

PERBAIKAN PENURUNAN PONDASI POMPA DENGAN METODE LEVELING

Sulardi¹⁾

- 1) Prodi Teknik Sipil Universitas Tridharma, Balikpapan
- 2) Himpunan Ahli Teknik Tanah Indonesia (HATTI)
- 3) Himpunan Ahli Konstruksi Indonesia Komda Kalimantan Timur
- 4) Stationary Inspection Engineer PT.Pertamina RU V, Balikpapan
sulardikm61@yahoo.com

ABSTRAK

Tujuan penelitian ini adalah untuk memberikan gambaran masalah *settlement* pondasi pompa yang mengakibatkan instalasi perpipaan terdeformasi, bengkok, sub standard, unsafe condition dan metode perbaikan yang dilakukan. Metode penelitian yang digunakan penelitian aplikasi dengan studi kasus penanganan masalah pondasi pompa minyak yang mengalami penurunan hingga melebihi batas aman dan perbaikannya dengan cara peninggian toping pondasi (*leveling*). Hasil perbaikan menunjukkan struktur beton pondasi eksisting dengan struktur beton baru dapat bonding dengan baik. Hasil monitoring setelah pompa dioperasikan indikasi vibrasi pada pondasi dan pada pompa maupun prime movernya sangat rendah dan dalam batas aman. *Success story* hasil penelitian aplikasi metode *leveling* terhadap 22 Unit pondasi pompa proses kilang ini dapat direplikasi untuk mengatasi permasalahan sejenis di unit kerja Pertamina yang lain maupun diluar Pertamina.

Kata kunci : *Settlement* pondasi, metode *leveling*.

1. PENDAHULUAN

Latar Belakang Masalah

Kawasan kilang Balikpapan I PT. Pertamina RU V Balikpapan pada awalnya adalah kawasan rawa dan kawasan dataran rendah dan merupakan kawasan yang selalu tergenang air. Pada masa pembangunan kilang Balikpapan I kawasan ini dilakukan pengurugan (reklamasi) untuk mendapatkan elevasi tanah dasar yang aman terhadap limpasan banjir dan genangan air permukaan. Proses reklamasi lahan diawali dengan site preparation yaitu dengan membersihkan pepohonan, tanaman dan semak belukar. Dilanjutkan dengan grubbing yaitu dengan pembersihan terhadap rerumputan, kerikil, kerakal dan material mudah lapuk lainnya dipermukaan tanah. Dilanjutkan dengan proses eksavasi yaitu dengan penggalian dan penimbunan kembali tanah, pasir dan bahan-bahan perbaikan tanah lainnya hingga elevasi permukaan tanah dasar yang ditentukan yaitu + 1.500 diatas permukaan air laut (*sea water level*).

Kilang Balikpapan I dibangun pada awal tahun 1994 dan selesai pada akhir tahun 1997 dan memiliki dua unit proses yaitu *Heavy Vacuum Unit* dan *Crude Distillation Unit* dengan kapasitas olah 60.000 Barel/Day. Produk kilang Balikpapan I adalah *LPG, Light Naptha, Heavy Naptha, Diesel, HVG*O dan *Bottom product Long Residu*. Hal yang spesifik

dari kilang Balikpapan I adalah dikhususkan untuk mengolah crude oil lokal dari Tanjung, Sangata dan crude oil dari kawasan pulau Kalimantan lainnya dengan jenis parafinic crude oil yang dikhususkan untuk menyediakan bahan baku *Wax Plant* (pabrik lilin). Kilang Balikpapan I didukung dengan peralatan proses utama yang meliputi *colum fraksinasi, vessel separator, furnace, heat exchanger, pompa, kompressor, blower, perpipaan, flare stack*, peralatan kontrol operasi, peralatan pengaman proses dan peralatan keselamatan dan proteksi kebakaran.

Masalah Penelitian

Permasalahan yang dihadapi adalah setelah kilang dioperasikan selama tiga tahun terlihat adanya indikasi penurunan (*settlement*) pondasi pompa dan peralatan kilang, terutama pada peralatan yang ditumpu dengan pondasi dangkal, namun tidak demikian dengan peralatan kilang yang ditumpu oleh pondasi dalam (pondasi pancang). Dari waktu ke waktu penurunan terus bertambah dan pada tahun ke lima penurunan pada 22 Unit pondasi pompa telah sampai pada kondisi yang membahayakan peralatan dan mengancam keselamatan operasi lingkungan (*alert*).

Tabel 1. Data penurunan pondasi pompa

No	Peralatan	Elevasi Aktual	Penurunan (mm)	No	Peralatan	Elevasi Aktual	Penurunan (mm)
1	G-201-03 A	+1.269	275	12	G-201-13 B	+1.449	86
2	G-201-03 B	+1.269	275	13	G-201-14 A	+1.456	79
3	G-201-04 A	+1.179	365	14	G-201-14 B	+1.463	72
4	G-201-04 B	+1.179	365	15	G-201-15 A	+1.486	49
5	G-201-09 A	+1.331	204	16	G-201-15 B	+1.476	59
6	G-201-09 B	+1.339	185	17	G-201-16 A	+1.310	225
7	G-201-10 A	+1.345	190	18	G-201-16 B	+1.320	215
8	G-201-10 B	+1.358	177	19	G-202-02 A	+1.250	285
9	G-201-11 A	+1.240	295	20	G-202-02 B	+1.236	299
10	G-201-11 B	+1.226	209	21	G-202-04 A	+1.265	270
11	G-201-13 A	+1.449	86	22	G-201-04 B	+1.255	288

* Base Elevation. +1.500

Hasil assessment diketahui bahwa pondasi pompa pada kondisi sub standard dan unsafe condition dengan dampak ditimbulkan adalah secara *Quality* : Alignment pompa, nozzle pipa inlet, pipa outlet offset, perpipaan mengala mi overstress. Secara *Cost* : Biaya pemeliharaan dan perbaikan sebesar Rp 300 Juta. Secara *Delivery*: Kesulitan spesifikasi material dan metode pelaksanaan perbaikan pondasi pompa dengan waktu yang terbatas. Secara *Safety* : Pondasi pompa pada kondisi unsafe condition dan sub standard. Dan secara *Moral* : Beban moral pekerja terkait pemeliharaan dan kehandalan peralatan kilang.

Terhadap permasalahan telah dilakukan upaya perbaikan dengan cara penyambungan, reposisi dan relokasi perpipaan *inlet (suction)* dan *outlet (discharge)* pompa. Tetapi upaya perbaikan ini juga tidak menyelesaikan permasalahan karena upaya metode perbaikan tidak menyelesaikan faktor dan penyebab masalah. Faktor penyebab adalah material, yakni belum adanya spesifikasi material perbaikan dan sesuai dan cocok digunakan. Sedangkan penyebab permasalahan adalah kesulitan metode pelaksanaan perbaikan. Untuk itu penelitian ini penting untuk dilakukan dalam rangka menemukan jawaban atas faktor penyebab dan penyebab masalah. Jika tidak ditemukan jawaban atas faktor penyebab dan penyebab permasalahan dikawatirkan suatu saat pompa akan mengalami kegagalan (*failure*).

Rumusan dan Asumsi Masalah Penelitian

Dari faktor dan penyebab permasalahan diatas diketahui bahwa faktor penyebab masalah dominan adalah faktor material dan faktor metode kerja. Faktor penyebab material yakni spesifikasi material apa yang cocok dan sesuai serta dapat bonding dengan baik terhadap material beton pondasi eksisting. Sedangkan faktor penyebab metode yakni bagaimana metode kerja yang paling cocok dan sesuai digunakan untuk melaksanakan perbaikan terkait dengan ketersediaan waktu yang terbatas dan dilakukan pada kesempatan stop operasi untuk inspeksi dan perbaikan kilang (*turn around*) Kilang Balikpapan 1. Untuk itu dipilih

spesifikasi material flowable microconcrete yang memiliki sifat tidak susut, tidak retak dan memiliki kuat tekan tinggi. Adapun metode perbaikan yang digunakan adalah metode leveling yakni dengan memotong bagian toping beton pondasi, menyambung tulangan, menyambung baut-baut angker dan meninggikan permukaan pondasi pompa dengan metode grouting. Diyakini dengan menggunakan spesifikasi material flowable microconcrete dan metode perbaikan leveling dapat mengatasi permasalahan dengan baik dan aman. Target perbaikan adalah 22 (dua puluh dua) unit pondasi pompa yang menggunakan jenis pondasi dangkal dan mengalami settlement.

Pertanyaan Penelitian

Pertanyaan yang dikembangkan dan diharapkan akan ditemukan jawabannya melalui penelitian ini dalam rangka menjawab faktor dan penyebab permasalahan adalah :

1. Bagaimana gambaran spesifikasi material *flowable microconcrete* yang digunakan ?
2. Bagaimana perbaikan pondasi pompa dengan *metode leveling* ?
3. Bagaimana tolok ukur hasil perbaikan pondasi yang digunakan ?

Tujuan Penelitian

Tujuan yang hendak dicapai melalui penelitian ini adalah :

1. Memberikan gambaran spesifikasi material *flowable microconcrete*
2. Memberikan gambaran perbaikan pondasi pompa dengan *metode leveling*
3. Memberikan gambaran tolok ukur hasil perbaikan pondasi.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Pondasi Pompa

Pondasi adalah bagian dari konstruksi yang berfungsi untuk menempatkan bangunan dan meneruskan beban dari struktur atas ke tanah dasar pondasi yang cukup kuat menahannya tanpa terjadinya *differential settlement* pada sistem strukturnya. Pondasi peralatan di kilang berfungsi untuk menyediakan kedudukan bagi pompa, mesin-mesin dan peralatan operasi kilang lainnya dengan baik dan aman tanpa terjadi penurunan dan keruntuhan (*failure*). Untuk itu pondasi mesin direncanakan dan dibuat dengan kriteria tertentu agar dapat mengakomodir beban statis mesin, beban dinamis mesin pada saat mesin dioperasikan dan beban tambahan akibat seismik, unbalance dan perubahan pada sistim konfigurasi mesin. Jenis-jenis mesin di kilang meliputi mesin rotating, mesin reciprocating dan mesin impact. Mesin rotating adalah

mesin putaran tinggi yang terdiri dari turbo generator, steam turbines, rotary compressors, motor listrik dan turbine gas yang memiliki kecepatan putara 3000 – 10.000 putara per menit (RPM). Mesin reciprocating adalah mesin yang cara kerjanya merubah gaya rotasi menjadi gaya lurus dan termasuk diantaranya internal combustion engines, steam engines, piston type pump and compressor dan mesin-mesin lain yang sejenis yang cara bekerjanya menggunakan crank shat mechanism. Mesin impact adalah mesin-mesin yang menghasilkan beban impact seperti diantaranya mesin forging hammers, mesin kempa, drop hammer, stamping machines dengan kecepatan operasi impact 60-150 blows per menit (BPM). Mesin-mesin ini beroperasi menghasilkan tekanan operasi, getaran dan impact yang harus diredam oleh sistim pondasi mesin yang jika sistim redaman (damping system) pondasi tidak mampu mengendalikan getaran operasi mesin maka pondasi akan mengalami rotasi, resonansi, unbalance dan penurunan (vertical amplitude).

Untuk menjamin bahwa pondasi mesin (pondasi dinamis) stabil maka pondasi mesin harus memenuhi kriteria daya dukung pondasi dalam batas aman, settlement pondasi dalam batas aman, tidak boleh terjadi resonansi yaitu frekuensi mesin sama dengan frekuensi alami dari sistem mesin pondasi tanah dan amplitudo pondasi mesin dalam batas aman (amplitudo dalam batas ijin). Agar pondasi mesin yang digunakan sesuai kriteria diatas dan aman digunakan maka historikal data mesin harus diketahui secara lengkap, yang meliputi data layout mesin, frekuensi operasi untuk menghindari resonansi, dan kekakuan tanah dipengaruhi oleh frekuensi, besarnya gaya-gaya unbalanced, titik bekerjanya gaya-gaya unbalanced dan amplitudo vibrasi yang di ijin. Demikian pula historikal data parameter dinamis tanah yang terdiri dari modulus geser (shear modulus) yang didapat dari E (modulus young atau V_s (kecepatan rambatan gelombang geser), damping rasio dan poisson ratio. Informasi data historikal mesin dapat diperoleh dari manufaktur, sedangkan data informasi mengenai data dinamis tanah harus dicari dari hasil pengujian.

Jenis-jenis pondasi mesin yang digunakan di kilang antara lain pondasi mesin massive tipe blok, tipe box, pondasi tipe dinding (cantilever), dan tipe rangka (frame). Pada penelitian ini jenis pondasi yang digunakan sebagai bahan penelitian adalah pondasi jenis block massive dengan spesifikasi material beton bertulang mutu beton K-300 dan diletakan diatas tanah dasar yang dipadatkan. Pondasi-pondasi ini digunakan untuk mendukung pompa minyak, pompa utilitas, perpipaan, pompa penunjang operasi dan peralatan operasi kilang lainnya.

Perbaikan Beton Pondasi Pompa

Perbaikan dan perawatan beton pondasi pompa peralatan operasi kilang di Pertamina RU V Balikpapan yang mengalami penurunan adalah inovasi penanganan

pondasi yang mengalami penurunan (settlement) mengikuti tanah dasar dibawahnya. Settlement pondasi pompa ini diikuti dengan tertariknya intalasi perpipaan, fasilitas utilitas dan sistim pengkabelan listrik penggerak motor pompa. Perbaikan penting untuk segera dilakukan karena peralatan pada kondisi sub standard dan unsafe condition. Hal ini sejalan dengan temuan asuransi yang mendapatkan temuan tersebut sejak 2009 dan hingga penelitian ini dilakukan belum dilakukan karena belum ditemukannya metode perbaikan yang cocok dan sesuai. Dengan telah adanya metode perbaikan pondasi pompa yang mengalami penurunan setempat dengan metode Leveling diharapkan permasalahan dapat diselesaikan dengan baik dan aman.

Inovasi perbaikan settlement dengan metode *Leveling* adalah metode perbaikan dan perawatan dengan maksud :

1. Mengembalikan atau memperbaiki integritas struktural sistim pondasi pompa
2. Perbaiki performance pondasi pompa
3. Meningkatkan daya dukung pondasi
4. Meningkatkan kinerja dan kehandalan peralatan
5. Memperbaiki stabilitas dan stiffness pondasi.

Hal yang spesifik dari pekerjaan perbaikan beton pondasi pompa ini adalah digunakannya spesifikasi material mortar beton khusus yaitu microconcrete yang dapat mengalir adalah non shrink, grout agregat alami dengan kekuatan awal dan tinggi yang sangat baik. Ini khusus diformulasikan untuk lingkungan marin dan lingkungan air laut, dapat segera setting dengan baik dilingkungan ambeint maupun didalam air dan memiliki konsistensi campuran mortar yang tetap meskipun berada dilingkungan air laut.

Spesifikasi material flowable microconcrete ini cocok digunakan untuk :

- a. Pemeliharaan struktur beton pondasi mesin dan bangunan marin
- b. Perbaikan menyeluruh untuk berms, slab dan elemen struktur beton lainnya
- c. Perbaikan struktur beton yang mengalami permasalahan honey comb (porus seperti sarang lebah)
- d. Struktur beton dengan nilai slump yang rendah namun bersifat mudah dipompakan (pumpability) dan dapat menjangkau jarak yang cukup jauh dan detail.

Kelebihan spesifikasi material ini adalah :

- a. Dapat mencapai early streng yang tinggi untuk memastikan cepat commssioning struktur baru dan downtime minimum pada pekerjaan perbaikan beton
- b. Bersifat flowable grout, kemudahan grouting, dapat mencapai detail-detail yang tidak dicapai oleh mortar beton normal dan mortar beton konvensional
- c. Sifat flowable lebih panjang hingga 1,50 jam pada suhu ambeint tinggi dibandingkan mortar beton konvensional, fasilitas mesin sagola grouting dengan kapasitas besar dalam satu tuang dan pada

- kondisi tertentu tidak memerlukan pompa untuk grouting
- d. Non metallic, tidak mengandung agregat logam dan serupa dengan beton biasa, cocok untuk finishing architectural
 - e. Berharap untuk menggunakan, tidak memerlukan peralatan pencampuran khusus. Hal ini dapat dicampur dalam mixer beton standard atau ini ember dengan menggunakan grout stimer
 - f. Dual sistem ekspansi untuk ekspansi terkontrol, padat dan tidak ada psikiater dalam keadaan mengeras
 - g. Penggunaan mudah, tidak memerlukan peralatan pencampuran khusus, pencampuran (mixing) dapat dilakukan dengan alat mixer beton standard atau menggunakan ember dengan pengadukan menggunakan mesin pengaduk (manual mixer)
 - h. Bersifat dual sistem ekspansi untuk ekspansi terkontrol, padat dan tidak mengalami retak-retak dalam akibat pengerasan mortar beton.

Tabel 2. Spesifikasi Flowable microconcrete

Spesifikasi	Umur	Performance
Compressive Strength	1 Hari	30 N/mm ²
	3 Hari	50 N/mm ²
	7 Hari	60 N/mm ²
	28 Hari	70 N/mm ²
Flexural Strength	28 Hari	10.5 N/mm ²
Tensile Strength	28 Hari	5.5 N/mm ²
Setting Time	Initial	5 Jam
	Final	6 Jam
<i>Material : EMACO S322 M (BASF)</i>		

Spesifikasi properties flowable microconcrete adalah :

Bentuk (supply form)	: Powder
Colour	: Cement grey
Density (wet) flowable	: 2.25
Plastic	: 2.28
Flow trough/ flowable	: 30 – 50 Cm
Water	: 3.2 – 3.4 Liter
Yield	: 12.5 – 12.6 Liter

Penentuan spesifikasi material, metode perbaikan dan proses perbaikan struktur beton pondasi pompa dengan mempertimbangkan faktor dan penyebab permasalahan, bad actor penyebab masalah dan evaluasi konkret kondisi material beton eksisting, hasil diagnosa dan strategi perbaikan sesuai dengan ketersediaan waktu dan ruang lingkup pekerjaan perbaikan.

Tahapan dan langkah-langkah pelaksanaan perbaikan pondasi beton dengan metode leveling dengan langkah sebagai berikut.

1. Memperhatikan dampak yang ditimbulkan oleh permasalahan
2. Menentukan faktor, penyebab dan bad actor penyebab permasalahan

3. Menentukan condition grade kerusakan dan strategi perbaikan yang akan dilakukan
4. Melakukan beberapa bentuk survei kondisi untuk mengukur masalah
5. berurusan dengan perbaikan analisis dan rekayasa masalah dalam perbaikan
6. Menentukan strategi perbaikan yang meliputi penentuan spesifikasi material, metode perbaikan, peralatan kerja diperlukan, tenaga kerja diperlukan dan skedul pelaksanaan perbaikan
7. Monitoring dan inspeksi teknik setelah pekerjaan perbaikan selesai dikerjakan.

3. METODE PENELITIAN

Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di PT. Pertamina RU V Balikpapan tepatnya di Kilang Balikpapan I dan dilakukan pada kesempatan stop kilang dalam rangka pemeriksaan peralatan dan perbaikan peralatan kilang yang mengalami kerusakan (turn around). Untuk kepentingan operasinal dan dalam rangka pemenuhan kapasitas produksi kilang secara kontinyu beroperasi terus sepanjang hari dan secara skedul stop operasi kilang hanya dilakukan sekali dalam tiga tahun.

Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode penelitian aplikasi yakni aplikasi yakni aplikasi metode perbaikan pondasi pompa dengan metode leveling. Metode penelitian ini adalah succes story (technical note) aplikasi metode leveling (surficing) yang pertama dilakukan pada pekerjaan perbaikan pondasi pompa di Pertamina RU V. Perbaikan pondasi dengan metode leveling adalah jawaban atas kesulitan metode perbaikan pondasi yang selama ini dialami oleh PT. Pertamina RU V. Prinsip metode perbaikan leveling dilakukan sesuai standard code ACI 351.1R-99/ ASTM C 882 (*Grouting between foundations and bases for support of equipment and machinery*).

Metode Pendekatan

Penelitian ini menggunakan metode pendekatan studi kasus penanganan masalah penurunan berlebihan pondasi pompa (*over tolerance maximum vertical amplitude settlement foundation*) terhadap dua puluh dua unit pondasi pompa di kilang Balikpapan I. Metode pendekatan ini dalam rangka menemukan solusi terbaik atas permasalahan unbalance, overstress pipe line, maximum vertical amplitude dan offset alignment nozzle flange pipe suction and discharge pompa.

Metode Perbaikan Pondasi

Bahan

Bahan-bahan yang diperlukan pada pelaksanaan pekerjaan perbaikan pondasi tangki meliputi :

- Microconcrete Emaco Crete S 322M (BASF), CCS min. 300 Kg/Cm² (3 hari)
- Tulangan beton, ulir. Dia. 17 mm, Polos dia.10mm
- Bolt anchor dia. 7/8 Inch ANSI B-16
- Antro corrosion coating for reinforcing steel, anti korosi Barrafer A (BASF)
- Bonding agent (SIKA Bond)
- Materil coating dengan spesifikasi Mastic toleranace, Masterseal SP120 PF (BASF)
- Form work (bekisting) dan shoring
- Bahan-bahan lain sesuai kebutuhan disite.

Peralatan

Peralatan kerja digunakan terdiri dari :

- Kompressor angin, tekanan min. 6 Kg/Cm²
- Tabung sagola set, kapasitas min. 0.5 M³
- Microconcrete mixer
- Demolition jack hammer, kapasitas tekan. 5 Kg/cm²
- Alat Theodolite dan Waterpass
- Alat kerja bantu lainnya
- Alat-alat keselamatan kerja dan Alat pelindung diri (APD)

Metode kerja

Perbaikan beton pondasi pompa dengan metode leveling dilakukan langkah-langkah pelaksanaan sebagai berikut.

- Lakukan topografi posisi base plate pondasi pompa dan catat hasilnya sebagai data kondisi base plate pondasi sebelum perbaikan
- Tentukan posisi standar elevasi base plate dan beri tanda pada struktur permanent didekatnya yang permanent sebagai pedoman elevasi reposisi base plate pondasi pompa
- Lakukan pengujian kuat tekan beton eksisting dengan hammer test dan catat hasilnya sebagai pedoman pemilihan kualitas beton penyambungannya
- Beri tanda arah vertikal (atas) dan horisontal (samping) pada flange nozzle suction dan flange nozzle discharge pompa dengan tanda yang tidak mudah hilang sebagai kontrol jika terjadi deformasi posisi perpipaan suction dan discharge
- Lepas kabel power, kabel instrumentasi, motor driver dan turbine driver beserta asesorisnya (diberi tanda agar tidak tertukar)
- Lepas baut-baut angker pondasi pompa, laburi ulir dengan grease agar tidak korosif
- Lepas base plate pondasi pompa dan beri tanda agar tidak tertukar
- Bersihkan epoxy grout pada base plate pondasi hingga bersih dan lakukan coating base plate dengan coating anti korosi
- Lakukan pembobokan beton pondasi eksisting sampai 5 Cm dibawah tulangan pondasi, bersihkan karat, dan bersihkan sisa-sisa pecahan beton
- Coating tulangan dengan Barafer A (baru dan eksisting) dan sambung dengan baik dengan ikatan kawat tulangan
- Pasang bekisting dengan baik dan kokoh sesuai dimensi, bentuk dan elevasi pondasi standar (+1.535)
- Pasang mur dan angker baut sambungan, pastikan baut pondasi terpasang dengan baik, kokoh dan coating dengan anti korosi
- Laburi permukaan beton eksisting dengan bonding agent secara merata dan biarkan mengendap beberapa saat sampai terindikasi lecek (tacky)
- Lakukan grouting flowable microconcrete dan pastikan material telah mencapai tempat terjauh pada formwork dan agar dipastikan selama proses grouting tidak terhenti
- Tutup pondasi dengan terpal atau plastik agar tidak terkena percikan minyak atau air hujan
- Setelah beton berumur 2 x 24 jam, bekisting dibuka, disiram dengan air bersih, ditutup dengan karung goni basah atau disiram dengan air bersih (beton dikondisikan tetap tembab)
- Setelah beton berumur 4 x 24 jam atau kuat tekan beton telah mencapai > 240 kg/cm², pasang base plate, topografi, ikat base plate dengan baik dan kokoh, laburi permukaan beton dengan bonding agent, lakukan pengecoran epoxy grout dan pastikan seluruh sisi dalam base plate terisi oleh microconcrete.
- Setelah epoxy grout bermur 2 x 24 jam buka bekistingnya, siram dengan air bersih kan tutup dengan karung goni basah (dikondisikan selalu lembab)
- Setelah epoxy grout berumur 7 x 24 jam atau kuat tekan sampel epoxy grout mencapai > 275 kg/cm², motor driver & pompa dipasang, dan dilakukan pengukuran topografi base plate pondasi sebagai kontrol
- Setelah beton layer bawah berumur 10 hari atau menpai kuat tekan > 285 kg/cm², nozzle pipa suction & pipa discharge dipasang, sambung kabel power dan asoseris lainnya, dilakukan pengukuran topografi
- Lakukan test run motor driver uncouple selama min. 2 x 24 jam dan lakukan pengukuran vibrasinya
- Dilakukan alignment motor driver dan pompa, pasang coupling pompa
- Lakukan finishing pekerjaan pondasi dengan coating anti korosi, greasing baut-baut angker pondasi, perbaikan ajustable pipe support , perbaikan pipa buangan air dan pemasangan kembali nomor tag pondasi pompa dengan warna sesuai standar
- Perbaikan selesai, lakukan final inspection dengan melibatkan bagian terkait, commisioning test, test run peralatan untuk siap dioperasikan kembali

Pekerjaan lain yang juga dikerjakan dan merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari pekerjaan perbaikan leveling dua puluh dua pondasi pompa Kilang Balikpapan I, adalah :

- a. Perbaikan adjustable support suction pipe dan discharge pipe nozzle pipe
- b. Resposisi dan resetting perpipaan
- c. Perbaikan base floor, bundwall, conduit dan cable ducting
- d. Perbaikan sewer system.

Indikator dan ukuran keberhasilan metode perbaikan :

- a. Spesifikasi material, peralatan dan metode kerja yang digunakan cocok dan sesuai
- b. Beton lama (beton konvensional) dan beton baru (flowable microconcrete) dapat menyatu (bonding) dengan baik, tidak ada indikasi retakan (crack) atau mengelupas (lamination)
- c. Alignment shaft pompa, prime mover dan nozzle pipe dalam batas aman
- d. Indikasi vibrasi vertical dan horizontal shaft dalam batas aman
- e. Mematuhi prosedur keselamatan kerja dan tidak terjadi kecelakaan kerja (zero incident).

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada kesempatan turn around (stop operasi) Kilang Balikpapan I PT. Pertamina RU V telah dilakukan perbaikan 22 (dua puluh dua) beton pondasi pompa di Kilang Balikpapan I menggunakan spesifikasi material flowable micro concrete Emaco Crete S 322M (BASF) dan dapat diselesaikan dalam waktu 17 hari kerja dengan baik dan aman. Penggunaan spesifikasi material flowable micro concrete ini dipilih karena material ini bersifat tidak susut, kuat tekannya tinggi, dapat bonding dengan baik terhadap permukaan beton eksisting, mudah dilaksanakan dan adanya tuntutan waktu pelaksanaan pekerjaan perbaikan yang harus diselesaikan dalam waktu yang sangat singkat. Penggunaan material ini juga didasarkan atas keberhasilan penggunaan material yang sama pada perbaikan struktur beton steel chimney reinforced concrete (F-2-02) yang rusak akibat terpapar panas pada saat terjadi kebakaran di furnace F-3-04A Kilang Balikpapan II.

Pekerjaan perbaikan beton pondasi pompa dengan metode leveling diawali dengan membuang lapisan beton eksisting yang rusak dan terkarbonasi, membersihkan kotoran debu dan impurities lain yang dapat menghalangi bonding permukaan beton baru dan lama, perbaiki/ ganti dan tambahkan tulangan beton jika secara analisis dianggap perlu, laburi permukaan beton eksisting dengan bonding agent, pasang form work, siapkan adukan mortar flowable micro concrete dan lakukan grouting dengan mesin sagola chamber. Form work beton yang digunakan adalah multiflex yang telah dilapisi film anti lengket. Kontrol elevasi

permukaan pondasi pompa dengan alat ukur theodolite ketelitian benang ukur 0.5 mm.

Tabel 3. Elevasi pondasi sebelum dan setelah perbaikan

No	Peralatan	Elevasi (Sbl TA)	Elevasi (Pasca TA)	No	Peralatan	Elevasi (Sbl TA)	Elevasi (Pasca TA)
1	G-201-03 A	+1.269	+1.544	12	G-201-13 B	+1.449	+1.533
2	G-201-03 B	+1.269	+1.544	13	G-201-14 A	+1.456	+1.539
3	G-201-04 A	+1.179	+1.544	14	G-201-14 B	+1.463	+1.539
4	G-201-04 B	+1.179	+1.544	15	G-201-15 A	+1.486	+1.526
5	G-201-09 A	+1.331	+1.530	16	G-201-15 B	+1.476	+1.526
6	G-201-09 B	+1.339	+1.531	17	G-201-16 A	+1.310	+1.328
7	G-201-10 A	+1.345	+1.528	18	G-201-16 B	+1.320	+1.328
8	G-201-10 B	+1.358	+1.528	19	G-202-02 A	+1.250	+1.552
9	G-201-11 A	+1.240	+1.553	20	G-202-02 B	+1.236	+1.552
10	G-201-11 B	+1.226	+1.553	21	G-202-04 A	+1.265	+1.563
11	G-201-13 A	+1.449	+1.533	22	G-201-04 B	+1.255	+1.563

Elevasi standar : +1.535

Hasil perbaikan berdasarkan indikator dan ukuran keberhasilan perbaikan beton pondasi pompa dengan metode leveling metode perbaikan yang telah ditetapkan adalah sebagai berikut.

- a. Pemilihan spesifikasi material flowable microconcrete, peralatan sagola chamber, mixing grouting, metode mixing dan metode kerja yang digunakan dapat diaplikasikan dengan mudah, tanpa kesulitan dan aman
- b. Secara visual beton lama (beton konvensional) dan beton baru (flowable microconcrete) dapat menyatu (bonding) dengan baik, tidak ada indikasi retakan (crack) atau mengelupas (lamination)
- c. Posisi alignment shaft pompa, prime mover dan nozzle pipe telah dikembalikan kepada posisi standar, hasil uji alignment dalam batas aman
- d. Data ukur indikasi vibrasi vertical dan horizontal shaft dalam batas aman
- e. Telah dipatuhinya prosedur keselamatan kerja dan tidak terjadi kecelakaan kerja (zero incident).

Hasil perbaikan lain yang juga telah diselesaikan pada kesempatan perbaikan pondasi pompa dan merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari pekerjaan perbaikan leveling dua puluh dua pondasi pompa Kilang Balikpapan I, adalah :

- a. Telah dilakukan perbaikan adjustable support suction pipe dan discharge pipe nozzle pipe
- b. Telah dilakukan resposisi dan resetting perpipaan
- c. Telah dilakukan perbaikan base floor, bundwall, conduit dan cable ducting
- d. Telah dilakukan perbaikan sewer system
- e. Telah dapat diselesaikan dan terpenuhinya (comply) rekomendasi temuan asuransi.

Hasil perbaikan beton pondasi pompa Kilang Balikpapan I dari aspek Panca mutu adalah, Secara quality : Alignment pompa, nozzle pipa inlet dan pipa outlet pompa pada posisi lurus, perpipaan tidak mengalami overstress. Secara Cost : Penghematan biaya pemeliharaan dan perbaikan sebesar Rp 300 Juta. Secara Delivery: Spesifikasi material, peralatan kerja

dan metode perbaikan cocok dan sesuai digunakan dengan waktu yang terbatas. Secara Safety : Pondasi pompa pada kondisi safe condition dan sesuai standard. Dan secara Moral : Pekerja konfiden, inovasi yang dilakukan dapat mengatasi permasalahan dilingkungan kerjanya dengan baik dan aman.

5. PENUTUP

Kesimpulan:

1. Spesifikasi material flowable microconcrete terbukti cocok digunakan untuk perbaikan beton pondasi pompa dengan metode leveling
2. Metode perbaikan pondasi pompa dengan metode leveling terbukti cocok digunakan dan sesuai dengan ketersediaan waktu perbaikan yang terbatas dan hanya bisa dilakukan pada kesempatan turn around (stop kilang)
3. Metode leveling dilakukan dengan tahapan chipping surface pondasi pondasi eksisting, pasang tulangan beton perkuatan, pasang bolt anchor, laburi dengan bonding agent dan grouting dengan flowable micro concrete
4. Tolok ukur keberhasilan perbaikan beton pondasi adalah beton baru dan beton lama bonding dengan baik, tidak ada crack dan tidak ada indikasi terlamniasi.

Saran-saran:

1. Spesifikasi material flowable microconcrete yang telah terbukti berhasil dengan baik diaplikasikan dapat digunakan untuk perbaikan pondasi beton peralatan kilang dan perbaikan struktur bangunan gedung maupun struktur bangunan marin yang mengalami spalling, laminasi dan honeycomb
2. Metode leveling efektif digunakan jika tebal kerusakan beton tidak lebih dari 15 Cm, perbaikan dengan waktu terbatas dan dipersyaratkan diselesaikan tanpa kecelakaan (zero incident)
3. Spesifikasi material dan metode kerja yang telah berhasil diaplikasikan dengan baik dapat direplikasi di unit kerja lain yang mengalami permasalahan sejenis.

6. UCAPAN TERIMA KASIH

Dengan selesainya penelitian ini peneliti mengucapkan terimakasih kepada Bapak Puji Wasono dari PT. Punjas, Bapak Suwondo dari Project Engineering PT. Pertamina RU V, Bapak Agung Wahyono dari PT. BASF Construction Chemical dan Bapak Bonifacius Azis selaku Kepala Pengendalian Reliability PT. Pertamina RU V Balikpapan yang telah banyak memberikan bantuan dan dukungannya hingga penelitian ini dapat diselesaikan dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] ACI 351.1R-99, 2013, *Grouting Between Foundations and Bases for Support of Equipment and Machinery*, American Concrete Institute, Farmington Hills, Detroit, Michigan, USA
- [2] ACI 301.1R-99, 20011, *Specifications for Structural Concrete for Building*, American Concrete Institute, Farmington Hills, Detroit, Michigan, USA
- [3] ACI 224.1R-93, 2011, *Causes Evaluation and Repair of Cracks in Concrete Structures*, American Concrete Institute, Farmington Hills, Detroit, Michigan, USA
- [4] BASF The Chemical Company, 2011, *Non Shrink Natural Aggregate Fibre Reinforced for Machine Environment Structure and Concrete Repair EMACO S322M*, BASF Construction Chemical, Jakarta;
www.ap.cc.basf.com
- [5] M.S. Shetty, 2005, *Concrete Technology Theory and Practice*, S. Chand & Company LTD, Ram Nagar New Delhi-110055
- [6] Shamsheer Prakash, Vijay K. Puri, 1991, *Foundation for Machines Analysis And Design*, John Wiley and Son Publication Inc, Taronto, Canada
- [7] Sulardi, 2016, *Mengatasi Kesulitan Pemasangan Angker Base Plate Pondasi Dengan Metode Unhead Cotinuous Thread Adhesive Bonded di RU V Balikpapan*, Portal Komet PT. Pertamina Corporate, Jakarta;
<http://ptmkppwab81.pertamina.com/komet/searchResult.aspx?ptm:Kodefikasi.No.160929004>
- [8]. Sulardi, 2014, *Mengatasi Kesulitan Aplikasi Mortar Beton Mutu Tinggi Dengan Spesifikasi Material Rappid Setting High Strength Micro Concrete Repair Mortar di RU V Balikpapan*, Portal Komet PT. Pertamina Corporate, Jakarta;
<http://ptmkppwab81.pertamina.com/komet/searchResult.aspx?ptm:Kodefikasi.AC.6208>.
- [9]. Sulardi, 2011, *Laporan Perbaikan Pondasi Equipment Kilang Balikpapan I Dengan Metode Surficing*, Laporan Kegiatan Turn Around PT. Pertamina RU V, Balikpapan; Non Publikasi