

Bab 2

Tinjauan Kepustakaan

2.1 Gambaran Umum

Pemakaian material Geosintetik untuk mempermudah dan meningkatkan kualitas konstruksi sudah lama dikenal dan mendapat reaksi yang baik dari kalangan profesional di bidang teknik. Geosintetik penggunaannya dapat diterapkan pada hampir semua jenis tanah, batu, dan air tanah atau aktivitas lainnya yang berhubungan. Dikarenakan variatif dan fleksibilitasnya untuk diterapkan di hampir setiap kondisi tanah. Geosintetik sangat diterima dalam Bidang Teknik Sipil.

2.2 Geosintetik dan *geotube*

Sebelum membahas lebih lanjut mengenai analisa dimensi *geotube*, maka sebaiknya memahami beberapa sifat dan tipe geosintetik dan properti – properti dari *geotube* sehingga akan mempermudah pemahaman akan pemanfaatan *geotube* sebagai aplikasi penanggulangan erosi.

2.2.1 Geosintetik Secara Umum

Ditinjau dari kata Geosintetik (*Geosynthetic*) dimana

Geo : *earth* , tanah / bumi

Synthetic : *Human-made product / material* (produk / bahan buatan manusia).

Oleh *The American Society for Testing and Materials* (ASTM) mendefinisikan *Geosynthetic* dalam terminologi D4439 sebagai :

Produk planar yang dibuat dari bahan polimer, yang digunakan pada tanah, batuan, atau materi Geoteknik lainnya, sebagai pelengkap dalam sebuah proyek, struktur maupun sistem buatan.

Secara sederhana, Geosintetik didefinisikan sebagai produk buatan dari bahan polimer yang berfungsi untuk memperbaiki perilaku tanah. Dalam 2 dekade terakhir perkembangan Geosintetik sangat pesat baik dari jumlah proyek yang menggunakan bahan Geosintetik maupun dari proses pengembangan kualitas dan variasi produk Geosintetik.

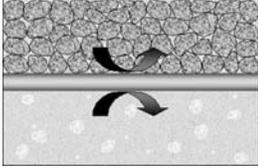
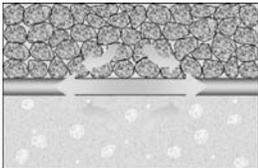
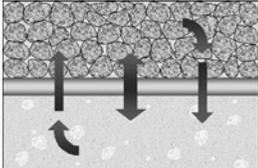
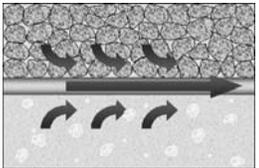
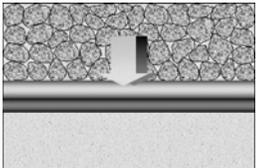
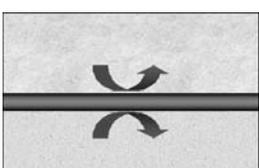
Beberapa faktor yang menyebabkan pesatnya pertumbuhan Geosintetik :

- Adanya kontrol mutu dalam proses produksi.
- Dapat dipasang dengan cepat dan mudah.
- Dapat menggantikan bahan material alami.
- Dapat mempermudah disain rumit.
- Mudah diperoleh karena pemasarannya yang luas.

Hingga saat ini beberapa jenis Geosintetik telah dikembangkan sesuai dengan kebutuhan. Berikut adalah beberapa jenis Geosintetik yang dapat kita temui :

- *Geotextile / Geotekstil*
- *Geogrid*
- *Geonet*
- *Geomembrane / Geomembran*
- *Geocell*
- *Geosynthetics Clay Liner*
- *Geopipe*
- *Geocomposites / Geokomposit*
- *Geofoam*
- *Geo-other*

Material Geosintetik dalam struktur dirancang untuk berfungsi sebagai :

- **Separasi**

- **Perkuatan**

- **Filtrasi**

- **Drainasi**

- **Proteksi**

- **Penahan cairan**


Gambar 2.1 Fungsi – fungsi Geosintetik

Tabel 2.1 Tabel fungsi – fungsi dasar Geosintetik

Tipe Geosintetik	Fungsi Dasar					
	Separasi	Proteksi	Perkuatan	Filtrasi	Drainasi	Lapisan Kedap
Geotekstil	✓	✓	✓	✓	✓	
<i>Geogrid</i>			✓			
<i>Geonet</i>					✓	
<i>Geomembran</i>						✓
<i>Geosynthetic Clay Liner</i>						✓
<i>Geocell</i>		✓				
<i>Geopipe</i>					✓	
<i>Geofoam</i>	✓					
<i>Geocomposite</i>	✓	✓	✓	✓	✓	✓

2.2.2 Geotekstil

Seperti kata “ tekstil” yang tertera pada namanya, Geotekstil berbentuk layaknya lembaran kain yang dianyam, dirajut, maupun dikompres yang terbuat dari serat – serat polimer. Geotekstil merupakan Geosintetik yang bersifat permeable. Menurut ASTM D4439, Geotekstil didefinisikan sebagai :

Geosintetik permeabel yang semata-mata berbentuk tekstil. Geotekstil digunakan pada pondasi, tanah, batuan, bumi, atau aplikasi Geoteknik lainnya sabagai material pelengkap dalam suatu produk, struktur maupun sistem buatan manusia.

Geotekstil merupakan bagian terbesar dari Geosintetik karena fungsinya yang cukup variatif. Sebagian besar Geotekstil terbuat dari *Polypropylene*, walaupun

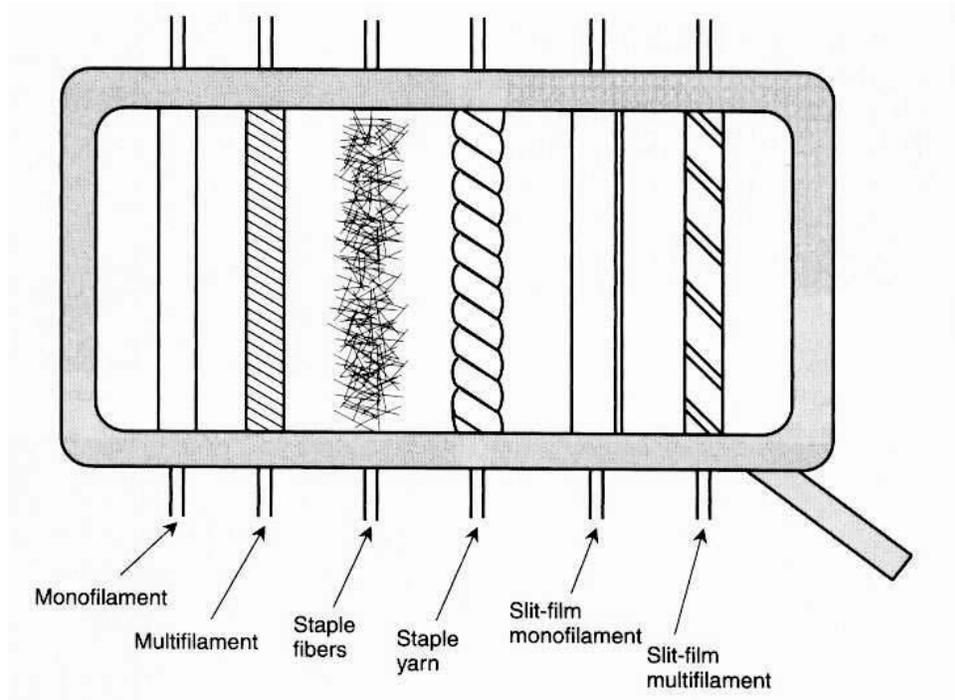
penggunaan *Polyester* dan *Polyethylene* cukup banyak ditemukan. Bahan – bahan *polymer* di atas dibentuk menjadi serat – serat (benang – benang) yang kemudian difabrikasikan menjadi Geotekstil *woven* dan *non-woven*. Beberapa detail dasar yang perlu diketahui dari bahan Geotekstil adalah tipe serat dan tipe penyatuan serat.

Geotekstil digolongkan menjadi 2 (dua) tipe :

- *Woven* : tipe Geotekstil dengan pori yang lebih besar dan anyaman seratnya lebih teratur.
- *Non – Woven* : tipe Geotekstil dengan pori sangat kecil dan seratnya tidak teratur dan tidak di anyam.

Tipe serat dibagi menjadi 7 jenis :

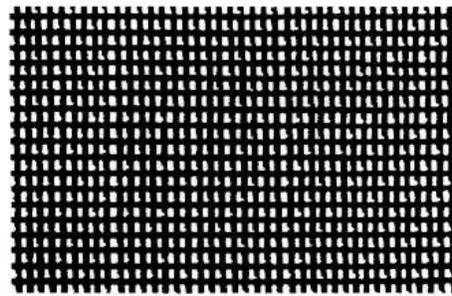
- | | | | |
|---|----------------------------|---|--------------------------------|
| ◆ | <i>Monofilament</i> | ◆ | <i>Staple yarn</i> |
| ◆ | <i>Multifilament</i> | ◆ | <i>Silt Film Monofilament</i> |
| ◆ | <i>Staple Fibers</i> | ◆ | <i>Slit Film Multifilament</i> |
| ◆ | <i>Continuous Filament</i> | | |



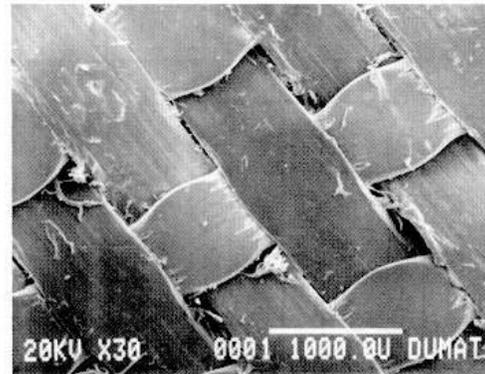
Gambar 2.2 Tipe – tipe Serat Polimer

Sumber : Designing With Geosynthetics, edisi kelima , Robert M. Koerner,

Halaman 33.



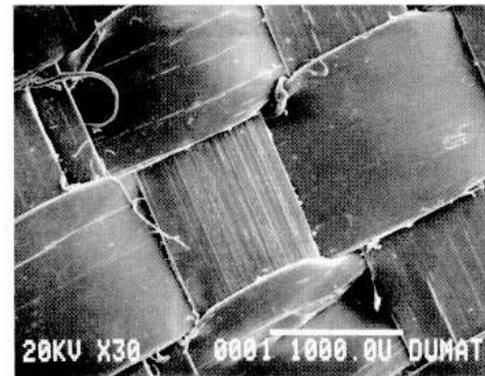
(a) Woven monofilament



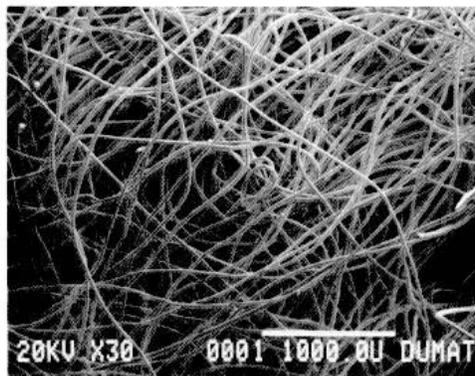
(b) Woven monofilament, calendared



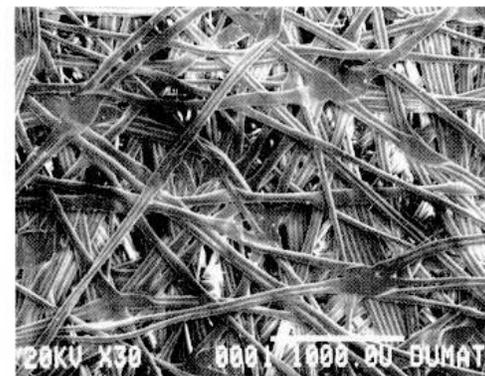
(c) Woven multifilament



(d) Woven slit (split) film



(e) Nonwoven needle punched

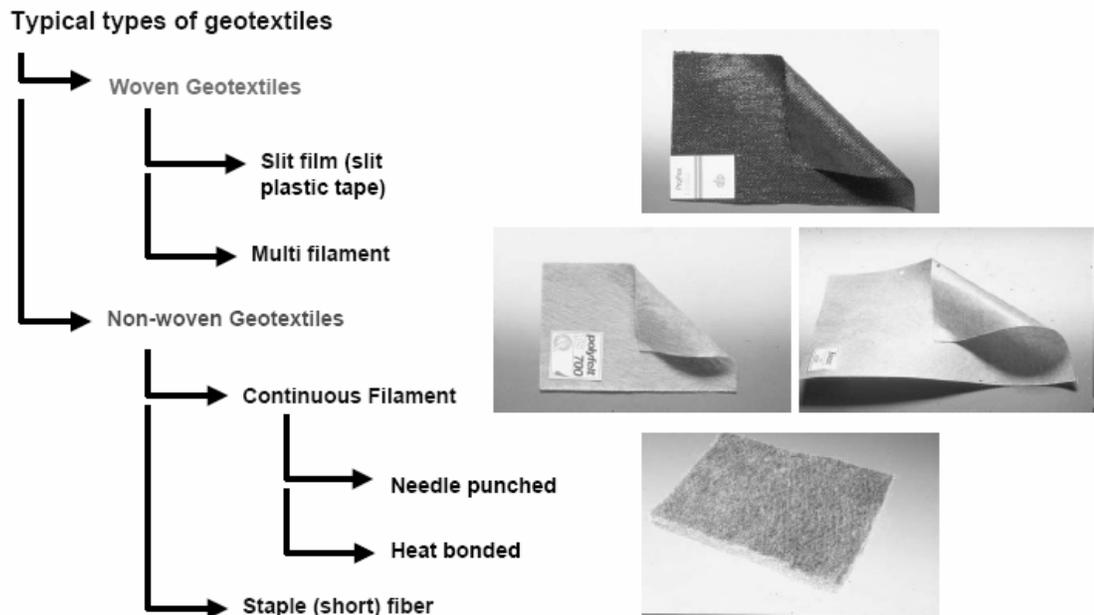


(f) Nonwoven heat bonded

Gambar 2.3 Pembesaran 30X Serat – serat Geotekstil

Sumber : Designing With Geosynthetics, edisi kelima , Robert M. Koerner,

Halaman 34.



Gambar 2.4 Tipe – tipe Geotekstil

Geotube dapat dibuat dari Geotekstil *woven* maupun *non – woven*, namun perbedaan bahan ini dapat memberi karakteristik yang berbeda pada *tube*. Geotekstil *Woven* mempunyai kuat tarik dan bukaan pori yang lebih besar dibanding Geotekstil *non – woven*. Sedangkan permeabilitas, ketahanan jebol dan elongasi *non – woven* cenderung lebih besar dibanding *woven*. Properti – properti Geotekstil ini akan menjadi pertimbangan dalam pemilihan jenis *tube* yang akan dipergunakan.

2.2.3 Geotube

2.2.3.A Umum

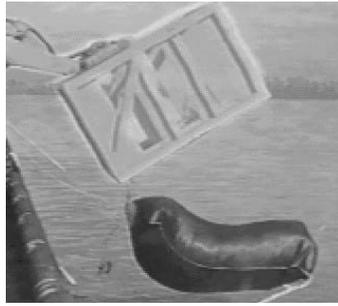
Geotube merupakan salah satu contoh dari pemanfaatan sifat fleksibel geotekstil. Selain *geotube* terdapat pula pemodelan lain yang hampir menyerupai namun mempunyai fungsi yang agak berbeda, yaitu : *geobag* dan *geocontainer*. Pemakaian istilah *geotube*, *bag* dan *container* sangat variatif, tetapi pada dasarnya sama yaitu geotekstil yang diisi dengan bahan alamiah. Beberapa istilah yang mungkin sering ditemukan seperti *sand / concrete sausages*, *sand sock*, *sand bag*, *sand pillow*, *Bolsaroca* (*sand filled bag*), *Bolsacreto* (*concrete filled*), *Colchacreto* (*mortal filled*), dan masih banyak istilah lain yang digunakan.



Gambar 2.5 *Geotube* yang kosong.

Nama *geotube*, *bag* dan *container* sendiri merupakan nama yang diambil dari produk *Nicolon GeoProduct Division* (1994), yang kemudian menjadi istilah umum di kalangan teknik. Oleh Liu dan Silvester (1977), *geotube* didefinisikan sebagai lembaran – lembaran geotekstil yang dilem, dipanaskan maupun dijahit pada sisi – sisinya sehingga menjadi berbentuk tabung yang kemudian diisi penuh dengan campuran (*slurry*). Ukuran *tube* juga sangat bervariasi dengan panjang berkisar antara 10 – 150 meter dan diameter rata – rata 1 – 3 meter dalam kondisi bulat sempurna. Instalasi dapat dilakukan di daerah kering maupun pada kedalaman air hingga 5 meter.

Geocontainer mempunyai ukuran diameter yang lebih besar, umumnya disesuaikan dengan ukuran kapal *hooper*. Pasir diisikan ke dalam *container* yg dilapisi geotekstil kemudian dijahit. *Geocontainer* dijatuhkan ke dasar laut dengan *hooper* . Penggunaan *geocontainer* umumnya untuk kedalaman air > 5 meter . *Geobag* adalah pemodelan *geotube* dengan ukuran yang lebih kecil, umumnya diisi di tempat yang kering kemudian *geobag* diangkut ke lokasi konstruksi maupun dijatuhkan ke air (*geobag* dapat digunakan pada kedalaman air yang cukup tinggi).

Gambar 2.6 (a) *Geobag*Gambar 2.6 (b) *Geocontainer*Gambar 2.6 (c) *Geotube*

Kelebihan dari *geotube* terdapat pada :

- bentuknya yang dapat mengikuti bentuk permukaan tanah,
- kemampuannya menahan partikel tanah namun pada saat yang bersamaan air dapat terdisipasi,
- instalasi yang mudah dan cepat bahkan dapat dilakukan di dalam air,
- berat tube yang cukup besar sehingga *geotube* stabil dalam konstruksi,
- harga yang relatif ekonomis, tergantung dari lokasi, ketersediaan material, alat dan tenaga kerja.

- ramah lingkungan
- dan tentunya kemudahan untuk memperoleh *tube*.

Prinsip dasar dari *tube* dalam aplikasi penanggulangan erosi adalah menahan butiran tanah yang terdapat di dalamnya, namun pada saat yang bersamaan air dapat mengalir keluar tanpa menghanyutkan butiran tanah. Oleh sebab itu, *tube* umumnya diisi dengan tanah yang bersifat non kohesif seperti pasir atau lumpur. Properti geotekstil yang harus diperhatikan adalah permeabilitasnya, bukaan pori dan kuat tarik. Untuk memperoleh ketinggian yang diinginkan, *tube* bisa saja diisi lebih dari satu kali, mengingat kandungan air pada larutan pasir cukup besar. Ketinggian dapat dicapai pula dengan menumpuk beberapa *geotube*.

(a)



(b)



Gambar 2.7 Material pengisi *geotube* (a) Lumpur – lanau (b) Pasir



Gambar 2.8 *New York Sand Dune Restoration System* ($H = 16$ m)

Pada kasus – kasus tertentu, *tube* dapat diisi dengan campuran semen, terutama pada lokasi yang sulit memperoleh pasir atau lumpur, atau diperlukan tingkat kekakuan yang lebih tinggi. Sedangkan kekuatan material geotekstil disesuaikan dengan kebutuhan. Bila *geotube* kemungkinan besar mengalami benturan seperti pada dasar pelabuhan, kanal kapal, maka dibutuhkan geotekstil yang mempunyai tegangan tarik yang lebih besar (di atas 50 kN/m). Namun pada aplikasi penanggulangan erosi, tidak memerlukan tegangan tarik yang terlalu besar karena yang diutamakan adalah sifat penahan butiran tanah.

Beberapa alternatif untuk memperkuat *geotube* dapat dilakukan seperti pemberian angkur sehingga *tube* lebih stabil , pemberian lapisan tambahan geotekstil bagian dalam *geotube* (terutama pada bagian jahitan), atau setelah *tube* terisi penuh ditutupi dengan rip – rap / vegetasi.



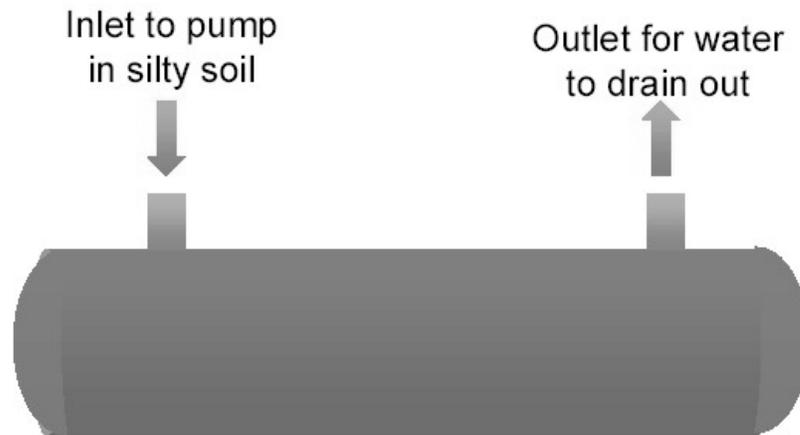
Gambar 2.9 *Geotube dan Rip – rap*



Gambar 2.10 *Geotube dan anchor*

2.2.3.B *Inlet dan Outlet*

Pada sebuah *tube* terdapat beberapa lubang pengisi campuran (*inlet*) dan lubang dimana air keluar bila *tube* telah penuh (*outlet*). *Outlet* berfungsi agar *tube* tidak mengalami tekanan yang melebihi kuat tarik geotekstil. *Tube* yang panjangnya melebihi 15 meter sebaiknya diberi lebih dari satu *inlet*. Setelah pengisian *tube* selesai, *inlet* dan *outlet* biasanya diikat / disimpul, namun bila merasa perlu dapat dijahit dengan menambah sepotong geotekstil di atasnya. *Inlet* dan *outlet* rata – rata berdiameter 3 – 4 inci.



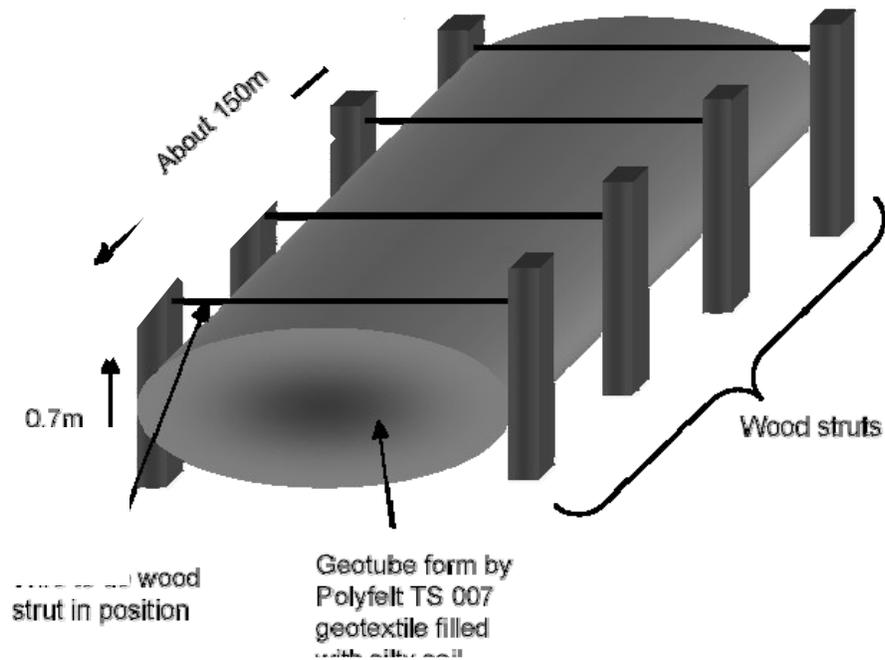
Gambar 2.11 *Inlet dan Outlet tube*



Gambar 2.12 Proses Pengisian *Tube* L = 10 meter , Malaysia 2000.

Umumnya campuran air pasir yang diisi ke dalam *tube* sangatlah cair, akibatnya *tube* akan mempunyai kecenderungan untuk berbentuk lebar dan pipih. *Tube* yang terlalu pipih tentunya tidak akan mencapai ketinggian optimal yang diharapkan. Untuk menjaga bentuk *tube*, di sampingnya dapat diberi bekisting kayu

dan kawat atau dapat diberi timbunan di samping *tube*. Pada dasarnya, berbagai cara dapat dilakukan dengan disesuaikan pada kondisi lapangan. Demikian pula dengan pengisian *tube* dapat dilakukan sekaligus beberapa *inlet*, tergantung pada kelengkapan peralatan dan keadaan lapangan.



Gambar 2.13 *Tube* diikat dengan bekisting kayu dan kawat

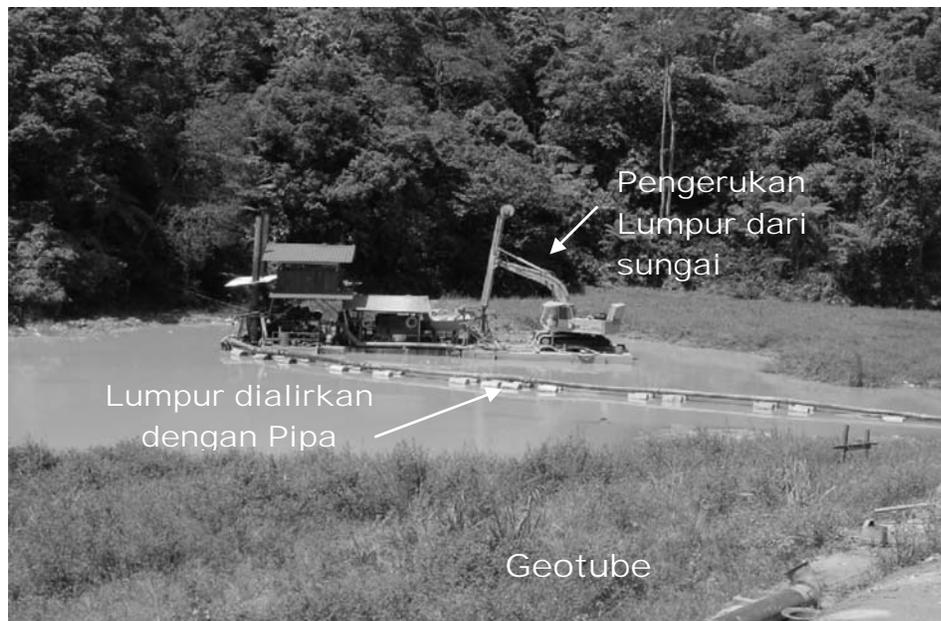


Gambar 2.14 Pengisian *Tube* dengan bekisting kawat dan kayu

2.2.3.C Campuran Pengisi

Tanah yang non kohesif akan lebih mudah tererosi karena daya tarik antar butiran tanahnya sangat lemah. Disinilah kelebihan *geotube* terlihat. Kemampuannya dalam menahan butiran tanah bahkan yang non kohesif sehingga tidak tersapu arus permukaan, menjadikan *geotube* salah satu solusi penanggulangan erosi. Selain penggunaan tanah yang non kohesif sebagai bahan pengisi, tentunya tanah yang mudah didapat dan murah menjadi pilihan yang sangat baik, terutama di Indonesia yang sangat mudah untuk memperoleh tanah jenis lumpur dan lanau.

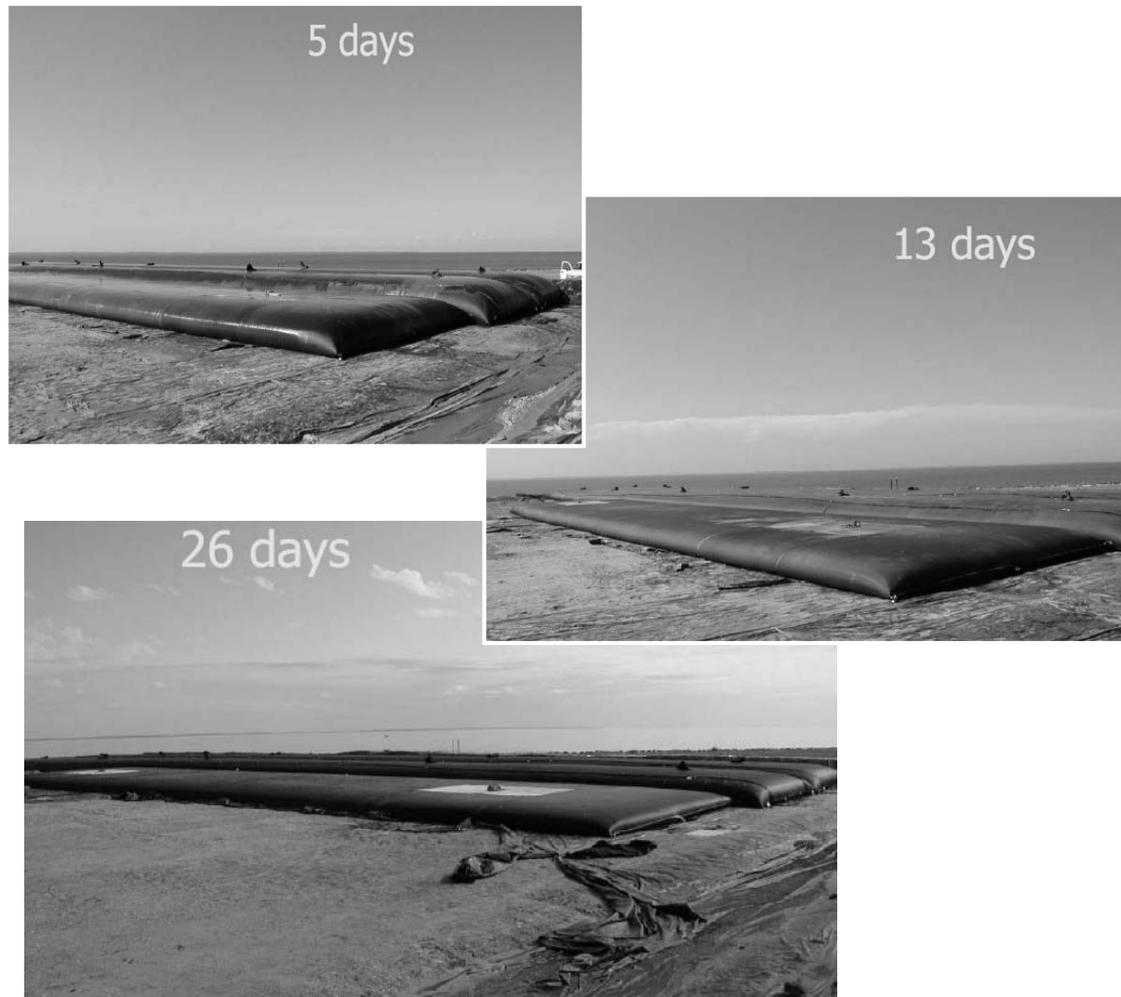
Terkadang pemakaian campuran beton dan mortal juga di gunakan terutama bila *tube* ditempatkan pada lokasi yang besar kemungkinan akan mengalami benturan seperti pemakaian *geotube* sebagai jetty. Tentunya dari segi biaya tidak dapat dilihat semata – mata dari bahan pengisi yang digunakan, keefektifan untuk memperoleh material pengisi juga mempunyai pengaruh yang signifikan. Salah satu contoh kasus pengambilan bahan material pengisi yang efektif dapat dilihat pada instalasi *geotube* di Cameron Highland, Malaysia. Bahan lumpur dikeruk langsung dari sungai yang langsung berbatasan dengan lokasi instalasi.



Gambar 2.15 Instalasi *Geotube* Cameron Highland, Malaysia.

Campuran pengisi dialirkan ke dalam *geotube* dengan bantuan pompa maupun memanfaatkan gravitasi. Campuran umumnya bersifat sangat cair / encer agar partikel tanah yang padat dapat dialirkan rata ke setiap segmen *tube*. Campuran partikel padat dan air umumnya 1 : 4 atau 3 : 7. Karena campuran pengisi mempunyai persentase kandungan air yang jauh lebih besar dari partikel padatnya, konsolidasi *tube* akan cukup mencolok.

Pada partikel yang sangat granular seperti pasir, air akan terdisipasi dengan cepat namun pada lumpur lanau, air lebih lambat keluar dari *tube*. Selain dipengaruhi oleh jenis tanah pengisi, bukaan pori dan porositas geotekstil akan berpengaruh terhadap kecepatan disipasi air. Penyumbatan pada geotekstil akan memperlambat disipasi air. Pengisian ulang dapat dilakukan untuk mempertahankan ketinggian *tube*.



Gambar 2.16 Konsolidasi dari *Tube*.

2.2.4 Contoh – contoh pemanfaatan *Geotube*

Beberapa contoh kasus pemanfaatan *geotube* akan dibahas. Kasus – kasus yang akan dipaparkan adalah kasus yang memanfaatkan *geotube* dalam aplikasi penanggulangan erosi. Fungsi lain dari *geotube* tidak akan dibahas lebih jauh.

2.2.4.1. Sand Dune Construction Bolivar Peninsula, Texas.

Owner : Galveston County , Texas.

Konsultan : Shiner Moseley & Assoc.

Kontraktor : DRC Inc., Reama Contracrctors.

Bolivar Peninsula terletak pada Galveston County, Teluk Texas. Daerah ini mengalami erosi yang parah, terutama diakibatkan oleh badai tropis dan angin ribut. Padahal Bolivar Peninsula menampung lebih dari lima ribu residen. Pada tahun 1998, badai Francis merusak pantai – pantai di Teluk Texas dan menyebabkan kerugian sebesar 4 – 5 juta Dollar Amerika, dan 35 rumah hilang tersapu badai. Erosi juga mengakibatkan banyak struktur di Bolivar Peninsula harus dibongkar. Solusi yang diharapkan selain dapat melindungi pantai dari badai, juga harus bisa disesuaikan dengan kondisi lingkungan Bolivar Peninsula.

Solusi yang dipilih adalah pemanfaatan *geotube* yang diisi dengan pasir kemudian akan ditutup dengan vegetasi sehingga terlihat alami. Proyek dimulai pada bulan Februari 2000. Konsep dasar dari pemasangan *tube* adalah untuk mengurangi erosi yang terjadi di daerah pantai, dimana bila terjadi badai, ombak besar dan angin ribut, diharapkan hanya bagian depan *tube* saja yang tererosi. Sedangkan bagian belakang *tube* yang banyak terdapat pemukiman akan terjaga tanahnya sehingga tidak merusak struktur.

Konstruksi dibagi menjadi 2 fase. Pada fase pertama, 12.000 kaki (3.658 meter) diinstalasi oleh Reama Constructors. Fase kedua dimulai Maret 2001 oleh DRC Inc. sepanjang 18.000 kaki (5.487 meter). Total proyek mencapai 30.000 kaki (9.115 meter) melindungi garis pantai lebih dari 5 mil (lebih dari 8 km). Dimensi *tube* adalah sebagai berikut :

Keliling <i>tube</i>	: 30 ft	(9,144 meter)
Panjang unit	: 250 ft	(76,2 meter)
Produk Geotekstil	: Mirafi GT 1000 (<i>Geotextile Polyester Woven</i> , putih)	
Produksi	: Ten Cate Nicolon , Georgia.	
Angkur	: Mirafi GT 500 (<i>Geotextile Polyester Woven</i> , Hitam)	
Protector UV	: Mirafi GT 1120 N (<i>non woven</i>)	

Angkur dimaksudkan untuk melindungi *geotube* dari erosi tanah di bawah tube. Sedangkan Mirafi GT 1120 N yang digunakan untuk proteksi terhadap sinar *ultraviolet* adalah proteksi tambahan yang diberikan karena selama instalasi *geotube* tidak terlindungi dari *ultraviolet*. Pasir dipompakan ke dalam *tube* melalui *injector port* yang terletak ditengah-tengah / 50 kaki (15,24 meter). Kemudian *tube* ditutup dengan pasir dan diberi vegetasi. Dari laporan Huesker, kontraktor dapat menyelesaikan 1 buah *tube* per hari.

Sebelum fase kedua selesai, Badai Allison menyerang pada bulai Mei 2001. Hanya sedikit kerusakan dan pembersihan yang harus dilakukan dan menghemat biasa perbaikan hingga 2 juta Dollar Amerika. Diperkirakan bila tanpa *tube* yang

telah diinstalasi, sekitar 50 rumah akan rusak atau hilang oleh Badai Allison. Kondisi tanah di depan *tube* memang tererosi sehingga sebagian *tube* terekspos, namun tidak terjadi kerusakan pada *tube* dan tidak diperlukan perbaikan sama sekali.



Gambar 2.17 Pengisian *tube* di Bolivar Peninsula



Gambar 2.18 Penutupan *tube* dengan pasir, Bolivar Peninsula.



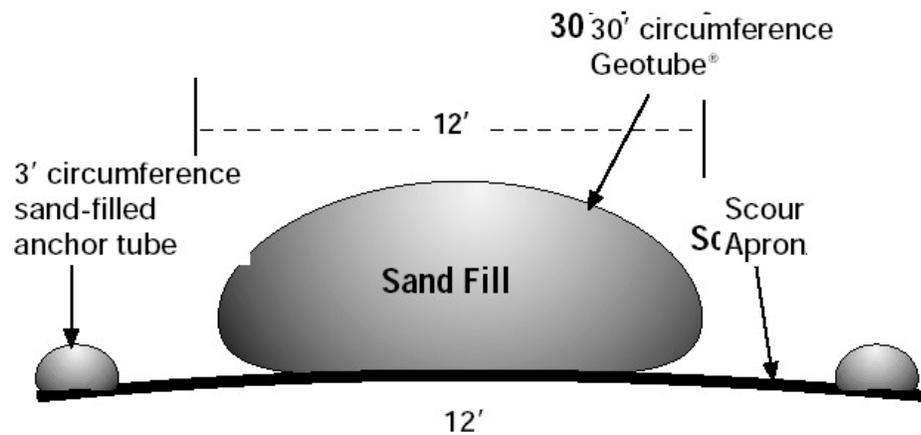
Gambar 2.19 *Tube* Bolivar Peninsula setelah Badai Allison

2.2.4.2. Shoreline Erosion Sundown Island, Matagorda.

Owner : National Audubon Society Texas Coastal Sanctuary

Konsultan : Formosa Plastics Co.

Kontraktor : King Fisher Marine Services, Inc.



Gambar 2.20 Disain *tube* Sundown Island

Sundown Island Sanctuary yang juga dikenal sebagai *Bird island* (pulau Burung) merupakan pulau buatan yang dikonstruksi pada tahun 1962. Pulau ini dikelola oleh National Audubon Society Texas Coastal Sanctuary. Pulau ini terletak di sebelah timur Pelabuhan O'Connor, di sebelah tenggara belokan menuju Pantai Texas, dan pada pertemuan jalur masuk kapal ke selat Matagorda dan jalur perairan antar pantai. Tingginya gelombang pasang ditambah gelombang akibat aktivitas perairan menyebabkan Sundown Island tererosi sangat parah, luas pulau berkurang jauh dan mengancam populasi Burung.



Gambar 2.21 Jetty *Geotube* di sisi barat pulau Sundown.

Perencanaan *geotube* yang ditawarkan oleh kontraktor dan konsultan adalah *tube* setinggi 5 kaki (1,524 meter) disusun berbentuk 3 buah jetty, sepanjang 250, 300 , dan 375 kaki. Proyek dimulai pada bulan Februari 1995 dan selesai dalam 4 (empat) hari. *Tube* masuk sepanjang 50 kaki (15, 24 meter) ke dalam pantai dan jarak antar jetty *tube* 300 kaki (91,5 meter). Pada pengamatan terakhir, *tube* yang dipasang berfungsi dengan sempurna. Tidak hanya erosi pantai terhenti, luas pantai pun bertambah dan keberadaan *tube* sendiri tidak mengganggu burung – burung yang sedang berkembang biak. Atas hasil yang memuaskan ini, pantai utara pulau Sundown juga diberi proteksi erosi dengan menggunakan *geotube*.

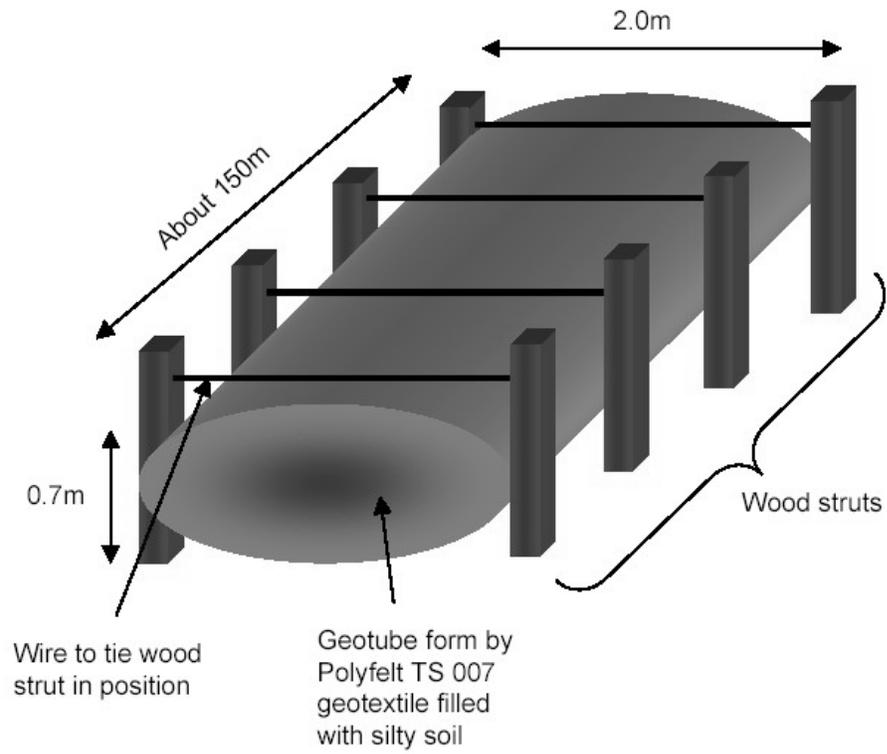


Gambar 2.22 Kondisi *geotube* Agustus 1995 (6 bulan setelah Instalsi)

2.2.4.3. Cameron Highland Slope Retaining Structure, Malaysia 2001.

Proyek Cameron Highland adalah proyek perluasan jalan yang berlokasi pada daerah yang berlumpur dan mempunyai sudut kemiringan yang besar. Proyek ini di bawah pengawasan Department of Public Work Malaysia. Jalan berada di samping sebuah sungai dimana metode konvensional dengan embankment jalan tidak memungkinkan karena akan membutuhkan banyak sekali pekerjaan tanah. Sulitnya memperoleh material timbunan yang granular karena permasalahan transportasi juga mengakibatkan melonjaknya biaya untuk dinding penahan tanah. Melalui evaluasi yang mendetail, diambil kesimpulan bahwa *geotube* yang diisi dengan lumpur merupakan solusi paling efektif.

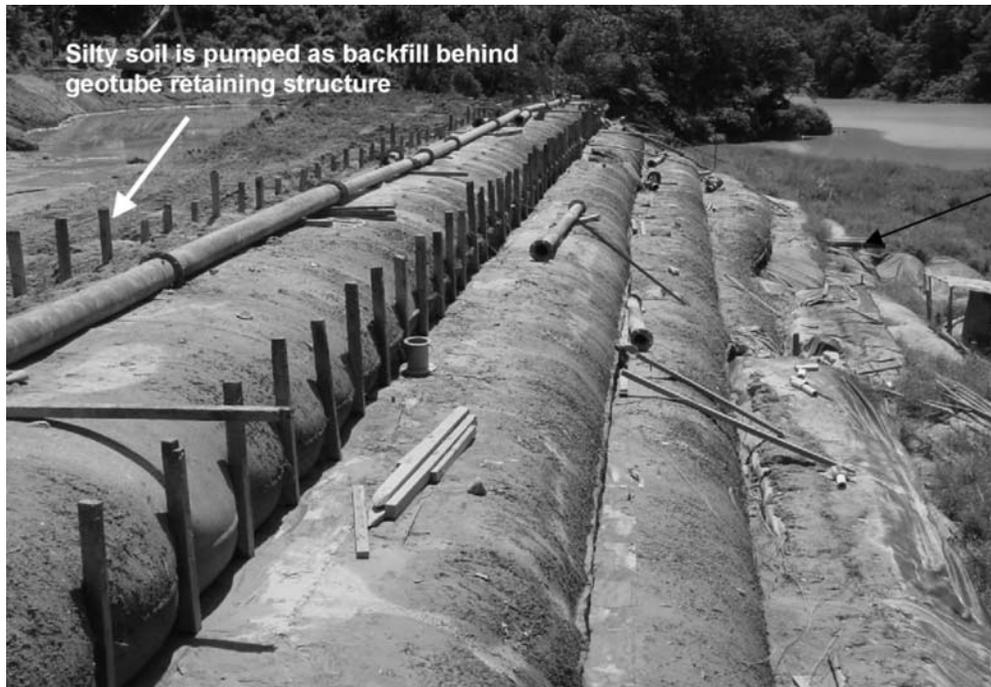
Lumpur diambil dari sungai di samping lereng, *geotube* dengan Polyfelt TS 007 digunakan dengan lembaran plastik di dasar *tube* untuk membantu drainasi. *Tube* ditumpuk untuk mencapai ketinggian dan ditahan dengan batang kayu yang diikat dengan kawat. Di bagian belakang *tube* diisi dengan pasir untuk mempertahankan kestabilan *tube* terutama setelah batang kayu dicabut. Kayu dicabut bila *tube* telah kering. Lumpur akan dipompakan ke belakang *tube* bila konstruksi *geotube* telah selesai.



Gambar 2.23 Detail *Geotube* Cameron Highland, Malaysia.



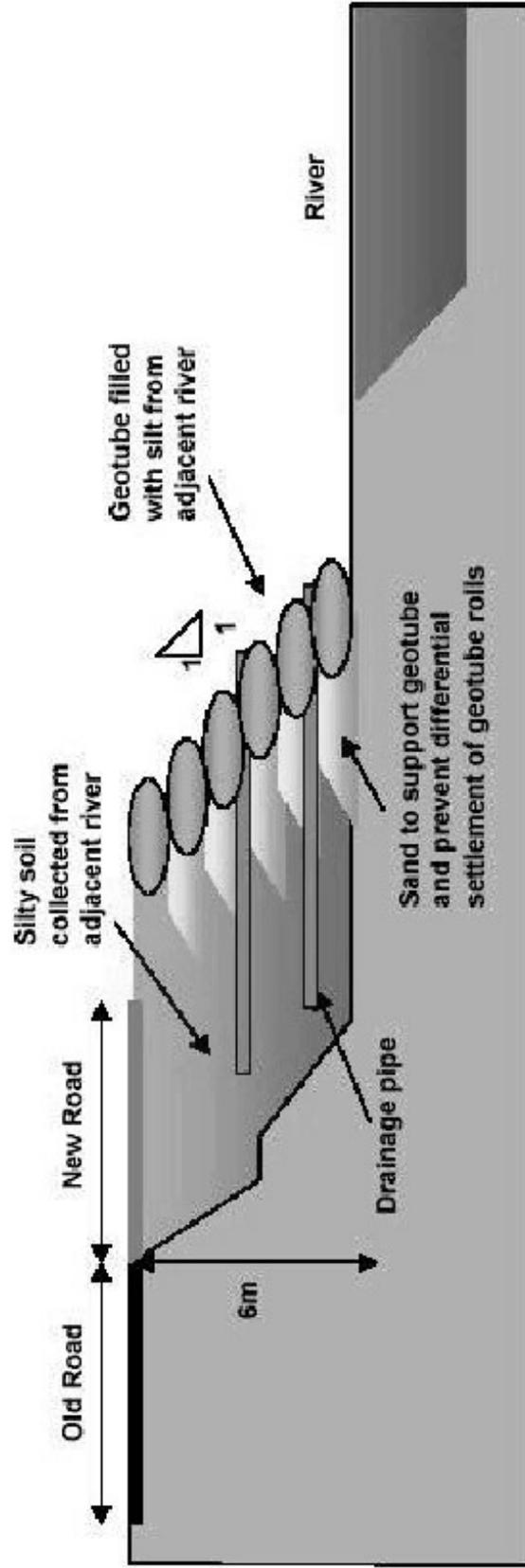
Gambar 2.24 Tampak atas konstruksi *geotube* Cameron Highland, Malaysia.



Gambar 2.25 *Tube* bertumpuk dengan pasir dan lumpur dibelakangnya.



Gambar 2.26 Rembesan air yang keluar dari *tube* berisi lumpur.



Gambar 2.27 Desain Geotube Cameron Highland, Malaysia

2.2.3.4 Riverbank Stabilization of Cohansey River, New Jersey.

Dalam periode 20 tahun terakhir, erosi yang terjadi di sungai Conhasey telah menghanyutkan properti tanah sejauh 50 kaki (15,24 meter) sepanjang sungai. Erosi dapat disebabkan oleh beberapa faktor seperti rembesan air tanah, hempasan ombak dan arus. Disimpulkan bahwa penyebab erosi yang utama adalah gelombang arus yang diakibatkan oleh pertemuan dua sungai dibagian selatan sungai Cohansey saat pasang. Disain dari proteksi erosi harus dapat menanggulangi erosi di dasar sungai dan menstabilkan lereng sungai. Ketinggian lereng sekitar 25 kaki (7,62 meter) di atas sungai.

Panjang lereng yang memerlukan proteksi adalah 500 kaki (152,4 meter) yang terdiri dari tanah berpasir, lempung dan loess. Bentuk geologi alamiah lereng sungai telah rusak dan kini banyak terdapat patahan dan keadaan vegetasinya rusak sama sekali (gundul) sehingga tidak terdapat perlindungan terhadap koridor sungai. Daerah ini disebut sebagai erosional *Hot Spot*. Tinggi arus pasang kurang lebih 4 kaki di atas tinggi muka air rata – rata dan 3 kaki di atas datum vertikal Amerika Utara (North America Vertical Datum / NAVD) 1988. Elevasi dasar *tube* adalah 0.0 kaki NAVD 1988 dan harus mencapai ketinggian 5,5 kaki NAVD. Pada saat air pasang, area konstruksi sepenuhnya tenggelam. Oleh karena itu, pekerjaan harus diselesaikan pada saat air surut. Penelitian yang sangat mendetail dilakukan hingga memperkirakan kecepatan angin yang dikombinasikan dengan ketinggian ombak yang mungkin terjadi selama masa konstruksi.



Gambar 2.29 *Tube* sepanjang 40 kaki dengan keliling 4 meter dipersiapkan.

Perbandingan biaya antara pemakaian batuan, gabion dan *geotube* berisi pasir dilakukan untuk memperoleh solusi yang ekonomis dan efektif. Dikarenakan area kerja yang sempit di lereng sungai dan transportasi material yang sulit, *Geotube* menjadi pilihan yang lebih difavoritkan. Pemilik sendiri tidak ingin properti di sisi – sisi sungai rusak, maka kontraktor memutuskan untuk menggunakan *geotube* yang memungkinkan minimalnya kerusakan pada lapangan dan keleluasaan untuk mengerjakannya di darat.

Sebuah *hopper*, yang telah disesuaikan dengan kemampuan pompa hidrolik, disiapkan untuk mengaduk pasir dan air yang akan dipompakan ke dalam *tube*. Setelah *tube* mencapai ketinggian yang diinginkan, lereng ditinggikan kemudian ditutupi dengan matras *non woven* yang terbuat dari sabut kelapa untuk mencegah

erosi permukaan. Pemakaian geotekstil *woven* dari *Vinyl Coated Polyester* dipilih karena daya tahannya dan nilai estetika. *Non woven* kurang bisa beradaptasi dengan kondisi lapangan yang dinamis, sedangkan *Woven Polypropylene* yang digunakan pada proyek di Texas berwarna hitam dan dianggap kurang dari segi estetika.

Tanah dasar yang sangat lunak tidak sanggup menahan peralatan konstruksi. Dengan menggunakan separasi dan perkuatan geotekstil serta timbunan pasir setinggi 6 inci, *bucket-loader* seberat 28 ton dapat bekerja di atasnya. *Scour apron* dan angkur ditarik dan ditahan di ujung sisi lereng sungai. Kemudian bibit tanaman menjalar ditanam, namun banyak bibit gagal karena musim panas 2002 yang terlalu kering. Namun pengamatan di akhir musim panas menunjukkan perkembangan yang baik, lereng sungai telah ditumbuhi tanaman lokal.



Gambar 2.30 Instalasi *geotube* di atas apron yang mengambang..

2.3.5. Offshore Breakwater El Dorado Royale, Mexico.

Konstruksi *geotube* breakwater di El Dorado Royale dimaksudkan untuk memperluas area pantai dan melindungi Jetty El Dorado Royale Resort dari arus dan benturan kapal. Konstruksi pertama menginstalasi *geotube* di lepas pantai dengan kedalaman 6 kaki (kurang lebih 2 meter) untuk melindungi pantai dari erosi. Kemudian tahap kedua bertujuan untuk melindungi dasar pondasi Jetty dengan menginstalasi *geotube* di kedalaman air 13 kaki (sekitar 4 meter). *Geotube breakwater* seiring dengan waktu menjadi layaknya karang alamiah, yang juga menjadi perlindungan bagi para perenang.

Selain itu, naiknya pasir di belakang *geotube breakwater* akibat tertahannya pasir yang terbawa arus, merupakan bukti nyata bahwa tujuan awal untuk memperluas area pantai tercapai.



Gambar 2.31 Tampak atas *breakwater tube* dan Jetty El Dorado Royale, Mexico.

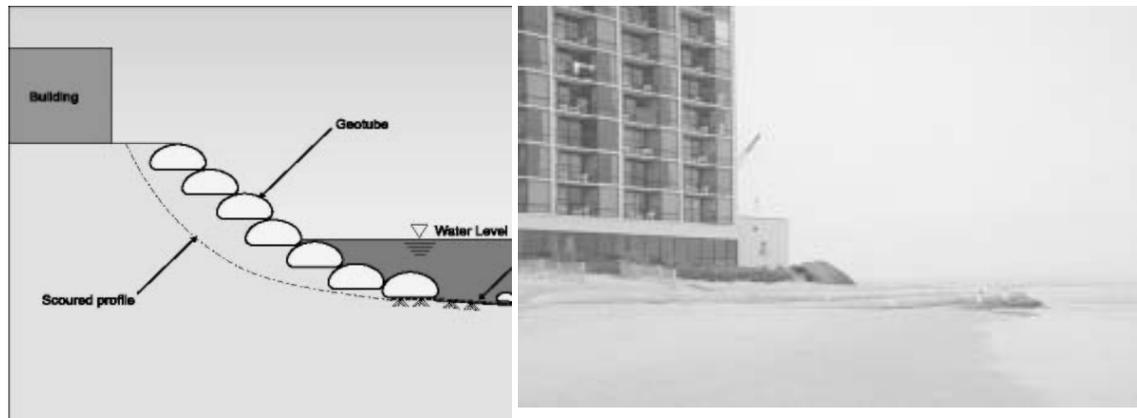


Gambar 2.32 Struktur bertumpuk *geotube* di bawah Muka Air



Gambar 2.33 *Geotube breakwater* bagian terluar yang melindungi jetty.

Berikut beberapa gambar contoh kasus seperti di Belanda, Jerman, Bahrain, Perancis, dan lain – lain.



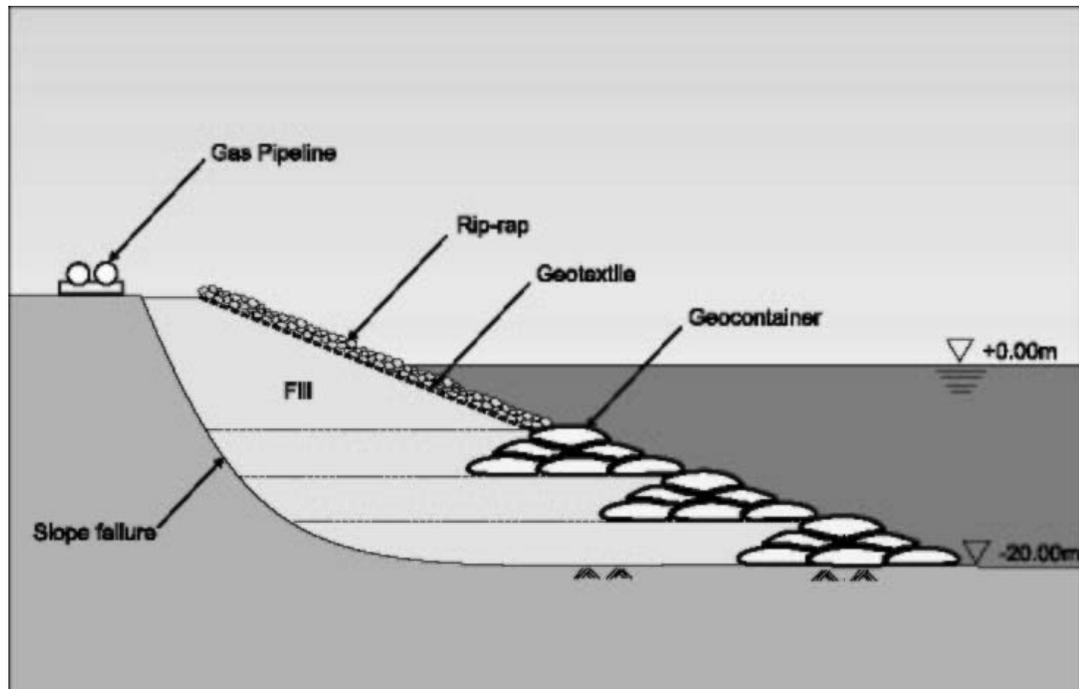
Gambar 2.34 *Shoreline Revertmen*, Shell Island, North Carolina.

(Sebuah *resort* yang terancam karena parahnya erosi)



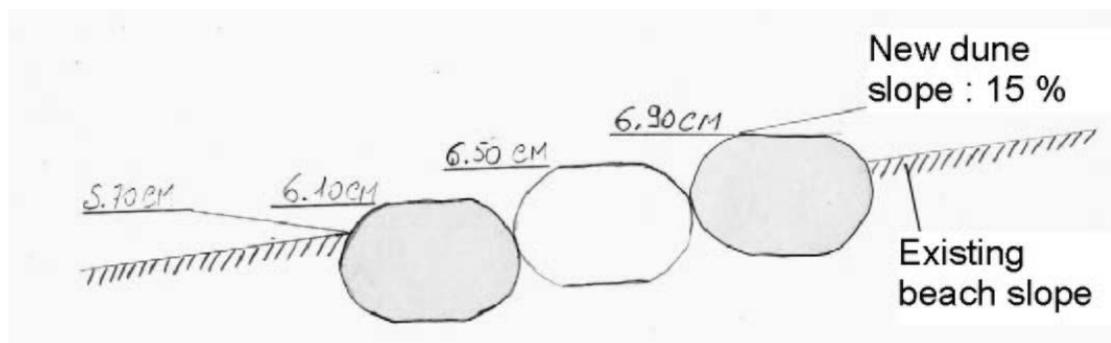
Gambar 2.35 Pulau Buatan di Bahrain.

(Proyek Reklamasi Pantai di Teluk Persia)



Gambar 2.36 Desain reklamasi lereng pantai untuk melindungi pipa gas

Zoutcamp, Belanda.



Gambar 2.37 Desain *tube* untuk Pantai Emelie, Perancis



Gambar 2.38 Pengisian *tube* (ketiga), Emelie Beach, Perancis.



Gambar 2.39 Struktur *geotube* sebagai Proteksi terhadap Erosi , Emelie Beach.