

KAJIAN HIGH PRESSURE PADA PEKERJAAN PIPA JACKING DIA 600 mm JSWAS 1999

Gunawan Wibisono¹

¹Dosen Prodi S1 Teknik Sipil, STT Pekerjaan Umum Jakarta

Email: g.wibisono17125@gmail.com

Abstrak

Pelaksanaan pemasangan pipa Jacking bisa di terapkan dengan dua metode pemasangan pipa jacking yaitu metode *trenchless* (galian tertutup) dan metode *open trench* (galian terbuka). Untuk metode *trenchless* yang digunakan adalah *slurry jacking* untuk pemasangan pipa RCP type Jacking diameter 600 mm. Permasalahan saat terjadi saat pekerjaan pemasangan pipa RCP type Jacking diameter 600 mm dengan metode *auger drilling jacking*. Dari total trase yang akan dikerjakan terdapat 1 trase yang berada di lapisan tanah keras yaitu dengan panjang 120 meter. Mesin yang digunakan adalah mesin dari Jerman merek Bohrtec BM 400s ternyata terjadi *high pressure*. Ini terlihat dari tekanan tinggi pada mesin *Auger Drilling Jacking* pada saat pelaksanaan pekerjaan awal atau *piloting works*. Di dapatkan nilai *pressure push* mencapai 200 bar sehingga tahapan dalam pekerjaan *jacking* dengan mesin *Auger Drilling BM. 400s* tidak dapat dilanjutkan. Dampak yang terjadi akibat kondisi tersebut tentunya pembengkakan biaya proyek dan keterlambatan penyelesaian proyek. Studi kasus ini bertujuan untuk menemukan solusi dari penyebab permasalahan *high pressure push* pada pekerjaan *jacking pipe*. Kajian dilakukan pada kasus *high pressure* yang terjadi dengan mempelajari literasi atau pekerjaan sejenis kemudian dilakukan identifikasi penyebab terjadinya *high pressure*. Kemudian, beberapa metode yang telah dicoba dianalisis mendalam. Hasilnya menunjukkan jika penyebab *high pressure* dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu karakteristik tanah dan panjang trase/span yang panjang. Langkah metode yang dapat dilakukan untuk meminimalisir dan penanganan *high pressure* yaitu dengan melakukan *temporary pit* (membuat manhole sementara guna mengantisipasi kondisi pipa pecah atau retak dengan cara menyuntik di titik TKP), dengan memperpendek trase/span. Pada kondisi tanah yang dominan *clay* keras, direkomendasikan penggunaan *temporary pit* dengan *steel sheet pile* sebagai *temporary pit* di tengah trase sebagai langkah preventif. Sedangkan penggunaan metode *steel sheet pile* bersifat *temporary*.

Kata kunci: *trenchless, high pressure push, jacking pipe, temporary pit, tanah clay keras*

Abstract

Jacking pipe installation can be implemented using two jacking pipe installation methods, namely the trenchless method (closed excavation) and the open trench method (open excavation). The trenchless method used is slurry jacking for installing RCP type Jacking pipes with a diameter of 600 mm. The problem occurred during the work of installing a 600 mm diameter RCP type Jacking pipe using the auger drilling jacking method. Of the total lines that will be worked on, there is 1 line that is in the hard soil layer, which is 120 meters long. The machine used was a machine from Germany, the Bohrtec BM 400s brand, but apparently there was high pressure. This can be seen from the high pressure on the Auger Drilling Jacking machine during initial work or piloting works. The pressure push value was obtained at 200 bar so that the stages in jacking work with the BM Auger Drilling machine. 400s cannot be continued. The impact that occurs due to these conditions is of course increased project costs and delays in project completion. This case study aims to find a solution to the cause of the high pressure push problem in pipe jacking work. The study was carried out on cases of high pressure that occurred by studying literacy or similar work and then identifying the causes of high pressure. Then, several methods that have been tried are analyzed in depth. The results show that the cause of high pressure is influenced by several factors, namely soil characteristics and long trace/span length. The method that can be taken to minimize and handle high pressure is to carry out a temporary pit (making a temporary manhole to anticipate the condition of the pipe breaking or cracking by injecting it at the crime scene), by shortening the trace/span. In soil conditions where hard clay is dominant, it is recommended to use a temporary pit with steel sheet piles as a temporary pit in the middle of the alignment as a preventive measure. Meanwhile, the use of the steel sheet pile method is temporary.

Key words: *trenchless, high pressure push, jacking pipe, temporary pit, hard clay soil*

PENDAHULUAN

Proyek Jaringan IPAL atau SPALDT di Indonesia sudah mulai marak di bangun yang merupakan salah satu bagian dari program *City Sewerage Project (CSP)*. Tujuan besar CSP adalah untuk membantu meningkatkan kesehatan dan produktivitas masyarakat kota di Indonesia dengan IPAL atau Instalasi Pengolahan Air Limbah dan SPALDT atau Sistem Pengolahan Air Limbah Domestik Terpadu) merupakan suatu sistem untuk mengolah air limbah (domestik maupun industri) yang dilakukan secara terpusat sehingga ketika dibuang ke lingkungan sudah tidak mencemari lagi. Limbah yang diolah merupakan limbah domestik atau rumah tangga, yaitu limbah dari toilet, kamar mandi, dan dapur. Penyedia jasa yang ditunjuk untuk mengerjakan proyek jaringan IPAL dan SPALDT biasanya melalui tender yang di ikuti oleh BUMN Karya berkolaborasi dengan perusahaan daerah setempat dalam bentuk KSO Kerja Sama Operasi.

Pipa RCP (Reinforced Concrete Pipe) Type Jacking diameter 600 mm dengan metode *Jacking Pipe*, pemasangan pipa RCP type Jacking, dibutuhkan pembuatan pit sebagai tempat peletakan mesin *jacking* dan akses keluar mata bor atau *cutterhead*. Pit adalah struktur *caisson box precast* dengan dimensi 2700 mm untuk *starting* dan 2200 mm untuk *arriving* dengan kedalaman yang bervariasi mulai dari 5-12 meter. Struktur proteksi yang digunakan adalah *box precast caisson* bertulang. Permasalahan yang sering terjadi dalam pekerjaan *jacking* yaitu kondisi tanah keras karena panjang trase/span dan tekanan air tanah. Tahapan awal untuk pekerjaan pemasangan pipa RCP type jacking dengan metode *auger drilling jacking* adalah dengan melakukan investigasi pra konstruksi berupa pengambilan data *soil investigation* pada masing-masing manhole pit, Data *soil investigation* yang diperoleh menunjukkan bahwa trase *jacking* berada pada tanah keras, Sedangkan literasi penggunaan alat dengan metode *auger drilling jacking* akan berpotensi mengalami permasalahan jika diterapkan untuk pemasangan pipa pada tanah keras. Hasil dari pertimbangan teknis tersebut disepakati bahwa untuk pemasangan pipa RCP Type Jacing diameter 600 mm akan tetap dilaksanakan dengan metode *auger drilling jacking* dengan kedalaman pipa berada di kisaran enam hingga sepuluh meter dari permukaan jalan dan memperpendek trase maksimal 50 meter.

High pressure push adalah terjadi meningkatnya tekanan pada mesin di batas normal, biasanya pembacaan pada mesin berkisar 60-80 bar batas maksimal. Akibatnya, pekerjaan *jacking pipe diameter 600 mm* mengalami *high pressure push* dan tentunya pekerjaan *jacking* tidak dapat dilanjutkan dan berdampak kegagalan pada pemasangan pipa RCP type jacking dia 600 mm. Hal yang lebih parah dapat terjadi adalah kerusakan pada mesin *joint piloting work* dan bahkan. Kondisi ini sangat membahayakan mengingat lokasi trase/span berada di area permukiman dan lalu lintas padat sehingga dapat mengakibatkan permasalahan lingkungan dan *traffic jame* di sekitarnya.

High pressure menjadi permasalahan yang perlu perhatian khusus pada saat pekerjaan *Jacking pipe*. Masalahnya, penyebab utama *high pressure* masih sulit dipastikan. Apakah karena kondisi tanah keras, atau bahkan perencanaan panjang trase dari pit 1 ke pit berikutnya. Beberapa faktor yang menjadi kendala adalah referensi pekerjaan serupa yang sedikit, serta banyaknya variabel dalam pelaksanaan pekerjaan yang belum jelas (*As-build drawing utility*) sehingga dimungkinkan SOP tidak sepenuhnya dapat diterapkan untuk semua lokasi proyek. Perlu dilakukan kajian lebih dalam terutama berkaitan dengan jenis tanah. Umumnya, *high pressure* terjadi jika bertemu dengan tanah keras dan tidak dapat dipastikan berapa dalam dan panjang. Hal tersebut menjadi hambatan dalam proses pekerjaan RCP Type *jacking*, secara keseluruhan dan *high pressure* juga dapat menyebabkan terjadinya kerusakan pada mesin ataupun struktur pit sehingga dibutuhkan tambahan waktu dan biaya yang dapat mempengaruhi pencapaian target laba suatu proyek yang telah ditetapkan di awal. Selain itu di sisi *safety* juga dapat membahayakan pekerja dan pengguna jalan yang melintas di dekat area pit. Berangkat dari permasalahan tersebut, penulis berpikir perlu melakukan analisis penyebab dan mencari solusi untuk menyelesaikan permasalahan *high pressure* pada pekerjaan *jacking pipe* di Indonesia.

TUJUAN PENELITIAN

Adapun penulisan Jurnal ini bertujuan untuk :

1. Mengkaji dan mengevaluasi hasil dari pekerjaan pemasangan pipa RCP type jacking diameter 600 mm dengan metode *auger drilling jacking* pada proyek pembangunan jaringan IPAL di Indonesia ?

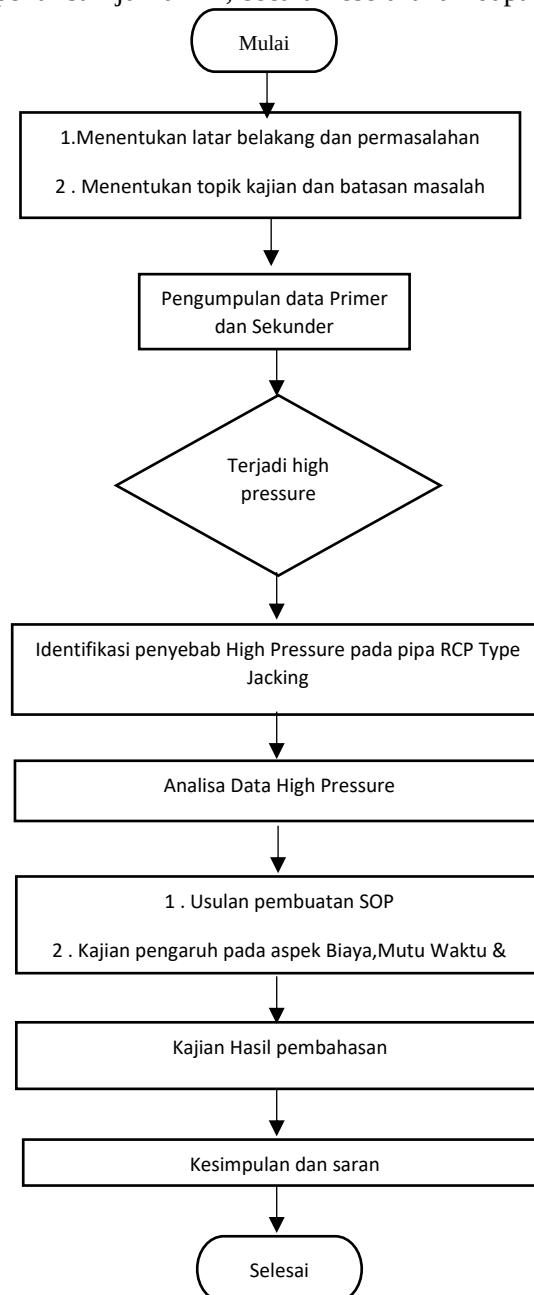
2. Mengkaji pengaruh jenis tanah terhadap pekerjaan pemasangan pipa dengan metode *auger drilling jacking*.
3. Menentukan metode yang paling cocok dan efisien untuk diterapkan pada pekerjaan *auger drilling jacking* dengan kondisi tanah keras khususnya pada trase pemasangan pipa dengan trase/span Panjang ?

BATASAN MASALAH

Dalam penulisan studi kasus ini masalah yang dibahas dibatasi hanya untuk pekerjaan pemasangan pipa *reinforcement concrete pipe* (RCP) Type Jacking dengan metode *auger drilling* menggunakan pipa diameter 600 mm.

METODE PENELITIAN

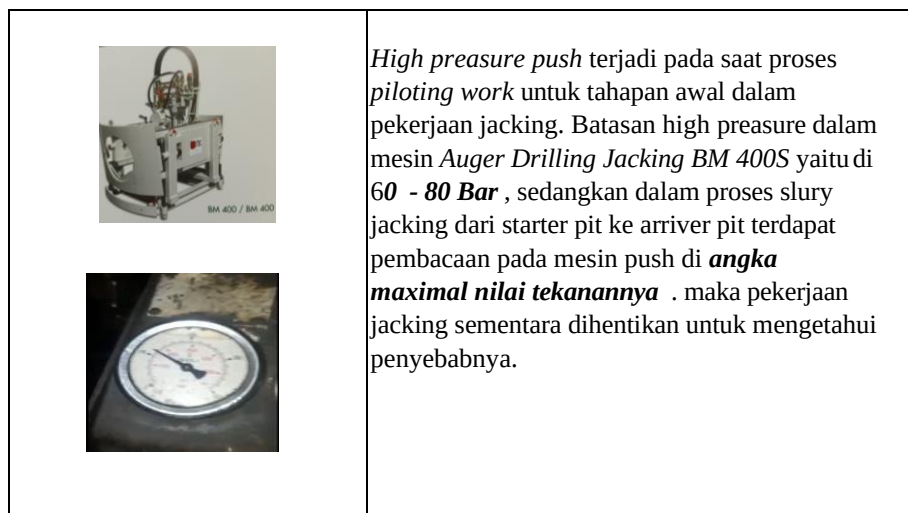
Metode penelitian yang digunakan adalah penyusunan metode studi kasus dengan sifat eksploratif.. Tahapan-tahapan penulisan jurnal ini, secara keseluruhan dapat diikuti menurut bagan alir berikut :



Gambar 1. Flow chart Diagram Alir Penelitian

Pada kajian ini, penulis menggunakan metode pengumpulan data dengan cara observasi langsung di lapangan, wawancara, dokumentasi, dan studi literatur.

- i. Observasi atau tinjauan Lapangan
Sesuai dengan objek kajian, maka penulis memilih observasi partisipan. Observasi partisipan yaitu suatu teknik pengamatan dimana penulis ikut ambil bagian dalam kegiatan yang dilakukan oleh objek yang sedang dikaji. Observasi ini dilakukan dengan mengamati dan mencari data secara langsung terhadap sampel objek kajian, yaitu dengan mengamati tahapan pekerjaan dan ketidaksesuaian yang terjadi serta merumuskan penyebab masalahnya.
- ii. Wawancara
Teknik pengumpulan data dengan wawancara bertujuan untuk mendapatkan data yang lebih detail terkait segala hal yang mungkin menjadi sebab, akibat, dan respon dari hasil kajian nantinya, sehingga diharapkan penulis mampu untuk melakukan analisis secara lebih mendalam dan akurat.
- iii. Dokumentasi
Dokumen merupakan catatan peristiwa yang sudah berlalu. Dokumen yang digunakan penulis disini berupa form monitoring manual, data input aplikasi secara digital, foto, gambar, serta data-data mengenai Proyek Pembangunan Jaringan IPAL dan SPALDT di Indonesia. Hasil kajian dari observasi dan wawancara akan semakin sah dan dapat dipercaya apabila didukung oleh dokumentasi yang lengkap.
- iv. Studi Literatur
Yaitu teknik pengumpulan data yang dilakukan dengan mempelajari buku-buku referensi, laporan-laporan, majalah-majalah, jurnal-jurnal dan media lainnya yang berkaitan dengan objek kajian permasalahan.



Gambar 2. Pembacaan Pressure pada mesin Auger Drilling Jacking BM 400S

HASIL DAN PEMBAHASAN

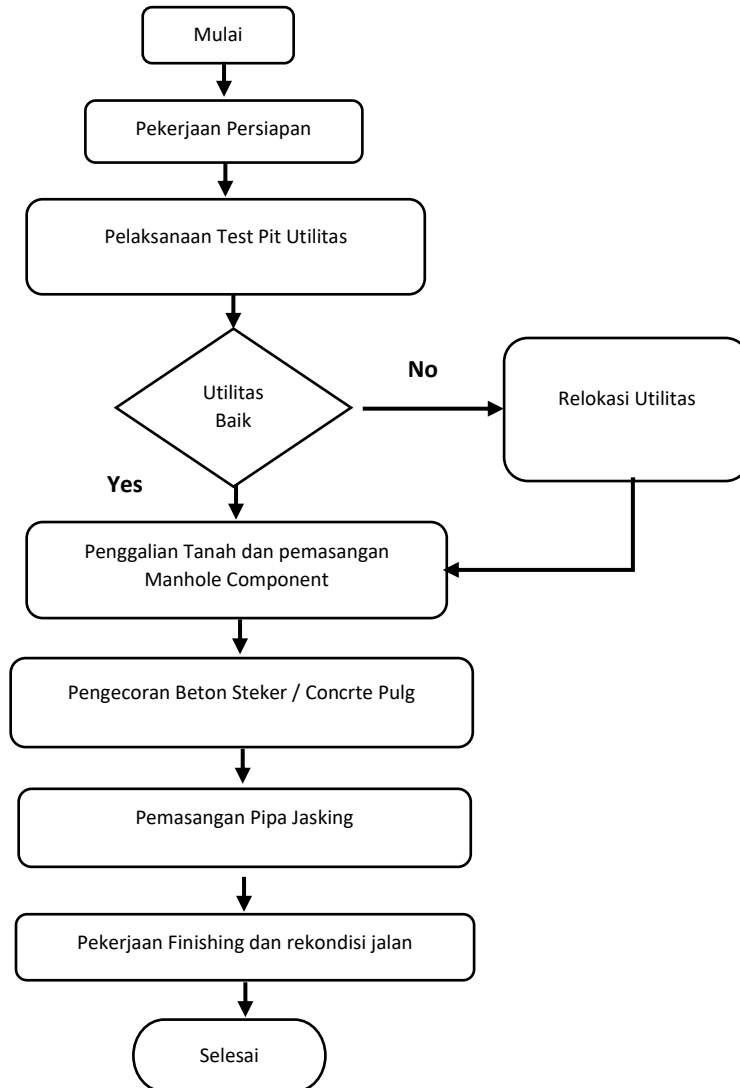
Dalam bab ini dijelaskan tentang gambaran umum dari proyek tempat dilakukannya kajian, tahapan-tahapan pekerjaan pemasangan pipa dengan metode *trenchless* khususnya pekerjaan *auger drilling jacking* dan permasalahan yang diangkat untuk menjadi bahan untuk kajian.

i. Sistem Trenchless Metode Caisson Shaft Sinking

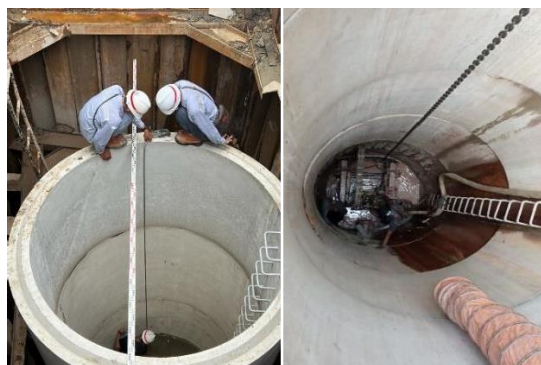
Trenchless merupakan teknologi konstruksi terkini yang mampu menggarap pekerjaan di bawah permukaan tanah tanpa galian, sehingga teknologi ini sangat tepat untuk diterapkan di

kota-kota besar padat penduduk seperti pada pekerjaan terowongan baik jalan dan bendungan, pipa limbah dan pipa air bersih.

Metode *trenchless* ini membutuhkan *starting pit* dan *arriving pit* pada bagian ujung-ujung setiap *drive* atau trase dalam pelaksanaannya. *Starting pit* merupakan lubang atau pit dimana posisi alat *jacking* bekerja sedangkan *arriving pit* berfungsi sebagai lokasi keluarnya mata bor (cutter head).



Gambar 3 : Flow chart tahapan pelaksanaan



Gambar 4 : Pit manhole component dengan metode Caisson Shaft Sinking

(Sumber : Dokumentasi Proyek IPAL di Indonesia)

pembuatan starting pit untuk masuknya alat boring head dan pipa dan arriving pit untuk mengambil boring head spesifikasi dan dimensi dari material ring manhole yang digunakan pada proyek ini dapat dilihat pada tabel berikut

Tabel 1 : Spesifikasi dan Dimensi Material Ring Manhole Component
(Data Proyek IPAL)

Dimensi Ring Manhole (mm)	Ring Manhole (mm)	Variasi Tinggi (mm)	Mutu Beton (Kg/cm ²)	Penggunaan
2.200	200	-2.000 -1.500 -1.000	K-350	Ariving Pit Pipa RCP 450 mm
2.700	250	-2.000 -1.500 -1.000	K-350	Starting Pit Pipa RCP 450 mm

Soil Investigation

Soil Investigation merupakan investigasi penting yang harus dilaksanakan sebelum memulai pekerjaan jacking. Oleh karena itu sangat penting memastikan bahwa trase/span pada pekerjaan jacking berjalan dengan lancar. Secara peluang dengan banyaknya trase yang dengan kondisi tanah keras akan semakin besar potensi kejadian high pressure. Berikut beberapa contoh detail terjadinya boiling yang terjadi pada beberapa pit di proyek ini.

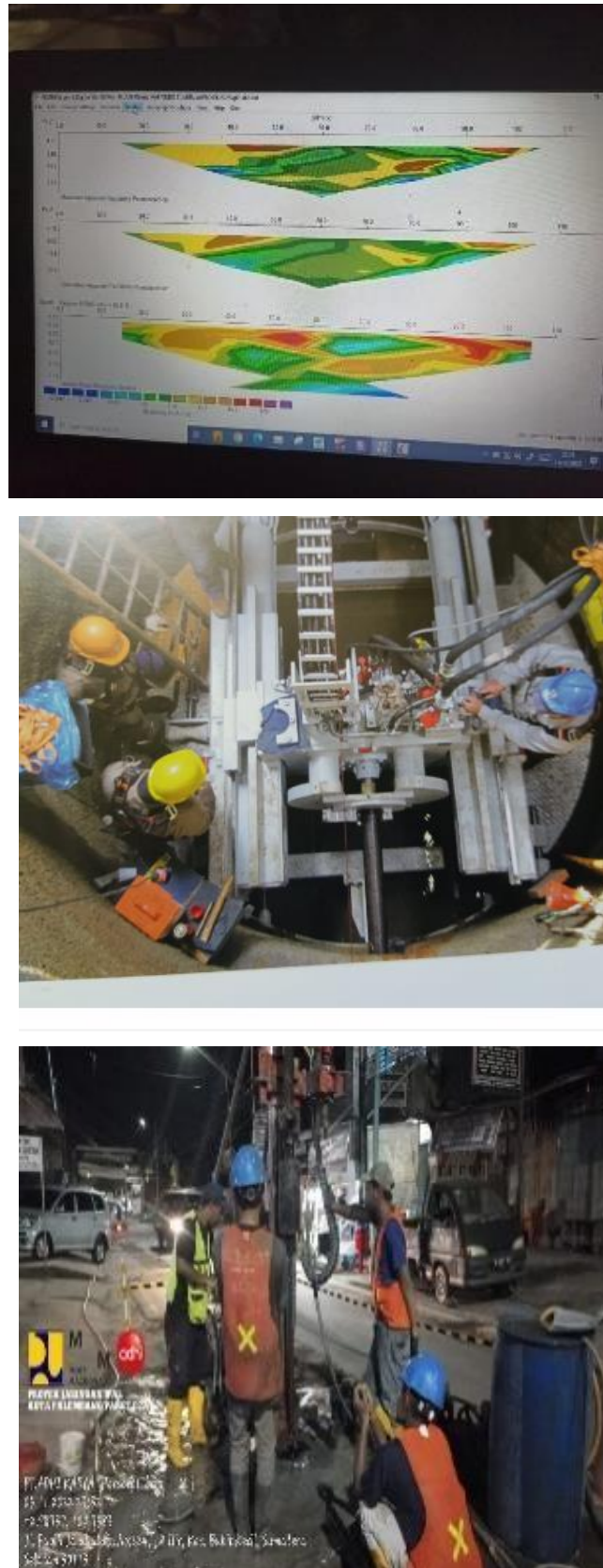
Usulan Metode Penanganan High Pressure Push Mesin Bohrtec BM 400S menggunakan sistem slurry jacking dengan komponen bernama auger screw untuk mengantarkan hasil galian dari cutter head menuju area pengambilan tanah yang berada pada starting pit. Mengacu pada beberapa penelitian yang pernah dilakukan, beberapa tahapan metode auger drilling jacking yang dapat dilakukan untuk memperkecil kemungkinan terjadinya high pressure push, dengan memperpendek panjang trase dan penambahan sirip, yaitu :

Soil Investigation

Dalam kegiatan pekerjaan pemasangan pipa dengan metode *trenchless*, pengambilan data tanah merupakan sesuatu yang sangat penting guna mengetahui bagaimana karakteristik lapisan tanah yang berada pada jalur pemasangan pipa Jacking. Penambahan data tanah dengan metode geolistrik tes sepanjang trase yang diharapkan dapat mengetahui kondisi tanah pada trase tersebut guna untuk mengendalikan dan melakukan tahapan-tahapan penanganannya.

Temporary Pit

Metode ini dilakukan untuk memperpendek panjang trase dengan menggunakan metode pemancangan *steel sheet pile*. Penggunaan metode ini pada dasarnya untuk mengurangi tekanan pada mesin Auger Drilling BM 400s yang harus dilaksanakan sebelum memulai pekerjaan *jacking*. Oleh karena itu sangat penting memastikan bahwa trase/span pada pekerjaan *jacking* berjalan dengan lancar. Secara peluang dengan banyaknya trase yang dengan kondisi tanah keras akan semakin besar potensi kejadian *high pressure*. Berikut beberapa contoh detail terjadinya *boriling* yang terjadi pada beberapa pit di proyek ini. Kondisi trase/span Panjang sebenarnya bisa di bantu dengan menggunakan pipa RCP Type Jacking Intermediate, karena harga nya cukup mahal maka disarankan dengan trase/span pemasangan dengan jarak pendek saja.



Gambar 5 :

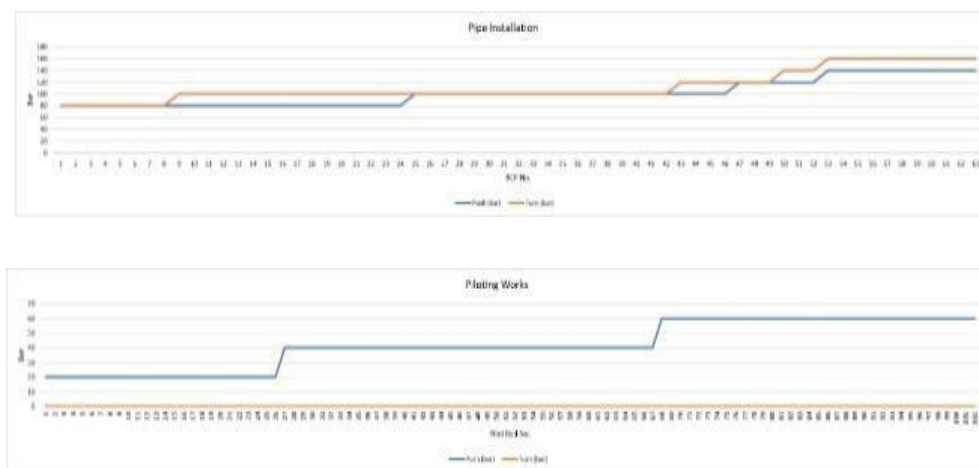
Kegiatan pengujian Soil Investigation soil penetration test (SPT dan Geolistrik Test
(Dokumentasi Proyek IPAL)

Usulan Metode Penanganan High Pressure Push

Mesin Bohrtec BM 400S menggunakan sistem pekerjaan temporary pit akan memakan waktu cukup lama dan mahal, *slurry jacking* dengan komponen bernama *auger screw* untuk mengantarkan hasil galian dari cutter head menuju area pengambilan tanah yang berada pada *starting pit*. Mengacu pada beberapa penelitian yang pernah dilakukan, beberapa tahapan metode *auger drilling jacking* yang dapat dilakukan untuk memperkecil kemungkinan terjadinya *high pressure push*, dengan memperpendek panjang trase dan penambahan sirip.

Penambahan sirip pada rood

Untuk mengurangi tekanan pada lubang pembentuk *jacking*, maka dilakukan penambahan sirip pada *rood* atau *screw* pada mesin sehingga proses *piloting works* akan lebih mampu untuk menggerus tanah. Selain itu, berdasarkan data yang diperoleh bahwa pelaksanaan penambahan sirip belum bisa memastikan keberhasilan dalam proses *piloting work* sampai dengan titik arriving pit yang ditentukan, dan dimungkinkan akan terjadi patah *rood* di dalam tanah. Hasil dari analisa dan perhitungan waktu menunjukkan jika metode ini relatif efektif sehingga potensi terjadi *high pressure push* semakin kecil.



Gambar 6 : Pembacaan grafik penetration push machine

Pertimbangan penggunaan metode berdasarkan analisa yang dilakukan

Berdasarkan hasil monitoring pada pekerjaan trase / span panjang dimana *pressure push* yang dibutuhkan sangat tinggi membuat penyelesaian trase/span berpotensi mengalami kegagalan, karena tanah pada kondisi tanah clay keras tidak dapat di tembus dengan *piloting work screw auger drilling* mesin.

Dengan permasalahan seperti ini, solusi terbaik adalah dengan cara membagi trase / span panjang menjadi dua tahapan pemasangan pipa agar panjang trase bisa berkurang dan diharapkan bisa menurunkan nilai *pressure push* saat prosesnya. Dengan opsi ini berarti dibutuhkan *temporary arriving pit* diantara trase menggunakan material *sheet pile* sebagai dinding penahan tanah sementara dan diperkuat dengan *strutting*.

Analisa SWOT untuk opsi ini secara *strengths* / kekuatan dalam hal teknis pekerjaan dan durasi waktu yang dibutuhkan untuk pembuatan *temporary pit* sudah tersedia tanpa harus menunggu pendatangan material. Pemasangan *sheet pile* bisa menggunakan alat excavator yang tersedia di lapangan tanpa harus mendatangkan alat pemasangan *sheet pile* yang lain. Dimensi *temporary pit* yang relatif kecil juga bisa membuat durasi pekerjaan menjadi lebih efektif

Metode ini juga mempunyai kelemahan, karena ini merupakan pekerjaan *temporary* atau sementara, maka untuk pembuatan *temporary pit* ini tidak bisa diakui oleh *owner* dan tidak bisa dimasukkan kedalam item pembayaran pekerjaan. Berpotensi terjadi perbedaan elevasi pipa di *arriving pit* dan berpotensi mengalami kesulitan pada saat penyambungan dengan trase yang sudah dikerjakan sebelumnya (Solusi bisa dilakukan *ejustment leveling*).

Oportunistis atau keuntungan dengan menggunakan opsi ini, durasi pekerjaan relatif lebih cepat dan efisien, Berikut *schedule* pekerjaan dengan opsi penambahan *temporary pit* ini

Tabel 1. : Schedule pekerjaan dengan pembuatan *temporary arriving pit*

Uraian Pekerjaan	Minggu-1						Minggu-2						Minggu-3						Minggu-4					
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
Pemancangan <i>sheet pile</i>																								
Penggalian dan perkuatan																								
Pemasangan pipa Tahap 1																								
Pemasangan pipa Tahap 2																								
Pengembalian Kondisi																								

SIMPULAN

Dari analisa yang telah dilakukan terhadap beberapa trase pekerjaan pemasangan pipa RCP Type Jacking dia 600 mm dengan metode *auger drilling jacking* dapat disimpulkan beberapa hal diantaranya :

1. Penerapan *temporary arriving pit* pada trase pemasangan pipa di lokasi tanah clay keras yang berada pada kondisi tanah keras berhasil mengurangi nilai *pressure push* dalam tahapan pemasangannya. Selain itu pemilihan opsi ini juga berhasil mengurangi durasi pekerjaan sehingga pemasangan pipa RCP Type jacking dia 600 mm dapat dikerjakan sesuai dengan *schedule* rencana.
2. Pekerjaan pemasangan pipa dengan metode *auger drilling jacking* cocok diterapkan pada kondisi tanah lunak. Ini dapat dilihat dari monitoring pemasangan pipa jacking bahwa pekerjaan pemasangan pipa pada trase dengan nilai Q_c di bawah 1 Mpa membutuhkan *pressure push* relatif rendah dibandingkan dengan nilai Q_c di atas 2 Mpa. Dari hasil monitoring pemasangan pipa RCP Jacking dia 600 mm pada setiap trase pertama dengan metode *auger drilling jacking* dapat disimpulkan bahwa, nilai *pressure push* pada tahapan *auger drilling works* dan tahapan *pipe installation* akan mengalami kenaikan signifikan dari nilai *pressure push* pada tahapan *piloting works*. Selain itu pengaruh panjang trase juga mempengaruhi *pressure push* yang diperlukan untuk menyelesaikan pemasangan pipa jacking dia 600 mm.

SARAN

Beberapa saran yang dapat disampaikan berdasarkan analisa studi kasus yang telah dijabar mengenai *high pressure push* pada pekerjaan *jacking pipe* antara lain:

1. Perlu dilakukan analisa lebih dalam lagi, terutama di proyek sejenis dengan lokasi dan kondisi tanah keras yang berbeda untuk menambah variasi faktor yang mungkin berpengaruh
2. Perlu dibuat dan dilengkapi standar prosedur pelaksanaan (SOP) khususnya sesuai Stanford JSWAS 1999 untuk proyek dengan metode sejenis di masa mendatang, harapannya pekerjaan sejenis dapat lebih baik lagi.

DAFTAR PUSTAKA

- A.-L. Pellet-Beaucour, R. Kastner, “Experimental and analytical study of friction forces during microtunneling operations”, France, (2002)
- Carlos Balaguer dan Mohamed Abderrahim, “Trends in Robotics and Automation in Construction”, Spain, (2008)
- Deddy Dwi Rakhmanto, Fadiladitya A. Soekisw, Hari Setijo Pujihardjo, Bambang Tutuko, “Perhitungan Rencana Anggaran Biaya dan Proses Tender Design and Build Pembangunan Kantor PT. Adaro Energi Banjarmasin”, Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Semarang, Semarang, (2021).
- Ibrahim Bachtiar, “Rencana dan Estimate Real of Cost”, PT. Bumi Aksara, Jakarta (2001)
- Kartika Anggraeni, “Kualitas Air di Jakarta Buruk, Pengamat Sebut Tiga Hal Ini Penyebabnya”, Tempo.co, <https://metro.tempo.co/read/1072946/kualitas-air-di-jakartaburuk-pengamat-sebut-tiga-hal-ini-penyebabnya/full&view=ok> (accessed 22 February, 2022)
- Mohammad Najafi, “Trenchless technology: Pipeline and Utility Design, Construction, and Renewal”, McGraw-Hill, USA, (2005)
- RM Ksatria Bhumi Persada, “Mengenal Jakarta Sewerage System (JSS)”, Indonesia Baik, https://www.indonesiabaik.id/motion_grafis/yuk-mengenal-lebih-dekat-tentang-jakartasewerage-system-jss (accessed October 2, 2021)
- Sahiman, Fameira Dhiniati, “Analisis Rencana Anggaran Biaya Pada Proyek Peningkatan Jalan Aur Duri - Rantau Unji (Aspal Hotmix) Tahap III Sepanjang 3,2 KM Kota Pagar Alam”, Sumatera Selatan (2016)