

## PONDASI BALIK KOTAK DITANAH LUNAK

Sulardi<sup>1</sup> Pria Agung Widodo<sup>2</sup> Abdi Suprayitno<sup>1</sup> Hamriani Ryka<sup>3</sup>  
Rohima Sera Afifah<sup>1</sup> Kukuh Jalu Waskita<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Perminyakan, STT Migas Balikpapan

<sup>2</sup>PT.Pertamina RU V, Balikpapan

<sup>3</sup>Program Studi Teknik Geologi, STT Migas Balikpapan

E-mail : [sulardikm61@yahoo.com](mailto:sulardikm61@yahoo.com)

### ABSTRACT

The problem is the difficulty in determining the type and method of manufacture and installation of foundation on soft soils. The research objective is to provide an overview of the type of foundation, the method of manufacture and the method of installation of the foundation which is suitable and suitable in the soft soil environment. This research method uses used research methods with trial and error, and with a case study approach method, namely the case of difficulties in overcoming the problem of the availability of permanent structural support foundations and refinery operation equipment on soft soil. The results showed that the type and shape of the foundation that is suitable and to solve the problem is the foundation behind the box. This foundation specification is an inverted box with reinforced concrete material and certain dimensions with cover plates. The results of this used research also show that the inverted box type of foundation is suitable for supporting equipment supporting refinery operations such as pipe supports and other refinery operation equipment.

Key words: behind the box foundation, soft soil.

## 1. PENDAHULUAN

### Gambaran Situasi

Kawasan industri kimia dan industri petro kimia pada umumnya memiliki kecenderungan dibangun dikawasan pantai atau dikawasan aliran air sungai. Hal ini dimaksudkan untuk mempermudah memperoleh pasokan air yang cukup untuk digunakan sebagai bahan baku pembuatan air umpan untuk boiler (*demineralized water*), pemenuhan air pendingin peralatan proses, kemudahan pembuangan pembuangan air limbah (*waste water*) dan kemudahan transportasi untuk mendatangkan bahan baku (*feed intake*) maupun kemudahan untuk mengekspor hasil-hasil produksinya. Secara umum kondisi tanah dikawasan pantai dan kawasan teluk adalah jenis tanah lunak dengan tekstur tanah yang lembut, mudah mengalami pemampatan, mudah terdeformasi, dan daya dukungnya rendah. Untuk itu maka pondasi peralatan kilang dan struktur

penunjangnya menggunakan pondasi dalam dan pondasi tiang yang dipancang dengan kedalaman tertentu hingga mencapai tanah dasar yang keras dengan daya dukung yang besar. Bangunan penunjang kilang dan peralatan yang tidak ditopang dengan pondasi tiang atau pondasi dalam maka dalam beberapa tahun kemudian setelah terpasang akan mengalami penurunan, mengalami retak-retak, miring sehingga kondisinya tidak aman (*unsafe condition*), tidak layak dioperasikan, membahayakan peralatan dan membahayakan lingkungan.

### **Permasalahan Penelitian**

Permasalahan yang dihadapi terkait tanah dasar lunak adalah kesulitan dalam penentuan jenis pondasi, metode kerja pemasangan pondasi dan metode perbaikan pondasi terpasang yang mengalami kerusakan atau kondisinya *sub standard* dan *unsafe condition*. Jika tidak ditemukan jenis pondasi dan metode kerja yang diyakini cocok dan sesuai digunakan maka permasalahan akan terus berulang dan tidak akan pernah dapat diselesaikan.

Penyebab permasalahan dari aspek material, tanah dasar lunak, berlumpur dan muka air tanah tinggi, rawan longsor. Dari aspek metode, metode kerja pemasangan pondasi tanah lunak dan metode perbaikan konvensional tidak bisa digunakan. Dari aspek orang, kemampuan mengatasi permasalahan pondasi di tanah lunak terbatas. Dari aspek lingkungan, lingkungan terbatas, terdapat utilitas bawah tanah.

Dari uraian penyebab masalah dan dampak permasalahan diketahui bahwa penyebab permasalahan dominan adalah masalah metode, yakni kesulitan penentuan jenis dan metode pemasangan pondasi di tanah lunak. Untuk itulah maka penelitian ini penting untuk dilakukan guna menemukan jawaban atas permasalahan kesulitan jenis pondasi dan metode kerja pemasangan pondasi di tanah lunak dengan kondisi lingkungan yang terbatas yang dalam pembuatannya seperti pondasi balik kotak dengan cara memanfaatkan gaya uplift tanah lunak.

## **Tujuan dan Manfaat Penelitian**

### **Tujuan Penelitian**

Tujuan yang hendak dicapai melalui kegiatan penelitian ini adalah :

1. Memberikan gambaran tentang jenis, bentuk, spesifikasi dan dimensi pondasi yang cocok dan sesuai digunakan di tanah dasar lunak
2. Memberikan gambaran metode pembuatan dan pemasangan pondasi di tanah lunak serta metode perbaikan tanah dasar lunak dibawah dasar pondasi.

### **Manfaat Penelitian**

Manfaat yang diharapkan dari hasil penelitian ini adalah :

1. Adanya inovasi baru yang dapat memperkaya khasanah pengetahuan dibidang geoteknik
2. Mendapatkan gambaran solusi atas masalah kesulitan pembuatan dan pemasangan pondasi struktur diatas tanah lunak.

Penentuan tujuan dan manfaat ini didasarkan atas prinsip dasar rekayasa pondasi ditanah lunak dengan memaksimalkan pemanfaatan gaya angkat (*up lift*), memaksimalkan kemampuan gesek (*friction*) tanah dasar, dan memanfaatkan kemampuan jepit (*stiffener*) tanah dasar. Berdasarkan kaidah tersebut maka metode pondasi yang dipergunakan harus memenuhi beberapa kriteria memiliki lebar dasar yang cukup untuk bidang kontak gaya angkat tanah dasar dan memiliki kedalaman yang cukup untuk melokalisir tanah dasar agar tidak tersebar. Bentuk dan konfigurasi pondasi sebagaimana diasumsi tersebut memiliki kemiripan dengan bentuk dan konfigurasi kotak yang dibalik. Untuk itu penelitian menetapkan judul penelitian : Pondasi Balik Kotak Diatas Tanah Lunak.

## **2. DASAR TEORI**

### **Perbaikan Tanah dasar**

Perbaikan tanah dasar eksisting dilokasi pemasangan pondasi dilakukan dengan langkah sebagai berikut :

1. Aktual tanah dasar adalah tanah uruk dengan sifat lunak berbahan dasar pasir kelepungan (*sandy clays*) dan mudah mengalir (*bleeding*)

2. Metode pengeringan lahan (dewatering) dilakukan dengan memasang pipa diameter 1 Inch yang ujungnya dilapis paragnet dan dibenamkan secara vertikal sedalam 2 meter kedalam tanah disekeliling rencana pasangan pondasi
3. Metode pebaikan dilakukan dengan metode *soil cement* dan melokalisir pengaruh tanah dasar disekitarnya dengan metode coverdam sabowork
4. *Coverdam* sabowork adalah tumpukan karung yang diisi dengan *soil cement* dan dipasang pada jarak 2.0 meter dari tapi block pondasi
5. Tanah dasar dibawah dan disekeliling block pondasi diperbaiki dengan metode *soil cement* dengan campuran 1 PC : 6 Tanah dasar
6. Metode *soil cement* dilakukan untuk menekan pemampatan tanah dasar sebagai pengganti tanah dasar eksisting yang tidak bisa dilakukan secara manual.

### **Pondasi Kotak Terbalik**

Bentuk pondasi kotak terbalik dipilih berdasarkan hasil percobaan menggunakan kotak-kotak plastik yang dipasang terbalik pada tanah lunak dan digunakan sebagai tumpuan drum air, terbukti dapat menopang drum berisi air dengan bentuk penurunan merata dan kotak-kotak kembali terangkat setelah isi air didalam drum dikurang secara bertahap. Dengan hasil percobaan tersebut pondasi kotak terbalik memiliki daya dukung pondasi akibat gaya angkat (*uplift*) tanah terhadap luas dasar pondasi (bidang kontak), dan daya dukung akibat kuat desak (*friction*) tanah dasar disekeliling dinding kotak sisi luar maupun sisi dalam dinding kotak.

## **3. METODE PENELITIAN**

### **Lokasi Penelitian**

Penelitian ini dilakukan dilingkungan industri kilang pengolahan minyak PT. Pertamina RU V Balikpapan. Lokasi kilang ini berada dikawasan Teluk Balikpapan yang pada awalnya diprediksi sebagai kawasan rawa dan dataran rendah dengan jenis lapisan tanah endapan dengan tekstur tanah lempung halus, lanau, pelapukan material biomasa dan lapisan tanah organik. Secara geoteknik material tanah dasar tersebut tergolong sebagai tanah lunak yang memiliki sifat mudah mampat, mudah terdeformasi, mudah jenuh oleh air dan daya dukungnya sangat rendah.

### **Metode dan Pendekatan Penelitian**

Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah penelitian terpakai, yakni penerapan teknik pondasi yang dianggap cocok dan sesuai digunakan di tanah lunak. Dalam penelitian terpakai ini peneliti menggunakan teknik trial and error dengan beberapa alternatif berdasarkan referensi teknik pondasi. Dari beberapa alternatif tersebut dipilih inovasi pondasi yang paling cocok dan sesuai diaplikasikan di tanah lunak.

### **Pekerjaan Persiapan**

1. Membuat rancangan dan analisis teknis pondasi balik kotak, dengan rancangan pondasi balik kotak terdiri dari :
  - a. Pelat beton bertulang untuk meningkatkan bearing capacity berdasarkan gaya angkat keatas
  - b. Pelat dinding keliling untuk mencegah bahaya geser, guling dan settlement
2. Membuat model pondasi balik kotak, dengan model pondasi balik kotak tiruan bentuk pondasi bentuk kotak terbalik dengan :
  - a. Pelat atas (cover) beton bertulang mutu beton K-300 tebal.30 Cm, ukuran 150x150 Cm
  - b. Pelat dinding keliling (shell) beton bertulang mutu beton K-300, tebal.20 Cm dan tinggi 150 Cm
3. Menyusun metode perbaikan tanah dasar lunak, dengan metode kerja sebagai berikut :
  - a. Tanah dasar hasil galian ditiriskan dan ditutup terpal jika hujan
  - b. Tanah dasar dicampur dengan portland cement dengan campuran 1 prtland cement : 6 tanah dasar dan dicampur hingga rata (metode soil cement)
  - c. Soil cement dipergunakan sebagai bahan isian sisi dalam dinding pondasi dan dipergunakan sebagai bahan perkuatan tanah dengan metode sabo work
4. Menyusun metode kerja pelaksanaan metode pondasi balik kotak dengan metode memasang bouplank leveling pondasi eksisting, menyiapkan tiang pondasi dan tulangan pondasi, menyiapkan perbaikan tanah dasar dengan soil cement, memasang tanah isian didalam dan diluar dinding pondasi dan padatkan dengan baik, memasang soil cement dan padatkan dengan baik, dan memasang paving slab beton dengan sealing joint.

### **Cara Kerja Pemasangan Pondasi balik kotak Tiruan**

1. Memasang *stake out bouwplank*
2. Penggalian tanah dasar pondasi, kedalaman penggalian 150 Cm dan dipastikan galian aman terhadap reruntuhan dengan metode shoring, dengan bentuk dan konfigurasi galian pasangan pondasi kotak
3. Menyiapkan rangkaian tulangan pondasi kotak, menggunakan tulangan rangkap, berbahan dasar *Wiremesh* M10-150, ulir dan tulangan beton dirangkai secara terpisah menjadi 2 (dua) bagian yaitu bagian pelat dasar dan bagian dinding
4. Memasang sabo work pelindung tanah urugan
  - a. Sabowork adalah campuran tanah dan semen yang diaduk secara manual kemudian dimasukkan kedalam karung-karung
  - b. Sabowork dipasang pada jarak 1 meter diluar batas pondasi kotak terbaik
  - c. Sabowork berfungsi untuk melokalisir tanah urugan agar tidak tersebar pada saat dibebani
  - d. Karung sabowork berfungsi untuk mencegah campuran tanah dan semen agar tidak tersebar selama proses pengerasan campuran
  - e. Memasang plastic sheet tebal. 1 mm dan lantai kerja mutu beton ringan cor setempat (K-175), tebal. 5 Cm
5. Memasang rangkaian tulangan dan pengecoran pondasi balik kotak
  - a. Pemasangan rangkaian tulangan dinding pondasi kotak terbaik setelah dipastikan lantai kerja mengeras dengan baik, sehingga rangkaian tulangan dapat duduk dengan stabil
  - b. Rangkaian tulangan dinding pondasi dan cover pondasi kotak dengan material *wiremesh* M10-150 ulir
  - c. Pemasangan bekisting (*formwork*), dengan memastikan terdapat selisih > 3 Cm untuk selimut beton
  - d. Untuk memastikan tersedia jarak yang cukup digunakan beton decking, tebal. 3 Cm
  - e. Pengecoran dinding pondasi kotak dengan mutu beton K300, *readymix*

6. Perbaiki tanah dasar
  - a. Pemasangan tanah dasar urugan didalam pondasi kotak dilakukan setelah dinding beton pondasi kotak mengeras dengan baik
  - b. Tanah dasar diratakan, dipadatkan dengan alat pemadat manual dan diukur kepadatan tanah dasar dengan alat DCP untuk memastikan kepadatan tanah dasar > 6%
  - c. Pemadatan tanah dasar tiap tebal layer. 10Cm
7. Memasang pelat cover pondasi kotak
  - a. Pasang rangkaian tulangan cover pondasi kotak dengan spesifikasi *wiremesh* M10-150
  - c. Pasang rangkaian tulangan pier head pondasi struktur atas dengan tulangan besi ulir diameter 13 mm yang dirangkai membentuk kubus ukuran 60x60x60 Cm, memasang angker dan base plate struktur atas
  - d. Pasang bekisting cor cover pondasi kotak dengan bentuk, dimensi dan konfigurasi sesuai bentuk rencana pier head pondasi struktur atas dan pemasangan paving slab dan seal joint.

### **3. HASIL DAN PEMBAHASAN**

#### **Hasil Penelitian**

1. Metode pembuatan dan pemasangan pondasi balik kotak selesai dengan baik dan aman
2. Telah dilakukan joint inspection bersama bagian terkait, dengan hasil : bentuk, dimensi dan konfigurasi pemasangan pondasi balik kotak telah sesuai gambar rencana
3. Struktur atas telah terpasang diatas pondasi balik kotak dengan baik dan aman

#### **Hasil Perbaikan Aspek Panca Mutu**

1. Secara kualitas (quality), tanah dasar disekitar pondasi telah diperbaiki dengan metode soil cement dan dilakukan pemasangan sabowork untuk melokalisir tersebarnya tanah dasar dibawah pondasi
2. Secara biaya (cost), dapat menekan biaya akibat pekerjaan tak terduga (*unpredictable*) senilai Rp 500 Juta, dan dapat dicegah gangguan/kegagalan operasi kilang dengan kerugian Rp 32,5Milyar PerHari
3. Secara delivery, jenis pondasi tanah lunak dengan pondasi balik kotak tiruan

4. Secara safety, safety factor pondasi balik kotak tiruan lebih besar dari pondasi konvensional
5. Secara moral, konfidensi level pekerja meningkat, inovasi yang dilakukan dapat mengatasi permasalahan di lapangan dengan baik dan aman.

### **Hasil Penelitian Lainnya**

1. Tanah dasar lunak disekitar pondasi balik kotak telah dilakukan perbaikan dengan metode soil cement (campuran tanah dengan portland cement) dan cara lokalisasi tersebarnya tanah urug dengan metode sabowork
2. Untuk menjamin keberhasilan pembuatan dan pemasangan pondasi balik kotak tiruan sesuai disain, telah disusun prosedur pelaksanaan pekerjaan pondasi balik kotak tiruan
3. Pondasi balik kotak telah direplikasi untuk mengatasi permasalahan sejenis pada pembangunan struktur penopang *main ducting stack furnace*

### **Pembahasan**

Secara spesifik perbedaan pondasi balik kotak dengan pondasi dangkal konvensional adalah berdasarkan bentuknya pondasi balik kotak berbentuk kotak terbalik mengambang diatas tanah lunak. Berdasarkan bidang kontakannya, komponen daya dukung pondasi meliputi seluas dasar pondasi, luasan dinding kotak sisi dalam, luasan sisi luar kotak, dan friksi kedalaman kotak. Efek tekanan tanah dasarnya, tanah dasar tetap didalam kotak dan memperbesar gaya apung (uplift) terhadap bidang kontak dalam kotak. Penggunaan pondasi balik kotak cocok dipergunakan di lingkungan tanah keras maupun tanah lunak. Material yang digunakan untuk pondasi balik kotak terbuat dari pasangan beton bertulang, pasangan batu kombinasi beton, pasangan pelat baja, plastic, kayu dan material komposit

Metode pembuatan dan pemasangan pondasi balik kotak dapat menyesuaikan kebutuhan dan menyesuaikan kondisi di lokasi. Dimensi kotak dapat disesuaikan sesuai kebutuhan dan sesuai hasil perhitungan, namun bentuknya tetap sebagai bentuk kotak terbalik. Metode pemasangan pondasi kotak terbalik dapat dilakukan cara pertama, yaitu dengan memasang tiang pengaku, menggali lubang dinding kotak, memasang bikisting, memasang tulangan, melakukan pengecoran dinding kotak, memadatkan tanah didalam

dan diluar kotak, memasang tulangan cover hingga tulangan pier head dan melakukan pengecoran cover atas hingga pier head pondasi. Kelemahan cara kerja ini adalah pekerjaan lanjutan baru dapat dilakukan setelah beton dinding kotak mengeras dengan baik dan aman dibebani.

#### **4. KESIMPULAN**

Dari uraian permasalahan dan hasil penelitian sebagaimana dijelaskan diatas dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut.

1. Jenis pondasi yang cocok dan sesuai digunakan untuk penopang peralatan kilang dan struktur penunjang diatas tanah lunak adalah pondasi balik kotak tiruan. Jenis pondasi ini adalah pondasi kotak terbalik berbahan dasar beton bertulang ukuran 150x150x160Cm, tebal dinding beton 20 Cm, tebal pelat cover 30Cm
2. Metode pemasangan pondasi balik kotak dilakukan dengan menyiapkan beton dinding kotak, membuat galian pasangan dinding kotak, memasang dinding kotak, memadatkan tanah didalam dan diluar kotak, memasang tulangan penutup atas hingga pier head, dan melakukan pengecoran slab beton penutup atas hingga *pier head*.

#### **5. DAFTAR PUSTAKA**

Carl R. Branan, 1010, Rules of Thumb Chemical Engineering A manual Quick Accurate Solution to Everiday Process Engineering Problems, Gulf Publishing Company, Huston, Texas

Trambouze, Piere, 2000, Petroleum Engineering 4 Det, Material and Equipment, IFP

Richard Hislop, 2009, Construction Site safety, Large Facilities Workshop

Sulardi, 2017, Mengatasi Kesulitan Pemasangan Struktur Hoist Over Head Crane Dengan Metode Pondasi balik kotak, Risalah Continous Improvement PT. Pertamina RU V, Balikpapan

Sulardi, 2016, Pondasi Kotak Terbalik Penopang Kontainer, Suggestion System PT. Pertamina RU V, Balikpapan

Sulardi, 2016, Slab Beton Apung di Tanah Lunak, Suggestion System PT. Pertamina RU V, Balikpapan

Sulardi, 2017, Pondasi Penopang Struktur Lepas Pantai Yang Dilengkapi Kaki Pengaku (Pondasi Akar Bakau), Hak Paten No. IDP 000047210

Dokumen No. C-051/E15142/2017-S9 Rev.3, 2017, Metode Pelaksanaan Pembuatan dan Pemasangan Pondasi Paku Payung, PT. Pertamina RU V, Balikpapan.