
Perbaikan dan Proteksi Pondasi Tiang Dermaga Dengan Metode Pile Encapsulation

Sulardi

Prodi Teknik Sipil Universitas Tridharma, Jl. A.W Syahrani No.7, Balikpapan 76126
Sulardikm61@yahoo.com

Received 30 Maret 2018; Reviewed 29 April 2018; Accepted 20 Mei 2018

<http://jurnal.borneo.ac.id/index.php/borneoengineering>

Abstract

Problems encountered in this research is the occurrence of foundation damage pier dock building PT. Reliance Refinery in Gujarat Province of India resulting in dock structure under sub standard condition, unsafe condition and at any time dock structure may experience colapse. The specific point of this problem is the dock building is supported by a 120 cm diameter pile foundation with a height of 14 meters above ground level and over 200 meters towards the Indian Ocean. The purpose of this study is to provide an overview of how the specifications of materials, work equipment and methods of implementing the repair of damaged pier building foundations. Improvement using pile encapsulation method is by cleaning the damaged piling surface with water jeting and mechanical, installing FRP jacketing cover and grouting with underwater material specifications epoxy grout. The improvement results show the epoxy grout and FRP jacket bonding well to the existing piling surface. This repair method is proven to improve the damage of the piling and protect the piling against corrosion, abrasion, scouring and mechanical impact. These improvements have been replicated to address similar problems in Canada, Australia, Singapore and Indonesia.

Keywords : *Sub standard, pile encapsulation, under water epoxy grout.*

Abstrak

Permasalahan yang dihadapi dalam penelitian ini adalah terjadinya kerusakan pondasi tiang bangunan dermaga PT. Reliance Refinery di Propinsi Gujarat India yang mengakibatkan struktur dermaga dalam kondisi sub standard, unsafe condition dan sewaktu-waktu struktur dermaga dapat mengalami colapse. Hal yang spesifik dari permasalahan ini adalah bangunan dermaga ditopang oleh pondasi tiang berdiameter 120 Cm dengan tinggi 14 meter diatas permukaan tanah dan menjorok 200 meter kearah laut Samudra India. Tujuan penelitian adalah untuk memberikan gambaran bagaimana spesifikasi material, peralatan kerja dan metode pelaksanaan perbaikan pondasi tiang bangunan dermaga yang mengalami kerusakan. Perbaikan menggunakan metode pile encapsulation yaitu dengan membersihkan permukaan piling yang rusak dengan water jeting dan mechanical, memasang FRP jacketing cover dan grouting dengan spesifikasi material underwater epoxy grout. Hasil perbaikan menunjukkan epoxy grout dan FRP jacket bonding dengan baik terhadap permukaan piling eksisting. Metode perbaikan ini terbukti dapat memperbaiki kerusakan piling dan sekaligus memproteksi piling dermaga terhadap korosi, abrasi, gerusan dan benturan mekanis. Hasil perbaikan ini telah direplikasi untuk mengatasi permasalahan sejenis di Canada, Australia, Singapura dan Indonesia.

Kata kunci : *Sub standard, pile encapsulation, under water epoxy grout.*

1. Pendahuluan

Struktur bangunan dermaga adalah bangunan yang digunakan untuk berlabuh, merapat dan bertambatnya kapal-kapal untuk melakukan bongkar muat (*loading-unloading*) barang dan menaikkan-turunkan penumpang. Struktur dermaga merupakan struktur bangunan yang dibuat diatas perairan (diatas laut) yang menghubungkan bagian darat dan terdiri dari bangunan atas (*upper struktur*) yang terbuat dari balok, pelat lantai dan bangunan bawah (sub struktur) yang terdiri dari pondasi tiang pancang yang mendukung bangunan diatasnya.

Dalam operasinya konstruksi dermaga merupakan struktur bangunan yang cukup menderita karena selalu dibentur-bentur oleh kapal-kapal saat bersandar dan gaya-gaya lain pada saat kapal melakukan kegiatan *loading-unloading*. Bentuk, dimensi dan konfigurasi dermaga didasarkan pada jenis dan ukuran kapal yang akan merapat dan bertambat pada di dermaga tersebut. Namun dalam merencanakan bentuk dan dimensi dermaga harus didasarkan pada ukuran-ukuran minimal sehingga kapal dapat bertambat, bongkar-muat dan meninggalkan dermaga dengan aman, cepat dan lancar tanpa terjadi tundaan tambat (*demurage*).

Konstruksi dermaga dibedakan menjadi dua tipe yaitu wharf dan jetty. *Wharf* adalah dermaga yang paralel dengan pantai dan biasanya berimpit dengan garis pantai. *Wharf* juga dapat berfungsi sebagai penahan tanah yang ada dibelakangnya. Sedangkan *Jetty* adalah dermaga yang menjorok ke laut. Berbeda dengan wharf yang digunakan untuk merapat satu sisinya, jetty dapat digunakan pada satu sisi atau dua sisinya, yang biasanya sejajar dengan pantai dan dihubungkan dengan daratan oleh jembatan (*trestle*) yang membentuk sudut tegak lurus dengan jetty, sehingga kostruksi jetty dapat berbentuk T, L atau Jari.

Permasalahan yang dihadapi dalam penelitian ini adalah terjadinya kerusakan pondasi tiang bangunan dermaga PT. Reliance Refinery di Gujarat India yang mengakibatkan struktur dermaga dalam kondisi sub standard, unsafe condition dan jika tidak segera dilakukan perbaikan sewaktu-waktu struktur dermaga dapat mengalami keruntuhan (*collapse*). Hal yang spesifik dari permasalahan ini adalah bangunan dermaga ditopang oleh pondasi tiang berdiameter 120 Cm dengan tinggi 14 meter diatas permukaan tanah dan menjorok 200 meter kearah laut Samudra India.



Gambar 1. Kondisi pondasi tiang bangunan dermaga RDMT sebelum perbaikan

Faktor penyebab permasalahan adalah faktor material, faktor metode dan faktor lingkungan. Faktor material disebabkan oleh spesifikasi material pondasi tiang dermaga yang tidak resistance terhadap sifat korosif air laut dan usia material terpasang yang telah > 20 tahun, tidak resistance terhadap abrasi gelombang dan pasang surut air laut. Faktor penyebab metode disebabkan oleh metode maintenance yang tidak baik dan operasi kapal yang sering membentur pondasi tiang dermaga dan sistim proteksi korosi pondasi tiang yang tidak baik. Faktor lingkungan terdiri dari sifat agresif air laut dengan kandungan garamnya yang mengakibatkan korosi dan pertumbuhan *marin organism* yang merusak permukaan pondasi tiang dermaga.

Tabel.1 Dampak permasalahan dari aspek Pancamutu (QCDSM)

Faktor	Permasalahan
<i>Quality</i>	Pondasi tiang dermaga mengalami degradasi material, permukaan pondasi tiang rompal, rapuh dan terjadi penurunan mampu layan struktur
<i>Cost</i>	Akibat kerusakan lambung kapal saat bersandar mengakibatkan tundaan kapal bersandar (demorage) dengan kerugian US\$ 1500 sehari
<i>Delivery</i>	Kesulitan perbaikan, pekerjaan terpengaruh gelombang dan pasang surut air laut
<i>Safety</i>	Struktur dermaga dioperasikan pada kondisi unsafe condition, jika tidak segera diperbaiki kerusakan semakin membesar
<i>Moral</i>	Beban moral, tidak dapat mengatasi permasalahan dilingkungan kerjanya

Dari faktor, penyebab dan dampak permasalahan sebagaimana telah diuraikan diatas dapat disimpulkan bahwa faktor penyebab yang dominan adalah faktor kesulitan material perbaikan dan faktor kesulitan metode kerja yang akan digunakan. Oleh karena itu fokus penyelesaian permasalahan penelitian adalah pada faktor spesifikasi material perbaikan dan metode kerja perbaikan.

Asumsi yang dikembangkan pada penelitian ini adalah :

1. Penurunan mampu layan struktur pondasi tiang dermaga eksisting dapat ditingkatkan kembali *performance*-nya sebagaimana kondisi desain dengan metode perbaikan menggunakan spesifikasi material sejenis namun dengan kualitas material yang lebih baik
2. Kualitas hasil perbaikan dipengaruhi oleh spesifikasi material perbaikan, ketersediaan peralatan kerja, metode kerja yang sesuai, quality control dan acceptance criteria yang sesuai serta dilakukan oleh pekerja yang memiliki pengetahuan dan pengalaman melakukan pekerja sejenis dengan hasil yang baik.

Tujuan Penelitian ini adalah :

1. Memberikan gambaran spesifikasi material dan peralatan kerja yang digunakan dengan metode *pile encapsulation*
2. Memberikan gambaran metode kerja perbaikan dan proteksi pondasi tiang dermaga dengan metode *pile encapsulation*.

Penelitian ini penting untuk dilakukan dalam rangka menemukan jawaban atas pertanyaan penelitian yakni bagaimana spesifikasi material pile encapsulation yang digunakan sebagai material perbaikan dan pelindung pondasi tiang dermaga agar pondasi tiang memiliki mampu layan yang lebih baik dibandingkan kondisi eksisting. Dengan ditemukan jawaban atas pertanyaan penelitian ini maka diprediksi potensi kerusakan struktur pondface fender si tiang pancang dermaga akan dapat diminimalisir dan struktur pondasi tiang dermaga akan memiliki mampu layan yang lebih dan usia pakai lebih panjang.

2. Tinjauan Pustaka

Advanced Pile Encapsulation (APE) translucent fiber reinforced polymer jackets adalah *fiber glass reinforced polymer (FRP)* sebagai bagian dari proses advanced pile encapsulation. APE Translucent FRP jacket adalah laminasi yang didesain untuk kondisi air laut dari anyaman fiber material, kerapatan tinggi, tahan terhadap ultraviolet dengan ikatan resin poliester. FRP jaket yang transparan memungkinkan untuk mengontrol keadaan dan posisi material mortar epoxy grout yang berada didalam jacket FRP. Sehingga posisi mortar epoxy grout di dalam jaket dapat dipantau dari luar jaket. Translution FRP jaket dibentuk menyesuaikan dengan struktur yang akan dilapisi dan dilengkapi dengan injection port dan stand off pengatur ketebalan lapisan mortar epoxy grout. Translution FRP jacket sendiri didesain dengan ketebalan. 3,17 mm.

Pile encapsulation epoxy grout dapat secara efektif mencegah korosi lanjutan pada struktur pondasi tiang di area laut. *Encapsulation epoxy grout* yang digunakan dengan benar memberikan lapisan resistance terhadap air laut yang cukup tahan lama usia pakai. 20-50 tahun. *Encapsulation epoxy grout* sangat cocok dan sangat baik digunakan di zona intertidal untuk mencegah 3 jenis utama korosi air laut dan dari pengaruh pengikisan struktur pondasi tiang. *Encapsulation epoxy grout* mencegah korosi dengan cara melindungi struktur dari oksidasi, fretting, dan elektro-kimia. Sedangkan untuk korosi pondasi tiang yang posisinya selalu terendam air (submerged) sebaiknya menggunakan metode proteksi katodik dengan *Cathodic protection* untuk melindungi pondasi tiang yang menggunakan tiang pipa baja.

Spesifikasi properties untuk material *under water epoxy grout* yang digunakan untuk *advanced encapsulation* adalah meliputi (1) kekuatan tarik maksimum - 10.000 psi (69 MPa) (ASTM D 638) (2) memiliki *impact strength* - 15 ft/lb./in (800 J /m) (ASTM D 256) (3) *barcol Hardness* - 30 (ASTM D 785) (4) penyerapan air - maksimum 1% (ASTM D 570) (5) *resistance* terhadap ultraviolet (UV). Dari uji stabilitas (tes pelapukan dipercepat). dari sampel FRP jacket yang terkena paparan 500 jam di *Twin Carbon Arc Weather-ometer* (ASTM G23, Tipe D) dan dioperasikan pada 145°F (63°C) tidak menunjukkan adanya pengelupasan atau pengelupasan. Tes dilakukan dalam 20 menit siklus, yang terdiri dari 17 menit cahaya busur dan tiga menit semprotan *high pressure water jet* dengan durasi tes selama 500 jam tanpa henti.

Agar *under water epoxy encapsulation* dapat *bonding* dengan *tight* pada aplikasi dibawah air laut maka kondisi air laut harus diperhatikan. Ombak yang terlalu besar dan pasang surut yang terlalu deras dapat mempengaruhi bentuk FRP translusion. Demikian pula dalam pelaksanaan pemasangan FRP translusion agar berhati-hati karena FRP memiliki ujung tepi yang tajam. Untuk itu dalam pengerjaan selalu kenakan sarung tangan kulit (*hand glove*) dan pelindung mata (*google*), kenakan peralatan keselamatan kerja dan alat pelindung diri secara memadai untuk mencegah kecelakaan kerja pada waktu melakukan pekerjaan *water jet blasting* atau *mechanical cleaning* dengan gerinda angin.

3. Metode Penelitian

3.1. Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan pada penelitian adalah metode penelitian aplikasi atau metode penelitian terpakai. Metode pendekatan yang digunakan dalam penelitian adalah metode pendekatan studi kasus dan merupakan succes story kasus penanganan masalah kerusakan pondasi tiang yang terjadi pada dermaga PT. Reliance Dahej Marine Terminal (RDMT) Refinery, Gujarat, India. Sedangkan uji coba material dilakukan pada proyek perbaikan struktur fender pelindung Jetty No. 5A PT. Pertamina RU V Balikpapan.

3.2. Bahan Penelitian

- a. *Epoxy grout* untuk *advanced pile encapsulation system*
- b. Spesifikasi material *epoxy grout* :
 - 1) *Mix Ratio, by volume 1:1, Part A (hardener) to Part B (resin)*
 - 2) *Mix Ratio 3.38:1 Part C (aggregate) to Parts A and B (mixed binder) for pumpable grout, ratio may vary for other applications*
 - 3) *Mixing and Handling Time : Unlimited when plural component method is used.*
 - 4) *Pot Life after mixing at downstream end of hoses : 1 hour Binder @ 77 °F (25 °C) Full Cure 7 days*
 - 5) *Compressive Strength ; 10000 psi (68.9 MPa), (ASTM C 579) 7 days*
 - 6) *Tensile Strength : 2000 psi (13.8 MPa) (ASTM C 307) 7 days*

- 7) *Flexural Strength* : 4500 psi (31.0 MPa) (ASTM C 580) 7 days
 - 8) *Slant Shear* : 1450 psi (10.0 MPa) (ASTM C 882) wet/wet 7 days
 - 9) *Linear Shrinkage* < 0.06% (ASTM C 531) 14 days.
- c. *Rubber bottom seal*
 - d. Spesifikasi material *Translucent Fiber Reinforced Polymer* :
 - 1) *Ultimate Tensile Strength* (ASTM D 638) : 10,000 psi (69.0 MPa)
 - 2) *IZOD Impact Strength* (ASTM D 256) : 15 ft-lb/in (800 J/m)
 - 3) *Barcol Hardness* (ASTM D 785) : 30
 - 4) *Water Absorption* (ASTM C 570) : 1% max

3.3. Peralatan Digunakan

- a. APE Plural Component Pump set, kapasitas mixing 1,2 m³
- b. Ponton dengan kapasitas muat. 7 orang
- c. *Scaffolding*/ perancah pipa baja
- d. *Stand off*, alat pengatur jarak sisi luar pondasi tiang dengan FRP
- e. *Injection port with valve*, tempat *injeksi epoxy grout*
- f. *Securing jacket*, gasper pengikat FRP
- g. Alat komunikasi dan alat bantu kerja lainnya
- h. Alat Keselamatan Kerja dibawah air dan diatas perairan (*life jacket*)
- i. Alat pelindung diri (APD).

3.4. Metode Kerja

1. Tahap Persiapan
 - a. Sebelum pekerjaan dimulai seluruh pekerja agar dipastikan telah memahami ruang lingkup dan metode kerja *pile encapsulation* dengan baik
 - b. Telah dilakukan sosialisasi dan dipastikan seluruh pekerja terlibat pekerjaan telah memahami bahaya-bahaya bekerja diatas perairan dalam, memahami alat-alat keselamatan kerja, alat pertolongan dan alat pelindung diri
 - c. Pastikan material *underwater epoxy grout* yang akan digunakan telah sesuai spesifikasinya, jumlahnya dan cara mengaplikannya
 - d. Siapkan dan pastikan peralatan kerja dan peralatan penunjang yang akan digunakan telah tersedia dan siap pakai (*readiness*)
 - e. Pastikan *scaffolding* dan *securing pile* telah terpasang dengan baik dan siap untuk digunakan
 - f. Lakukan pembersihan substrat, karat-karat, scale dan profile substrat dengan menggunakan *high pressure water jet* dan *mecanical cleaning* dengan gerinda angin
 - g. Siapkan dan pastikan FRP jacket yang akan digunakan telah tersedia dan telah sesuai dengan spesifikasi yang dipersyaratkan meliputi ketebalannya, ukurannya, *polymer stand off*, *rubber seal bottom* dan *seam adhessivenya*.
2. Metode Pemasangan *Pile Encapsulation*
 - a. *Setting traslucent FRP jacket* dan pastikan *insite surface* telah diblasting/ dikasarkan, *polymer stand off* telah terpasang, *injection port* telah terpasang dan *molded upset to receive bottom seal* telah siap digunakan
 - b. Pasang *polymer stand off* dan *injection port valve*
 - c. Pasang traslucent FRP jacket mengelilingi lingkaran pondasi tiang dengan jarak antara kulit luar pondasi tiang dan FRP pada kisaran 3/8" – 1/2", pastikan overlapping FRP pada kisaran 1" dan lekatkan keduanya dengan *epoxy*
 - d. Pasang *rubber bottom seal* dengan perekat *epoxy* dan pastikan menutup rapat terhadap kemungkinan masuknya air laut
 - e. Setting seluruh *polymer stand off* dengan jarak yang sama
 - f. Pasang *securing jackets* dan pastikan mengikat dengan baik dan kokoh

- g. Bila diperlukan pasang *bracing securing* dengan baja profil yang dibentuk sedemikian rupa sehingga dapat mengikat kokoh FRP
 - h. Siapkan *mortar epoxy grout advanced pile encapsulation system* sesuai ketentuan
 - i. Sebelum adukan *epoxy portar advanced encapsulation* diinjeksikan, siapkan sampel benda uji *disite* secara terpisah dengan bentuk dan dimensi yang sama dengan yang akan dikerjakan di lapangan
 - j. Pasang selang interkoneksi dari *advanced plural component pump* dengan *injection port valve* pada posisi paling bawah dan pastikan pada ketinggian 100 Cm di atasnya telah terpasang *injection port valve* sebagai kontrol
 - k. Lakukan *grouting* dengan *advanced plural component pump*, pastikan tekanan pompa stabil dan pastikan tidak ada air atau udara yang terjebak
 - l. Pada jarak 5-10 Cm dibawah *injection port valve injection grout* dihentikan dan didiamkan selama 3-4 Jam untuk memberikan kesempatan *epoxy grout mengeras*
 - m. Setelah *epoxy grout* mengeras *injeksi grouting* dilanjutkan dengan langkah yang sama sebagaimana langkah item.k
 - n. Setelah seluruh pekerjaan injeksi *grouting* selesai, bagian paling atas ditutup plastik agar tidak terkontaminasi uap air laut
 - o. *Injeksi grout* diiamkan selama 3x24 Jam, setelah itu potonglah *polymer stand off*, rapikan bekas potongan, poles dan rapikan dengan *epoxy grout*
 - p. Lakukan uji terhadap *injeksi epoxy grout* dan pastikan telah mengeras dengan baik menggunakan *rubber hammer*, jika ada indikasi berongga segera lakukan injeksi *epoxy grout* ulang
 - q. Jika seluruh pasangan *epoxy grout* telah mengeras dengan baik, lepaslah *rubber bottom seal and FRP securing jacket*
 - r. Pekerjaan dengan metode *pile encapsulation* selesai, setelah pasangan *encapsulation* berumur 7 hari dilakukan pengujian *bonding test* terhadap benda uji (item.i). Aplikasi *advanced capsulation* dinyatakan baik dan diterima jika *tensile strength* ≥ 2000 psi (13.8 MPa) (ASTM C 307).
3. Indikator dan Ukuran keberhasilan
 - a. Perbaikan pondasi tiang dermaga dengan metode *pile encapsulation* dapat diselesaikan selesai dengan baik dan aman sesuai bentuk, dimensi dan konfigurasi struktur dermaga terpasang
 - b. Bangunan dermaga dapat difungsikan dengan baik dan aman
 - c. Mentaati peraturan keselamatan kerja dan tidak terjadi kecelakaan kerja/ incident

4. Hasil dan Pembahasan

Telah dilakukan uji coba pemasangan *advanced pile encapsulation* di pada struktur tiang beton bangunan rumah panel dermaga Pertamina RU V Balikpapan dengan spesifikasi material *APE Pile Grout Epoxy grout use with the APE system*. Hasil uji tarik terhadap *APE pile epoxy grout* setelah terpasang selama 7 hari dan 2 jam menunjukkan material *grouting* terlepas pada kuat tarik 15.5 Mpa > 13.8 Mpa (Sfae) dengan posisi tertarik pada struktur beton eksisting. Dengan hasil uji *ctensile strength* ini diyakini bahwa spesifikasi material *APE pile encapsulation* cocok diaplikasikan dengan baik untuk perbaikan dan proteksi pondasi dermaga di Reliance Dahej Marine Terminal (RDMT) Refinery Gujarat, India.

Dengan keberhasilan uji coba yang dilakukan di Balikpapan tersebut, maka aplikasi *Anvanced Encapsulation* yang dilakukan di Reliance Dahej Marine Terminal Reliance Refinery Gujarat India menggunakan spesifikasi material *APE Pile Epoxy grout* dan spesifikasi *cover Translucent RFP Jackets* dengan tebal. 3.2mm yang dibentuk sedemikian rupa menyesuaikan bentuk, dimensi dan konfigurasi pondasi tiang terpasang. Peralatan utama yang digunakan untuk melakukan *injection grouting* adalah *APE Plural component pump* dengan kapasitas 1,2 m³ yang dapat mencampur

APE pile epoxy grout dan memompakan ke lokasi pemasangan pondasi tiang pancang yang akan digROUTING. Adapun jumlah total pondasi tiang dermaga yang dilakukan pemasangan *APE pile encapsulation* adalah sebanyak 48 pondasi tiang pipa baja berdiameter 120 Cm dengan tinggi pemasangan 12-14 meter mulai dengan kedalaman 60 Cm dibawah tanah dasar sampai dengan ujung interkoneksi pondasi tiang dengan pier head block.

Gambaran umum metode kerja pelaksanaan *APE Pile Encapsulation* meliputi: (1) memasang *scaffolding* dan *secure pile*, (2) pembersihan *substrat* dengan *water jet* dan *mechanical cleaning*, (3) Mernyiapkan *Translucent RFP Jackets* dengan bentuk, dimensi dan konfigurasi menyesuaikan pondasi tiang terpasang ,(4) *setting translution FRP jacket* lengkap dengan *stand off*, *injection port*, *secure jacket* dan *rubber bottom sealing*, (5) menyiapkan mortar *APE pile epoxy grout*, (6) injeksi mortar *APE pile epoxy grout*, (7) perawatan keras/ curing selama min. 2x24 jam, (8) melepas *secure jacket* dan *detail finishing*, (9) uji tarik benda uji (*speciment*). Hasil uji tarik terhadap benda uji *APE pile epoxy grout* setelah terpasang selama 7 hari dan 3 jam menunjukkan material *grouting* terlepas pada kuat tarik 14.8 Mpa > 13.8 Mpa (safe) dengan posisi tertarik pada struktur beton eksisting sehingga tulangan beton terbuka.



Gambar 2. Kondisi pondasi tiang bangunan dermaga RDMT setelah perbaikan

Tabel 2. Hasil perbaikan berdasarkan aspek Pancamutu (QCDSM)

Kondisi Sebelum Perbaikan	Aspek	Kondisi Setelah Perbaikan
Pondasi tiang dermaga mengalami degradasi material dan penurunan penurunan mampu layan struktur	Quality	Telah dilakukan perbaikan dan proteksi dengan metode pile encapsulation, Performance kembali seperti semula.
Akibat kerusakan lambung kapal saat bersandar mengakibatkan tundaan kapal bersandar (demorage) dengan kerugian US\$ 1500 sehari	Cost	Pekerjaan perbaikan dilakukan secara onstream, tidak terjadi demorage, potensi penghematan US\$ 7500 per 7 hari
Kesulitan perbaikan, pekerjaan terpengaruh gelombang dan pasang surut air laut	Delivery	Perbaikan dengan metode encapsulation dapat diselesaikan dengan baik 7 hari lebih cepat dari target
Struktur dermaga dioperasikan pada kondisi unsafe condition, jika tidak segera diperbaiki kerusakan semakin membesar	Safety	Struktur dermaga kembali pada kondisi standard dan safe condition, metode encapsulation bersifat memperbaiki dan memproteksi
Beban moral, tidak dapat mengatasi permasalahan dilingkungan kerjanya	Moral	Pekerja konfidan, dapat mengatasi permasalahan dilingkungan kerjanya dengan baik dan aman.

5. Kesimpulan dan Saran

1. Telah diketahui bahwa faktor dan penyebab permasalahan adalah faktor material dan faktor metode, yakni spesifikasi material tidak resistance terhadap kondisi lingkungan dan metode maintenance yang tidak baik
2. Spesifikasi material *underwater epoxy grout* dan *translucent fiber reinforced polymer* untuk advanced pile encapsulation system terbukti bonding dengan baik terhadap material eksisting dan terbukti dapat memproteksi terhadap abrasi, gerusan dan menekan pertumbuhan marine growth
3. Metode *pile encapsulation* dapat dipalikasikan di dermaga PT. Reliance Dahej Marine Terminal (RDMT) Refinery, Gujarat, India secara onstream tanpa mengakibatkan *demorage* dan *zero incident*.

Ucapan Terimakasih

Dengan selesainya penelitian ini penulis mengucapkan terimakasih kepada Stefanus dari PT. Kemenangan Jakarta, Bapak Rahendrafedy dari PT. Pertamina RU V Balikpapan, Bapak Bjoem Peine dari PT. BASF Indonesia, Bapak Agung Wahyono dari PT. Mitra Lindung Sarana Samarinda dan Bapak Zaheer Abbas dari PT. BASF India yang telah banyak membantu kelancaran hingga selesainya penelitian ini di PT. Pertamina RU V Balikpapan-Indonesia maupun di Reliance Refinery, Gujarat-India.

Daftar Pustaka

- Gregory P. Tsinker, 1997, *Handbook Of Port and Harbor Engineering Geotechnical and Structural Aspects*, Chapman & Hall, New York
- Richard K Snow, 1999, *Encapsulation Protecting Concrete Piles In Marin Environment*, International Concrete Repair Institute, New York
- Sulardi, 2018, *Metode Perbaikan dan Perkuatan Pondasi Tiang Bangunan Marin Dengan Metode Pile Encapsulation*, Seminar Himpunan Ahli Konstruksi Komda Kalimantan Timur, Balikpapan
- Sulardi, 2016, *Mengatasi Kesulitan Perbaikan Face Fender Dengan Membuat Alat Temporary Bordes dan Riser Weld Joint di RU V Balikpapan*, Portal Komet; <http://ptmkpwab81.pertamina.com/komet/SearchResult.aspx?ptm,Kodefikasi: 160523002>
- Sulardi, 2016, *Perbaikan dan Perkuatan Pondasi Taing Bangunan Dermaga Dengan Metode Pile Encapsulation*, Portal Komet; <http://ptmkpwab81.pertamina.com/komet/searchResult.aspx?.Kodefikasi. 161026010>
- Sulardi, 2016, *Proteksi Pondasi Tiang Face Fender Jetty No. 5A PT. Pertamina RU V Balikpapan Dengan Metode Pile Encapsulation*, Portal Komet; <http://ptmkpw81.Pertamina.com/komet/searchResult.aspx?ptm.Kodefikasi. 161025015>.