PONDASI TIANG PENOPANG BANGUNAN LEPAS PANTAI YANG DILENGKAPI DENGAN KAKI PENGAKU

OFFSHORE BUILDING FOUNDATION SUPPORT MASTS EQUIPPED WITH STIFFENER FOOT

Sulardi
Program Studi K3 Universitas Balikpapan

E-mail: sulardikm@pertamina

Diterima 04-10-2017	Diperbaiki 04-11-2017	Disetujui 11-11-2017

ABSTRAK

Permasalahan yang dihadapi adalah kerusakan pondasi tiang penopang dermaga dan bangunan lepas pantai yang mengakibatkan bangunan pada kondisi sub standard dan unsafe condition. Jika permasalahan tidak segera diselesaikan dapat mengakibatkan bangunan lepas pantai rawan mengalami kegagalan.Tujuan penelitian adalah memberikan gambaran tentang spesifikasi material, bentuk, dimensi, konfigurasi, metode pembuatan dan metode pemasangan pondasi tiang penopang bangunan lepas pantai yang telah diimplentasikan dilingkungan Pertamina RU V.Penelitian ini adalah success story hasil penelitian teknologi tepat guna pada program continuous improvement PT. Pertamina [6]untuk mengatasi permasalahan menggunakan konsep tools plan, do, check dan action (PDCA). Hasil penelitian menunjukkan pondasi tiang penopang bangunan lepas pantai yang dilengkapi dengan kaki pengaku terbukti dapat diimplementasikan sebagai pondasi tiang pengganti pada bangunan dermaga, bangunan face fender, bangunan pipe rack, bangunan breasting dolphin dan bangunan lepas pantai lain pada kondisi onstream serta memiliki daya dukung dan stabilitas yang lebih baik dibandingkan pondasi tiang tuanggal. Hasil penelitian ini dapat direplikasi sebagai pondasi tiang pengganti maupun sebagai pondasi tiang yang baru untuk bangunan lepas pantai di Pertamina maupun diluar lingkungan Pertamina.

Kata kunci :pondasi penopang bangunan lepas pantai, kaki pengaku.

ABSTRACT

The problems faced are damage to foundation of dock pillars and offshore building which resulted in buildings under sub standard condition and unsafe condition. If the problem is not resolved immediately, it can result in a prone offshore construction.The purpose of this research is to give description about material specification, shape, dimension, configuration, method of making and method of installation of foundation pole of offshore construction that has been implemented in Pertamina RU V.This research is a success story of the results of appropriate technology research on continuous improvement program (CIP) [6]. Pertamina to overcome the problems using the concept of tools plan, do, check and action (PDCA).The results show that the foundation of an offshore support pole equipped with a proven foot can be implemented as a substitute pile foundation on dock building, face fender building, pipe rack building, dolphin breasting building and other offshore building on onstream condition and has the carrying capacity and stability which is better than the tuanggal pile foundation.The results of this study can be replicated as a replacement pile foundation as well as a new pillar foundation for offshore buildings in Pertamina and outside of PT. Pertamina.

Keywords : *Offshore foundation building support, stiffener foot.*

PENDAHULUAN

Bangunan dermaga dan bangunan lepas pantai di lingkungan PT. Pertamina RU V memiliki peran yang sangat penting menunjang kelancaran operasional kilang. Jenis bangunan lepas pantai yang dioperasikan oleh Pertamina RU V adalah bangunan *Single Ponit Mooring* (SPM) yang dibangun pada jarak 6.5 Kilo meter dari Kilang Balikpapan. Sedangkan bangunan dermaga PT. Pertamina adalah bangunan dermaga type jetty yang dibangun menjorok ketengah laut untuk mencapai kedalaman dasar laut (seabed) tertentu

yang sesuai untuk melayani kegiatan penyandaran dan bongkar muat (loading-unloading) kapal-kapal tranker dengan kapasitas 35.000 DWT[5].

Bangunan dermaga PT. Pertamina RU V pada awalnya dibangun pada era pemerintah Hindia Belanda (*Bataafsche Petroleum Maatschappij*) pada era 1950 dengan kapasitas sandar kapal. 10.000 DWT dan dikembangkan secara bertahap mulai tahun 1971 dan pada saat ini telah berusia 40-50 tahun. Demikian pula bangunan SPM dibangun pada saat pengembangan kilang Balikpapan tahun 1980 dan saat ini usianya telah 37 tahun[5].

Pondasi tiang penopang bangunan lepas pantai yang ada saat ini menggunakan jenis pondasi tiang berbentuk tiang tunggal lurus dan dipasang dengan cara menekan dengan alat penumbuk sampai dengan kedalaman tertentu. Pondasi tiang seperti ini untuk kondisi di lingkungan laut yang menopang bangunan seperti bangunan lepas pantai dan dermaga memiliki kelemahan karena mengalami tekanan ayun bolak balik dari gelombang dan gaya dorong kapal paling tidak dari dua arah. Sebagai akibatnya umur tiang penopang bangunan lepas pantai atau dermaga menjadi relatif lebih pendek dan bahkan dapat mengakibatkan bangunan lepas pantai atau dermaganya runtuh serta kemudian dapat hilang atau lenyap dari posisi semula terbawa arus bawah laut.

Sampai saat ini upaya untuk memperkuat tiang penopang bangunan bangunan lepas pantai atau dermaga agar tidak rusak atau runtuh akibat tekanan gelombang dalam dua arah belum ada yang mengupayakan secara nyata. Perbaikan pondasi tiang bangunan lepas pantai dan bangunan dermaga yang pernah dilakukan adalah dengan menambal bagian-bagian pondasi tiang pipa baja yang rusak akibat terkorosi oleh air laut dengan melapisi bagian yang terkorosi tersebut dengan bahan yang sama dengan tiang utama. Namun demikian, upaya ini tidak berhasil dengan baik karena pondasi tiang yang telah terkorosi tetap mengalami kerusakan sehingga lambat laun akan mengalami keruntuhan dan tidak dapat berfungsi sebagai tiang penopang bangunan lepas pantai dan bangunan dermaga.

Untuk memgatasi permasalahan tersebut, dalam penelitian ini disampaikan pemecahan masalah sebagaimana yang dikemukakan di atas tersebut dengan menyediakan suatu tiang pengaku yang dipasang pada tiang utama, dimana tiang pengaku tersebut paling tidak sekurang-kurangnya menggunakan dua tiang pengaku dan lebih disukai jika dengan menggunakan empat tiang pengaku yang dipasang pada empat arah mata angin dengan las pada keliling sisi tiang utama.

Permasalahan

Bangunan lepas pantai meliputi dermaga dan bangunan lepas pantai lainnya dilingkungan Pertamina RU V memegang peran yang sangat penting dan vital menunjang kelancaran operasional kilang. Persoalannya adalah kerusakan pada pondasi tiang bangunan lepas pantai telah mengakibatkan bangunan dermaga dan bangunan lepas pantai dioperasikan pada kondisi *sub standard* dan *unsafe condition*.

Permasalahannya adalah kesulitan untuk melakukan pekerjaan perbaikan dan penggantian pondasi tiang bangunan dermaga dan bangunan lepas pantai lain di Pertamina RU V yang rusak karena belum tersedianya spesifikasi material dan bentuk pondasi pengganti yang cocok dan sesuai digunakan. Jika tidak tersedia pondasi pengganti yang cocok dan sesuai maka masalah sub standard dan unsafe condition bangunan lepas di Pertamina RU V belum dapat terselesaikan.

Ruang Lingkup dan Batasan Masalah Penelitian

Ruang lingkup penelitian ini adalah menyediakan suatu pondasi tiang penopang bangunan lepas pantai atau bangunan dermaga dalam mengatasi masalah kerusakan, sub standard dan unsafe condition pada bangunan dermaga dan bangunan lepas pantai Pertamina RU V. Tipe pondasi tiang yang dianggap cocok dan sesuai adalah pondasi tiang yang dilengkapi dengan tiang pengaku yang berjumlah paling tidak dua tiang pengaku dan disukai jika menggunakan empat tiang pengaku. Dalam penelitian ini fokus pemecahan masalah adalah pada mengatasi permasalahan kelemahan pondasi tiang penopang bangunan lepas pantai dan bangunan dermaga dan bukan dalam kaitannya dalam mengatasi korosi.

Asumsi Peneltian

Asumsi permasalahan yang akan dikembangkan pada penelitian ini sebagaimana digambarkan pada tabel 1, dengan permasalahan sebagai berikut:

Tabel 1. Asumsi permasalahan dan penanganan masalah

Permasalahan	Penanganan Masalah	Target Perbaikan
Pondasi tiang eksisting adalah tiang pipa baja tanggal yang digunakan pada bangunan lepas pantai memiliki kelemahan terhadap gaya bolak-balik gelombang dan beban dorong kapal tanker saat bersandar	Menggantí pondasi tiang eksisting yang rusak dengan tipe pondasi tiang yang diperkuat dengan kaki-kaki penyokong	Memperbaiki kekuatan pondasi tiang agar tahan terhadap gaya ayun bolak-balik akibat gelombang dan gaya dorong dari kapal tanker pada saat bersandar.

Kerangka pemikiran yang dikembangkan dalam penelitian ini adalah :

1. Jika struktur pondasi tiang bangunan lepas pantai atau bangunan dermaga yang digunakan memiliki ketahanan yang baik terhadap gaya ayun gelombang dan beban dorong kapal tangker pada saat bersandar, maka struktur pondasi akan memiliki umur pakai yang relatif lebih lama
2. Korosi pada struktur pondasi tiang pipa baja bersifat given, tidak dapat dicegah namun dapat dihambat dengan metode coating dengan spesifikasi material mastic shield dan pemasangan cathodic protection
3. Penelitian ini adalah success story penerapan pondasi tiang yang diperkuat dengan kaki-kaki penopang yang digunakan pada perbaikan pondasi tiang struktur bangunan dermaga, pondasi bangunan face fender, pondasi bangunan breasting dholpin dan pondasi lepas pantai di lingkungan PT Pertamina RU V.

Tujuan Penelitian

1. Memberikan gambaran tentang pondasi penopang bangunan lepas pantai yang dilengkapi dengan kaki-kaki pengaku
2. Memberikan gambaran metode kerja pembuatan dan pemasangan pondasi bangunan lepas pantai yang dilengkapi dengan kaki-kaki pengaku
3. Memberikan gambaran hasil penerapan pondasi tiang penopang bangunan lepas yang dilengkapi dengan kaki-kaki pengaku.

Penelitian Terdahulu

Pondasi tiang yang umum digunakan untuk bangunan dikawasan perairan dan untuk bangunan lepas pantai adalah pondasi tiang tunggal dipancang/ dibenamkan kedalam tanah dasar (seabed) hingga mencapai tanah dasar yang cukup keras. Daya dukung dan stabilitas pondasi tiang dipengaruhi oleh daya dukung ujung tiang dan perlawanan gesek kelilingng tiang.

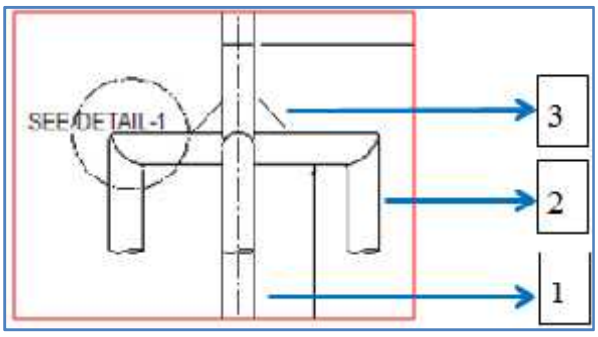
Hasil penelitian sejenis yang telah dilakukan sebelumnya adalah *Offshore Foundation*oleh *Hendrik Stiesdal* dari Jerman pada tahun 2006 dan telah dipatenkan dengan nomor paten EP 1884598 A1 [3]. Jenis pondasi ini adalah pondasi bangunan lepas pantai dengan kaki penopang yang stabilisasi dengan pelat tumpuan dengan tujuan memperkuat dan memperbesar tumpuan pondasi.

Hasil penelitian sejenis yang lain adalah penelitian pondasi bangunan kincir angin dengan judul *In-line piling method for offshore wind turbine foundation applications* yang telah dilakukan oleh *Cees Eugen Locem Leenaars*dari Spanyol pada tahun 2012 dan telah mendapatkan perlindungan hukum dengan nomor paten EP 2495370 A1 [1]. Jenis pondasi ini adalah pondasi tiang penopang bangunan kincir dilepas pantai yang ditopang oleh 4 pondasi tiang yang dibenamkan ketanah dasar (seabed).

Perbedaan kedua jenis hasil penelitian sebelumnya dengan penelitian pondasi tiang penopang bangunan lepas yang dilengkapi dengan kaki-kaki pengaku ini adalah secara prinsip pondasi tiang penopang bangunan lepas pantai terdiri dari dua komponen yang secara alamiah dimiliki oleh tanaman bakau yaitu akar tunjang dan akar nafas. Akar tunjang yang menghujam jauh kedalam tanah lunak, sedangkan akar nafas menopang dari keempat sisi akar tunjang. Daya dukung pondasi ini dipengaruhi oleh sembilan titik daya dukung ujung dan lima daya dukung akibat perlawanan geser keliling pondasi tiang dan diyakini kemampuan daya dukungnya lebih baik dibandingkan keempat pondasi diatas.

METODOLOGI

Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah metode percobaan dengan pendekatan kasus kegagalan pondasi tiang struktur face fender, bangunan dermaga, bangunan pipe rack dan bangunan breasting dolphin PT. Pertamina RU V Balikpapan. Metode percobaan dalam rangka menemukan bentuk dan konfigurasi pondasi tiang yang paling cocok dan paling sesuai digunakan sebagai pondasi tiang bangunan dermaga dan bangunan lepas pantai yang tahan terhadap pengaruh destruksi gelombang, gaya pasang surut dan benturan kapal saat bersandar yaitu bentuk dan dan konfigurasi pondasi tiang dengan mengadopsi akar bakau.



Gambar 1. Komponen pondasi tiang penopang bangunan lepas pantai

Secara prinsip pondasi tiang penopang bangunan lepas pantai terdiri dari 2 (dua) komponen yang secara alamiah dimiliki oleh tanaman bakau yaitu akar tunjang dan akar

nafas. Akar tunjang yang menghujam jauh kedalam tanah lunak, sedangkan akar nafas menopang dari keempat sisi akar tunjang. Konfigurasi lengkap pondasi tiang penopang bangunan lepas pantai terdiri dari tiang utama (1), kaki-kaki pengaku (2) dan pelat pengaku (3) [4], sebagaimana tersaji pada gambar 1.

Bahan dan Peralatan digunakan

a. Data hasil uji investigasi tanah dasar seabed (data hasil uji sondir dan boring)
b. Pipa baja, dimensi sesuai hasil analisa perhitungan
c. Pelat baja, tebal. 12 mm
d. Mesin las
e. Tukang las, dengan kualifikasi Welder 5G
f. Alat angkat, crane dan barge/ floating crane
g. Alat penekan/ alat pancang pondasi tiang, kapasitas min. 350 Ton (3 kali kapasitas daya dukung tiang rencana)
h. Alat ukur topografi (theodolite) dan water pass.

Cara Membuat Pondasi Tiang dengan Kaki Pengaku

a. Siapkan tiang utama dengan bahan dasar pipa baja seamless diameter 40 Cm, panjang sesuai kebutuhan, beri tanda ukuran panjang tiang sesuai kebutuhan
b. Siapkan kaki-kaki pengaku dan pelat pengaku
c. Sambungkan kaki-kaki pengaku dan pelat pengaku pada titik sambung yang telah ditentukan
d. Siapkan bahan isian pondasi tiang terdiri dari pasir pasang dan beton mutu tinggi
e. Siapkan alat pemancang dengan kapasitas min. 350 tons (3 x kapasitas pondasi tiang rencana)
f. Siapkan alat angkat (floating crane), kapasitas angkat min. 10 tons
g. Siapkan alat-lat keselamatan kerja dan alat pelindung diri untuk pekerjaan Konstruksi pengelasahan diatas perairan.

Cara Memasang Pondasi Tiang dengan Kaki Pengaku

a. Lakukan sondir pada titik lokasi pemasangan pondasi tiang
b. Angkat pondasi tiang menuju lokasi pemasangan
c. Pastikan posisi pemasangan pondasi tiang yang tepat (titik koordinat pemasangan)
d. Jika posisi pemasangan pondasi tiang dibawah dermaga, terlebih dahulu pelat lantai dilubangi sebesar 2 kali diameter tiang pipa baja yang digunakan
e. Pasang tiang dilokasi ditentukan, pastikan vertikality tiang dengan topografi dan theodolite
f. Setelah duduk dengan baik diposisinya pasang shoring/ penyangga agar verticality-nya tidak berubah
g. Tekan dengan secukupnya sehingga pondasi tiang duduk dengan baik (statis)
h. Tekan dengan alat pemancang dengan alat pemancang sampai kedalaman rencana atau sampai dengan kapasitas tekan maksimum
i. Isi bagian dalam tiang dengan metode tremi, 2/3 panjang tiang diisi dengan mortar beton, selanjutnya 1/3 bagian sisanya dibagi 3 bagian dan 1/3 bagian bawah diisi mortar beton, 1/3 bagian diisi pasir pasangan, 1/3 bagian atas diisi mortar dan pada jarak 30 Cm dari toping tiang diisi dengan mortar microconcrete
j. Lakukan uji PDA test (jika memungkinkan) untuk memastikan daya dukung pondasi tiang terpasang
k. Lakukan penyambungan dengan struktur atas yang akan ditopang oleh pondasi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sejak tahun 2013 hingaa saat ini (2017) pondasi tiang penopang bangunan lepas pantai telah digunakan pada pekerjaan perbaikan dan penggantian pondasi tiang bangunan dermaga, bangunan face fender, bangunan pipe rack diatas laut, bangunan breasting dolphin sebanyak 24 pondasi tiang dengan hasil yang baik, aman dan stabil [4]. Hasil uji penekanan pondasi tiang penopang bangunan lepas pantai berdasarkan data rekam mesin penekan dilakukan saat pemancangan pondasi tiang kosong dan penekanan setelah internal pondasi tiang diisi dengan bahan isian mortar beton, pasir pasang dan mortar beton isian telah mengeras, dengan hasil sebagaimana tersaji pada tabel 1.

Tabel 1. Daya dukung pondasi tiang dengan kaki penopang*)

No	Diameter tiang (Cm)	Panjang tiang (M)	Kedalaman benam (M)	Hasil uji penekanan	
				Sebelum diisi (Tons)	Setelah diisi (Tons)
1	40	24.00	14.20	82.50	98.00
2	40	23.50	13.50	79.50	98.50
3	40	24.00	12.90	78.50	97.50
4	40	22.00	12.90	78.50	97.00
5	40	23.00	12.90	78.00	95.50
6	40	24.00	12.90	84.00	97.50
Rata rata		23.58	13.90	82.50	98.50

*)Berdasarkan data rekan penekanan rata-rata pondasi tiang pengganti bangunan face fender dermaga No.3

Hal-hal yang mempengaruhi daya dukung pondasi tiang dengan kaki pengaku adalah daya dukung ujung tiang utama, daya dukung ujung

kaki-kaki pengaku, daya dukung kaki pengaku arah horizontal, perlawanan geser keliling tiang utama dan perlawanan geser keliling kaki-kaki pengaku. Terdapat perbedaan daya dukung antara pondasi tiang lurus dengan pondasi tiang penopang bangunan lepas pantai dengan kaki pengaku kemampuan dukungnya, yakni pada faktor yang mempengaruhi daya dukung tiang. Pada pondasi tiang lurus daya dukung dipengaruhi oleh 2 (dua) faktor yaitu faktor daya dukung ujung dan faktor daya dukung perlawanan geser keliling tiang, sedangkan faktor daya dukung pondasi tiang penopang bangunan lepas pantai dengan kaki pengaku dipengaruhi oleh 5 (lima) faktor. Dengan demikian diyakini bahwa pondasi tiang penopang bangunan lepas pantai memiliki daya dukung dan stabilitas yang lebih besar dan performancenya lebih baik dibandingkan pondasi tiang lurus. Pondasi tiang penopang bangunan lepas pantai dengan kaki pengaku juga diperkaku (stifeness) dengan material isian mortar beton sehingga menjadikan pondasi tiang penopang bangunan lepas pantai menjadi lebih kokoh dan tahan terhadap benturan kapal saat disandari kapal.

Hasil Penelitian Berdasarkan Aspek Panca Mutu

Tolok ukur keberhasilan implementasi pondasi tiang penopang bangunan lepas pantai dengan kaki pengaku yang telah dipergunakan pada penggantian pondasi penopang bangunan face fender, bangunan dermaga, bangunan breasting dholpin, bangunan pipe rack dan bangunan lepas pantai ditinjau telah kemanfaatannya berdasarkan 5 aspek Panca mutu sebagaimana tersaji pada tabel. 2 sebagai berikut.

Tabel 2. LimaAspek Panca Mutu

Quality	1.Hasil improvement pondasi tiang penopang bangunan lepas pantai memiliki daya dukung dan stabilitas yang lebih baik dibandingkan pondasi tiang tunggal sejenis dilingkungan Pertamina 2.Hasil improvement telah mendapatkan perlindungan hukum di Kementrian Ham dengan No. Registrasi P 2014018139 dan Sertifikat Hak paten No. ID 47210.
Cost	Biaya pembuatan material dan anggaran sesuai kebutuhan Rp. 31,45 juta/biji
Delivery	Pondasi tiang untuk penopang bangunan lepas pantai yang dilengkapi dengan kaki pengaku menggunakan spesifikasi material pipa baja, peralatan dan cara kerja yang banyak tersedia di masyarakat, tidak perlu dilakukan terapi kerja dengan keahlian khusus dan dapat dilaksanakan pada kondisi onstream
Safety	1.Telah tersedia prosedur kerja baku, Quality Control dan Quality Assurance pembuatan dan pemasangan pondasi tiang penopang bangunan lepas yang dilengkapi kaki pengaku dan telah teregister di Pertamina RU V dengan No. C-046/E15143/2014-S0 dan No. 0145/RMPP/STAT.UNP.ENG/2014 2.Pekerjaan dilaksanakan pada kondisi onstream, kapal tanker tetap bisa bersandar dan dapat menyelamatkan potensi kehilangan BBM di wilayah Indonesia (untuk skala nasional)
Moral	1.Pekerja kondisi hasil improvement dapat mengatasi permasalahan dilingkungan kerjanya dengan baik dan aman 2.Hasil improvement menjadi kan good image kepada masyarakat dan improvement program PT. Pertamina

Hasil Penelitian Yang Lain

1. Metode pembuatan dan pemasangan pondasi tiang penopang bangunan kepas pantai yang dilengkapi dengan kaki pengaku telah memiliki prosedur baku yang teregister di Pertamina RU V dengan No. TKI No.C-046/E15143/2014-S0 dan Kriteria Quality Plan & Quality Assurance No. 0145/RMPP/STAT.UNP.ENG/2014[5]
2. Improvement Pondasi tiang penopang bangunan lepas pantai yang dilengkapi kaki pengaku adalah success story penerapan teknologi tepat guna pada Continuous Improvement Program (CIP) dan memperoleh predikat Gold Medal dari PT. Pertamina RU V dan PT Pertamina Corporate Tahun 2012[4]
3. Pondasi tiang penopang bangunan lepas pantai yang dilengkapi kaki pengaku telah mendapatkan perlindungan hukum di Kementrian Hukum dan Hak Azazi Manusia (Kemenkumham) dengan nomor pendaftaran paten P 2014018139 (2014) dan Nomor Sertifikat Hak Paten. IDP000047210 [6].

KESIMPULAN

Pondasi tiang penopang bangunan lepas pantai yang dilengkapi dengan kaki-kaki pengaku adalah pondasi tiang yang diperkuat dengan kaki pengaku dan digunakan sebagai penopang bangunan lepas pantai seperti dermaga, pipe rack, trestle, face fender, breasting dolphin dan bangunan pantai lainnya

Pondasi bangunan lepas pantai yang dilengkapi dengan kaki-kaki pengaku berbahan dasar pipa baja, dibentuk menyerupai tanaman bakau dan dibenamkan kedalam tanah dasar dibawah perairan dengan cara ditekan serta mengisi bagian dalam tiang pipa baja dengan mortar beton. Pondasi tiang penopang bangunan lepas yang dilengkapi dengan kaki-kaki pengaku telah diaplikasikan sebagai pondasi tiang pengganti bangunan dermaga, bangunan face fender dan bangunan breasting dolphin dilingkungan PT.Pertamina RU V yang dilaksanakan pada kondisi onstream serta dapat pula direplikasi sebagai pondasi tiang baru untuk bangunan lepas pantai sejenis di Pertamina maupun diluar Pertamina.

SARAN

1. Pondasi tiang penopang bangunan lepas pantai yang dilengkapi dengan kaki-kaki pengaku dapat dikembangkan untuk konstruksi bangunan lepas pantai diperairan dalam dan sangat dalam dengan menyesuaikan spesifikasi material, bentuk, dimensi dan konfigurasi pemasangannya
2. Hasil improvement dapat direplikasi sebagai pondasi tiang baru untuk bangunan

lepas pantai seperti bangunan dermaga dan bangunan lepas pantai yang sejenis lainnya diluar Pertamina.

UCAPAN TERIMAKASIH

Dengan telah selesainya penelitian ini hingga mendapatkan perlindungan hukum berupa hak paten dari Kementrian Hukum dan Hak Asasi Manusia, Penulis mengucapkan terimakasih kepada General Manager PT. Pertamina RU V, Quality Management Section Head dan Manager Quality, System & Knowledge Management PT. Pertamina Corporate yang telah banyak memberikan bantuan sehingga kelancaran individual improvement dan pengusulan hak paten ini.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Cees E Locem Leenaars, *In-line piling method for offshore wind turbine foundation applications*, Germany, Patent EP 2495370A1, September, 5th, 2012; http://google.se/patents/EP2495370A1?cl=pt-PT&hl=en&output=html_text

[2] Henrik Stiesdal, *Offshore foundation*, Germanry, Patient EP 1884598 A1, February,6th, 2008; http://google.se/patents/EP1884598A1?cl=pt-PT&hl=en&output=html_text

[3] Robert W. Day, *Foundation Engineering Handbook*, Mc Graw Hill Book, ASCE Press, Toronto, 2006

[4] Sulardi, *Mengatasi Kesulitan Penggantian Tiang Face Fender*, Risalah Continuous Improvement Program PT. Pertamina RU V, Unpublished, 2013.

[5] Sulardi, *Analisis Panca Mutu Metode Perbaikan Struktur Dermaga PT Pertamina RU V Balikpapan*, Thesis Magister Teknik Sipil Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya, Unpublished, 2011

[6] Sulardi, Pondasi Tiang Penopang Bangunan Lepas Pantai Yang Dilengkapi Kaki Pengaku, Indonesia, No. Paten IDP0000 47210, Agustus, 9th, 2017.