

PERBANDINGAN PROTEKSI TIANG PANCANG MENGGUNAKAN *FIBER REINFORCED POLYMER* DAN *HIGH DENSITY POLYETHYLENE*

Philbert Manuel Roosevelt Hutapea¹ dan Arianti Sutandi²

¹Program Studi Sarjana Teknik Sipil, Universitas Tarumanagara, Jl. Letjen S. Parman No.1 Jakarta
Philbert.325180155@stu.untar.ac.id

²Program Studi Sarjana Teknik Sipil, Universitas Tarumanagara, Jl. Letjen S. Parman No.1 Jakarta
ari.sutandi@gmail.com

Masuk: 15-03-2023, revisi: 20-05-2023, diterima untuk diterbitkan: 29-05-2023

ABSTRACT

Piles are a very important foundation for port docks. Like steel and reinforced concrete foundations, they have a limited service life when used in harsh marine environments. Chemical and biological factors are problems that often arise in dock piles. Chemical factors such as corrosion and biological factors such as the growth of marine life. For this reason, pile protection is needed such as High Density Polyethylene jacket pile dan Fiber Reinforced Polymer composite as pile protectors, so that the piles can function according to their design life. This research was conducted to determine the comparison between Fiber Reinforced Polymer and High Density Polyethylene jacket pile composites in terms of execution time, implementation costs, and long term conditions. In terms of execution time, the installation of Fiber Reinforced Polymer composites is faster than High Density Polyethylene jacket piles, while in terms of implementation costs, Fiber Reinforced Polymer composites cost 6.4% more than High Density Polyethylene. Lastly, in terms of conditions in the field, Fiber Reinforced Polymer composite has not found any damage in a period of 5 years, while High Density Polyethylene jacket pile has found non-technical damage in a period of 8 years and 10 years.

Keywords: High Density Polyethylene jacket; Fiber Reinforced Polymer composite; pier

ABSTRAK

Tiang pancang merupakan suatu fondasi yang sangat penting bagi dermaga pelabuhan. Seperti fondasi baja dan beton bertulang, memiliki umur pemakaian yang terbatas bila digunakan di lingkungan laut yang keras. Faktor kimia dan biologis merupakan permasalahan yang sering timbul pada tiang pancang dermaga. Faktor kimia seperti korosi dan faktor biologis seperti tumbuhnya biota laut. Untuk itu diperlukan proteksi tiang pancang seperti *High Density Polyethylene jacket pile* dan *Fiber Reinforced Polymer composite* sebagai pelindung tiang pancang, sehingga tiang pancang dapat berfungsi sesuai dengan umur desainnya. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui perbandingan antara *Fiber Reinforced Polymer composite* dan *High Density Polyethylene jacket pile* dari segi waktu pelaksanaan, biaya pelaksanaan, serta kondisi pada jangka waktu yang lama. Dari segi waktu pelaksanaan, pemasangan *Fiber Reinforced Polymer composite* lebih cepat dibandingkan dengan *High Density Polyethylene jacket pile* sedangkan dari segi biaya pelaksanaan, *Fiber Reinforced Polymer composite* memiliki biaya yang lebih besar 6,4% dibandingkan dengan *High Density Polyethylene*. Dan dari segi kondisi di lapangan, *Fiber Reinforced Polymer composite* belum ditemukan adanya kerusakan pada jangka waktu 5 tahun, sedangkan *High Density Polyethylene jacket pile* sudah ditemukan kerusakan secara non-teknis pada jangka waktu 8 tahun dan 10 tahun.

Kata Kunci: tiang pancang; High Density Polyethylene jacket; Fiber Reinforced Polymer composite; dermaga

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara maritim yang di mana memiliki sekitar 17.500 pulau, bergaris sepanjang 81.000 km. Dengan 62% luas wilayah Indonesia adalah laut dan perairan. Maka dari itu, Indonesia memiliki banyak pelabuhan yang setiap pelabuhannya rata-rata memiliki dermaga. Menurut Kramadibrata (2002), pelabuhan merupakan salah satu simpul dari mata rantai bagi kelancaran angkutan muatan laut dan darat. Jadi secara umum pelabuhan adalah suatu daerah perairan yang terlindungi dari badai/ombak/arus, sehingga kapal dapat berputar (*turning basin*), bersandar/ membuang sauh dan bongkar muat atas barang dan perpindahan penumpang dapat dilaksanakan. Menurut Triatmodjo (2010), pelabuhan (*port*) adalah daerah perairan yang terlindungi terhadap gelombang, yang dilengkapi dengan fasilitas terminal laut meliputi dermaga dimana kapal dapat bertambat untuk bongkar muat barang, kran-kran (*crane*) untuk bongkar muat barang, gudang laut (*transito*) dan tempat penyimpanan dimana kapal membongkar

muatannya, dan gudang-gudang di mana barang-barang dapat disimpan dalam waktu yang lebih lama selama menunggu pengiriman ke daerah tujuan atau pelanggan

Dermaga dibangun dengan tujuan untuk melayani kebutuhan tertentu. Struktur bangunan dermaga adalah bangunan yang digunakan untuk berlabuh, merapat dan bertambatnya kapal-kapal untuk melakukan bongkar muat (*loading-unloading*) barang dan menaikurunkan penumpang. Struktur dermaga merupakan struktur bangunan yang dibuat diatas perairan (didas laut) yang menghubungkan bagian darat dan terdiri dari bangunan atas (*upper structure*) yang terbuat dari balok, pelat lantai dan bangunan bawah (*sub structure*) yang terdiri dari fondasi tiang pancang yang mendukung bangunan diatasnya.

Fondasi adalah komponen yang sangat penting dalam konstruksi dermaga. Hardiyatmo (2002) menjelaskan fondasi adalah komponen struktur terendah dari bangunan yang meneruskan beban bangunan ke tanah atau batuan yang berada di bawahnya. Pada dermaga rata-rata memakai fondasi dalam seperti tiang pancang beton bertulang ataupun tiang pancang pipa baja. Tiang pancang pada dermaga sangat rentan terhadap kerusakan karena berada di area pasang surut air laut dan area *splash zone*. Kerusakan yang terjadi secara biologis disebabkan oleh biota dan kerusakan yang terjadi secara kimia disebabkan oleh korosi.

Korosi merupakan suatu peristiwa kerusakan atau penurunan kualitas suatu bahan logam yang disebabkan oleh terjadinya reaksi terhadap lingkungan. Menurut Lee et al., (2014), penyebab utama korosi struktur baja adalah lingkungan yang korosif. Laju korosi pada tanah biasa kira-kira 0,03 mm per tahun, itu meningkat menjadi 1,2 mm per tahun di *splash zone*.

Korosi dapat menyebabkan kerusakan terhadap struktur bangunan, sehingga dapat menyebabkan kerugian materiil dan juga dapat menyebabkan kecelakaan yang menimbulkan korban jiwa. Salah satu kasus yang terjadi seperti pada kejadian runtuhnya jembatan akibat korosi di West Virginia yang menyebabkan 46 orang meninggal dunia.

Proteksi tiang pancang

a. *Cathodic protection* (Proteksi katodik) umumnya digunakan untuk melindungi banyak struktur terhadap korosi, seperti kapal, pelampung lepas pantai, peralatan bawah laut, pelabuhan, saluran pipa, tangki; pada dasarnya semua struktur logam terendam atau terkubur. Teknik ini didasarkan pada mengubah area aktif pada permukaan logam menjadi pasif, dengan kata lain menjadikannya katoda sel elektrokimia. *Cathodic protection* dipasang dengan cara dilas pada tiang pancang yang berada dibawah area *splash zone*.

b. *Concrete jacket* adalah pelindung tiang pancang dari korosi yang terbuat dari beton. Masalah dari *concrete jacket* yaitu:

- Instalasi yang *complicated*
- Tidak tahan garam laut (untuk semen portland type 1)
- Semen yang tahan garam laut adalah portland type 5, dimana *quantity* harus besar dan mahal.
- Sulit untuk *maintenance*

c. HDPE (*High Density PolyEthylene*) merupakan bahan karbon yang berfungsi sebagai jaket pelindung terhadap perbedaan temperatur, sinar ultra violet dan biota laut. Maka *jacketing* HDPE adalah sebuah proses untuk menutup atau melindungi tiang pancang pada daerah *splash zone* atau daerah pasang surut air laut terhadap bahaya korosi dalam jangka yang panjang. Daerah *splash zone* merupakan daerah yang paling tinggi dampak dari korosi.

Proses *jacketing* HDPE merupakan bagian dari *splash guard system*. Dalam melakukan *jacketing* HDPE, HDPE dipasang dan dikencangkan dengan menggunakan tali sampai HDPE tersebut sangat kencang dan mur dapat sampai lubang. Pemasangan baut pada mur yang tertempel pada HDPE harus sangat kencang sehingga tidak akan menggelembung.

Jika proses instalasi *splash guard system* telah selesai, maka perlu dilakukan *commissioning*. *Commissioning* adalah pengujian operasional suatu pekerjaan untuk memastikan pekerjaan tersebut telah memenuhi semua peraturan yang berlaku dan sesuai standar yang telah ditetapkan.

d. *Fiber-reinforced polymer* (FRP) adalah bahan komposit yang terbuat dari matriks polimer yang diperkuat dengan serat. Serat biasanya terbuat dari kaca atau karbon. FRP biasanya digunakan dalam industri otomotif, kelautan, dan konstruksi. Bahan buatan atau alami yang terbuat dari dua atau lebih bahan penyusun dengan sifat fisik dan kimia yang berbeda secara signifikan, yang tetap terpisah dan berbeda dalam struktur akhir. Sebagian komposit memiliki serat yang kuat dan kaku.

Pada tiang pancang, masalah yang sering terjadi adalah korosi yang membuat masa tiang pancang menjadi berkurang. Sehingga FRP menjadi solusi pada korosi tiang pancang. Keuntungan dasar komposit FRP adalah ringan, rasio

kekuatan terhadap berat yang tinggi, ketahanan korosi, ketahanan kimia, dan lingkungan serta biaya perawatan yang rendah.

Peran FRP dalam perbaikan tiang ada dua pertama untuk mengembalikan kapasitas lentur yang hilang akibat korosi baja, kedua untuk memberikan ketahanan untuk menahan gaya ekspansif yang disebabkan oleh korosi baja. Yang pertama memerlukan serat yang diorientasikan sejajar dengan arah baja tulangan atau baja prategang, yaitu sepanjang, sedangkan yang terakhir membutuhkan serat pada arah melintang atau melingkar, yaitu tegak lurus terhadap baja. Ini dapat dipenuhi baik dengan menggunakan dua set serat satu arah yang berbeda satu untuk setiap arah atau sebaiknya, dengan menggunakan bahan FRP dua arah yang membutuhkan lebih sedikit tenaga kerja menurut Sen et al., (2006).

2. METODE PENELITIAN

Tempat dan waktu penelitian

Penelitian mengenai FRP *composite* dilakukan langsung pada proyek dermaga yang berlokasi di Danau Batur, Desa Terunyan, Bali. Pemasangan FRP *composite* pada Dermaga Terunyan membutuhkan waktu 8 hari, dimulai pada tanggal 4 Oktober 2022 sampai 11 Oktober 2022.

Metode pengumpulan data

- a. Untuk mengetahui perbandingan HDPE *jacket pile* dan FRP *composite* dari segi waktu pelaksanaan, diperlukan:
- Tata cara pelaksanaan
 - Alat yang diperlukan
 - Banyaknya tenaga kerja
 - Waktu pemasangan

Cara ini diperoleh dengan melakukan pengamatan secara visual dan melakukan wawancara secara langsung di Dermaga Pelabuhan Terunyan, Bali dengan engineer dari PT PERINTIS PROTEKSI SEJAHTERA.

- b. Untuk mengetahui perbandingan HDPE *jacket pile* dan FRP *composite* dari segi biaya pelaksanaan, diperlukan:
- Biaya material
 - Biaya tenaga kerja
 - Biaya alat dan bahan

Cara ini diperoleh dengan melakukan wawancara dengan pihak supplier dari PT PERINTIS PROTEKSI SEJAHTERA yang berlokasi di Jalan Danau Sunter Utara, Jakarta Utara.

- c. Untuk mengetahui kondisi tiang pancang yang menggunakan HDPE *jacket pile* dan FRP *composite* pada jangka waktu yang lama, diperlukan:
- Hasil dokumentasi
 - Hasil wawancara

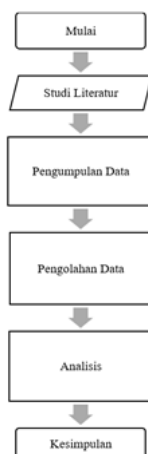
Cara ini diperoleh dengan melakukan wawancara dengan engineer pemasangan HDPE *jacket* dan FRP *composite* untuk mendapatkan hasil dokumentasi. Hasil dokumentasi yang diperlukan berupa foto kondisi tiang pancang yang HDPE *jacket* maupun FRP *composite* dalam jangka waktu yang lama

Analisis data

- Untuk menganalisis perbandingan waktu pelaksanaan HDPE *jacket pile* dan FRP *composite*
- Untuk menganalisis perbandingan biaya pelaksanaan HDPE *jacket pile* dan FRP *composite*
- Untuk menganalisis perbandingan kondisi tiang pancang yang menggunakan HDPE *jacket pile* dan FRP *composite* pada jangka waktu yang lama

Diagram alir

Diagram alir pada penelitian ini ditunjukkan oleh Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data penelitian

Penelitian pada pemasangan FRP *composite* ditinjau secara langsung pada proyek Dermaga Terunyan yang berlokasi di Desa Terunyan, Bali. Jumlah tiang pancang yang akan dipasang FRP *composite* sebanyak 69 titik, yang terdiri dari 58 titik yang berada pada waterfront dan 11 titik yang berada pada dermaga apung.

Pekerjaan FRP *Composite*

Langkah-langkah pemasangan FRP *composite* di lapangan dibagi menjadi 2 tahap yaitu tahap persiapan dan tahap pemasangan.

- Tahap persiapan

Pertama-tama dilakukan pengecekan terhadap produk FRP *composite* serta alat dan bahan yang akan digunakan. Pengecekan dilakukan untuk memastikan bahwa FRP *composite* serta seluruh alat dan bahan yang akan digunakan cukup secara kuantitas dan baik secara kualitas. Setelah pengecekan, dilakukan pemotongan pada FRP *composite* sesuai dengan ukuran yang sudah ditentukan. Setelah dilakukan pemotongan, FRP *composite* dilipat dan disimpan sampai semua tahap persiapan dilakukan agar tidak terkena air, karena FRP *composite* tidak boleh basah sebelum terpasang pada tiang pancang. Tahap akhir yaitu menyambungkan selang ke kompresor. Panjang selang disesuaikan dengan jarak yang diperlukan.

Selanjutnya dilakukan perakitan bambu sebagai alat pijakan bagi pekerja untuk memasang FRP *composite* pada tiang pancang diatas air. Bambu lebih dipilih dibandingkan perahu sampan, karena tidak mudah goyang saat terkena angin. Kemudian dilakukan pembersihan terhadap permukaan tiang pancang yang akan dipasang FRP *composite*. Pembersihan ditujukan untuk menghilangkan karat, lumut, dan kotoran lain yang menempel pada permukaan tiang pancang menggunakan *wire brush*. Dan untuk karat yang tebal dilakukan pembersihan menggunakan sekrap besi terlebih dahulu. Setelah dilakukan pembersihan pada permukaan tiang pancang, campurkan *glass flake epoxy* dengan *activator*. Kemudian aduk *glass flake epoxy* dengan *activator* sampai rata menggunakan bor *mixer*.

- Tahap pemasangan FRP *composite*

Setelah semua proses tahap persiapan selesai, langkah yang dilakukan selajutnya adalah mengoleskan *glass flake epoxy* (yang sudah dicampur dengan *activator*) pada permukaan tiang pancang diatas air. *Glass flake epoxy* dioleskan dengan rata pada semua permukaan tiang pancang yang akan dipasang FRP *composite*. Kemudian jika permukaan tiang pancang sudah rata dioleskan dengan *glass flake epoxy*, oleskan kedua permukaan (bolak-balik) FRP *composite* dengan *glass flake epoxy* diatas meja triplek.

Sesudah dioleskan dengan *glass flake epoxy* yang dicampur dengan *activator*, pasang FRP *composite* pada tiang pancang. Setelah seluruh tiang pancang diatas permukaan air terpasang FRP *composite*, kemudian wrap FRP *composite* yang terpasang di tiang pancang dengan plastik. Sesudah itu, pasang FRP *composite* yang sudah diolesi *glass flake epoxy* pada permukaan dibawah air dan wrap FRP *composite* yang sudah dipasang dengan plastik wrap. Seluruh pekerja wajib menggunakan perlengkapan selam. Pemasangan FRP *composite* dibawah air harus dilakukan oleh tenaga kerja profesional yang sudah lulus sertifikasi selam. Sertifikasi selam yang digunakan adalah ADS – I (Associaton of Diving School Indonesia).

Tabel 1 menampilkan ukuran FRP *composite* yang terpasang pada tiang pancang waterfront

Tabel 1. Ukuran FRP *composite* yang terpasang pada tiang pancang *waterfront*

Dudukan Waterfront					
No	Keterangan	Ø (m)	t (m)	π	Luas
1	Tiang 1	0.406	3.5	3.14	4.462
2	Tiang 4	0.406	3.5	3.14	4.462
3	Tiang 7	0.406	3.5	3.14	4.462
4	Tiang 10	0.406	3.5	3.14	4.462
5	Tiang 13	0.406	2.9	3.14	3.697
6	Tiang 16	0.406	3.5	3.14	4.462
7	Tiang 17	0.406	3.14	3.14	4.003
8	Tiang 20	0.406	3.5	3.14	4.462
9	Tiang 23	0.406	3.21	3.14	4.092
10	Tiang 27	0.406	3.4	3.14	4.334
11	Tiang 26	0.406	3.5	3.14	4.462
12	Tiang 30	0.406	3.3	3.14	4.207
13	Tiang 29	0.406	3.5	3.14	4.462
14	Tiang 34	0.406	3.21	3.14	4.092
15	Tiang 33	0.406	3.5	3.14	4.462
16	Tiang 32	0.406	3.5	3.14	4.462
17	Tiang 38	0.406	3.17	3.14	4.041
18	Tiang 37	0.406	3.5	3.14	4.462
19	Tiang 36	0.406	3.5	3.14	4.462
20	Tiang 42	0.46	3.13	3.14	4.521
21	Tiang 41	0.406	3.5	3.14	4.462
22	Tiang 40	0.406	3.5	3.14	4.462
23	Tiang 46	0.406	3.07	3.14	3.914
24	Tiang 45	0.406	3.5	3.14	4.462
25	Tiang 44	0.406	3.5	3.14	4.462
26	Tiang 49	0.406	2.99	3.14	3.812
27	Tiang 48	0.406	3.5	3.14	4.462
28	Tiang 52	0.406	3.11	3.14	3.965
29	Tiang 51	0.406	3.5	3.14	4.462
30	Tiang 55	0.406	3.38	3.14	4.309
31	Tiang 54	0.406	3.5	3.14	4.462
32	Tiang 58	0.406	3.5	3.14	4.462
33	Tiang 57	0.406	3.5	3.14	4.462
34	Tiang 62	0.406	3	3.14	3.825
35	Tiang 61	0.406	3.5	3.14	4.462
36	Tiang 60	0.406	3.5	3.14	4.462
37	Tiang 63	0.406	3.5	3.14	4.462
38	Tiang 66	0.406	3	3.14	3.825
39	Tiang 65	0.406	3.5	3.14	4.462
40	Tiang 64	0.406	3.5	3.14	4.462

Tabel 1 (Lanjutan). Ukuran FRP *composite* yang terpasang pada tiang pancang waterfront

Dudukan Waterfront					
No	Keterangan	Ø (m)	t (m)	π	Luas
41	Tiang 69	0.406	3	3.14	3.825
42	Tiang 68	0.406	3.5	3.14	4.462
43	Tiang 67	0.406	3.5	3.14	4.462
44	Tiang 72	0.406	3	3.14	3.825
45	Tiang 71	0.406	3.2	3.14	4.079
46	Tiang 70	0.406	3.5	3.14	4.462
47	Tiang 76	0.406	3	3.14	3.825
48	Tiang 75	0.406	3.2	3.14	4.079
49	Tiang 74	0.406	3.5	3.14	4.462
50	Tiang 73	0.406	3.5	3.14	4.462
51	Tiang 77	0.406	3.5	3.14	4.462
52	Tiang 81	0.406	3	3.14	3.825
53	Tiang 80	0.406	3.2	3.14	4.079
54	Tiang 79	0.406	3.5	3.14	4.462
55	Tiang 78	0.406	3.5	3.14	4.462
56	Tiang 84	0.406	2.26	3.14	2.881
57	Tiang 83	0.406	3.14	3.14	4.003
58	Tiang 82	0.406	3.5	3.14	4.462

Tabel 2 menunjukkan ukuran FRP *composite* yang terpasang pada tiang pancang dermaga apung

Tabel 2. Ukuran FRP *composite* yang terpasang pada tiang pancang dermaga apung

Dudukan dermaga apung					
No	Keterangan	Ø (m)	t (m)	π (m)	Luas
1	Tiang 1	0.406	5	3.14	6.374
2	Tiang 2	0.406	5	3.14	6.374
3	Tiang 3	0.406	5	3.14	6.374
4	Tiang 4	0.406	5	3.14	6.374
5	Tiang 5	0.406	5	3.14	6.374
6	Tiang 6	0.406	5	3.14	6.374
7	Tiang 7	0.406	5	3.14	6.374
8	Tiang 8	0.406	5	3.14	6.374
9	Tiang 9	0.406	5	3.14	6.374
10	Tiang 10	0.406	5	3.14	6.374
11	Tiang 11	0.406	5	3.14	6.374

Analisa waktu FRP *Composite*

Tabel 3 menampilkan jadwal pengerjaan FRP *composite*. Analisa waktu FRP *composite* menghitung waktu yang dibutuhkan berdasarkan volume pekerjaan dan produktivitas tenaga kerja. Berdasarkan pengamatan yang terjadi di lapangan, waktu pemasangan FRP *composite* untuk salah satu contoh tinggi tiang pancang 3.5 m dan FRP *composite* yang terpasang 4.46194 m² pada pekerjaan diatas permukaan air pada 1 titik tiang pancang membutuhkan waktu 18

menit. Lalu pada pekerjaan dibawah permukaan air membutuhkan waktu 11 menit. Sehingga, untuk pemasangan FRP *composite* pada 1 titik tiang pancang dengan ukuran tinggi tiang 3.5 m dan ukuran FRP *composite* yang terpasang 4.46194 m² membutuhkan waktu 29 menit. Dan untuk pemasangan 1 m² membutuhkan waktu 6.5 menit.

Pada pemasangan FRP *composite* pada 1 titik tiang pancang membutuhkan 5 pekerja yang terdiri dari 1 kepala tukang, 2 tukang, dan 2 pembantu tukang. Untuk kepala tukang dan 2 tukang membutuhkan waktu 29 menit pada setiap 1 titik tiang pancang. Dan 2 pembantu tukang membutuhkan waktu 3 menit pada 1 tiang pancang. Jika 3 pekerja membutuhkan waktu 6.5 menit pada pemasangan 1 m², maka 1 pekerja membutuhkan waktu 2.17 menit pada pemasangan 1m².

Tabel 3. Jadwal pengerjaan FRP *composite*

No	Hari,Tanggal	Waktu	Keterangan
1	Selasa, 4 Oktober 2022	09.00-15.00	Survey lokasi pengerjaan
			Pengecekan material, alat, dan bahan
			Pemotongan FRP composite
			Perakitan bambu
2	Rabu, 5 Oktober 2022	08.00-17.00	Pemasangan FRP composite diatas permukaan air (waterfront)
			Total terpasang 23 titik (waterfront)
3	Kamis, 6 Oktober 2022	08.00-17.00	Pemasangan FRP composite diatas permukaan air (waterfront)
			Total terpasang 24 titik (waterfront)
4	Jumat, 7 Oktober 2022	08.00-16.00	Pemasangan FRP composite diatas permukaan air (waterfront)
			Total terpasang 11 titik (waterfront)
			Persiapan perkerjaan dermaga apung
5	Sabtu, 8 Oktober 2022	08.00-17.00	Pemasangan FRP composite diatas permukaan air (Dermaga apung)
			Total terpasang 11 titik (Dermaga apung)
6	Minggu, 9 Oktober 2022	09.00-16.00	Pemasangan FRP composite dibawah permukaan air
			Total terpasang 20 titik
7	Senin, 10 Oktober 2022	08.00-15.00	Pemasangan FRP composite dibawah permukaan air
			Total terpasang 23 titik
8	Selasa, 11 Oktober 2022	08.00-15.00	Pemasangan FRP composite dibawah permukaan air
			Total terpasang 26 titik

Analisa biaya FRP *Composite*

Analisa biaya pekerjaan FRP *composite* ditampilkan pada Tabel 4. Proyek pemasangan FRP *composite* pada tiang pancang dermaga ini dilaksanakan di Desa Terunyan, Bali. Untuk biaya material FRP *composite* dan upah tenaga kerja didapat melalui wawancara dengan pihak sales PT PERINTIS PROTEKSI SEJAHTERA.

Tabel 4. Anggaran biaya FRP *composite*

Uraian	Satuan	Harga Satuan	Jumlah	Jumlah Harga
Tenaga				
Tukang (2 orang)	O/m2	Rp 56.250,00	317,341	Rp 17.850.431,25
Kenek (2 orang)	O/m2	Rp 40.300,00	317,341	Rp 12.788.842,30
Kepala Tukang	O/m2	Rp 34.400,00	317,341	Rp 10.916.530,40
Material				
FRP Composite	m2	Rp 2.772.000,00	317,341	Rp 879.669.252,00
Alat dan Bahan				
Kompresor Selam (sewa)	Hari	Rp 340.000	3	Rp 1.020.000,00

Tabel 4 (Lanjutan). Anggaran biaya FRP *composite*

Uraian	Satuan	Harga Satuan		Jumlah	Jumlah Harga	
Bambu	BH	Rp	150.000	10	Rp	1.500.000,00
Regulator Selam	Hari	Rp	100.000	3	Rp	300.000,00
Masker Selam	Hari	Rp	50.000	3	Rp	150.000,00
Timah Pemberat	Hari	Rp	50.000	3	Rp	150.000,00
Baju Selam	Hari	Rp	50.000	1	Rp	50.000,00
Sepatu Boots	Hari	Rp	50.000	5	Rp	250.000,00
Hood	Hari	Rp	50.000	3	Rp	150.000,00
Kamera Bawah air	Hari	Rp	300.000	1	Rp	300.000,00
Gergaji	BH	Rp	45.000	1	Rp	45.000,00
Bor mixer	BH	Rp	579.000	1	Rp	579.000,00
Roll Cat	BH	Rp	22.500	2	Rp	45.000,00
Kape Besi	BH	Rp	40.000	3	Rp	120.000,00
wire brush	BH	Rp	42.000	3	Rp	126.000,00
Ember Kecil	BH	Rp	9.000	3	Rp	27.000,00
Kape Plastik	BH	Rp	3.000	2	Rp	6.000,00
Tali Tambang	BH	Rp	8.000	14	Rp	112.000,00
Genset (sewa)	Hari	Rp	400.000	3	Rp	1.200.000,00
Jumlah total tenaga, material, alat, dan bahan (A+B+C) FRP COMPOSITE					R927.355.055,95	

Harga upah tenaga kerja disesuaikan dengan Kota Bali (Wilayah Indonesia Bagian Tengah). Untuk material FRP *composite* biaya per m^2 adalah 2,772,000 rupiah, sehingga total biaya material FRP *composite* untuk 69 titik tiang pancang di Bali = $2,772,000 \times 317.341 = 879,669,252$ rupiah. Untuk biaya alat dan bahan disesuaikan dengan harga kota Jakarta. Dan total biaya alat dan bahan adalah 6,130,000 rupiah.

Kondisi lapangan FRP *Composite*

Untuk mengetahui kondisi FRP *composite* setelah 5 tahun pemakaian dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 2. Kondisi lapangan FRP *composite*

Lokasi pemasangan FRP *composite* berada di Laut Boniton, Sulawesi Tengah. Setelah 5 tahun pemakaian, FRP *composite* masih dalam kondisi yang baik dan layak digunakan. Tidak ditemukan adanya kerusakan pada FRP *composite*. Lembaran FRP juga masih merekat utuh pada tiang pancang.

Pekerjaan HDPE Jacket

Langkah-langkah pemasangan HDPE jacket di lapangan dibagi menjadi 2 yaitu tahap persiapan dan tahap pemasangan.

- Tahap persiapan

Tidak jauh berbeda dengan HDPE jacket, pertama-tama dilakukan pengecekan pada produk HDPE jacket serta alat dan bahan yang akan digunakan. Kemudian dilakukan perakitan bambu sebagai pijakan bagi pekerja untuk memasang HDPE jacket. Setelah itu dilakukan pembersihan terhadap tiang pancang yang akan dipasang HDPE jacket. Tahap pembersihan tiang pancang pada proses HDPE jacket sama halnya dengan pembersihan tiang pancang pada proses FRP composite.

- Pemasangan HDPE jacket

Setelah tahap persiapan selesai, pertama berikan *primer paste* pada tiang pancang dengan menggunakan *tape* sampai rata. Setelah itu, berikan *petrolatum tape* pada tiang pancang dengan cara dililitkan secara melingkar dengan jarak tumpang tindih kurang lebih 10% dari lebarnya, kemudian dilakukan penekanan pada *petrolatum tape* saat pemasangan agar mengeluarkan udara yang terperangkap didalam. Kemudian, pasang HDPE pada tiang pancang. Sebelum HDPE dipasang, berikan pelubangan untuk ikatan baut. Jarak baut yang dipasang per 20 cm. HDPE dipasang dengan cara ditarik secara kencang hingga *overlap* kurang lebih 10-20 cm. Kemudian jepit bagian yang overlap dengan HDPE girder (pengunci HDPE). Setelah itu, pasang baut pada setiap lubang untuk mengunci HDPE.

Analisa Waktu HDPE Jacket

Berdasarkan hasil wawancara dengan teknisi pemasangan HDPE jacket, waktu pemasangan HDPE jacket pada salah satu contoh tinggi tiang pancang 3.5 m dan HDPE Jacket yang dipasang 4.46194 m² membutuhkan waktu 35 menit. Sehingga, untuk pemasangan HDPE jacket pada 1 titik tiang pancang dengan ukuran tinggi tiang 3.5 m dan ukuran HDPE jacket yang terpasang 4.46194 m² membutuhkan waktu 35 menit. Dan untuk pemasangan 1 m² membutuhkan waktu 7.9 menit. Pada pemasangan HDPE jacket pada 1 titik tiang pancang membutuhkan 5 pekerja yang terdiri dari 1 kepala tukang, 2 tukang, dan 2 tukang pembantu. Untuk kepala tukang dan 2 tukang membutuhkan waktu 35 menit pada setiap 1 titik tiang pancang. Dan 2 pembantu tukang membutuhkan waktu 1 menit pada 1 tiang pancang. Jika 3 pekerja membutuhkan waktu 7.9 menit pada pemasangan 1 m², maka 1 pekerja membutuhkan waktu 2.63 menit pada pemasangan 1 m².

Analisa Biaya HDPE Jacket

Rencana proyek pemasangan HDPE jacket pada tiang pancang dermaga, dengan biaya seperti ditampilkan pada Tabel 5, akan dilaksanakan di Desa Terunyan, Bali. Untuk biaya HDPE jacket dan upah tenaga kerja didapat melalui wawancara dengan pihak sales PT PERINTIS PROTEKSI SEJAHTERA.

Tabel 5. Anggaran biaya HDPE jacket

No.	Uraian	Satuan	Harga Satuan	Volume	Jumlah Harga
A. Tenaga					
	Tukang (2 orang)	O/m2	Rp 96.250,00	317,341	Rp 30.544.071,25
	Kenek (2 orang)	O/m2	Rp 70.300,00	317,341	Rp 22.309.072,30
	Kepala Tukang	O/m2	Rp 59.400,00	317,341	Rp 18.850.055,40
B. Material					
	HDPE	m2	Rp 2.500.000,00	317,341	Rp 793.352.500,00
C. Alat dan Bahan					
	Bambu	BH	Rp 150.000	10	Rp 1.500.000,00
	Sepatu Boots	Hari	Rp 50.000	5	Rp 250.000,00
	Gergaji	BH	Rp 45.000	1	Rp 45.000,00
	Bor	BH	Rp 608.500	1	Rp 608.500,00
	Kunci 17mm	BH	Rp 33.000	2	Rp 66.000,00
	Kape Besi	BH	Rp 40.000	3	Rp 120.000,00
	Cutter	BH	Rp 26.500	1	Rp 26.500,00

Tabel 5 (Lanjutan). Anggaran biaya HDPE jacket

wire brush	BH	Rp	42.000	3	Rp	126.000,00
Tali Tambang	BH	Rp	8.000	14	Rp	112.000,00
Jumlah total tenaga, material, alat, dan bahan (A+B+C)						
D	HDPE				Rp	867.909.698,95

Harga upah tenaga kerja disesuaikan dengan Kota Bali (Wilayah Indonesia Bagian Tengah). Untuk material HDPE jacket biaya per m^2 adalah 2,500,000 rupiah, sehingga total biaya material HDPE jacket untuk 69 titik tiang pancang di Bali = $2,500,000 \times 317.341 = 793,352,500$ rupiah. Untuk biaya alat dan bahan disesuaikan dengan harga kota Jakarta. Dan total biaya alat dan bahan adalah 2,854,000 rupiah.

Kondisi lapangan HDPE Jacket

- Untuk mengetahui kondisi HDPE jacket setelah 8 tahun pemakaian dapat dilihat pada gambar 3-5.



Gambar 3. Kondisi lapangan HDPE jacket



Gambar 4. Kondisi lapangan HDPE jacket



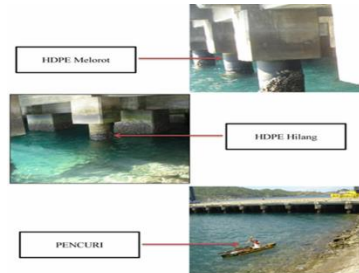
Gambar 5. Kondisi lapangan HDPE jacket

Setelah 8 tahun pemakaian, ditemukan adanya kerusakan pada HDPE jacket. Kerusakan yang pertama adalah HDPE jacket yang melorot dari tiang pancang seperti pada gambar 3. Kemudian yang kedua adalah HDPE jacket sobek akibat benturan dari air laut dan juga benturan dari kapal para nelayan seperti pada gambar 4. Dan yang ketiga adalah nut/bolt HDPE jacket terlepas dari pengunci HDPE, seperti gambar 5. Menurut hasil wawancara dengan teknisi, seringkali ditemukan nut/bolt yang dicuri oleh masyarakat, sehingga menyebabkan pengunci HDPE terlepas.

- Untuk mengetahui kondisi HDPE jacket setelah 10 tahun pemakaian dapat dilihat pada gambar 6 dan 7.



Gambar 6. Kondisi lapangan HDPE jacket



Gambar 7. Kondisi lapangan HDPE jacket

Perlindungan pada tiang pancang di Dermaga Terminal Peti Kemas, Bitung menggunakan HDPE jacket. Dari hasil temuan di lapangan, ditemukan seluruh HDPE pada bagian dalam hilang dicuri, dan ditemukan 1 buah HDPE sudah turun (melorot).

Hasil pembahasan perbandingan FRP Composite dengan HDPE Jacket

Berdasarkan hasil analisa waktu dan biaya pada perbandingan pemasangan FRP composite dengan HDPE jacket, dapat dilihat dengan menggunakan FRP composite membutuhkan waktu yang lebih singkat dan biaya yang lebih besar. Sedangkan HDPE jacket membutuhkan waktu yang lebih lama dan biaya yang lebih kecil.

Dari segi waktu, pemasangan FRP composite lebih mudah karena bentuknya yang lentur. Proses pemasangannya lebih cepat karena hanya diberikan *glass flake epoxy* pada FRP kemudian langsung dipasang pada tiang pancang. Sedangkan HDPE jacket membutuhkan waktu yang lebih lama dibanding FRP composite karena proses pemasangannya lebih panjang dan rumit. Karena harus diberikan primer paste, petrolatum tape, serta pada pemasangan HDPE diperlukan pengunci yang dibaut per 20 cm dengan kunci 17.

Dari segi biaya, hal yang diperhatikan terbagi menjadi 3 aspek, yaitu upah tenaga kerja, material, serta alat dan bahan. Pada pemasangan FRP composite upah tenaga kerja lebih rendah karena pada pemasangannya membutuhkan waktu lebih cepat dibanding HDPE jacket. Dalam segi material, biaya per m² FRP composite lebih tinggi dibandingkan HDPE jacket karena bahan dasar FRP composite menggunakan *glass fibre*, sedangkan HDPE jacket terbuat dari plastik. Dalam segi alat dan bahan, pemasangan FRP composite membutuhkan biaya lebih tinggi karena pada saat pemasangan membutuhkan perlengkapan selam. Sedangkan, HDPE jacket tidak membutuhkan perlengkapan selam karena pemasangan HDPE jacket dilakukan pada saat kondisi surut.

Pada kondisi lapangan, FRP composite pada jangka waktu 5 tahun belum ditemukan adanya kerusakan namun pada HDPE jacket pada jangka waktu 8 tahun dan 10 tahun sudah ditemukan adanya kerusakan secara nonteknis seperti HDPE melorot hingga ke dasar danau/laut, Baut pada HDPE dicuri, serta HDPE sobek akibat terkena ombak, dan juga sobek akibat tertabrak kapal para nelayan yang sering melewati area bawah dermaga.

4. KESIMPULAN

Dari penelitian ini dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Hasil dari segi waktu pemasangan, FRP composite memiliki waktu yang lebih cepat dibanding HDPE jacket. Dengan waktu pemasangan FRP composite per 1 m² 6.5 menit sedangkan HDPE jacket membutuhkan waktu per 1 m² 7.9 menit yang dimana dikerjakan oleh 1 kepala tukang, 2 tukang, dan 2 pembantu tukang (kenek).
2. Biaya pemasangan FRP composite lebih besar dibandingkan dengan biaya HDPE jacket. Dengan total biaya FRP composite lebih besar 6.4% dibandingkan dengan total biaya HDPE jacket.
3. Dari hasil kondisi di lapangan, FRP composite yang sudah terpasang selama jangka waktu 5 tahun, belum ditemukan adanya kerusakan. Sedangkan HDPE jacket yang sudah terpasang dalam jangka waktu 8 tahun dan 10 tahun, sudah ditemukan kerusakan secara nonteknis

Dari penelitian ini dapat disarankan sebagai berikut:

- Pemakaian FRP *composite* pada tiang pancang lebih baik digunakan dibanding dengan HDPE *jacket*, dikarenakan banyaknya kerusakan pada HDPE *jacket* secara nonteknis seperti sobeknya HDPE akibat tertabrak kapal nelayan dan melorotnya HDPE akibat baut dicuri.
- Pemasangan HDPE *jacket* pada tiang pancang harus diberikan inovasi baru agar kerusakan secara nonteknis dapat diminimalisir.

DAFTAR PUSTAKA

- Hardiyatmo, H. C. (2002). *Mekanika Tanah I*. GADJAH MADA UNIVERSITY PRESS Anggota IKAPI.
- Lee, S. W., Choi, S., Kim, B. S., Kim, Y. J., & S.Y. Park. (2014). *Structural Characteristics of Concrete-Filled Glass Fiber Reinforced Composite Piles*. <https://quakewrap.com/frp%20papers/Structural-Characteristics-Of-Concrete-Filled-Glass-Fiber-Reinforced-Composite-Piles.pdf>
- Sen, R., Mullins, G., Suh, K., & Winters, D. (2006). *FRP Application in Underwater Repair of Corroded Piles*.
- Kramadibrata, S. (2002). *Perencanaan Pelabuhan*. ITB.
- Triatmodjo, B. (2010). *Perencanaan Pelabuhan*. Beta Offset Yogyakarta.