

Dandun Sutaryo



# Potensi Aplikasi Struktur Permeabel

dalam Pengelolaan Risiko Bencana Terpadu  
di Kawasan Pesisir



**Wetlands**  
INTERNATIONAL

# Potensi Aplikasi Struktur Permeabel

dalam Pengelolaan Risiko Bencana Terpadu  
di Kawasan Pesisir

*Penulis:*

Dandun Sutaryo



**Wetlands**  
INTERNATIONAL



**PARTNERS FOR RESILIENCE**

Bogor, April 2018



Pesisir Demak, Jawa Tengah  
(© Wetlands International Indonesia)

## **Potensi Aplikasi Struktur Permeabel** dalam Pengelolaan Risiko Bencana Terpadu di Kawasan Pesisir

© Wetlands International Indonesia, 2018

**Penulis** : Dandun Sutaryo  
**Editor** : Susan Lusiana  
**Penyelarass Naskah & Layout** : Triana  
**Foto Cover** : Eko Budi Priyanto

### ***Saran Kutipan***

Sutaryo, D. 2018. Potensi Aplikasi Struktur Permeabel dalam Pengelolaan Risiko Bencana Terpadu di Kawasan Pesisir. Wetlands International Indonesia. Bogor.



## Kata Pengantar

Erosi pantai merupakan salah satu persoalan di kawasan pesisir yang saat ini sangat mengkhawatirkan. Data menyebutkan bahwa laju erosi mencapai 1.950 ha per tahun, dengan rata-rata garis pantai yang tererosi sepanjang 420 km tiap tahunnya (Dirjen PRL, 2017). Dalam beberapa tahun terakhir, luas pesisir yang tererosi di beberapa lokasi terjadi secara signifikan. Di Pantai Utara (Pantura) Jawa misalnya, luasan erosi teridentifikasi terjadi di 10 Kabupaten/Kota dengan luasan mencapai 5.500 hektar (Damaywanti, 2013). Setidaknya 30 juta penduduk dari 3 ribu desa di Pantura ini telah terdampak erosi dan memiliki risiko terpapar bencana yang lebih buruk.

Salah satu daerah yang mengalami erosi cukup parah adalah pantai di Kabupaten Demak Jawa Tengah. Di Kecamatan Sayung, 528, 8 ha kawasan pesisir tergenang dan hilang. Di beberapa lokasi, air laut telah masuk setidaknya 3 km kearah darat. Ribuan penduduk telah kehilangan tambak, rumah dan sumber penghidupannya, infrastruktur yang telah dibangun pun berpotensi untuk tenggelam. Bahkan, upaya-upaya untuk rehabilitasi ekosistem peisisir pun mustahil dilakukan karena air laut terus menggenangi daratan.

Persoalan erosi pantai disebabkan banyak faktor. Selain alih fungsi ekosistem mangrove secara massive, peningkatan muka air laut, pengembangan infrastruktur pantai yang kurang tepat, serta eksploitasi air tanah yang tidak terkontrol, turut menyumbang peningkatan laju erosi secara cepat. Untuk mengatasi persoalan ini, struktur permeabel menjadi salah satu alternatif solusi yang dikembangkan. Struktur ini memadukan pendekatan *soft* dan *hard structure*, dan mengintegrasikan nilai dan kearifan lokal ke dalamnya. Selain oleh Wetlands International (WI), di Indonesia, struktur ini telah dikembangkan oleh beberapa pihak seperti Kementerian Kelautan dan Perikanan (KKP) dan Konsorsium Ecoshape melalui program Building with Nature (BwN) dimana WI juga tergabung di dalamnya.

Buku berjudul Potensi Aplikasi Struktur Permeabel ini dibuat berdasarkan observasi dari beberapa lokasi struktur permeabel, namun sebagian besar mengangkat contoh struktur permeabel yang dikembangkan oleh BwN di Kabupaten Demak. Buku ini bertujuan untuk memberikan gambaran kepada khalayak luas akan potensi penggunaan struktur permeabel bagi Pengelolaan Risiko Bencana secara Terpadu di Kawasan Pesisir, beserta tahapan-tahapannya secara umum. Meskipun saat ini proses pengembangan struktur permeabel masih berjalan dan masih dalam proses evaluasi, namun setidaknya buku ini bisa memberikan gambaran pola dan prinsip struktur permeabel sebagai salah satu alternatif pendekatan Pengurangan Risiko Bencana (PRB) di kawasan pesisir. Melalui pengembangan struktur permeabel, diharapkan risiko bencana di kawasan pesisir dapat diminimalisir dan ekosistem pesisir bisa terpulihkan kembali. Sehingga, masyarakat pesisir bisa menjadi masyarakat yang tangguh dalam menghadapi bencana.



Bendung struktur permeabel  
(Foto: Yus Rusila Noor)

## Daftar Istilah

(Sumber : Sulaiman, Dede M., 2017. *Penanggulangan Erosi Pantai. Ed. 1 Cet. 1., Deepublish. Yogyakarta, xxvi + 160 hlm, ISBN 978-602-453-091-04.*)

**Abrasi** adalah proses terkikisnya batuan atau material keras seperti dinding atau tebing batu, diikuti dengan longsoran (runtuhan material).

**Angkutan Pasir Sejajar Pantai** (*Longshore sand drift*) adalah proses pergerakan sedimen pada arah menyusur garis pantai

**Angkutan Pasir Tegak Lurus Pantai** (*Offshore-Onshore sand drift*) adalah proses pergerakan sedimen pada arah tegak lurus pantai

**Arus menyusur pantai** (*longshore current*) adalah arus yang terjadi akibat gelombang datang yang membentuk sudut dengan pantai.

**Downdrift** adalah bagian pantai sebelah hilir ditinjau dari arah perginya angkutan sedimen.

**Erosi pantai** adalah proses mundurnya garis pantai dari kedudukan semula yang disebabkan oleh tidak adanya keseimbangan antara pasokan dengan kapasitas angkutan sedimen.

**Garis pantai** (*shore line*) adalah garis yang merupakan pertemuan antara air laut dan daratan

**Gelombang** adalah gerak muka air *sinusoidal* secara periodik sehingga membentuk puncak dan lembah.

**Gelombang Pecah** (*Breaking Wave*) adalah kondisi gelombang saat terjadi pecah gelombang yang dirumuskan dengan  $H=0,7d$ .

**Jeti** (*jetty*) adalah bangunan menjorok ke laut yang berfungsi sebagai pengendalian penutupan muara sungai atau saluran oleh sedimen.

**Krib (groin)** adalah bangunan yang dibuat tegak lurus atau kira-kira tegak lurus pantai, berfungsi mengendalikan erosi yang disebabkan oleh terganggunya keseimbangan angkutan pasir sejajar pantai (*longshore sand drift*).

**Lepas pantai (offshore)** adalah bagian pantai arah laut yang relatif datar di luar lokasi gelombang pecah sampai ujung dari continental shelf.

**Limpasan (Overtopping)** adalah proses bergerak naiknya air di permukaan struktur hingga melewati puncak struktur.

**Pantai** adalah jalur yang merupakan batas antara darat dan laut, ke arah laut dipengaruhi oleh fisik laut dan sosial ekonomi bahari, sedang ke arah darat dibatasi oleh proses alami dan kegiatan manusia di lingkungan darat.

**Pantai (shore)** adalah suatu jalur yang merupakan pertemuan air laut dan daratan. Untuk pantai yang terdiri dari material lepas (*unconsolidated*) dalam term teknis disebut "*beach*".

**Pantai belakang (back shore)** adalah bagian pantai ke arah darat yang terletak antara ujung pantai muka sampai pada suatu garis yang telah ditumbuhi tumbuh-tumbuhan pantai atau sampai ke tebing keras (*cliff*) atau (*dune*)

**Pantai dekat (near shore)** adalah bagian pantai antara lokasi gelombang pecah dan ujung berm pantai.

**Pantai muka (beach face)** adalah bagian pantai yang miring di bawah berm pantai yang umumnya terkena hempasan gelombang.

**Pantai pasir buatan** adalah pantai pasir yang dibangun dengan menimbun pantai dengan material pasir dan melindunginya dengan bangunan pengaman pantai.

**Pengisian pasir (sand nourishment)** adalah kegiatan untuk membentuk pantai menjadi stabil dengan menambahkan pasir ke pantai tersebut.

**Pasang surut** adalah fluktuasi muka air laut akibat adanya gaya tarik benda-benda langit yang terjadi secara periodik, terutama oleh bulan dan matahari.

**Pemindahan Pasir (Sand by passing)** adalah proses pemindahan pasir dari hulu (*updrift*) ke hilir (*downdrift*).

**Periode Gelombang (T)** adalah waktu yang ditempuh untuk membentuk satu panjang gelombang.

**Pemecah Gelombang (breakwaters)** adalah konstruksi pengaman pantai yang ditempatkan sejajar atau kira-kira sejajar dengan jarak tertentu dari garis pantai; berfungsi meredam energi gelombang, menahan atau mengurangi besarnya angkutan pasir tegak lurus pantai maupun menyusur pantai dan membentuk perairan yang tenang di belakang struktur.

**Pemeliharaan** adalah kegiatan rutin dan berkala yang diperlukan untuk memelihara/merawat bangunan-bangunan serta peralatan yang ada (mekanik, elektrik, hidroulik dan bangunan sipil) agar tetap dalam kondisi baik, berfungsi, dan aman pengoperasiannya.

**Pemeliharaan periodik** adalah suatu kegiatan yang mempunyai waktu yang lama dan dampak yang diakibatkannya lebih besar dibandingkan dengan pemeliharaan rutin.

**Pemeliharaan rutin** adalah kegiatan yang mempunyai frekuensi lebih sering dilakukan dengan skala kecil, waktunya pendek dan harus dilakukan secara kontinyu.

**Pemeriksaan** adalah inspeksi yang dilakukan oleh Petugas Operasional dan Pemeliharaan, Pengelola atau Pemilik Bangunan Pengaman Pantai, terhadap Bangunan Pengaman Pantai, bangunan pelengkap, dan peralatan untuk memeriksa perilaku Bangunan Pengaman Pantai.

**Perawatan** adalah usaha-usaha untuk mempertahankan kondisi dan fungsi bangunan, tanpa ada bagian konstruksi yang diubah atau diganti.

**Perawatan berkala** adalah usaha-usaha untuk mempertahankan kondisi dan fungsi bangunan, tanpa ada bagian konstruksi yang diubah atau diganti dan dilaksanakan secara berkala.

**Perawatan rutin** adalah usaha-usaha untuk mempertahankan kondisi dan fungsi bangunan, tanpa ada bagian konstruksi yang diubah atau diganti serta dilaksanakan setiap waktu.

**Rayapan (Run-up)** adalah proses bergerak naiknya air di permukaan struktur atau pantai pada saat gelombang mengenai struktur atau pantai.

**Revetmen (Revetment)** adalah konstruksi pantai yang tidak masif, ditempatkan sejajar atau kira-kira sejajar dengan garis pantai, melindungi pantai bagian darat langsung di belakang konstruksi terhadap pengaruh gelombang dan arus.

**Salien** adalah formasi endapan di belakang krib, yang tidak menyatu dengan krib sejajar pantai.

**Sedimentasi** adalah proses terjadinya pengendapan sedimen.

**Sudut Datang Gelombang ( $\alpha$ )** adalah sudut yang dibentuk oleh garis tegak lurus pantai dengan arah datang gelombang.

**Tinggi Gelombang (H)** adalah jarak vertikal antara puncak gelombang dan lembah gelombang

**Tombolo** adalah formasi endapan di belakang struktur sejajar pantai (alami atau buatan), yang menyatu dengan struktur tersebut

**Tanggul laut (sea dike)** adalah struktur pengaman pantai yang dibangun di pantai dalam arah sejajar pantai dengan tujuan untuk melindungi dataran pantai rendah dari genangan yang disebabkan oleh air pasang, gelombang dan badai.

**Tembok laut (sea wall)** adalah struktur pengaman pantai yang dibangun dipantai dalam arah sejajar pantai dengan tujuan untuk mencegah atau mengurangi limpasan dan genangan areal pantai yang berada dibelakangnya.

**Updrift** adalah bagian pantai sebelah udik ditinjau dari arah datangnya angkutan sedimen.

**Wilayah pesisir (coastal area)** adalah: 1) suatu daerah saling pengaruh antara darat dan laut, ke arah laut dibatasi oleh pengaruh fisik laut dan sosial ekonomi laut, sedangkan ke arah darat dibatasi oleh pengaruh proses alami dan kegiatan manusia terhadap lingkungan darat; 2) pertemuan antara daratan dan laut, ke arah darat meliputi bagian daratan baik kering maupun terendam air yang masih dipengaruhi sifat laut seperti pasang surut dan perembesan (intrusi) air asin, sedangkan ke arah laut mencakup bagian laut yang masih dipengaruhi oleh proses alami yang terjadi di darat seperti sedimentasi dan aliran air tawar maupun yang disebabkan karena kegiatan di darat seperti penggundulan hutan dan pencemaran.



*Ibu nelayan sedang membuat alat tangkap ikan (Foto: Yus Rusila Noor)*

## Daftar Isi

Kata Pengantar .....	iii
Daftar Istilah .....	iv
Daftar Isi.....	vii
Daftar Tabel.....	viii
Daftar Gambar.....	viii
<b>1. Ekosistem Pesisir dan Risiko Bencana .....</b>	<b>1</b>
1.1. Pengertian dan Tipe Pantai .....	1
1.2. Risiko Bencana Pada Ekosistem Pesisir .....	2
A. Potensi Bencana pada ekosistem pesisir .....	2
B. Upaya pengurangan Risiko Bencana .....	4
C. Pengelolaan Risiko Terpadu (Integrated Risk Management) .....	6
<b>2. Konsep Dasar dan Aplikasi Struktur Permeabel .....</b>	<b>8</b>
2.1 Konsep Dasar .....	8
2.2. Pembangunan Struktur Permeabel.....	10
A. Kajian Kelayakan .....	10
B. Persiapan dan Perencanaan Konstruksi.....	11
C. Konstruksi Struktur Permeabel .....	15
D. Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3) .....	27
2.3. Monitoring dan Pemeliharaan .....	27
A. Monitoring .....	27
B. Pemeliharaan .....	28
C. Pengamatan Lapangan Saat Ini .....	28
2.4. Biaya.....	30
<b>3. Penutup .....</b>	<b>33</b>
<b>Daftar Pustaka .....</b>	<b>34</b>

## Daftar Tabel

Tabel 1.	Kondisi upaya penanaman mangrove pada berbagai lokasi di Pantai Utara Jawa Barat (Setyawan, 2010).....	6
Tabel 2.	Perkiraan biaya pembangunan 100 m struktur permeabel dengan acuan harga tahun 2015 / 2016. ....	31

## Daftar Gambar

Gambar 1.	Peta identifikasi erosi /Akresi garis pantai P. Jawa.....	3
Gambar 2.	Interaksi faktor alam dan aktifitas manusia yang mempengaruhi wilayah pesisir .....	3
Gambar 3.	Gambar skematis teknik stabilisasi garis pantai .....	5
Gambar 4.	Skema Prinsip-prinsip Pengelolaan Risiko Terpadu/ <i>Integrated Risk Management</i> (IRM) .....	7
Gambar 5.	Struktur permeabel di Desa Bedono, Kecamatan Sayung Kabupaten Demak. Pada latar depan terlihat bekas bangunan pemecah ombak dengan besi beton.....	9
Gambar 6.	Contoh buah (biji) tumbuhan mangrove yang berpotensi tersebar luas dengan perantara air .....	13
Gambar 7.	Diagram alir proses pembangunan struktur permeabel .....	14
Gambar 8.	Bambu-bambu yang dipergunakan sebagai tiang pada struktur permeabel.....	15
Gambar 9.	Ranting-ranting kayu sebagai pengisi lapisan permeabel .....	16
Gambar 10.	Contoh penempatan struktur permeabel .....	19
Gambar 11.	Penetapan panjang tiang minimal dan konfigurasi tiang dari struktur permeabel. ....	21
Gambar 12.	Sketsa struktur permeabel tampak atas. ....	23
Gambar 13.	Tatacara pemancangan tiang dan ilustrasi pengukuran tinggi tiang .....	24
Gambar 14.	Palang memanjang, palang horizontal dan struktur penguat diagonal .....	25
Gambar 15.	Gambar detil penempatan jaring dan bahan pengisi .....	26
Gambar 16.	Prinsip kerja penancapan tiang .....	26
Gambar 17.	Pembangunan struktur permeabel oleh masyarakat (kiri); Struktur permeabel yang sudah dibangun (kanan) .....	27



Keragaman hayati pesisir  
(Foto: Apri Susanto Astra)

# 1. Ekosistem Pesisir dan Risiko Bencana

## 1.1. Pengertian dan Tipe Pantai

Menurut Undang-Undang No. 27 Tahun 2007 pengertian wilayah pesisir adalah daerah peralihan antara ekosistem darat dan laut yang dipengaruhi oleh perubahan di darat dan laut. Istilah pesisir seringkali diidentikan dengan pantai, namun, terdapat perbedaan antara pengertian pantai dan pesisir, dimana pantai memiliki pengertian sebagai bagian daratan yang terdekat dengan laut yang seolah-olah membentuk suatu garis yang disebut garis pantai. Suatu pantai dengan tipe yang berbeda dapat mempunyai panjang garis pantai yang sama tetapi akan mempunyai luas wilayah pesisir yang berbeda, tergantung tipe pantainya. Pantai landai akan memiliki luas pesisir yang lebih besar dibandingkan dengan pantai yang lebih curam.

Berdasarkan substrat penyusunnya, pantai dapat berupa pantai berbatu, pantai berpasir, dan pantai berlumpur. Dari ketiga karakteristik tersebut, hanya pantai berlumpur saja yang sesuai untuk penerapan struktur permeabel. Pantai berlumpur tersusun atas partikel berukuran sangat halus yang umumnya berasal dari fraksi debu tanah (*silt*) yang terangkut oleh sungai. Ciri lainnya adalah kemiringan yang sangat landai dengan perbedaan ketinggian sekitar 1 meter untuk jarak horizontal antara 500 sampai 2.000 meter. Perairan pantai berlumpur umumnya berwarna coklat keruh. Pada perairan ini, tidak terjadi gelombang pecah yang besar, karena gelombang yang besar telah diredam oleh lumpur yang lunak, yang berfungsi sebagai pengurang energi gelombang.

## 1.2. Risiko Bencana Pada Ekosistem Pesisir

### A. Potensi Bencana pada ekosistem pesisir

Kawasan pesisir merupakan ekosistem yang dinamis dan mempunyai keanekaragaman hayati yang beragam dan saling berinteraksi. Sebagai tempat pertemuan antara daratan dan lautan, kawasan pesisir menjadi ekosistem yang rentan bencana dan mudah terkena dampak kegiatan manusia.

Berdasarkan UU No. 27 Tahun 2007, bencana pesisir adalah kejadian yang diakibatkan karena peristiwa alam atau karena perbuatan orang yang menimbulkan perubahan sifat fisik dan/atau hayati pesisir dan mengakibatkan korban jiwa, harta, dan/atau kerusakan di wilayah pesisir dan pulau-pulau kecil.

Setyawan (2007) menjelaskan setidaknya terdapat 7 potensi bencana di wilayah pesisir di Indonesia yakni Tsunami, badai, banjir luapan sungai, banjir pasang surut, erosi pantai, sedimentasi dan subsiden (penurunan muka tanah). Ketujuh bencana tersebut dapat dipicu oleh proses geologi dan atau proses klimatologi/hidrometeorologi. Kecuali bencana tsunami, enam potensi bencana lainnya dinyatakan dapat diprediksi.

#### Erosi pantai

Erosi pantai merupakan jenis bencana pesisir yang bisa diatasi oleh struktur permeabel. Di Indonesia, erosi pantai merupakan permasalahan lama. Di daerah pantai utara Jawa, permasalahan ini terjadi sejak sekitar tahun 1970-an ketika sebagian besar hutan mangrove dikonversi menjadi tambak udang dan kegiatan budidaya lainnya. Daerah tersebut juga terkena dampak dari pengembangan pesisir yang kurang terkelola, dan perubahan atau pengurangan air tawar akibat pengalihan alur sungai dan pembendungan (Prasetya, 2007).

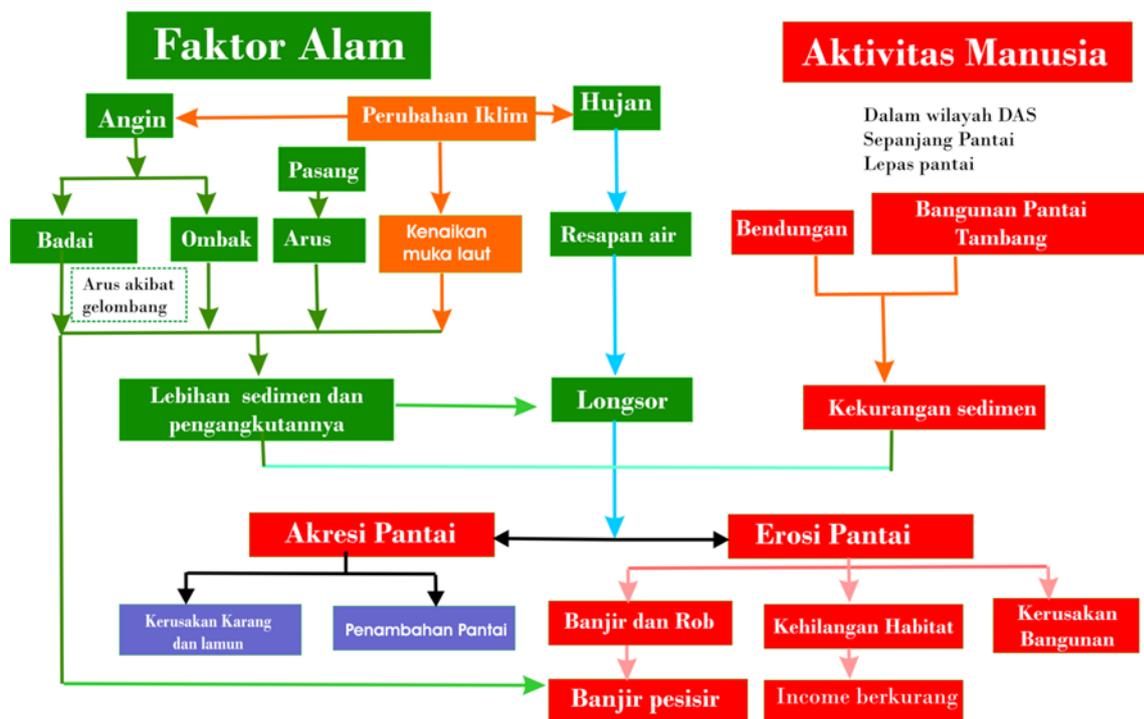
Berdasarkan data dari Kementerian Perikanan dan Kelautan, erosi pantai di pulau Jawa terjadi hampir di seluruh Pantai Utara, mulai dari Propinsi Banten, DKI Jakarta, Jawa Barat, sebagian besar Pantai Utara di Propinsi Jawa Tengah, dan sebagian pesisir utara Propinsi Jawa Timur, mempunyai indeks kerentanan erosi pantai yang tinggi (**Gambar 1**).

Secara umum, ada dua faktor penyebab terjadinya perubahan garis pantai, yakni proses alami dan aktifitas manusia. Proses alami terdiri dari adanya gelombang (ombak), pasang surut dan arus (arus susur pantai dan arus lepas pantai). Sementara itu aktifitas manusia bisa berupa kegiatan di sepanjang daerah aliran sungai dan di sepanjang garis pantai. Interaksi proses-proses yang mempengaruhi pembentukan garis pantai dapat dilihat pada **Gambar 2**.

Secara alami, pantai memiliki pertahanan alami (*natural coastal defence*) terhadap hempasan gelombang. Akumulasi sedimen di pantai menyerap dan memantulkan energi yang berasal dari gelombang. Apabila seluruh energi gelombang terserap, maka pantai dalam kondisi seimbang. Sebaliknya, pantai dalam kondisi tidak seimbang apabila muncul proses erosi dan akresi pantai yang selanjutnya menyebabkan kerusakan garis pantai (Hidayat, 2006).



Gambar 1. Peta identifikasi erosi /Akresi garis pantai P. Jawa



Gambar 2. Interaksi faktor alam dan aktivitas manusia yang mempengaruhi wilayah pesisir (Goncalves and Mohan, 2011)

## B. Upaya Pengurangan Risiko Bencana

Alam pada umumnya telah menyediakan mekanisme perlindungan pantai alami yang efektif. Pada pantai berlumpur, lumpur memiliki kemampuan meredam energi gelombang. Vegetasi mangrove juga akan memecahkan energi gelombang dan akhirnya akan mengurangi kecepatan air sehingga terjadi proses pengendapan material di dasar pantai.

Bila perlindungan alamiah itu tidak ada, maka untuk melindungi pantai terhadap erosi dapat dilakukan dengan cara artifisial atau buatan, baik dengan membuat bangunan pengaman pantai yang bersifat *hard structure* maupun dengan cara - cara *soft structure*.

Terkait *hard structure* atau struktur keras, menurut Faza dan Kurniadi (2016), sesuai dengan fungsinya, bangunan pengamanan pantai dibedakan dalam tiga kelompok yaitu:

- Konstruksi yang dibangun menempel di pantai dan sejajar dengan garis pantai. Contohnya adalah revetmen dan tembok laut (*seawall*). Kedua jenis bangunan pengamanan pantai tersebut berfungsi melindungi langsung lahan pantai di belakang struktur dari serangan gelombang dan limpasan gelombang ke darat.
- Konstruksi yang dibangun kira-kira tegak lurus pantai dan sambung ke pantai. Contohnya adalah groin dan jeti. Groin berfungsi sebagai bangunan pemerangkap sedimen menyusur pantai (*longshore drift*) dan merubah pola arus. Jeti adalah bangunan di muara sungai yang dipasang tegak lurus pantai, berfungsi sebagai pengarah arus untuk menormalisasi muara sungai.
- Konstruksi yang dibangun tidak menempel ke pantai dan sejajar dengan garis pantai. Contohnya adalah bangunan pemecah gelombang lepas pantai atau *offshore breakwaters*, berfungsi sebagai bangunan peredam energi gelombang sebelum mencapai pantai.

Keunggulan dari *hard structure* adalah cepatnya upaya penanganan dan pencegahan erosi pantai. Namun, selain berbiaya mahal, pembuatan *hard structure* seperti contohnya berupa tanggul laut bukan merupakan solusi efektif terutama bagi lingkungan pedesaan. Bahkan dalam jangka panjang, bila tidak dedesain dengan baik, *hard structure* ini dapat memperburuk erosi pantai ([coastalcare.org](http://coastalcare.org)). Proses memburuknya erosi pantai dapat dilihat pada gambar di bawah ini. Bagi masyarakat, struktur buatan ini tidak memberikan jasa dan layanan ekonomi, lingkungan dan sosial yang vital seperti yang diberikan oleh ekosistem alami seperti ekosistem mangrove yang sehat.

## BAGAIMANA HIJAU ATAU KELABU MENJADI SOLUSI BAGI GARIS PANTAI ANDA?



**Gambar 3.** Gambar skematis teknik stabilisasi garis pantai (<https://coast.noaa.gov/data/digitalcoast/pdf/living-shoreline.pdf>)

Disisi lain, terdapat juga upaya perlindungan pantai dengan pendekatan *soft structure*, yakni salah satunya dengan restorasi atau rehabilitasi ekosistem mangrove. Dibandingkan dengan pendekatan *hard structure*, pendekatan ini mempunyai keuntungan dalam jangka panjang. Berbeda dengan *hard structure*, *soft structure* mampu memberikan jasa dan layanan ekonomi, lingkungan dan sosial bagi masyarakat. Namun demikian, upaya perlindungan pantai melalui restorasi atau rehabilitasi vegetasi pantai ini membutuhkan proses yang cukup lama. Kegagalan dalam jangka pendek sering terjadi sebagai akibat dari kurangnya pemahaman akan proses rehabilitasi. Sebagai contoh, pengalaman dalam rehabilitasi pesisir Aceh misalnya, kelulusan hidup mangrove yang ditanam hanya berkisar 40% - hingga 60% saja (Wibisono and Suryadiputra, 2006).

Suatu studi oleh Setyawan (2010) di pantai utara Jawa Barat menunjukkan bahwa lokasi penanaman mangrove berada pada pantai yang tererosi. Hal ini menunjukkan bahwa, kegiatan penanaman mangrove di berbagai lokasi tersebut dilakukan dengan tujuan untuk mengatasi masalah erosi pantai dan memperbaiki kondisi lingkungan pantai yang rusak karena erosi. Namun demikian, hampir di seluruh lokasi penanaman yang tergambar dalam studi tersebut memperlihatkan adanya kegagalan dalam memastikan pertumbuhan mangrove pasca penanaman (lihat Tabel 1). Hal ini menjadi evaluasi untuk mencari solusi erosi pantai yang lebih efektif, yakni memastikan ekosistem mangrove bisa tumbuh dengan baik hingga memiliki fungsi peredam bencana yang optimal.

**Tabel 1.** Kondisi upaya penanaman mangrove pada berbagai lokasi di Pantai Utara Jawa Barat (Setyawan, 2010).

Lokasi	Karakter Pantai	Lokasi Penanaman	Kondisi Mangrove
Pantai Lontar, Serang.	Pantai bermorfologi rendah dengan rataaan depan pantai hasil erosi yang tersusun oleh batu lempung pejal	Penanaman di lakukan di atas rataaan depan pantai yang tersusun oleh batulempung pejal.	Mati
Pantai Krangkeng, Indramayu.	Pantai bermorfologi rendah dengan rataaan lumpur temporer	Penanaman dilakukan di atas rataaan lumpur temporer	Kehidupan Buruk
Pantai Tanjungpura, Indramayu.	Pantai bermorfologi rendah, berpasir, erosional dan telah diperkuat dengan pasangan batu. Memiliki rataaan depan pantai hasil erosi.	Penanaman mangrove dilakukan di atas timbunan pasir di belakang dinding pantai	Mati
Pantai Pegagan, Indramayu.	Pantai bermorfologi rendah, tersusun oleh batulempung pejal, erosional, ada endapan pasir temporer. Memiliki rataaan depan pantai hasil erosi.	Penanaman mangrove di atas endapan pasir/berm yang merupakan zona supar tidal	Mati
Pantai Muara Bugel, Indramayu.	Pantai bertebing dengan tinggi sekitar 1 meter, tersusun oleh batulempung penjal, dataran belakang pantai merupakan lahan persawahan. Memiliki rataaan depan pantai hasil erosi.	Penanaman mangrove dilakukan di lahan persawahan di dataran belakang pantai	Kehidupan Buruk (hampir mati)
Pantai Mundu, Cirebon.	Pantai pasir bermorfologi rendah, erosional. Memiliki rataaan depan pantai hasil erosi.	Penanaman mangrove dilakukan di atas endapan pasir/berm	Mati dan Buruk
Pantai Kramat, Tegal.	Pantai pasir bermorfologi rendah, erosional, dilatarbelakangi tebing setinggi sekitar 1 meter; dataran belakang pantai merupakan areal tambak yang tersusun oleh endapan pasir pantai	Penanaman mangrove dilakukan di atas endapan pasir/berm, di dalam petak-petak tambak	Kehidupan Buruk
Pantai Maribaya, Tegal.	Pantai pasir, bermorfologi redah, dataran belakang pantai tersusun enpan pasir pantai. Pantai stabil karena diperkuat dengan deretan groin.	Penanaman mangrove dilakukan di dalam kolam galian di dataran belakang pantai	Kehidupan Buruk

### C. Pengelolaan Risiko Terpadu (*Integrated Risk Management*)

Pengelolaan risiko terpadu adalah proses sistematis untuk mengurangi risiko bencana dengan memanfaatkan semua peluang yang berpotensi mengurangi risiko. Peluang tersebut dapat berupa kemampuan untuk beradaptasi, mengantisipasi dan mengurangi risiko bencana serta meningkatkan kemampuan untuk kembali pulih dari bencana. Pengelolaan risiko terpadu bekerja dengan memadukan upaya-upaya pengurangan risiko bencana, adaptasi perubahan iklim dan upaya restorasi dan pengelolaan ekosistem. Pengelolaan risiko terpadu bekerja pada lingkup kebencanaan yang bersifat geofisik, hidrologis, meteorologis dan klimatologis, dengan menggunakan pendekatan berbasis bentang alam.

Pengelolaan risiko terpadu akan bekerja dengan mengedepankan solusi-solusi alami (*nature base solution*), dan memperhatikan aspek perekonomian masyarakat setempat yang ada di dalam ekosistem tersebut. Secara garis besar, pengelolaan risiko terpadu mempunyai karakteristik utama sebagai berikut:

- Kajian difokuskan pada pra bencana, dengan melakukan analisa risiko bencana dan analisis kecenderungan dan prediksi iklim masa depan, dengan memperhatikan semua tipe bencana, dan memperhitungkan baik risiko jangka panjang maupun jangka pendek.
- Mengedepankan dan memperhitungkan peran penting ekosistem sebagai peredam bencana.
- Bertindak sebagai jembatan diantara solusi dan pengalaman lokal dan perkembangan serta solusi global.
- Mempergunakan pendekatan lanskap/bentang alam, memahami fungsi dan jasa ekosistem dan berpikir diluar batas administrasi.
- Bekerja dengan mengurangi penyebab risiko, membangun kapasitas dan sumberdaya dan memberdayakan ekonomi masyarakat.
- Mengintegrasikan berbagai pendekatan (multidisiplin) dan mendorong kemitraan antar pemangku kepentingan

## Pengelolaan Risiko Terpadu *Integrated Risk Management (IRM)*



*Gambar 4. Skema Prinsip-prinsip Pengelolaan Risiko Terpadu/ Integrated Risk Management (IRM)*



*Sedimen yang terperangkap di dalam struktur permeabel (Foto: Apri Susanto Astra)*

## 2. Konsep Dasar dan Aplikasi Struktur Permeabel

### 2.1 Konsep Dasar

Dalam kondisi yang seimbang, dataran pada pantai berlumpur pada umumnya berbentuk cembung. Terjadinya perubahan tataguna lahan atau pembangunan infrastruktur dapat menyebabkan perubahan pasokan sedimen di areal pantai dan perubahan tinggi gelombang secara lokal. Akibatnya, daya erosi gelombang tidak bisa diimbangi oleh pemindahan sedimen ke dalam sistem pantai, sehingga garis pantai mulai bergeser mundur. Selanjutnya, mangrove dibagian tepi pantai akan mulai terganggu dan perlahan hilang atau rusak dan menyebabkan proses sedimentasi akan semakin berkurang. Akhirnya, dataran lumpur yang semula cembung akan menjadi cekung (Winterwerp, 2013).

Perubahan profil dataran lumpur dari cembung menjadi cekung ini menjadi penyebab mengapa usaha rehabilitasi mangrove mengalami kegagalan. Perubahan profil akan mengubah kedalaman atau lamanya genangan air. Regenerasi atau perkembangan alami tidak akan dapat terjadi, dan upaya-upaya penanaman akan gagal karena kematian atau terhempas gelombang, dan akhirnya bibit tercabut. Oleh karenanya, diperlukan upaya pengembalian garis pantai sehingga dapat menunjang pertumbuhan mangrove terlebih dahulu sebelum pertumbuhan alami mangrove atau penanaman dapat berhasil (Winterwerp, 2013).

Gelombang dan arus merupakan komponen yang mempengaruhi pengangkutan sedimen. Oleh karena itu, kedua faktor tersebut dapat merubah garis pantai dan bentuk lahan melalui proses erosi dan pengendapan (Arnott, 2010). Dalam kondisi pantai tererosi, terjadi pemindahan sedimen dari titik terjadinya erosi ke lokasi lain. Untuk menghentikan erosi, keseimbangan sedimen harus dikembalikan

dengan memperbanyak sedimentasi. Hal ini dapat dicapai dengan menempatkan struktur permeabel, dengan tujuan untuk menciptakan zona energi rendah sehingga cukup banyak sedimen yang dapat mengendap dan tidak kembali terangkut oleh gelombang pada periode pasang selanjutnya.

Struktur permeabel adalah suatu struktur seperti bendung yang mempunyai sifat dapat meloloskan air (permeabel). Struktur ini mempunyai suatu bagian yang terdiri atas bahan-bahan yang dapat melewatkan air tetapi memerangkap sedimen atau lumpur yang terbawa bersama air. Bahan permeabel ini akan disusun atau ditumpuk dan ditahan dengan serangkaian tiang dan palang sehingga menyerupai bendung. Bahan permeabel yang dipakai dapat berupa ranting kayu, rumput atau bahan lainnya. Dengan struktur permeabel ini, energi gelombang akan diredam dan tidak dipantulkan, sehingga menciptakan suatu kondisi yang memungkinkan terjadinya penambahan sedimen.



*Gambar 5. Struktur permeabel di Desa Bedono, Kecamatan Sayung Kabupaten Demak. Pada latar depan terlihat bekas bangunan pemecah ombak dengan besi beton.*

Struktur permeabel dikembangkan untuk secara temporer bertindak sebagaimana fungsi akar mangrove dalam mengurangi energi gelombang dan memerangkap sedimen. Struktur permeabel bersifat temporer tetapi harus bertahan cukup lama sampai sedimen stabil dan pertumbuhan alami mangrove dapat berlangsung.

Struktur permeabel tidak dimaksudkan untuk berfungsi sebagai penahan gelombang, tetapi ditujukan untuk meningkatkan tangkapan sedimen halus dengan cara alami. Dalam hal ini bahan pengisi dalam struktur permeabel yang terbuat dari ranting-ranting kayu atau bahan lainnya, akan berlaku sebagai lapisan permeabel yang membebaskan arus pasang lewat, tetapi menahan sedimen halus yang terangkut.

Tujuan atau fungsi dari konstruksi permeabel pada skala lanskap adalah untuk memperkecil erosi dan mendapatkan kembali lahan lahan yang hilang dengan cara merestorasi keseimbangan sedimen dari semula berupa pantai yang tererosi menjadi pantai yang terakresi. Hal ini akan memberi peluang mangrove untuk tumbuh dengan baik sehingga dapat mencegah erosi dan memberikan jasa lingkungan dari ekosistem mangrove.

Untuk menunjang proses rehabilitasi, setelah struktur permeabel dibuat dan pengendapan sedimen berlangsung, dianjurkan untuk memperbaiki kondisi hidrologi kawasan pantai. Perbaikan hidrologi antara lain dilakukan dengan menaturalisasi anak sungai atau pembongkaran bendung atau tanggul-tanggul kecil di pedalaman yang memastikan pasokan air tawar yang cukup dan kondisi karakteristik pasang surut yang sesuai untuk pertumbuhan mangrove (Sensu Lewis, 2005).

Dalam banyak kejadian, penanaman kembali tidak diperlukan selama ada persediaan bibit atau tanaman indukan di sekitar struktur permeabel yang melimpah, terutama dari jenis yang propagulnya dapat tersebar cepat dan luas (misalnya *Sonneratia* dan *Avicennia*). Tumbuhan mangrove akan tumbuh dengan sendirinya asalkan kondisi lingkungannya sesuai. Penanaman mungkin diperlukan jika di sekitar lokasi tidak tersedia cukup banyak tanaman induk yang dapat menghasilkan propagul.

## 2.2. Pembangunan Struktur Permeabel

### A. Kajian Kelayakan

Tahapan ini berada satu langkah di depan persiapan pembangunan struktur permeabel. Tahapan ini merupakan sebuah kajian menyeluruh terhadap kelayakan rencana pembangunan struktur permeabel di suatu lokasi. Tahapan ini akan menjadi tahapan yang menentukan pada rencana pembangunan yang disertai program-program pendampingan.

Lingkup kajian ini dapat lebih luas dari lingkup tapak ditempatkannya konstruksi struktur permeabel. Jika dalam hal pelaksanaan konstruksi, pemilihan lokasi berarti titik dimana konstruksi akan dibangun, maka dalam tahapan ini pemilihan lokasi dapat diartikan pemilihan desa, atau lingkup administrasi pemerintahan yang lebih tinggi. Sesuai prinsip pendekatan lanskap dalam kerangka pengelolaan risiko terpadu maka kajian ekologi akan dilakukan pada skala lanskap.

Kajian akan memberikan penilaian atas sejumlah calon lokasi dan menetapkan lokasi yang membutuhkan. Kajian tidak harus diakhiri dengan hasil positif, karena terdapat kemungkinan suatu lokasi tidak membutuhkan intervensi yang ditawarkan. Sebagai sebuah program yang dikembangkan secara partisipatif dan kolaboratif, maka kajian kelayakan juga mencakup hal-hal sebagai berikut:

- Pembangunan konsep pendekatan program.
- Identifikasi pemangku kepentingan.
- Pembangunan jaringan terhadap para pemangku kepentingan.
- Pemilihan manajer lokal dan fasilitator berikut program pelatihannya.

## B. Persiapan dan Perencanaan Konstruksi

### Sosialisasi

Idealnya, proyek pembangunan struktur permeabel adalah proyek yang dirancang bersama, dikerjakan bersama untuk mengatasi permasalahan bersama dan hasilnya kelak bisa dinikmati bersama. Sosialisasi harus dilakukan dan mencakup seluruh pemangku kepentingan terutama di tingkat lokal. Pemahaman akan konsep struktur permeabel, harus dibangun sehingga dapat dimengerti oleh semua pihak. Di sisi lain, pemrakarsa pembangunan struktur permeabel dapat meminta pendapat dan saran terkait pembangunan struktur permeabel.

### Aspek tenurial dan rencana pengelolaan

Dalam beberapa kasus, erosi pantai telah mencapai lahan-lahan yang semula adalah lahan budidaya milik masyarakat. Dalam kasus yang lain, kepemilikan yang semula dipegang oleh warga setempat telah beralih ke pihak lain di luar warga setempat. Jika kondisi ini terjadi, kesepakatan antara pemrakarsa pembangunan dengan pemilik harus dibangun. Kesepakatan ini dapat difasilitasi oleh pihak desa atau aparatur lain di tingkat yang lebih tinggi.

Permasalahan kepemilikan lahan ini tidak selalu harus diselesaikan dengan pembebasan lahan. Kesepakatan penting yang harus dibangun adalah bahwa selama proyek berlangsung tidak terjadi tindakan dari pemilik lahan yang dapat mengganggu keberhasilan proyek.

Dari sisi kebijakan, pada tanggal 9 Mei 1996, Menteri Negara Agraria/Kepala Badan Pertanahan Nasional telah mengeluarkan surat edaran nomor 410-1293 yang menjelaskan permasalahan tanah timbul, tanah hasil reklamasi dan tanah yang hilang akibat bencana. Terdapat dua butir penting dalam surat edaran tersebut yang berkaitan dengan pembangunan struktur permeabel. Dua hal tersebut adalah sebagai berikut:

- Tanah-tanah yang hilang secara alami, baik karena erosi pantai, tenggelam atau hilang karena longsor, tertimbun atau gempa bumi, atau pindah ke tempat lain karena pergeseran tempat (*land slide*), maka tanah-tanah tersebut dinyatakan hilang dan haknya hapus dengan sendirinya. Selanjutnya pemegang haknya tidak dapat minta ganti rugi kepada siapa-pun dan tidak berhak menuntut apabila di kemudian hari di atas bekas tanah tersebut dilakukan reklamasi/penimbunan dan/atau pengeringan (polder).
- Tanah-tanah reklamasi dinyatakan sebagai tanah yang dikuasai oleh negara dan pengaturannya dilaksanakan oleh Menteri Negara Agraria/Kepala Badan Pertanahan Nasional. Pihak yang melakukan reklamasi dapat diberikan prioritas pertama untuk mengajukan permohonan hak atas tanah reklamasi tersebut.

Perencanaan pengelolaan di masa depan dari lokasi proyek juga harus ditegaskan, baik pada lokasi yang berstatus sebagai lahan dengan hak milik atau lahan publik. Pokok terpenting dalam perencanaan masa depan adalah tidak mengulang kesalahan pengelolaan di masa lalu. Jika dahulu erosi pantai terjadi sebagai akibat pembukaan mangrove secara serampangan untuk keperluan budidaya apakah di masa depan, apakah lahan tersebut akan kita kelola dengan cara yang sama? Atau jika kita masih mempertahankannya sebagai areal budidaya apakah kita akan menerapkan pola budidaya yang sama?. Selain itu, pengambilan keputusan bisa tampak mudah

ketika lahan yang menjadi lokasi proyek tidak memberikan keuntungan besar atau bernilai jual tinggi. Tetapi jika nantinya proyek berhasil, erosi pantai dapat dicegah, lahan dapat distabilkan, masihkah pemilik lahan berpikir sama?

Berdasarkan hal-hal tersebut di atas, dengan mempertimbangkan aspek keberlanjutan, penguasaan atas lahan yang dihasilkan dari keberhasilan pembangunan struktur permeabel sebaiknya tetap di tangan pemerintah (pemerintah daerah) dan dikelola sebagai kawasan sabuk hijau pesisir.

### **Dukungan**

Meskipun gagasan proyek struktur permeabel dapat berasal dari masyarakat setempat (desa), pemrakarsa sebaiknya meminta dukungan instansi terkait atau pemerintah daerah. Dukungan dapat berupa bantuan teknis dan administrasi, dukungan berupa perangkat kebijakan yang menjadi payung kegiatan atau berupa integrasi kegiatan pembangunan struktur permeabel ke dalam perencanaan daerah.

#### **Apakah Pembangunan Struktur Permeabel Memerlukan AMDAL /UKL-UPL ?**

Dalam Permen PU No. 10/PRT/M/2008, dijelaskan bahwa untuk pembangunan struktur untuk pengamanan pantai dan perbaikan muara sungai, maka jika bangunan tersebut berupa bangunan sejajar pantai (revertmen, tembok laut/*seawall*, dan pemecah gelombang/*breakwaters*) lebih dari 1 km atau bangunan tegak lurus pantai (groin) 10 m - < 500 m untuk pembangunannya memerlukan Upaya Pengelolaan Lingkungan Hidup dan Upaya Pemantauan Lingkungan Hidup (UKL-UPL)

### **Tata waktu kegiatan**

Harus diingat bahwa proyek akan dikerjakan pada kondisi cukup sulit dan sangat dipengaruhi oleh faktor lingkungan seperti cuaca dan pasang surut. Pelaksanaan konstruksi sebaiknya dilaksanakan pada periode angin tenang. Pemilihan waktu pelaksanaan dapat mengikuti kalender musim yang dipakai masyarakat setempat.

Jika waktu pelaksanaan sudah didapatkan, lakukan hitung mundur untuk persiapan pengadaan bahan. Meskipun bahan yang diperlukan terlihat sederhana dan mudah didapat, kebutuhan bahan yang banyak menjadikan pemenuhannya dapat mengalami kendala. Sediakan waktu cadangan untuk pengadaan bahan, termasuk pengangkutan jika harus didatangkan dari tempat yang jauh. Sediakan tempat pengumpulan, dan alokasikan waktu untuk memindahkan bahan dari tempat pengumpulan ke lokasi kerja.

### Survei lokasi

Survei dilakukan untuk mengamati dan mengukur pasang surut air laut, kondisi dan kedalaman lumpur, sumber sedimen, tata air/hidrologi, arus, dan keberadaan/kondisi ekosistem mangrove.

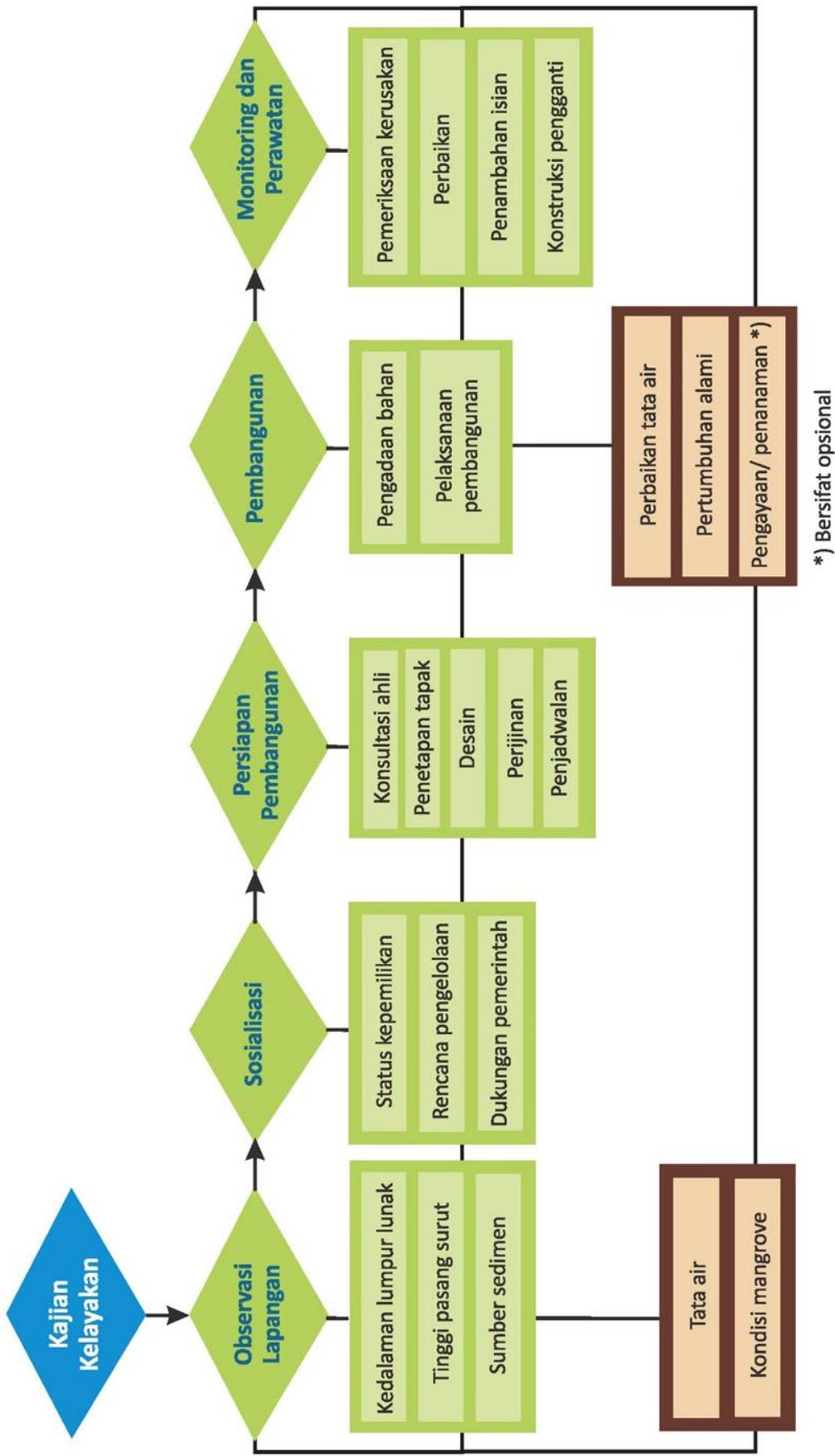
Hal pertama yang harus dilakukan adalah mengetahui tinggi pasang surut air laut di lokasi yang akan dibangun struktur permeabel. Diperlukan tiang pengukur untuk mengetahui tinggi air dan sebuah datum/papan penunjuk data vertikal atau papan peilskal yang menjadi acuan pengukuran relatif terhadap tinggi pasang surut. Selanjutnya mengumpulkan informasi mengenai kondisi dan kedalaman substrat lumpur. Lumpur bagian atas cenderung lebih cair dan kurang kuat menahan beban. Lapisan yang dicari adalah lapisan lumpur yang padat yang dapat menyangga beban konstruksi. Jika kedalaman dari lumpur cair dan lumpur yang padat sudah diketahui, selanjutnya tinggi pasang surut juga dapat diketahui, maka kebutuhan tinggi minimal tiang dapat diketahui. Harus dipastikan bahwa semua pengukuran mengacu atau mengambil referensi datum vertikal yang sama.

Hal penting lainnya yang harus dikumpulkan pada saat survei lokasi adalah sejarah perkembangan lingkungan di lokasi tersebut. Warga masyarakat yang sudah lama tinggal di lokasi tersebut bisa menjadi sumber informasi. Informasi kondisi tata air dan komunitas mangrove yang masih ada juga harus dikumpulkan. Perbaikan tata air mungkin diperlukan untuk menunjang bibit alami mangrove agar dapat tersebar dan berkembang secara alami. Penanaman mangrove atau pengayaan bersifat pilihan dan tidak selalu diperlukan. Dalam hal komunitas mangrove sudah sangat terdegradasi, penanaman mangrove mungkin diperlukan.



*Gambar 6. Contoh buah (biji) tumbuhan mangrove yang berpotensi tersebar luas dengan perantara air*

Diagram berikut ini memperlihatkan keseluruhan tahapan pembangunan struktur permeabel. Garis panah menunjukkan alur tahapan kerja, dan kotak kotak di bawahnya berisi aktifitas yang harus dilakukan. Diagram alir ini merangkum 3 aspek dalam pembangunan struktur permeabel. Aspek pertama adalah analisis kebutuhan, aspek kedua adalah konstruksi fisik struktur permeabel, dan aspek ketiga adalah ekologi mangrove.



Gambar 7. Diagram alir proses pembangunan struktur permedabel

## C. Konstruksi Struktur Permeabel

### c.1. Komponen dan Pilihan Bahan

Komponen utama struktur permeabel terdiri atas **tiang dan palang, bahan pengisi dan bahan pendukung.**

#### 1. Tiang dan Palang

Tiang berfungsi sebagai kerangka struktur permeabel yang ditancapkan ke dalam lapisan lumpur padat di bawah air. Diameter tiang yang disarankan adalah 15 cm, atau sedikitnya 12 cm di kedua ujung. Tiang yang lebih besar tidak selalu lebih kuat karena kekuatan dipengaruhi oleh banyak faktor. Jika tiang lebih besar kemungkinan harga akan lebih mahal dan yang pasti lebih berat dan lebih sulit dipasang.

Untuk memperkuat kedudukan tiang, tiang akan diikat dengan palang horizontal dan palang memanjang. Palang horizontal akan mengikat dua tiang yang berhadapan, sedangkan palang memanjang akan mengikat beberapa tiang yang bersisian. Jika diperlukan kedudukan tiang dapat juga diperkuat dengan penyangga diagonal (selanjutnya lihat gambar desain).

Terdapat beberapa pilihan bahan yang dapat dipergunakan untuk tiang dan palang, yang masing-masing memiliki kekurangan dan kelebihan.

- Bambu merupakan salah satu pilihan bahan yang dapat dipergunakan sebagai bahan tiang. Bahan ini cukup kuat dan harga yang cukup murah. Pilihan terbaik ada pada bambu betung karena diameternya yang besar dan tebal. Jika dipergunakan jenis bambu yang lain pilihan ada pada jenis bambu ori atau bambu duri. Bambu duri ukurannya tidak sebesar bambu betung tetapi umumnya ketebalannya cukup dan ruasnya yang pendek menjadikan bambu duri cukup kokoh. Dianjurkan untuk memilih bambu duri yang diameternya besar. Jenis bambu yang lain seperti bambu ater maupun bambu tali tidak dianjurkan karena dimeternya kecil dan ketebalannya kurang.



*Gambar 8. Bambu-bambu yang dipergunakan sebagai tiang pada struktur permeabel (Foto: Eko Budi Priyanto)*

- Jika menggunakan bahan kayu sebagai tiang, pilihan yang baik adalah kayu gelam. Kayu jenis ini umumnya lurus yang memudahkan untuk pemasangan. Hanya saja yang tersedia di lapangan umumnya diameter kecil atau sedang, selain itu pilihan ukuran panjang terbatas. Untuk keperluan pembangunan struktur permeabel sebaiknya dipesan yang diameternya cukup besar dan belum dikupas kulitnya. Secara alami kulit gelam yang tebal membantunya bertahan dalam kondisi hampir selalu tergenang, manfaat yang sama diharapkan masih diperoleh ketika kayu tersebut dipakai sebagai bahan struktur permeabel. Melihat praktek pemanfaatan kayu gelam sebagai cerucuk tanggul tambak misalnya, umumnya kulit kayunya tidak dikupas.
- Pipa PVC dengan isi cor beton/semèn. Pilihan bahan ini adalah pilihan yang mahal. Dari segi keawetan, bahan ini mempunyai ketahanan lebih baik jika dibandingkan bambu maupun gelam terutama terhadap gangguan teritip atau sejenisnya. Bahan PVC Jika menggunakan bahan ini, waktu persiapan pra konstruksi harus cukup tersedia.

## 2. Bahan Pengisi

Bahan pengisi akan bertindak sebagai struktur permeabel yang sebenarnya. Bahan pengisilah yang akan menahan sedimen di belakang struktur. Bahan pengisi sebaiknya bahan yang mampu ditembus oleh air dan mampu memerangkap sedimen. Sebaiknya, bahan pengisi ini bukan bahan yang sangat mudah lapuk. Untuk kasus di Demak, bahan yang dipakai dalam pembangunan struktur permeabel adalah ranting-ranting kayu. Tidak ada anjuran khusus tentang jenis kayu yang dipakai, tetapi lebih baik jika digunakan ranting yang cukup keras sehingga tidak terlalu mudah melapuk. Dianjurkan untuk tidak menggunakan ranting terlalu besar, kisaran diameter 3- hingga 5 sampai 7 cm adalah cukup. Ukuran yang terlalu besar dengan bentuk yang sangat tidak teratur akan terlalu banyak membentuk ruang kosong ketika dipasang.



*Gambar 9. Ranting-ranting kayu sebagai pengisi lapisan permeabel (Foto: Eko Budi Priyanto)*

### **3. Bahan Pendukung**

Bahan pendukung adalah bahan yang diperlukan untuk memastikan agar bahan pengisi tidak hanyut, di antaranya adalah jaring nylon, tali nylon dan karung pasir.

Bahan pertama berupa jaring nilon yang akan menutup sisi depan, sisi belakang dan bagian atas tumpukan bahan pengisi. Jaring ini akan mencegah bahan pengisi terhanyut, terutama pada waktu bahan pengisi mulai melapuk. Penutupan di bagian atas tumpukan juga mencegah tumpukan bahan pengisi terangkat dan akhirnya terhanyut oleh air.

Bahan pendukung kedua adalah tali nilon. Tali nilon dipilih karena cukup awet dan kuat. Tali nilon digunakan untuk mengikat palang memanjang ke tiang, untuk mengikat jaring ke palang memanjang dan mengeratkan jaring untuk menutup bagian atas tumpukan, dan juga dipakai untuk mengikat bahan pengisi menjadi bundel-bundel.

Pilihan tali dan jaring nilon karena murah dan mudah dipasang. Penggunaan kawat baja berlapis tidak dianjurkan selain karena mahal juga sulit dipasang dan dibuka. Jaring yang bisa bertahan 2-3 tahun sudah memadai. Jaring dan tali dari bahan polyethylene tidak disarankan karena cepat rusak jika terkena matahari. Tali dari bahan serat alam juga tidak dianjurkan karena mudah sekali melapuk.

Bahan pendukung ketiga adalah karung pasir yang berfungsi sebagai pemberat jaring nilon di bagian bawah. Pemberat ini akan menahan bagian bawah jaring nilon tetap pada tempatnya. Pemberat karung pasir dipilih karena mudah penempatannya dan cukup stabil.

#### **c.2. Lokasi dan Desain Makro**

Pada dasarnya setiap wilayah mempunyai suatu kondisi fisik seperti iklim, geologi dan hidrologi yang berbeda. Dengan demikian perancangan secara makro tidak dapat dilakukan hanya dengan sekedar menjalankan “salin-tempel” atau “copy-paste” saja. Setiap areal yang akan dibangun harus dikaji dengan seksama. Disarankan bagi pemrakarsa proyek pembangunan struktur permeabel untuk berhubungan dengan ahli profesional atau ilmuwan untuk berkonsultasi.

Lokasi pembangunan struktur harus memperhatikan alur sungai yang memungkinkan penambahan sedimen dan mengangkut bibit mangrove. Struktur permeabel tidak boleh menghalangi aliran sungai. Struktur harus ditempatkan cukup dekat dengan garis pantai saat ini, sehingga:

- Ukuran area di belakang struktur cukup kecil untuk mencegah pengangkutan kembali hasil sedimentasi oleh gelombang yang digerakkan oleh angin. Jika Areal di belakang struktur permeabel terlalu luas, arus menjadi lebih kuat dan bisa mengangkut balik sedimen kembali ke laut.
- Proses sedimentasi masih berjalan untuk menjadi sumber sedimen yang akan mengisi area di balik struktur permeabel. Perlu dicek di lapangan, bahwa setidaknya di sekitar lokasi masih ada proses pengendapan, misalnya berasal dari lumpur yang terangkut oleh sungai di bagian hulu. Jika tidak ada sedimen yang dibawa sungai, harus dihitung persediaan sedimen di lokasi tersebut terlebih dahulu.

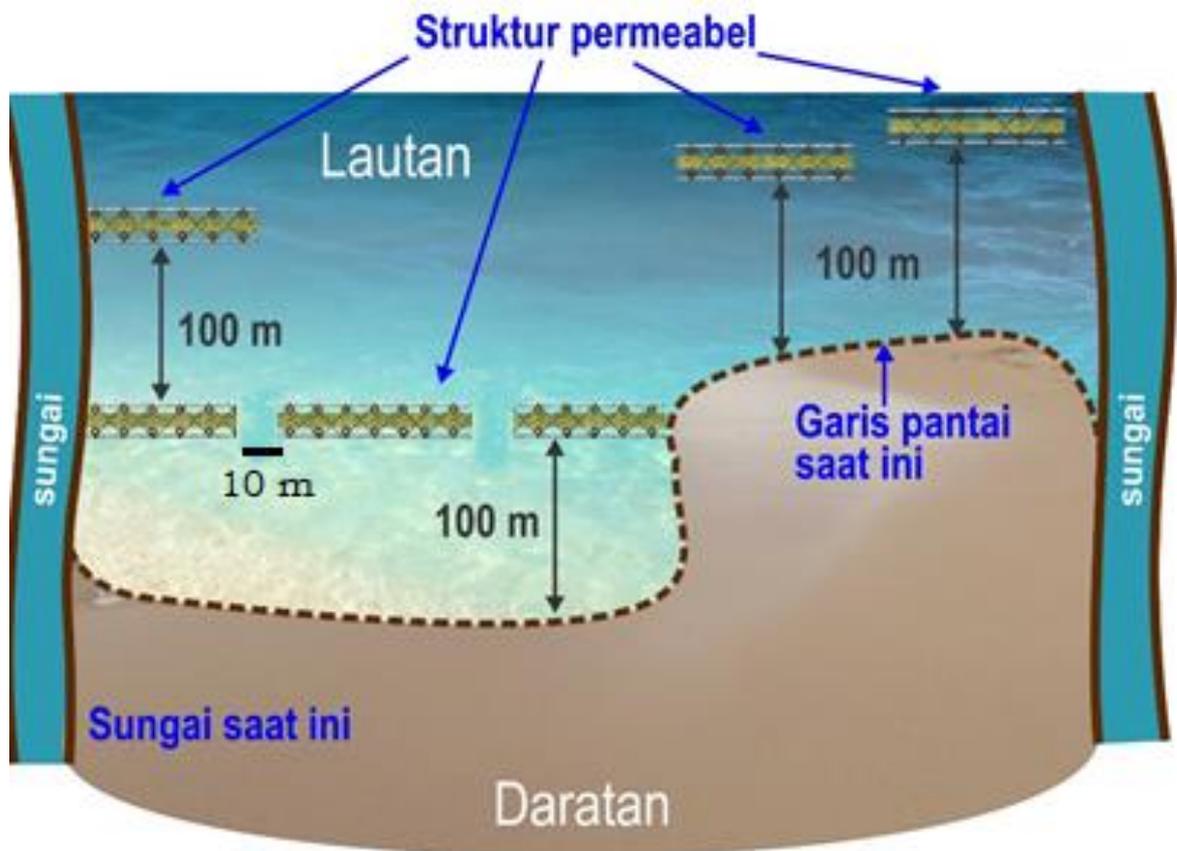
- Bibit mangrove secara alami dapat bermigrasi ke daerah pasang surut yang baru, yaitu dataran lumpur yang terbentuk sebagai hasil dari pembutan struktur permeabel.
- Arus yang masuk melalui bukaan struktur dapat membawa sedimen tersuspensi ke bagian belakang area.

Ukuran kedekatan dengan garis pantai yang optimal untuk suatu daerah harus ditentukan dengan memperhitungkan jumlah material sedimen, kekuatan arus, arah arus dan aspek oseanografis lainnya. Dalam proyek pembangunan struktur permeabel di Demak misalnya, jarak dari garis pantai yang ditetapkan adalah 100 meter. Jarak bisa berbeda dari satu lokasi ke lokasi lainnya tergantung beberapa factor yang telah disebutkan diatas, dalam pengaplikasiannya, bisa dilakukan bertahap dengan jarak terdekat terlebih dahulu. Bila memungkinkan, struktur harus terhubung ke *revetment* atau hutan mangrove yang tersisa untuk memastikan ujung struktur tidak mudah roboh.

Struktur permeabel harus berorientasi tegak lurus terhadap arah gelombang utama, untuk memaksimalkan perangkap sedimen. Panjang struktur individu tergantung pada kondisi lokal, seperti ukuran partikel dan jumlah sedimen tersuspensi, rentang atau tunggang pasang surut, dan dimensi gelombang. Lebar bukaan antar 2 struktur bersisian tergantung pada prisma pasang surut atau volume air dari laut yang masuk atau keluar dari sungai melalui mulut sungai, yaitu antara titik balik air surut dan titik balik air pasang. Untuk contoh di Demak, lebar bukaan adalah 10 meter.

Struktur baru dapat dibangun pada arah laut setelah struktur yang sebelumnya terisi dengan sedimen yang cukup hingga pada level yang memungkinkan mangrove untuk tumbuh. Logika sederhananya, di lokasi pembangunan, semula air terlalu dalam sehingga bibit mangrove mati. Jika sedimen bertambah, permukaan bertambah tinggi, lama genangan berkurang, sehingga bibit mangrove berpotensi tumbuh. Struktur baru juga dapat dibangun setelah tinggi sedimen yang terkumpul berada di atas rata-rata air saat pasang dan atau mangrove sudah tumbuh secara alami. Tidak disarankan membangun struktur berderet ke depan sekaligus karena justru akan menghalangi sedimentasi di bagian belakang.

Pada areal bekas tambak, sedapat mungkin struktur di bekas-bekas tanggul. Tanggul bekas tambak yang merupakan tanah padat dapat menjadi pondasi yang lebih kuat bagi struktur. Oleh karena itu, perancangan spasial harus memperhitungkan posisi kelompok akuakultur sebelumnya. Lokasi yang tepat dari struktur permeabel harus didiskusikan dengan masyarakat setempat dan berdasarkan survei lapangan.



**Gambar 10.** Contoh penempatan struktur permeabel

Meskipun sesungguhnya untuk membuat desain makro diperlukan permodelan, tetapi angka tetapan jarak seperti yang disajikan dalam gambar 10 diperkirakan sudah mendekati pada angka yang dapat aplikasikan secara umum. Hal ini dapat dipahami dengan logika yang sederhana saja. Jika jarak struktur dengan daratan lebih dari 100m proses pengisian sedimen akan semakin lama, tetapi jika terlalu dekat, penambahan daratannya yang kurang efektif. Terkait dengan lebar bukaan yang dipengaruhi oleh prisma pasang surut dapat dipahami bahwa, dengan semakin tingginya prima pasang surut volume air yang melewati bukaan akan semakin banyak dan itu kana mempengaruhi jumlah sedimen yang terangkut untuk mengisi area di belakang struktur.

### **c3. Dimensi dan Desain Satuan Konstruksi**

#### **1. Tiang**

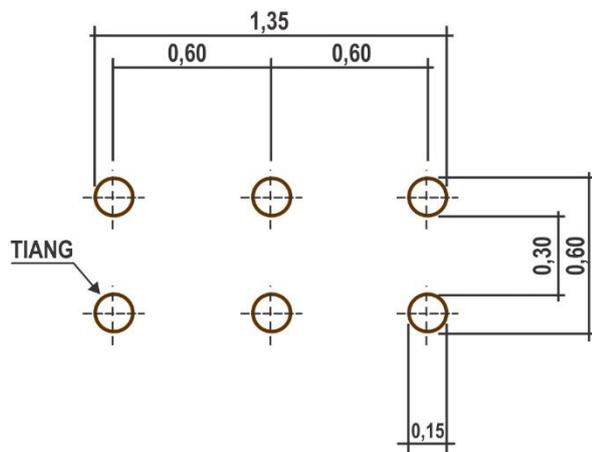
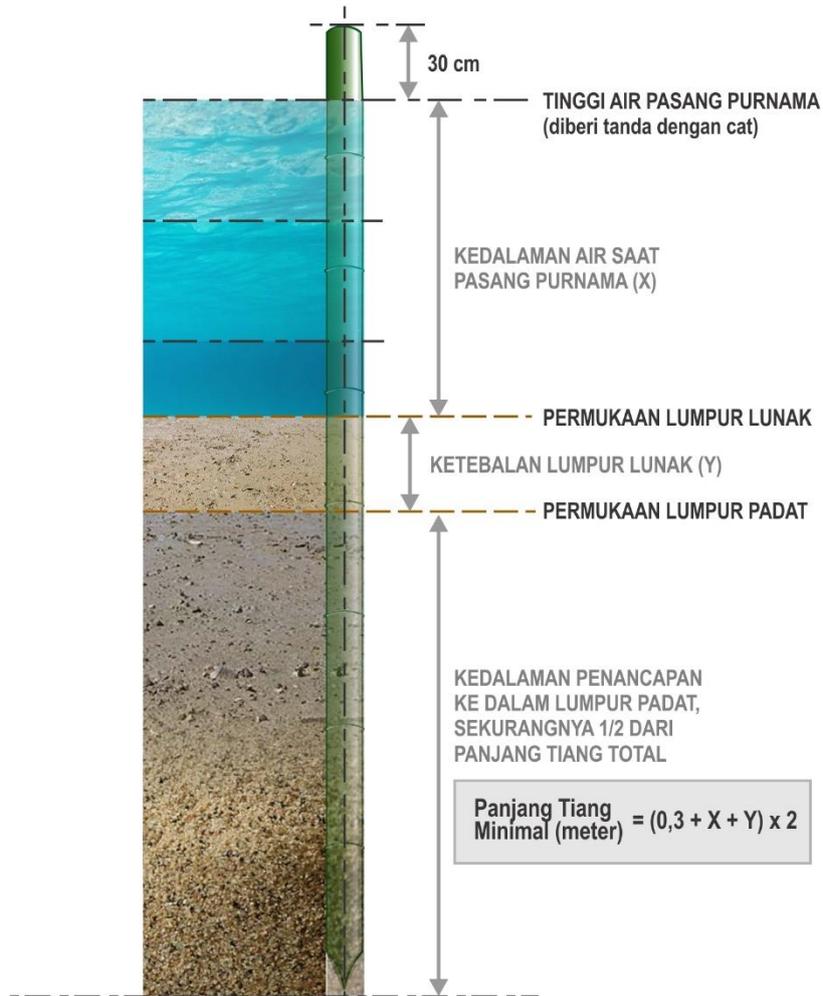
Dalam membangun struktur permeabel terdapat hal-hal penting yang harus diperhatikan dengan seksama, yaitu:

- Jika tiang gagal berfungsi atau rusak, itu berarti struktur permeabel juga mengalami kegagalan. Pastikan diameter tiang mendekati ukuran 12-15 cm.
- Tinggi tiang mengikuti hasil pengukuran kedalaman lumpur pada saat survei. Sebagaimana terlihat pada gambar 11, panjang tiang harus mencapai permukaan sedikitnya 0.3 m di atas rata-rata pasang tertinggi. Posisi ini memungkinkan kita menempatkan bahan pengisi lebih banyak hingga melebihi rata-rata pasang tertinggi untuk mengantisipasi pemadatan akibat pelapukan. Pastikan tinggi lapisan bahan pengisi melebihi tinggi rata-rata pasang tertinggi.

Untuk memastikan tidak terbawa arus saat badai, setengah (1/2) dari total panjang tiang harus tertancap pada lumpur padat (bagian dibawah lumpur yang lembek dan mudah terkikis).

Untuk kedalaman air pasang purnama, lumpur lunak ( $0.3+X+Y$ ) yang melebihi 2 meter, maka total panjang tiang yang tertancap pada lumpur padat minimal 2 meter.

- Jarak tiang bersisian 0.6 m dan jarak berhadapan pada sisi dalam tiang adalah 0.3 m. Ukuran lebar konstruksi dan jarak antar tiang secara detil dapat dilihat pada gambar 11 dan gambar 12. Dari gambar tersebut dapat diketahui bahwa jarak antar 1 tiang dengan tiang di sampingnya adalah 0.6 m diukur dari pusat tiang. Jarak 2 tiang berhadapan adalah 0.3 m diukur dari sisi dalam tiang, dengan diameter tiang 15 cm, jarak dua tiang berhadapan jika diukur dari sisi luar tiang adalah 0.6 m. Jarak ini harus dijaga meskipun untuk memasangnya akan sedikit kesulitan. Jika jarak diperlebar, ada kemungkinan lebih mudah dipasang tetapi akan lebih banyak membutuhkan material pengikat material pengisi. Perhatikan kondisi lumpur yang informasinya diperoleh pada saat survei. Untuk mengantisipasi arus pada saat badai, pastikan tiang tertancap cukup dalam.



## TATA LETAK TIANG

SKALA 1: 20

*Gambar 11. Penetapan panjang tiang minimal (tampang samping) dan Konfigurasi tiang dari struktur permeabel (tampak atas).*

## 2. Palang Melintang, Palang Memanjang dan Struktur Penguat

Palang melintang, palang memanjang digunakan untuk memasang tali. Palang-palang tersebut berfungsi menahan tiang. Bahan yang dianjurkan adalah bambu karena murah dan cukup awet. Palang ini dapat diperbaiki 2 kali setahun bersamaan dengan penambahan kembali bahan pengisi.

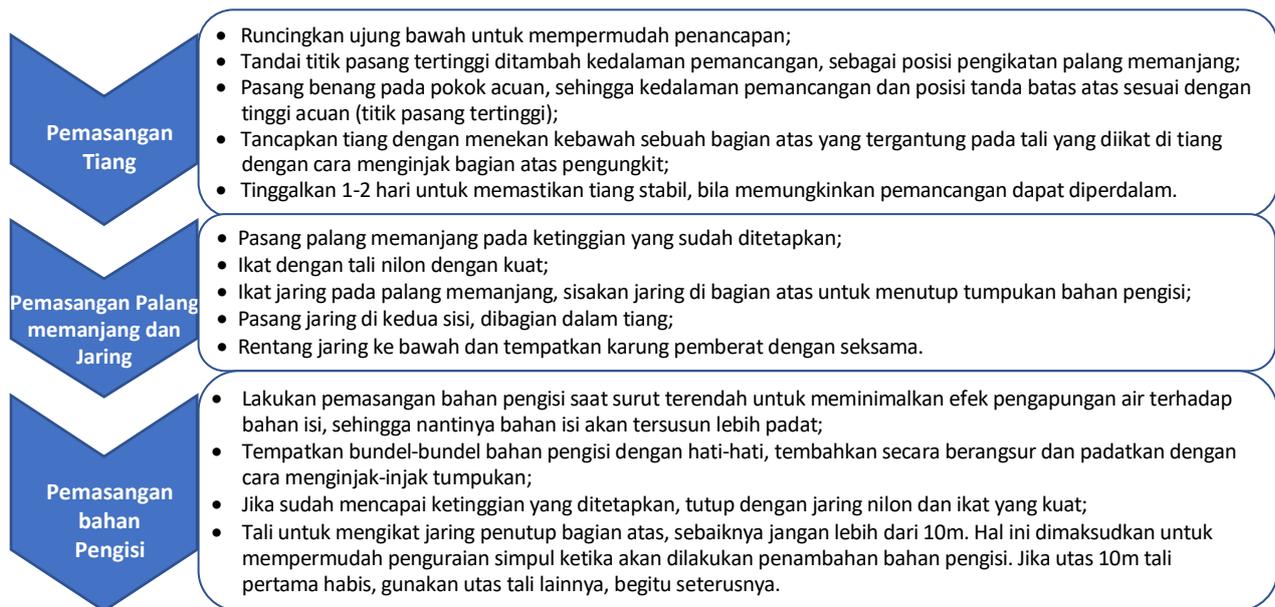
Penguat di bagian belakang tiang seperti penahan diagonal dengan atau tanpa tiang tambahan akan memberikan kekuatan tambahan. Meskipun memberikan kekuatan tambahan, tetapi mungkin tidak diperlukan sama sekali, tergantung dari situasi di lapangan (selanjutnya lihat gambar desain).

### c.4. Tatacara Pemasangan Struktur

Penting untuk diperhatikan bahwa, dimensi bangunan mempunyai acuan relatif berupa tinggi air saat pasang purnama (lihat gambar 11). Gambar 13 menjelaskan tentang tatacara pemancangan tiang dilengkapi dengan ilustrasi pengukuran tinggi tiang. Informasi penting terkait ukuran tinggi tiang adalah sebagai berikut:

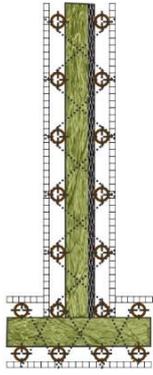
- Tiang ditancapkan adalah sepanjang  $(0.3+x+y)$  meter (lihat gambar 11) atau sekurang-kurangnya 2 meter diukur dari lapisan lumpur padat apabila panjang  $(0.3+x+y)$  melebihi 2 meter.
- Bahan pengisi harus melebihi tinggi permukaan air pada saat pasang tertinggi
- Bagian bawah bahan pengisi sebagian terkubur di bawah lapisan lumpur lunak.
- Bahan pemberat (karung pasir) untuk menahan jaring ditempatkan di atas lapisan lumpur padat (terkubur oleh lapisan lumpur lunak).

Tatacara pemasangan dielaborasi dalam diagram di bawah ini.



Gambar 14, 15 dan 16 masing-masing menunjukkan desain makro yang lebih simpel, prinsip pemasangan jari dan bahan pemberat serta prinsip pemancangan tiang.

STRUKTUR PERMEABEL 2

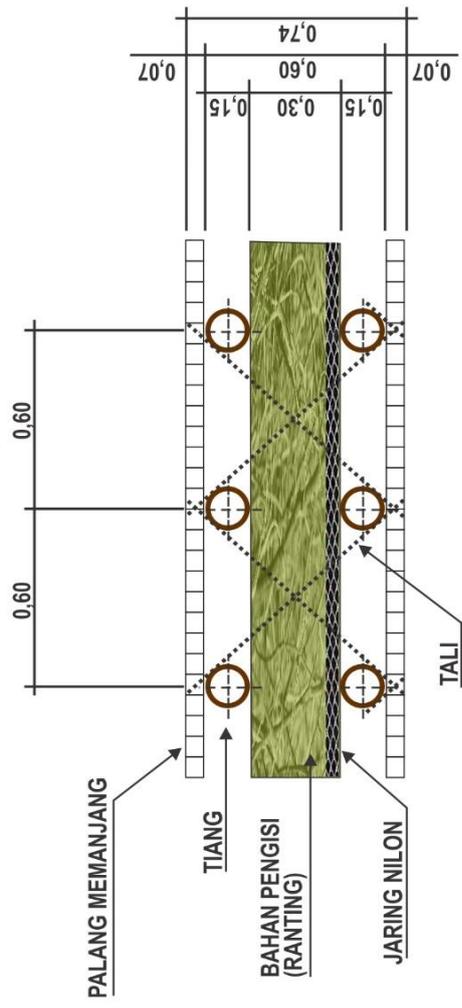
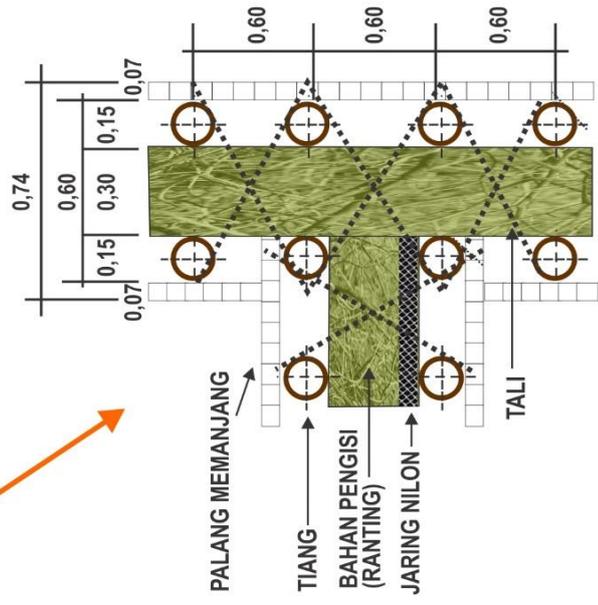
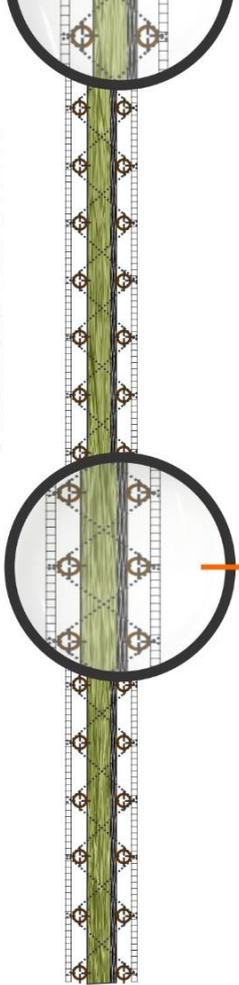


Bukaan

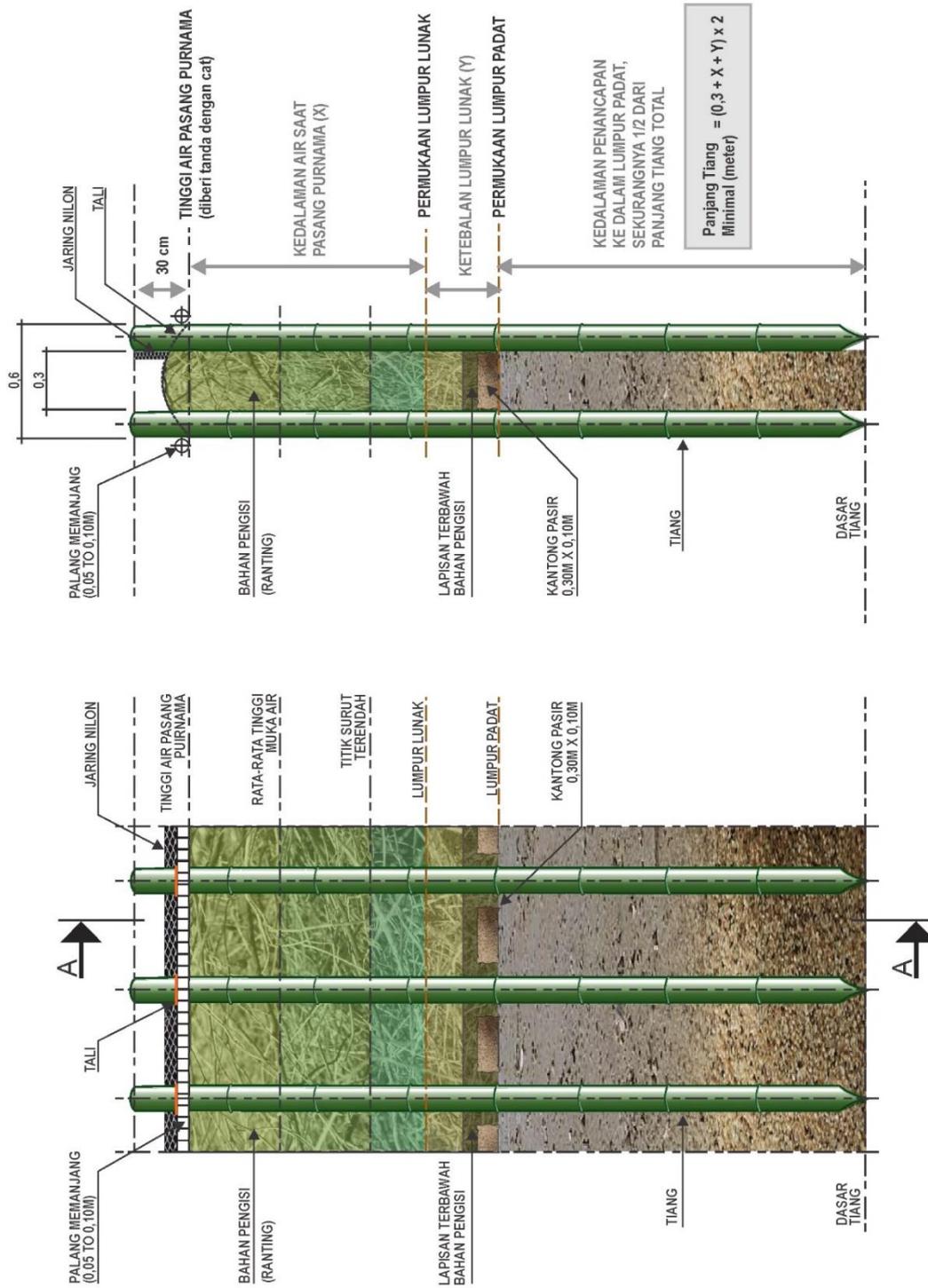


Arah ke darat

STRUKTUR PERMEABEL 1



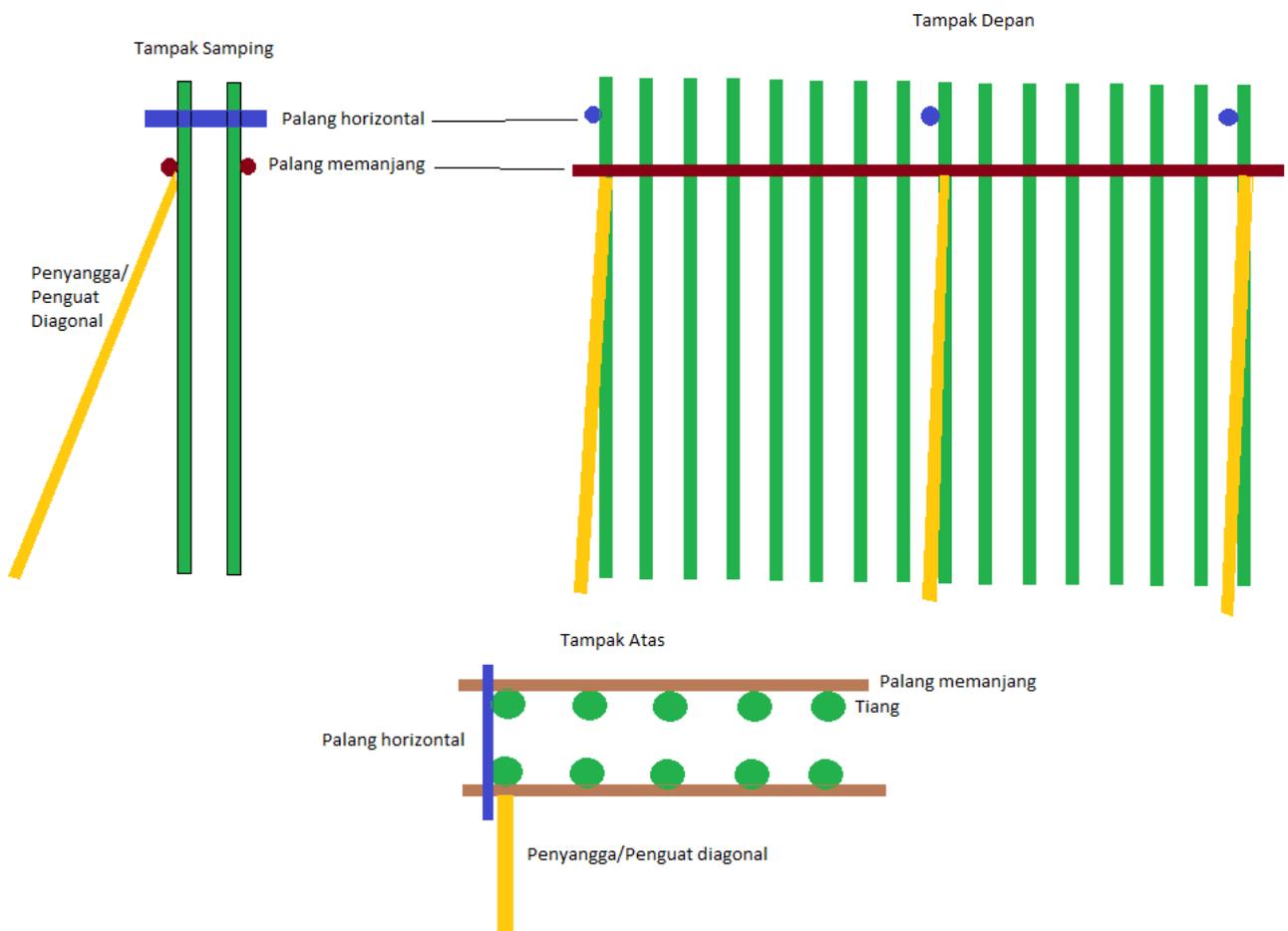
Gambar 12. Sketsa struktur permelabel tampak atas



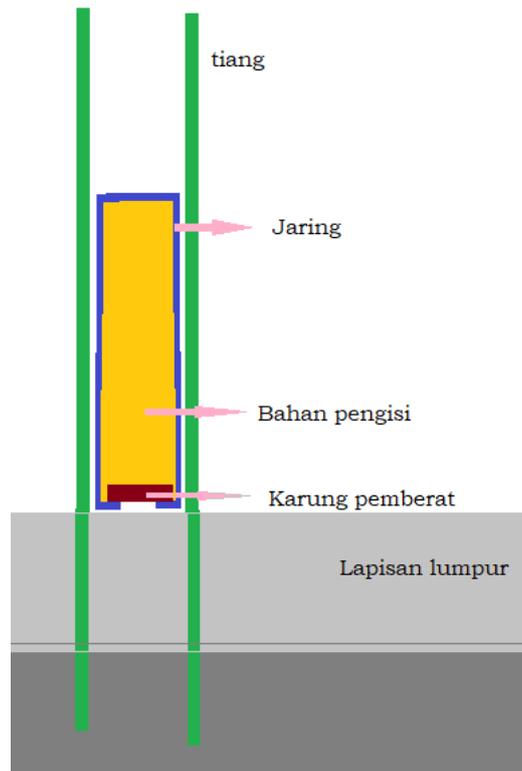
TAMPAK SAMPING (POTONGAN MELINTANG)

TAMPAK DEPAN (IRISAN MEMANJANG)

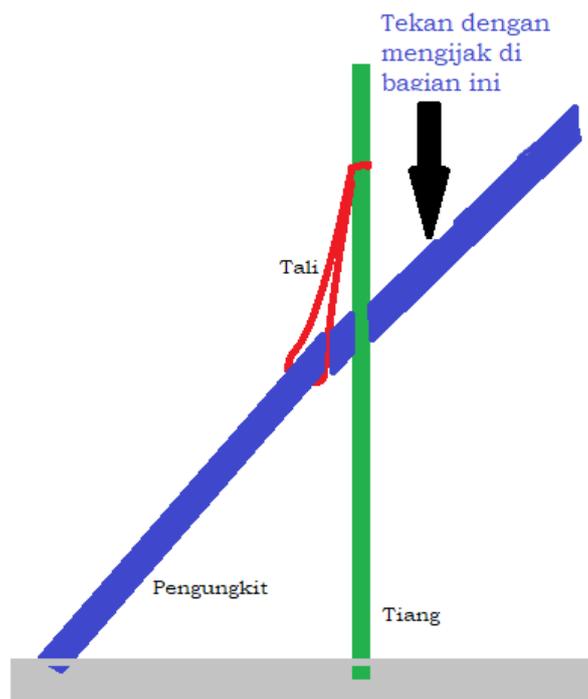
Gambar 13. Tatacara pemancangan tiang dan ilustrasi pengukuran tinggi tiang



Gambar 14. Palang memanjang, palang horizontal dan struktur penguat diagonal



Gambar 15. Gambar detail penempatan jaring dan bahan pengisi



Gambar 16. Prinsip kerja penancangan tiang

## D. Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3)

Pembangunan struktur permeabel adalah pekerjaan pada lingkungan yang berbahaya. Pastikan bahwa pekerja menggunakan peralatan kerja dan alat keselamatan yang memadai. Sediakan kit P3K dan alat evakuasi (perahu) harus *standby*. Pastikan jumlah pekerja yang bisa berenang, dan bagi kelompok secara merata akan lebih baik jika dalam satu kelompok jumlah pekerja yang tidak bisa berenang jumlahnya kurang dari setengah jumlah pekerja keseluruhan.

Laksanakan pembangunan konstruksi pada saat cuaca bagus. Jangan memaksakan bekerja pada saat kondisi cuaca buruk. Pengangkutan dari lokasi penimbunan bahan ke lokasi kerja jika dilakukan lewat air mungkin harus mempertimbangkan waktu pasang. Pastikan tersedia penerangan yang cukup jika pengangkutan dilakukan malam hari saat air pasang.



**Gambar 17.** Pembangunan struktur permeabel oleh masyarakat (kiri); Struktur permeabel yang sudah dibangun (kanan).  
(Foto Eko Budi Priyanto)

## 2.3. Monitoring dan Pemeliharaan

### A. Monitoring

Pada tahap awal hingga 2 bulan setelah konstruksi selesai monitoring dilakukan seminggu sekali untuk memastikan struktur berfungsi dengan baik dan tidak ada kerusakan atau kesalahan yang dapat mengganggu fungsi konstruksi. Monitoring selanjutnya dilakukan menjelang musim badai untuk memastikan bahwa struktur cukup kuat. Setelah musim badai, monitoring kembali dilakukan untuk melihat kerusakan dan kebutuhan perbaikan.

Monitoring harus melihat kekuatan dan kekencangan konstruksi dan gangguan yang terjadi pada konstruksi. Selain pengamatan visual terhadap seluruh bagian (tiang, palang, bahan pengisi, jaring dan tali), uji kekuatan juga dilakukan pada tiang dan palang. Uji kekuatan tiang dan palang dapat dilakukan dengan memukulnya menggunakan palu besar. Uji kekuatan tali dan jaring dapat dilakukan dengan menariknya. Monitoring juga harus melihat adanya gangguan alami seperti teritip.

Selain monitoring kekuatan, monitoring juga dilakukan atas fungsi dari struktur permeabel. Dengan menempatkan tiang pengukur sedimentasi di belakang struktur permeabel, penambahan tinggi lumpur diamati (diukur) secara periodik. Selain pengatan lumpur, juga diamati adanya pertumbuhan alami mangrove.

## B. Pemeliharaan

Seluruh aktifitas pemeliharaan didasarkan pada laporan pemantauan. Penggantian tiang di deretan yang tiang lama merupakan pekerjaan yang sulit sehingga kerusakan tiang perbaikan akan dilakukan sebagai berikut:

- Jika jumlah tiang yang lemah atau rusak hanya sedikit, di bagian tersebut harus diperkuat dengan palang memanjang tambahan.
- Jika lebih dari 40% tiang rusak dan hanya terjadi pada satu sisi, maka tiang baru harus dipasang pada sisi lain dari tiang yang masih bagus. Bahan pengisi harus dipasang diantara tiang baru dan tiang lama yang masih bagus.
- Jika ada lebih dari 40% tiang yang rusak dan terjadi di dua sisi, maka struktur baru dibangun 1-2 meter di depan (ke arah laut) dari struktur lama.

Pemeliharaan palang memanjang dilakukan dengan mengganti palang yang rusak dengan yang baru. Perbaikan jaring juga sulit dilakukan karena posisinya terjepit diantara tiang dan bahan pengisi. Perbaikan jaring dilakukan dengan penambahan ikatan. Terhadap tali pengikat, perbaikan dilakukan dengan mengencangkan tali pengikat atau menggantinya jika lapuk atau putus.

Pemeliharaan bahan pengisi dilakukan dengan menambahkan bahan pengisi baru jika ketinggian bahan pengisi sudah di bawah palang memanjang. Bahan pengisi perlu ditambahkan secara teratur kira-kira setengah dari volume awal per tahun. Penambahan bahan isi dilakukan bersamaan dengan pengencangan tali.

## C. Pengamatan Lapangan Saat Ini

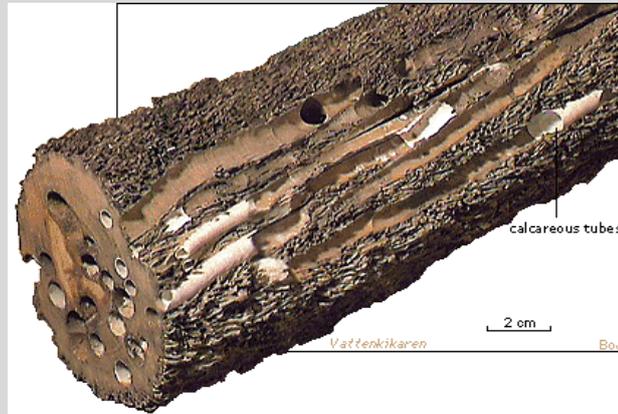
Dari hasil pengamatan lapangan pada proyek yang sudah berjalan, ketahanan rata rata konstruksi dari bambu berkisar 2-3 tahun. Kebanyakan bambu terpotong pada batas air karena termakan oleh sejenis hewan lunak. Penggunaan bahan pelapis plastik, sepertinya tidak banyak menolong karena terlalu tipis dan mudah rusak. Saat ini seang diuji coba untuk melapisi tiang dengan karpet masjid dan karpet talang.

Pengamatan lapangan juga menunjukkan bahwa bahan pengisi atau lapisan permeabel dapat menyusut dengan cepat. Untuk itu harus dipastikan bahwa dalam pembangunannya, ranting kayu sebagai lapisan permeabel harus tersusun cukup padat. Bahan pengisis juga harus terikat dan telindung jaring dengan baik untuk mencegah berkurangnya bahan pengisi karena terhanyut oleh arus air. Jaring dan pemberatnya harus terpasang dengan baik untuk memastikan dapat berfungsi dengan optimal.

Hingga saat dokumen ini ditulis, sedang diuji coba upaya untuk menambah daya tahan tiang. Uji coba pada proyek di Demak adalah dengan melapisi tiang bambu dengan karpet. Terdapat dua jenis karpet yang dipakai yaitu karpet talang dan karpet masjid. Hingga dokumen ini selesai ditulis belum diperoleh informasi efektivitas metode ini.

## CACING KAPAL

Cacing kapal adalah kerabat permealwan lunak bercangkang dua (*bivalvia*) dari familia Teredidae (*Teredinidae*). Terdapat sekurangnya 65 spesies dari 4 genera. Cacing kapal ini banyak menimbulkan kerugian karena kemampuannya menghancurkan kapal, dermga kayu dan struktur kayu yang terendam lainnya di laut. Penyebab kerusakan paling parah adalah jenis dari genus *Toredo* yang mencakup sekitar 15 spesies. *Toredo navalis* adalah satu jenisnya yang tersebar hampir di seluruh dunia.



Beberapa alternatif bahan yang lebih awet seperti paralon beton, nibung dan batang kelapa pernah dibahas. Namun untuk penyediaannya terdapat kendala. Paralon beton terkendala oleh biaya yang besar, nibung dan batang kelapa terkendala oleh ketersediaanya yang terbatas. Batang kelapa mungkin menjadi bahan yang paling tidak direkomendasikan, selain terbatas kelapa adalah tanaman produktif yang hasilnya banyak diperlukan.

## REHABILITASI MANGROVE BERBANTUAN

Cacing kapal adalah kerabat permealwan lunak bercangkang dua (*bivalvia*) dari familia Teredidae (*Teredinidae*). Terdapat sekurangnya 65 spesies dari 4 genera. Cacing kapal ini banyak menimbulkan kerugian karena kemampuannya menghancurkan kapal, dermga kayu dan struktur kayu yang terendam lainnya di laut. Penyebab kerusakan paling parah adalah jenis dari genus *Toredo* yang mencakup sekitar 15 spesies. *Toredo navalis* adalah satu jenisnya yang tersebar hampir di seluruh dunia.

Jika mencermati setidaknya dari 2 dokumen (Tonnejck *et al.* (2015) dan Winterwerp *et al.* (2014), terlihat bahwa aplikasi struktur permeabel di desain pada skala lanskap yang luas. Dalam penerapannya, aplikasi struktur permeabel, tidak selalu berdiri sendiri, tindakan lainnya diperlukan dalam kasus-kasus tertentu. Tindakan itu dapat berupa manipulasi kondisi lingkungan untuk meningkatkan jumlah sedimen terangkut atau terendapkan. Juga disadari bahwa dalam penentuan desain makro memerlukan perhitungan bahkan permodelan yang rumit. Pertanyaannya, bagaimana jika struktur permeabel diterapkan pada cakupan area yang lebih kecil ?

Berkaca pada kegagalan upaya rehabilitasi mangrove terutama pada area tererosi seperti tercantum dalam studi oleh Setyawan (2010) memunculkan pemikiran untuk menerapkan konsep Rehabilitasi Mangrove Berbantuan (*Assisted mangrove rehabilitation*). Dalam hal ini pembuatan struktur permeabel bertindak sebagai assist untuk terlebih dahulu mendapatkan area dengan sedimen yang stabil sebelum dilakukan penanaman. Penanaman juga bertindak sebagai *assist* berikutnya untuk menjamin kesuksesan kolonisasi mangrove pada area yang terbentuk oleh aplikasi struktur permeabel.



Karena diterapkan tanpa manipulasi perolehan sedimen, diharapkan konsep ini dapat diterapkan pada pantai dengan tingkat degradasi (erosi) ringan atau sedang. Dapat juga diterapkan pada area dengan sumber sedimen besar, misalnya dekat dengan muara sungai besar, area yang tidak dipengaruhi oleh alterasi arus laut akibat adanya pelabuhan didekatnya, dan area yang tidak mengalami subsiden.

## 2.4. Biaya

Meskipun terkesan sederhana, pembangunan struktur permeabel merupakan proyek yang berbiaya mahal. Oleh sebab itu disarankan bagi pemrakarsa pembangunan untuk melakukan kajian dengan seksama untuk memastikan biaya yang besar tersebut dialokasikan pada tempat yang membutuhkan. Dari pengalaman yang ada hingga saat ini disarankan untuk memperhitungkan biaya untuk jangka waktu setidaknya hingga 8-10 tahun atau lebih tahun untuk memastikan 1 (**satu**) tahapan proyek pembangunan struktur permeabel berhasil.

Secara kasar perhitungan biaya konstruksi (***hanya untuk konstruksi***) untuk perhitungan di tahun 2016 dengan bahan tiang bambu adalah sekitar Rp. 1.000.000 untuk setiap 1 meter struktur permeabel. Biaya ini hanya untuk konstruksi belum termasuk biaya persiapan dan pemeliharaan. Untuk pemeliharaan biaya yang diperlukan (perkiraan tahun 2016) sekitar Rp. 500.000 per meter per tahun.

Jika pembangunan konstruksi dilaksanakan oleh masyarakat atau kelompok masyarakat ada kemungkinan pengurangan biaya dari sektor tenaga kerja karena pekerjaan dilaksanakan secara gotong royong. Namun demikian, biaya akan keluar dalam bentuk program pendamping sebagai perangsang untuk membuat masyarakat atau kelompok masyarakat tetap aktif memonitor dan memperbaiki konstruksi. Sangat memungkinkan komponen biaya untuk program pendamping ini justru lebih besar dari biaya konstruksi itu sendiri.

Tabel di bawah ini memberikan gambaran komponen biaya untuk pembangunan struktur permeabel. Perhitungan ini hanya sebagai ilustrasi dengan mengacu pada informasi dari lokasi proyek di Banten dan Demak untuk perhitungan harga pada tahun 2015-2016. Perhitungan ini tidak sangat akurat, hanya sebagai gambaran. Perhitungan dilakukan dengan asumsi tinggi bendung 2 meter dan panjang bendung hanya 100 m.

**Tabel 2.** Perkiraan biaya pembangunan 100 m struktur permeabel dengan acuan harga tahun 2015 / 2016.

Kebutuhan	Spesifikasi	Jumlah yang dibutuhkan	Satuan	Harga per Satuan (Rp)	Harga untuk 100 m (Rp)
Tiang	Babu betung berdiameter 12-15 cm, panjang 6-7 m	450	Batang	40.000	18.000.000
Jaring nylon	Mata jaring 1 inchi	450	m2	8.000	3.600.000
Bahan pengisi	Ranting kayu	70	m3	250.000	17.500.000
Tali, palang horisontal dan karung pasir	*tali: nilon diameter 6 mm atau lebih *Palang horisontal: bambu	1	lumpsum	1.500.000	1.500.000
Upah pekerja		1	lumpsum	30.000.000	30.000.000
Transport material dari penimbunan ke lokasi kerja		1	lumpsum	15.000.000	15.000.000
<b>Total</b>					<b>85.600.000</b>

Jika dibandingkan dengan kalkulasi yang lebih kasar dengan harga 1 juta per meter atau 100 juta per 100m, maka kalkulasi ini terlihat lebih rendah. Tetapi kalkulasi yang lebih rendah ini belum memperhitungkan keuntungan dari kontraktor pelaksana dan pajak yang harus dibayarkan. Biaya pengadaan material untuk pembangunan dengan skala yang lebih besar juga akan lebih tinggi, karena kemungkinan harus mendatangkan material dari lokasi yang lebih jauh.

Berkaca pada pengalaman bahwa daya tahan konstruksi bambu hanya berkisar 2-3 tahun, maka untuk pemeliharaan tidak cukup hanya dengan mengalikan kebutuhan biaya pertahun dengan lamanya proyek. Misal, satu tahapan proyek akan berjalan 8-10 tahun, maka dalam proses pemeliharaan sebenarnya kita akan membangun 3-4 kali dan memelihara masing-masing bangunan selama 2-3 tahun.

Hutan mangrove adalah benteng pelindung alami kawasan pesisir (Foto: Triana)





### 3. Penutup

Pembangunan struktur permeabel adalah salah satu upaya untuk mengatasi permasalahan erosi pantai khususnya pantai dengan karakteristik berlumpur. Sejauh ini konsep ini diterapkan untuk mengatasi persoalan erosi pantai dengan skala ringan hingga menengah. Konsep ini diharapkan dapat menjawab permasalahan erosi pantai di berbagai wilayah di Indonesia dengan karakteristik sebagaimana disebutkan sebelumnya.

Penting untuk di ketahui bahwa kondisi lingkungan pesisir merupakan suatu interaksi faktor lingkungan yang kompleks. Dengan demikian, setiap lokasi mempunyai karakter lingkungan yang berbeda satu sama lain. Oleh karena itu, pembangunan struktur permeabel tidak dapat diterapkan hanya dengan pendekatan “*salin/copy*” dan “*tempel/paste*” saja. Setiap pemrakarsa pembangunan struktur permeabel seyogyanya melakukan kajian secara seksama dan mengupayakan untuk mendapatkan pendampingan atau konsultasi teknis dengan pihak yang berkompeten.

Saat dokumen ini disusun hingga beberapa tahun kedepan tengah berlangsung program ***Building With Nature*** yang merupakan suatu program pemulihan pesisir terdegradasi yang antara lain dengan pembangunan struktur permeabel. Program ini merupakan kerjasama antara Kementerian Kelautan dan Perikanan, Kementerian PUPR dan konsorsium ***Ecoshape***. Program juga tengah membangun *helpdesk* untuk memberikan bantuan informasi bagi pihak-pihak yang tertarik dengan pembangunan struktur permeabel dan pendukungnya. Bagi pihak yang hendak melakukan pembangunan struktur permeabel dapat menghubungi program ***Building With Nature*** atau konsorsium melalui kontak di bawah ini:

Apri Susanto Astra  
Coastal Safety Manager, Building with Nature Programme  
Wetlands International Indonesia

# Daftar Pustaka

- Arnott, Robin Davidson-, 2010. An Introduction to Coastal Processes and Geomorphology. CAMBRIDGE UNIVERSITY PRESS, Cambridge, New York, Melbourne, Madrid, Cape Town, Singapore, São Paulo, Delhi, Dubai, Tokyo. First publispermeabeld in print format. ISBN-13 978-0-511-69133-1 (Ebook).
- Building With Nature, 2017. Permeabel Structures, Building With Nature To Restore Eroding Tropical Muddy Coasts. Technical Guidelines Number 3. in prep.
- Faza, L.Hadiyan dan Yessi N. Kurniadi, 2016. Desain Bangunan Pelindung Pantai Sebagai Penanggulangan Erosi Di Kawasan Pantai Ujung Jabung Provinsi Jambi. Reka Racana, Jurnal Online Institut Teknologi Nasional Vol.2 No. 2.
- Julian Goncalves and Priyanka Mohan, 2011. Strengthening Resilience in Post-disaster Situations. Stories, Experience and Lessons from South Asia. Internatioan Development Research Centre and Academic Foundation. Ottawa and New Delhi. ISBN (e-book) 9781552505359
- Prasetya, Gegar. 2007. Tpermeabelmatic paper: Tpermeabel role of coastal forests and trees in protecting against coastal erosion. Proceedings of Tpermeabel Regional Technical Workshop Kao Lak Thailand 28-31 August 2006. FAO Regional Office Asia Pacific. ISBN 978-974-7946-95-6.
- Reeve, D., A. Chadwick and C. Fleming, 2004. Coastal Engineering. Processes, tpermeabelory and design practice. Spon Press, New York. ISBN 0-203-67558-4.
- Setyawan, W.B., 2007. Bencana geologi Di Daerah Pesisir Indonesia. Alami Vol 12 No. 2 pp: 1-11. ISSN: 0853-8514.
- Skinner, B.J. and Porter, S.C., 2000. Tpermeabel Dynamic Earth: an introduction to physical geology, 4tpermeabeldition, John Willey & Sons, Inc., New York.
- Tonneijck, F., H. Winterwerp, B. van Weesenbeeck, R. Bosma, D. Debrot, Y. R. Noor, T. Wilms, 2015. Building with Nature Indonesia Securing Eroding Delta Coastlines. Design and Engineering Plan. Ecoshape.
- Wibisono, I.T.C. and Suryadiputra, I Nyoman N. 2006. Hasil Studi Pembelajaran dari Restorasi Mangrove / Ekosistem Pesisir di Aceh dan Nias Pasca Tsunami. Wetlands International – Indonesia Programme. Bogor.
- Winterwerp, J.C., P. L. A. Erftemeijer. N. Suryadiputra, P. van Eijk and Liquan Zhang. 2013. Defining Eco-Morphodynamic Requirements for Rehabilitating Eroding Mangrove-Mud Coasts. Wetlands (2013) 33:515–526.
- Winterwerp, H., B. van Wesenbeeck, J. van Dalfsen, F. Tonneijck, A.Astra, S. Verschure and P. van Eijk, 2014. A sustainable solution for massive coastal erosion in Central Java - Towards Regional Scale Application of Hybrid Engineering . Discussion paper. Wetlands International and Deltares.



Erosi pantai di Pantai Utara Jawa, khususnya pantai-pantai di Kabupaten Demak, merupakan salah satu permasalahan di kawasan pesisir yang saat ini telah mencapai tahap yang sangat mengkhawatirkan. Dampaknya telah dirasakan masyarakat di kawasan itu, air laut telah masuk setidaknya 3 km ke arah darat, ribuan penduduk telah kehilangan tambak, rumah, dan sumber penghidupannya. Erosi pantai timbul karena adanya ketidakseimbangan pasokan sedimen, jumlah sedimen di pantai yang tergerus dan terangkut gelombang dan arus, lebih besar daripada jumlah sedimen yang dibawa oleh gelombang dan arus ke pantai. Proses mundurnya garis pantai ini diperparah lagi dengan kegiatan-kegiatan yang menyebabkan perubahan keseimbangan alam seperti konversi hutan mangrove menjadi pertambakan, perumahan, dan prasarana lainnya. Tingginya tingkat erosi di daerah pantai berlumpur disebabkan semakin menipisnya ekosistem mangrove, di samping tingginya pengambilan air tanah yang menjadi penyebab turunnya permukaan tanah (land subsidence).

Untuk menangani masalah erosi di pantai berlumpur, dalam buku ini disajikan struktur permeabel, yang merupakan upaya perlindungan pantai dengan pendekatan soft structure, yakni melalui restorasi atau rehabilitasi ekosistem mangrove, sekaligus bertujuan mengurangi risiko bencana di kawasan pesisir. Pendekatan ini mempunyai keuntungan dalam jangka panjang, mampu memberikan jasa dan layanan ekonomi, lingkungan, dan sosial bagi masyarakat. Melalui pengembangan struktur permeabel, risiko bencana yang berpotensi terjadi di kawasan pesisir tersebut dapat diminimalkan dan ekosistem pesisir bisa dipulihkan secara alami, dan selanjutnya masyarakat pesisir bisa menjadi masyarakat yang tangguh dalam menghadapi bencana.

**Dr. Ir. Dede Manarolhuda Sulaiman, M.Sc.**  
Penulis buku "Pegar Bercelah - Bangunan Pelindung dan Penumbuh Pantai"

 Wetlands International

 @WetlandsInt

 Wetlands International

 PARTNERS FOR RESILIENCE | INDONESIA

 **Wetlands**  
INTERNATIONAL