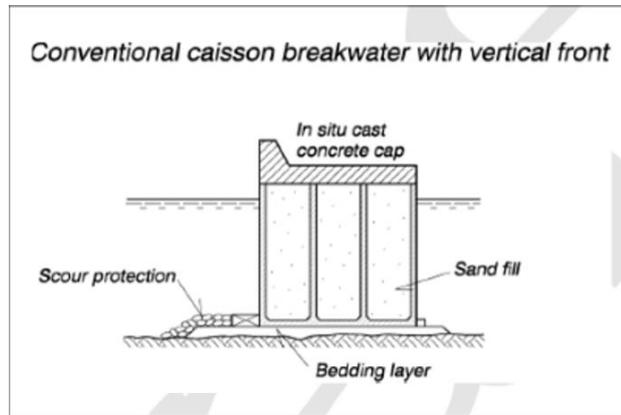
Gambar 1. Pemecah Gelombang Sisi Miring

2. Breakwater sisi tegak

Untuk tipe sisi tegak pemecah gelombang dibuat dari material-material seperti pasangan batu, sel turap baja yang didalamnya diisi tanah atau batu, tumpukan buis beton, dinding turap baja atau beton, kaisan beton dan lain sebagainya. Pemecah gelombang tipe ini ditempatkan di laut dengan kedalaman kolam labuh yang lebih besar dari tinggi gelombang. Dimaksudkan untuk mengurangi jumlah material penyusunnya. Pemecah ini dibuat apabila tanah dasar mempunyai daya dukung besar dan tahan terhadap erosi. Bisa dibuat dari blok-blok beton massa yang disusun secara vertikal, kaisan beton, turap beton atau baja. Syarat yang harus diperhatikan pada tipe pemecah gelombang sisi tegak adalah :

- a. Tinggi gelombang maksimum rencana harus ditentukan dengan baik

- b. Tinggi dinding harus cukup untuk memungkinkan
- c. Pondasi dibuat sedemikian rupa sehingga tidak terjadi erosi pada kaki bangunan yang dapat membahayakan stabilitas bangunan



Gambar 2. Pemecah Gelombang Sisi Tegak

3. Breakwater campuran

Ketiga model breakwater seperti ini, dicontohkan dengan tipe cellular cofferdam yaitu suatu konstruksi yang menggunakan sheet pile secara langsung, dimana pile tersebut saling menutup atau mengunci (interlocking) satu dengan yang lain sehingga membentuk suatu rangkaian elemen (cell) dimana cell tersebut berisikan material yang tak kohesif seperti pasir untuk pemberat struktur di bagian bawahnya sedangkan bagian atasnya terdiri dari batu lindung yang dapat berfungsi menjaga stabilitas struktur akibat pengaruh gelombang.

Konstruksi breakwater tipe cellular cofferdam seperti halnya beberapa jenis Offshore Breakwater yang lain dibangun dengan puncak elevasi struktur yang mendekati Mean Sea Level (MSL), sehingga hal tersebut memungkinkan energi yang menyertai terjadinya gelombang dapat diteruskan melalui breakwater. Kondisi tersebut dinamakan dengan istilah keadaan overtopping atau kondisi gelombang dapat melimpas. Alasan struktur dibangun dengan kondisi overtopping adalah untuk pertimbangan disain secara ekonomis, dan juga karena pertimbangan kondisi gelombang rata-rata yang terjadi cukup kecil.

Pemecah gelombang tipe ini dibuat apabila kedalaman air sangat besar dan tanah dasar tidak mampu menahan beban dari pemecah gelombang sisi tegak. Ada tiga macam pertimbangan tinggi sisi tegak dengan tumpukan batunya :

- a. Tumpukan batu dibuat sampai setinggi air yang tertinggi, sedangkan bangunan sisi tegak hanya sebagai penutup bagian atas

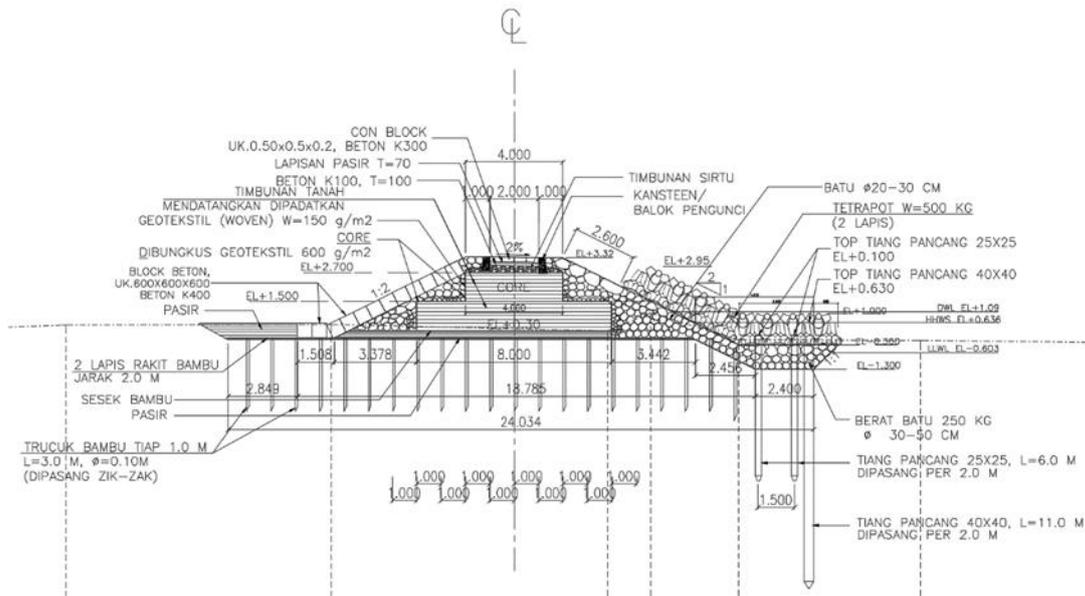
- b. Tumpukan batu setinggi air terendah sedang bangunan sisi tegak harus menahan air tertinggi
- c. Tumpukan batu hanya merupakan tambahan pondasi dari bangunan sisi tegak

Untuk konstruksi pada pekerjaan ini sendiri, berdasarkan tipenya jenis breakwater yang dipakai adalah breakwater sisi miring dengan materialnya adalah tetrapod.

1.1.8 Material Pemecah Gelombang

Untuk material yang digunakan tergantung dari tipe bangunan itu sendiri. Seperti halnya bangunan pantai kebanyakan, pemecah gelombang lepas pantai dilihat dari bentuk strukturnya bias dibedakan menjadi dua tipe yaitu: sisi tegak dan sisi miring. Untuk tipe sisi tegak pemecah gelombang bisa dibuat dari material-material seperti pasangan batu, sel turap baja yang didalamnya diisi tanah atau batu, tumpukan buis beton, dinding turap baja atau beton, kaisan beton dan lain sebagainya.

Dari beberapa jenis tersebut, kaisan beton merupakan material yang paling umum dijumpai pada konstruksi bangunan pantai sisi tegak. Kaisan beton pada pemecah gelombang lepas pantai adalah konstruksi berbentuk kotak dari beton bertulang yang didalamnya diisi pasir atau batu. Pada pemecah gelombang sisi tegak kaisan beton diletakkan diatas tumpukan batu yang berfungsi sebagai pondasi. Untuk menanggulangi gerusan pada pondasi maka dibuat perlindungan kaki yang terbuat dari batu atau blok beton. Sementara untuk tipe bangunan sisi miring, pemecah gelombang lepas pantai bisa dibuat dari beberapa lapisan material yang ditumpuk dan dibentuk sedemikian rupa (pada umumnya apabila dilihat potongan melintangnya membentuk trapesium) sehingga terlihat seperti sebuah gundukan besar batu, Dengan lapisan terluar dari material dengan ukuran butiran sangat besar.



Gambar 3. Lapisan Lapisan Material Pemecah Gelombang

Dari gambar dapat kita lihat bahwa konstruksi terdiri dari beberapa lapisan yaitu:

1. Inti(core) pada umumnya terdiri dari agregat galian kasar, tanpa partikel-partikel halus dari debu dan pasir.
2. Lapisan bawah pertama (under layer) disebut juga lapisan penyaring (filter layer) yang melindungi bagian inti (core) terhadap penghanyutan material, biasanya terdiri dari potongan-potongan tunggal batu dengan berat bervariasi dari 500 kg sampai dengan 1 ton.
3. Lapisan pelindung utama (main armor layer) sepertinamanya, merupakan pertahanan utama dari pemecah gelombang terhadap serangan gelombang pada lapisan inilah biasanya batu-batuan ukuran besar dengan berat antara 1-3 ton atau bisa juga menggunakan batu buatan dari beton dengan bentuk khusus dan ukuran yang sangat besar seperti tetrapod,quadripod, dolos, tribar, xbloc accropode dan lain-lain.

Secara umum, batu buatan dibuat dari beton tidak bertulang konvensional kecuali beberapa unit dengan banyak lubang yang menggunakan perkuatan serat baja. Untuk unit-unit yang lebih kecil, seperti Dolos dengan rasio keliling kecil, berbagai tipe dari beton berkekuatan tinggi dan beton bertulang (tulangan konvensional, prategang, fiber, besi, profil-profil baja) telah dipertimbangkan sebagai solusi untuk meningkatkan kekuatan struktur unit-unit batu buatan ini. Tetapi solusi-solusi ini secara umum kurang hemat biaya, dan jarang digunakan.



Gambar 4. Beberapa Material Batu Buatan

1.1.9 Tetrapod

Tetrapod adalah salah satu jenis struktur dalam bidang teknik pantai yang digunakan untuk mencegah terjadinya erosi akibat cuaca dan arus sejajar pantai. Struktur ini memiliki fungsi utama untuk memperkuat struktur pantai seperti tembok laut dan pemecah gelombang. Tetrapod terbuat dari beton dan menggunakan bentuk tetrahedralnya untuk mendisipasi gaya dari gelombang. Tetrahedron memungkinkan air dari gelombang untuk mengalir di sekelilingnya, alih-alih menahannya. Struktur ini mempertahankan posisinya dengan cara interlocking.

1.2 Permasalahan

Bagaimana cara mengatasi abrasi yang terjadi di pantai degayu, pekalongan. Breakwater jenis apa yang paling cocok diadaptasi disana dan mengapa tetrapod yang dipilih sebagai material batu buatan.

1.3 Manfaat Artikel

- a. Mengetahui macam macam jenis *Breakwater*
- b. Metode Pelaksanaan Breakwater Tetrapod
- c. Mengetahui Efisiensi Pemasangan Tetrapod

2. Metodologi

1. Melakukan investigasi terhadap daya dukung tanah, kedalaman pantai dan tinggi ombak untuk menentukan jenis Breakwater yang digunakan.
2. Menghitung efisiensi pemasangan tetrapod.

3. Hasil dan Pembahasan

1. Data topografi-batimetri

Data profil darat dan laut diperoleh dengan menggunakan dua metode. Topografi pantai Degayu diukur menggunakan total station sedangkan data topografi dasar perairan (batimetri) diperoleh dari pemeruman dengan single beam echo sounder. Survei topografi dan batimetri menunjukkan Pantai Degayu tergolong pantai dengan morfologi yang datar, gelombang yang terjadi sedang tidak terlalu tinggi karena tidak berhubungan langsung dengan Samudera Indonesia. Lapisan permukaan pantai didominasi oleh pasir lepas, serta tingkat erosi yang terjadi sedang untuk daya dukung tanah ijin yang ada pada pinggir pantai, cukup besar mulai kedalaman rata-rata 1,50 meter dari muka tanah setempat.

2. Data Tanah

Kondisi tanah pada penelitian ini didapat dari pengambilan data tanah dengan alat sondir (Dutch Cone Penetrometer) lokal berkapasitas 2,5ton yang dilengkapi dengan "rod" berdiameter $\frac{3}{4}$ dan bikonus. Sondir dilakukan pada tiga titik di lokasi yang dianggap bisa mewakili kondisi daerah studi secara umum. Pencatatan pembacaan dial dilakukan dengan interval 20 cm dan hasilnya berupa nilai konus dan hambatan pekat yang disajikan dalam bentuk grafik. Apabila pada pembacaan manometer tekanan konus sudah mencapai 250 kg/cm², maka pekerjaan dapat dihentikan atau dapat dianggap bahwa tekanan konus sudah mencapai tanah keras. Setelah melihat hasil data topografi-batimetri, data tanah, dan juga tinggi gelombang maka *Breakwater* sisi miring adalah yang paling cocok digunakan untuk mengatasi Abrasi di Pantai Degayu.

3. Untuk Mengetahui Efisien pemasangan Tetrapod, dilakukan pengamatan lapangan produktifitas pemasangan dilapangan dengan rencana. Berdasarkan pengamatan pemasangan tetrapod di bulan November rata-rata pemasangan tetrapod mencapai target atau melebihi 63 bh/hari. Dari pengamatan tersebut bisa ditarik kesimpulan metode pemasangan tetrapod efektif.

Tabel 1 Monitoring Produktifitas Pemasangan Tetrapod Bulan November di Pantai Degayu

Tanggal	Tetrapod Terpasang	Keterangan	Kapasitas Produksi	Siklus (Menit)
01/11/2023	66	Mencapai Target	9	5
02/11/2023	56	Tidak Mencapai Target	7	7
03/11/2023	71	Mencapai Target	10	5
04/11/2023	72	Mencapai Target	10	5
05/11/2023	77	Mencapai Target	10	5
06/11/2023	45	Tidak Mencapai Target	6	8
07/11/2023	66	Mencapai Target	9	5
08/11/2023	66	Mencapai Target	9	5
09/11/2023	65	Mencapai Target	9	5
10/11/2023	65	Mencapai Target	9	5
11/11/2023	66	Mencapai Target	9	5
12/11/2023	70	Mencapai Target	10	5
13/11/2023	70	Mencapai Target	10	5
14/11/2023	71	Mencapai Target	10	5
15/11/2023	42	Tidak Mencapai Target	6	8
16/11/2023	61	Tidak Mencapai Target	8	6
17/11/2023	65	Mencapai Target	9	5
18/11/2023	65	Mencapai Target	9	5
19/11/2023	59	Tidak Mencapai Target	8	6
20/11/2023	65	Mencapai Target	9	5
21/11/2023	70	Mencapai Target	10	5
22/11/2023	80	Mencapai Target	11	4
23/11/2023	70	Mencapai Target	10	5
24/11/2023	70	Mencapai Target	10	5
25/11/2023	80	Mencapai Target	11	4
26/11/2023	60	Tidak Mencapai Target	8	6
27/11/2023	65	Mencapai Target	9	5
28/11/2023	70	Mencapai Target	10	5
29/11/2023	72	Mencapai Target	10	5
30/11/2023	72	Mencapai Target	10	5
Rata-Rata			9,2	5,3

3.1 Metode Pelaksanaan Pemasangan Tetrapod

Tetrapod precast merupakan lapisan terluar dari sebuah pondasi pemecah gelombang. Pembangunan Tanggul Rob Degayu memerlukan beberapa tahap penting yang diperhatikan. Cara pemasangan tetrapod bergantung dari luas dan area bibir pantai yang akan di proteksi.

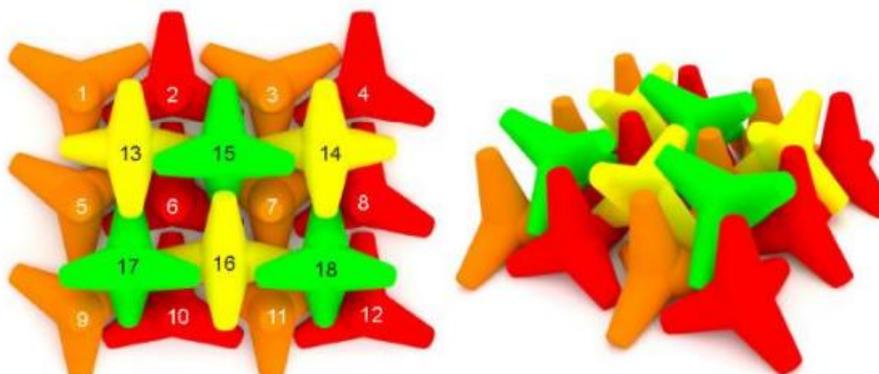
Pada tahapan awal, bagian dasar tanggul harus dipasang matras geotextile, yang berfungsi menjadi landasan fondasi batu isi pemecah gelombang, kemudian sebelum tetrapod diletakkan maka harus meletakkan lapisan batu lindung yang menjadi pemberat matras geotextile barulah teknik pemasangan tetrapod dilakukan. Letak beton tetrapod memang berada di posisi teratas.



Gambar 5. Ilustrasi Pemasangan Tetrapod

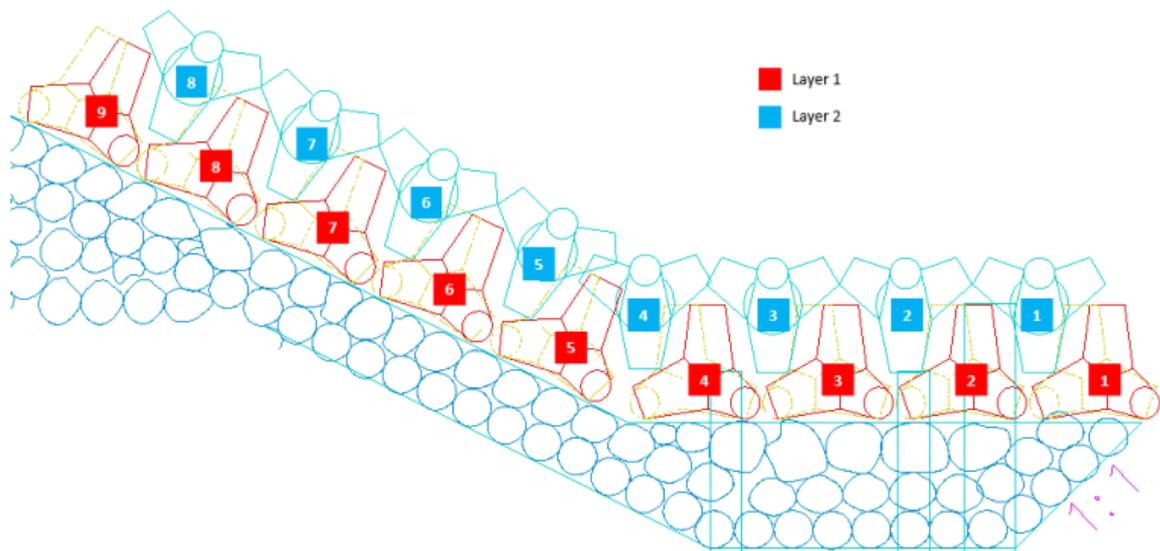
Beberapa Quality Targer yang perlu dicapai dalam pekerjaan pemasangan tetrapod antara lain :

1. Pemasangan sudah sesuai dengan instruksi mockup



2. Pemasangan sudah sesuai dengan shop drawing
3. Jarak antar tetrapod rapat dan rapi
4. Tidak terdapat kerusakan retak struktur dan grumpil besar
5. Hasil hammer test sudah mencapai pada k-400

Untuk mempermudah pemasangan biasanya tetrapod diberi penomoran. Pada proyek ini dalam satu baris terdapat dua layer. Layer pertama ada 9 tetrapod dan layer kedua ada 8 tetrapod. Penomoran tetrapod diawal dari tetrapod yang paling hilir. Berikut merupakan ilustrasinya penomoran tetrapod pada proyek ini:



Gambar 6. Penomoran Tetrapod

Pemasangan tetrapod dimulai dari layer pertama nomor 1 menuju no 9, kemudian setelah itu dipasang layer 2 dari no 1 menuju no 8. Pemasangan tetrapod memerlukan 3 orang tenaga dan 1 alat berat. Alat berat yang dipakai untuk memasang tetrapod no 1,2 dan 3 menggunakan excavator long arm sedangkan untuk tetrapod sisanya dapat dipasang menggunakan excavator standar. Untuk jenis alat berat yang digunakan itu tergantung keadaan lokasi pekerjaan itu sendiri.

Dalam keberjalannya tetrapod layer 1 no 1 hingga 4 dan layer 2 nomor 1 hingga 3 pemasangannya didahulukan. Dikarenakan untuk memaksimalkan kinerja excavator longarm. Setelah selesai, longarm diganti dengan exca standar untuk memasang tetrapod lainnya. Sehingga dengan begitu secara pembiayaan lebih efektif karna harga sewa alat

untuk longarm dibanding dengan exca standar lebih mahal. Pemasangan tetrapod layer 1 relatif lebih mudah, dikarenakan posisi tetrapod tidak diputar dan dibiarkan berdiri. Namun dalam penyusunannya sisi tetrapod harus terkoneksi satu sama lain seperti ditunjukkan pada gambar dibawah :



Gambar 7. Penyusunan Tetrapod Layer 1

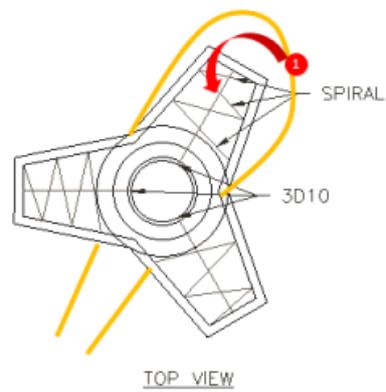
Perhatikan posisi tetrapod pada gambar diatas yang dilingkari oleh garis merah, dapat dilihat posisi sisi silinder dari tetrapod satu sama lain saling terkunci. Pemasangan posisi tetrapod ini terus berulang, tidak boleh saling pertabrakan. Jika bertabrakan nantinya akan ada rongga yang besar sehingga hasil penyusunannya tidak rapat. Setelah memahami pemasangan untuk layer pertama, selanjutnya pemasangan tetrapod untuk layer kedua. Pemasangan tetrapod pada layer kedua membutuhkan webbing sling belt dengan kekuatan 6 ton. Sling belt ditalikan ke badan tetrapod sehingga tetrapod layer 2 dapat terkunci pada layer 1. Untuk teknik pengikatannya dapat dilihat pada gambar dibawah ini :

Tahapan Pemasangan Tetrapod Layer 2 :

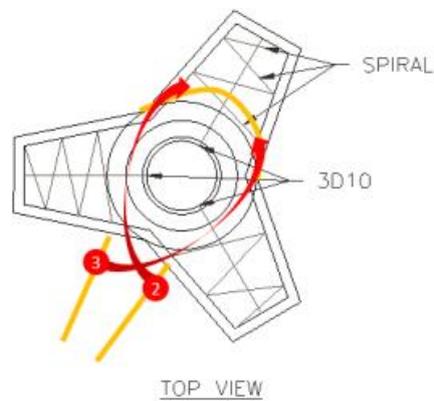
1. Sling dilipat seperti pada gambar, dan disimpan di bawah tanah. Letakkan tetrapod diatas sling yang telah dilipat



2. Sisi sling no 1 dimasukkan ke salah satu sisi silinder tetrapod.



3. Sisi sling untuk ujung kiri (no2) dan kanan (no3) kemudian dimasukkan bersilangan ke sisi no 1.



Gambar. 8 Ilustrasi

4. Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil adalah :

1. Tipe pemecah gelombang yang dipilih untuk mengatasi abrasi Pantai Degayu ialah pemecah gelombang sisi miring.
2. Material pemecah gelombang yang dipakai di Pantai Degayu adalah tipe Tetrapod.
3. Pemasangan tetrapod di Pantai Degayu Efisien terhadap waktu.

REFERENSI

- CERC, 1984. *Shore Protection Manual*. US Army Coastal Engineering, Research Center, Washington.
- Dauhan, S. K., H. Tawas, H. Tangkudung, J. D. Mamoto, 2013. *Analisis Karakteristik Gelombang Pecah Terhadap Perubahan Garis Pantai Di Atep Oki*, Jurnal Teknik Sipil Statik Vol.1 No.12, November 2013 (784-796) ISSN: 2337-6732, Universitas Sam Ratulangi. Manado.
- Thambas, A. H., Nur Yuwono., 2003, *Model Distribusi Kecepatan Angin dan Pemanfaatannya Dalam Peramalan Gelombang di Wilayah Tengah Indonesia: Pulau Jawa, Sulawesi Selatan*, Universitas Gajah Mada. Yogyakarta.
- Triatmodjo, Bambang., 1996, *Pelabuhan*, Beta Offset,. Yogyakarta.
- Triatmodjo, Bambang., 1999, *Teknik Pantai*, Beta Offset, Yogyakarta.
- Yong, Ayub Giovano., A. H. Thambas, Tommy Jansen, 2019. *Alternatif Bangunan Pengaman Pantai Di Desa Saonek, Kabupaten Raja Ampat*. Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sam Ratulangi, Manado.