



## Perbandingan Metode Pembuatan *Shaft* Untuk Pekerjaan *Jacking Pipe* Dengan Metode *Caisson Shaft Sinking* dan *Sheet Pile Shaft*: Studi Kasus Proyek Pembangunan Jaringan IPAL Palembang Paket B2 A

Osfaldo Osfaldo\*, M. Arief Budiharjo, Suripin Suripin

Program Studi Program Profesi Insinyur, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro  
Jl. Prof. Soedarto, SH, Kampus UNDIP Tembalang, Semarang, Indonesia 50275

\*Corresponding author: osfaldochaniago.86@gmail.com

(Received: September 9, 2023; Accepted: October 27, 2023)

### Abstract

*The Method Compare of Sheetpile Shaft and Caisson Shaft Sinking in Jacking Work of Project IPAL Palembang B2 A. Jacking work is a work method that is often used in the construction of a city's infrastructure, especially related to the construction of existing infrastructure in the ground such as laying pipes, building tunnels, building subway tracks, and so on. One of the jobs that is an application form of the jacking method is pipe installation work, or so-called pipe jacking. The way the pipe jacking method works is to push the pipe into the ground at the same time as the process of scraping the soil with the drill bit (cuttinghead). In pipe jacking work, there is an excavation known as a shaft/pit which is the starting point and ending point of a pipe jacking work line. There are 2 types of shafts in jacking work, namely the departure shaft which is useful for determining the starting point of the planned pipe depth as well as a place to place the jacking machine, and the arrival shaft which is the end point of the pipe jacking route. In the IPAL Palembang Package B2 A Project, there are 2 methods for making shafts that are applied, namely the sheetpile shaft and caisson shaft sinking methods. Each method has advantages and disadvantages that can be viewed in terms of time, cost, and quality. The choice of shaft manufacturing method is closely related to site conditions, access availability, area requirements or jacking machine capacity. This becomes a number of factors that influence the selection of work methods for making shafts. The research method used is a combined method of observation data with interviews with respondents in the IPAL Palembang Package B2 A Project, by comparing the work of making sheetpile shafts and caisson shafts in terms of time, cost and quality on RCP 1000 pipe jacking work using MTS 1000 machines. After analysis, the sheetpile shaft method has a relatively longer time and requires greater costs when compared to the caisson shaft method, but the caisson shaft requires special materials which have limitations on the procurement process and delivery to locations, unlike the sheetpile shaft method which has higher flexibility the availability of tools and materials.*

**Keywords:** IPAL Palembang, pipe jacking, Microtunnelling Slurry Systems (MTS), departure shaft, arrival shaft, caisson shaft sinking, sheetpile shaft

### Abstrak

Pekerjaan *jacking* merupakan suatu metode pekerjaan yang sering dipakai dalam pembangunan infrastruktur suatu kota, khususnya terkait dengan pembangunan infrastruktur yang ada di dalam tanah seperti pemasangan pipa, pembuatan terowongan, pembuatan rel kereta bawah tanah, dan lain sebagainya. Salah satu pekerjaan yang merupakan bentuk aplikasi dari metode *jacking* adalah pekerjaan pemasangan pipa, atau biasa disebut *pipe jacking*. Cara kerja dari metode *pipe jacking* yakni mendorong pipa ke dalam tanah

yang bersamaan dengan proses pengikisan tanah tersebut dengan mata bor (*cuttinghead*). Pada pekerjaan *pipe jacking*, terdapat suatu galian yang disebut sebagai *shaft/pit* yang merupakan titik awal dan titik akhir dari satu trase pekerjaan *pipe jacking*. Terdapat 2 jenis *shaft* di pekerjaan *jacking*, yakni *departure shaft* yang berguna untuk menentukan titik awal kedalaman pipa yang direncanakan sekaligus sebagai tempat meletakkan mesin *jacking*, dan *arrival shaft* yang merupakan titik akhir dari trase *pipe jacking*. Pada Proyek IPAL Palembang Paket B2 A terdapat 2 metode pembuatan *shaft* yang diaplikasikan yakni metode *sheetpile shaft* dan *caisson shaft sinking*. Masing-masing metode memiliki kelebihan dan kekurangan yang dapat ditinjau dari segi waktu, biaya, serta mutunya. Pemilihan metode pembuatan *shaft* erat kaitannya dengan kondisi lokasi, ketersediaan akses, kebutuhan area atau kapasitas mesin *jacking*. Hal ini menjadi beberapa faktor yang mempengaruhi pemilihan metode pekerjaan pembuatan *shaft*. Metode penelitian yang digunakan yakni metode gabungan data observasi dengan wawancara dengan responden di Proyek IPAL Palembang Paket B2 A, dengan membandingkan pekerjaan pembuatan *shaft sheetpile* dan *caisson shaft* dari segi waktu, biaya dan mutu pada pekerjaan *pipe jacking* RCP 1000 menggunakan mesin MTs 1000. Setelah dianalisa, metode *sheetpile shaft* memiliki waktu yang relatif lebih lama dan memerlukan biaya yang lebih besar jika dibandingkan dengan metode *caisson shaft*, namun *caisson shaft* memerlukan material khusus yang memiliki keterbatasan terhadap proses pengadaan dan pengiriman ke lokasi, tidak seperti metode *sheetpile shaft* yang memiliki fleksibilitas lebih tinggi dalam ketersediaan alat dan materialnya.

**Kata kunci:** IPAL Palembang, *pipe jacking*, *Microtunnelling Slurry Systems (MTS)*, *departure shaft*, *arrival shaft*, *caisson shaft sinking*, *sheetpile shaft*

**How to Cite This Article:** Osfaldo, O., Budiharjo, M. A., Saripin, S. (2023). Perbandingan Metode Pembuatan Shaft Untuk Pekerjaan Jacking Pipe Dengan Metode Caisson Shaft Sinking dan Sheet Pile Shaft: Studi Kasus Proyek Pembangunan Jaringan IPAL Palembang Paket B2 A. *JPII*, 1(7), 265-273. DOI: <https://doi.org/10.14710/jpii.2023.23851>

## PENDAHULUAN

Pekerjaan *jacking* merupakan suatu metode pekerjaan yang sering dipakai dalam pembangunan infrastruktur suatu kota, khususnya terkait dengan pembangunan infrastruktur yang ada di dalam tanah seperti pemasangan pipa, pembuatan terowongan, pembuatan rel kereta bawah tanah, dan lain sebagainya.

Salah satu pekerjaan yang merupakan bentuk aplikasi dari metode *jacking* adalah pekerjaan pemasangan pipa, atau biasa disebut *pipe jacking*. Pada pekerjaan *pipe jacking*, terdapat suatu galian yang disebut sebagai *shaft/pit* yang merupakan titik awal dan titik akhir dari satu trase pekerjaan *pipe jacking*. Terdapat 2 jenis galian di pekerjaan *jacking*, yakni *departure shaft* yang berguna untuk menentukan titik awal kedalaman pipa yang direncanakan sekaligus sebagai tempat meletakkan mesin *jacking*, dan *arrival shaft* yang merupakan titik akhir dari trase *pipe jacking*.

Salah satu metode yang banyak digunakan dalam pembuatan *shaft* adalah *temporary sheet pile shaft*, yakni galian yang dibuat dengan pemancangan *steel sheetpile* pada kedalaman tertentu dengan kombinasi *bracing* menggunakan baja profil hingga membentuk suatu struktur penahan dinding tanah galian. Metode ini bersifat sementara, struktur yang terpasang (*sheetpile* dan *bracing*) nantinya akan dibongkar kembali agar dapat dipakai di trase selanjutnya.

Namun pada perkembangannya, terdapat banyak faktor yang mempengaruhi pemilihan metode dalam pembuatan galian, yakni lokasi pekerjaan, kondisi

utilitas, kondisi tanah, akses lalu-lintas, kondisi sosial lingkungan dan sebagainya. Pada kasus proyek di perkotaan, seringkali ditemukan kesulitan dalam pekerjaan pembuatan galian *jacking* karena faktor-faktor tersebut. Untuk menyingkapi hal itu, dilakukan banyak inovasi dan improvisasi dalam metode pembuatan *shaft/pit* untuk proses *pipe jacking*, di antaranya metode *Caisson Shaft sinking* atau sumuran yang dapat digunakan sebagai alternatif pada pekerjaan *jacking* di area perkotaan.

Mesin *Jacking* atau *Microtunnelling Boring Machine* adalah suatu metode pemasangan pipa di dalam tanah atau yang bisa dengan metode *trenchless* (Thomson, 1993). Metode ini tidak memerlukan pembuatan galian terbuka, sehingga efektif untuk pemasangan pipa di kedalaman tertentu (>4 m), dimana pelaksanaannya dengan metode galian terbuka akan sulit atau bahkan tidak memungkinkan. Adapun menurut Fauzia (2010) manfaat lain dari metode ini adalah:

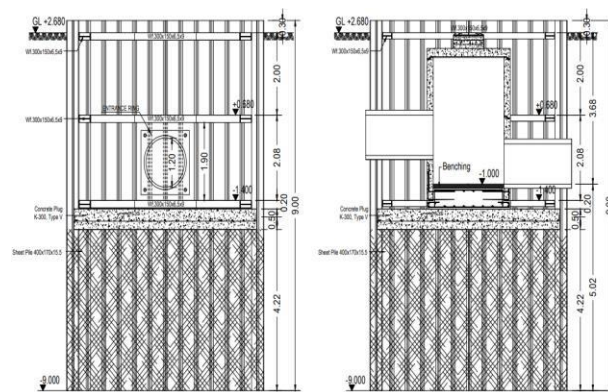
1. Mengurangi pengalihan lalu lintas sehingga dapat mengurangi kemacetan yang disebabkan oleh pekerjaan.
2. Kenyamanan warga setempat yang tinggal dan bekerja di sekitar area pekerjaan.

Komponen mesin *jacking* terdiri dari beberapa instrumen yang saling berkaitan (Maynard, 2009). Salah satu mesin yang bisa digunakan pada metode *jacking* yaitu alat *Microtunnelling Slurry Systems (MTS)*. MTS adalah salah satu merk produk dari Jerman dengan beberapa komponen utama sebagai berikut: mesin perisai

atau *cutter head* dan *trailer* dengan *power pack*, *control system*, *slurry system*, *laser transit target*, *rig jacking & power pack*.

Dalam pekerjaan *pipe jacking* diperlukan suatu galian, *shaft* atau *pit*. Pada beberapa kasus, lokasi galian tersebut kemudian sekaligus digunakan sebagai *manhole* atau lubang pemeliharaan dari jaringan pipa yang dipasang. *Pit/galian* dibedakan menjadi 2 berdasarkan fungsinya masing-masing, yakni galian awal atau biasa disebut *starting pit* atau *departure shaft* dan galian akhir atau *arriving pit* atau *arrival shaft*. *Starting pit* atau galian awal merupakan lokasi penempatan alat *jacking* yang berguna sebagai titik awal pekerjaan *jacking*. Pekerjaan *jacking* dimulai dengan pengikisan tanah oleh *cutterhead* yang dipasang pada *entrance ring* atau cincin tempat masuknya pipa diikuti dengan pendorongan pipa oleh suatu sistem hidrolik yang terpasang di *starting pit* menuju ke *arriving pit*. *Arriving pit* atau *pit* akhir merupakan titik tujuan pada pekerjaan *jacking*. Pekerjaan *jacking* dinyatakan telah selesai ketika *cutter head* diikuti oleh pipa telah keluar pada *arriving pit*. Dimensi *arriving pit* cenderung lebih kecil, karena kebutuhan terhadap ruang yang lebih kecil yang didasarkan pada dimensi pipa yang dipasang.

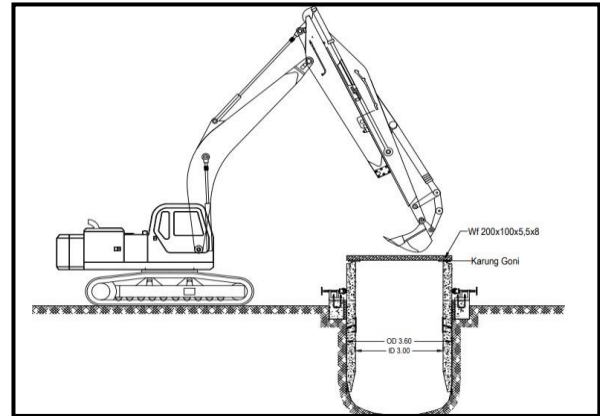
Galian *Steel sheetpile* merupakan galian yang dibuat dengan komponen struktur penahan tanah menggunakan material *steel sheetpile* dengan *bracing* atau portal perkuatan menggunakan baja profil IWF.



Gambar 1. Galian *steel sheet pile* MH 2003

Galian *Caisson* merupakan jenis galian yang pembuatannya menggunakan metode *caisson sinking* atau metode sumuran. Metode sumuran sendiri adalah dengan cara menggali sembari meletakkan elemen dinding penahan tanah yang biasanya bermodel pracetak, dapat berupa material beton pracetak/*precast* atau plat baja dan *framing* yang sudah dirakit sedemikian rupa hingga berbentuk struktur penahan tanah siap pakai. Penggalian dilanjutkan sembari membiarkan elemen struktur untuk turun sendiri sesuai elevasi galian yang dicapai. Metode ini tidak memerlukan pemancangan di awal seperti pada metode pembuatan galian *sheetpile*.

Dimensi yang dapat dicapai pada metode ini cukup terbatas dikarenakan kapasitas alat angkut dan angkat elemen struktur yang juga harus memadai.



Gambar 2. Galian *caisson* MH 2001

Dari kondisi-kondisi tersebut, maka dapat disimpulkan bahwa perlu dilakukan beberapa pertimbangan dalam menentukan metode pembuatan *shaft* yang cocok pada pekerjaan *jacking*. Penelitian ini bertujuan untuk menjelaskan proses pembuatan galian *jacking pipe* secara umum, mengidentifikasi waktu pelaksanaan pekerjaan untuk setiap jenis metode pembuatan galian, mengidentifikasi biaya pelaksanaan pekerjaan untuk setiap jenis metode pembuatan galian, serta mengevaluasi kelebihan dan kekurangan kedua metode sebagai dasar untuk menentukan pilihan penggunaan jenis metode pembuatan galian *jacking pipe*.

## METODE PENELITIAN

### Subjek dan Objek Penelitian

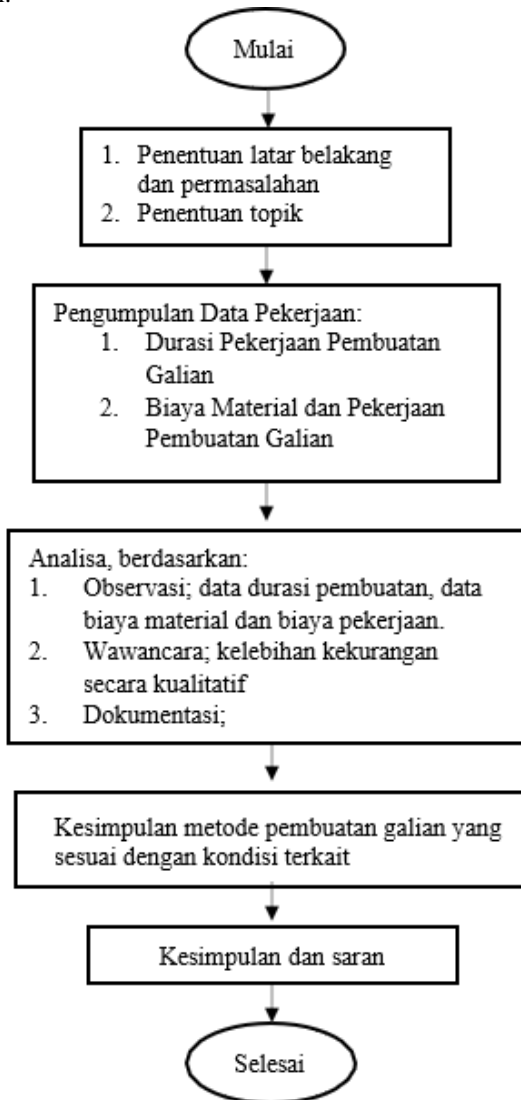
Sumber informasi dalam hal ini didefinisikan sebagai subjek penelitian yaitu personil yang terlibat langsung dalam proyek tersebut seperti *Supervisor*, *Project Production Manager*, *Site Engineering* dan *Project Engineering Manager*. Selain itu tenaga ahli juga dapat dilibatkan untuk menjustifikasi permasalahan. Sedangkan objek penelitian ini adalah perbandingan metode pemancangan *sheetpile* dan metode *caisson* sebagai metode pembuatan galian *pipe jacking*.

### Metode Pengumpulan Data dan Instrumen Penelitian

Metode pengumpulan data yang diperlukan dikumpulkan sehingga hasil akhir penelitian mampu menyajikan informasi yang komprehensif, valid, reliable, dan objektif. Pada penelitian ini, penulis menggunakan metode pengumpulan data dengan cara observasi langsung di proyek, wawancara, dokumentasi, dan studi literatur.

### Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Proyek Pembangunan Jaringan IPAL Kota Palembang Paket B2 A, dengan membandingkan 2 pekerjaan pembuatan galian yang telah dilaksanakan yakni pada MH 2003 yang menggunakan metode pancang *sheetpile* dan MH 2001 yang menggunakan metode *caisson*. Tipe-tipe *manhole* tersebut diperuntukkan pada pekerjaan jacking RCP 1000 mm.



Gambar 3. Diagram alir penelitian

### Keabsahan Data

Dikarenakan penelitian ini menggunakan metode campuran (*mix methods*) maka terdapat data kualitatif yang harus benar-benar mengungkap kebenaran secara objektif, sehingga keabsahan data memiliki peran penting dalam penelitian, karena keabsahan dalam penelitian yang memiliki data kualitatif berfungsi untuk memeriksa validitas dan reliabilitas data. Dalam penelitian ini untuk mendapatkan keabsahan data dilakukan dengan

triangulasi. Adapun triangulasi adalah teknik pemeriksaan keabsahan data yang memanfaatkan sesuatu yang lain di luar data itu untuk keperluan pengecekan atau sebagai pembanding terhadap data itu (Moleong, 2007).

Dalam memenuhi keabsahan data penelitian ini dilakukan triangulasi dengan sumber. Triangulasi dengan sumber berarti membandingkan dan mengecek balik derajat kepercayaan suatu informasi yang diperoleh melalui waktu dan alat yang berbeda dalam penelitian kualitatif (Moleong, 2007). Triangulasi dengan sumber yang dilaksanakan pada penelitian ini yaitu membandingkan hasil wawancara dengan isi dokumen yang berkaitan.

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### Gambaran Umum Proyek

Pekerjaan *pipe jacking* pada Proyek Jaringan IPAL Palembang Paket B2 A dengan panjang total lebih kurang 1,6 km. Total panjang tersebut dibagi menjadi tiga jenis diameter pipa RC dengan masing-masing panjang; Pipa RC Diameter 1000 mm panjang 998,09 m, Pipa RC Diameter 600 mm panjang 256,77 m, dan Pipa RC Diameter 450 mm panjang 366,59 m. Di samping total panjang pipa yang dikerjakan, terdapat pula jumlah *pit* yang dikerjakan sebanyak 24 titik (Gambar 4) di mana 11 *pit* berfungsi sebagai *starting pit*, 11 titik sebagai *arriving pit*, 1 titik sebagai *starting pit* sekaligus *arriving pit* (*combined pit*), dan 1 titik sebagai *passing pit*. Ukuran *pit* yang dikerjakan bervariasi sesuai dengan mesin yang digunakan. Gambar 4 juga menunjukkan jalur jaringan sekunder (garis berwarna hijau) dan tersier (garis berwarna merah).



Gambar 4. Jaringan sekunder dan tersier proyek IPAL Palembang Paker B2 A (Data Proyek IPAL Palembang Paket B2 A; 2022)

#### Karakteristik Mesin *Jacking Microtunneling Slurry System* (MTs)

Kebutuhan area kerja (*clearance*) untuk MTS adalah 3,5 x 2,5 m sehingga saat pembuatan *starting pit* menggunakan metode *steel sheet pile*. Untuk

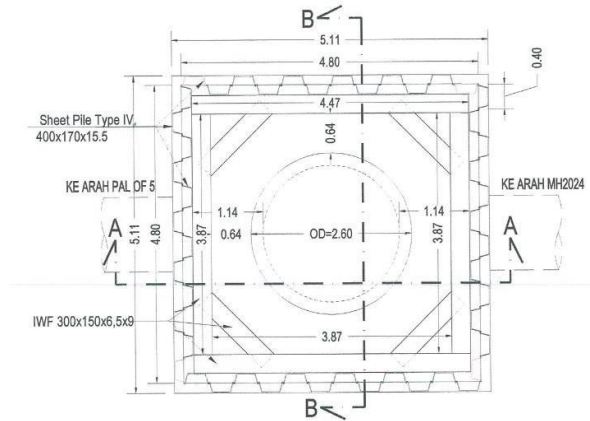


mengakomodir spasi alat MTS tersebut, maka desain pemancangan menjadi 4,8 x 4,8 m dengan menggunakan *steel sheet pile type IV* dan memanfaatkan IWF 300 sebagai *bracing*. Selama proses pemasangan pipa berlangsung MTS memerlukan beberapa peralatan yang terdiri dari *container control room*, *power pack*, *genset*, *slurry tank*, *desander*, *gantry*, dan lain-lain. Sehingga selain ukuran *steel sheet pile* 4,8 x 4,8 m diperlukan juga area untuk penempatan peralatan.

Di sisi lain, *arriving pit* MTS memerlukan *clearance* 2,8 m untuk keluarnya mata bor (*cutter head*). Dengan kebutuhan area yang tidak terlalu besar tersebut, maka bisa menggunakan metode *caisson*/sumuran dengan material RC *Manhole* ID 3,0 m. Pada area *arriving pit* untuk mesin MTS tidak memerlukan peralatan lainnya selama proses pemasangan pipa. Hanya saja, saat mata bor (*cutter head*) telah mencapai *arriving pit* perlu menggunakan *Mobile Crane* untuk mengangkat mata bor yang memiliki berat 8 ton. Meninjau pada kemampuan MTS dalam pemasangan pipa RCP, panjang maksimal trase (*maximum length*) yang mampu dikerjakan oleh mesin MTS adalah 150 m, tergantung dengan kondisi tanah dan *maintenance* mesin. Sebagai catatan, untuk panjang trase lebih dari 150 m mesin MTS memerlukan *intermediate jacking station* yang diposisikan pada tengah bentang panjang trase pipa RCP. Pada proyek Pembangunan Jaringan IPAL Kota Palembang Paket B2 A, kemiringan pipa gravitasi yang dirancang sebesar 0,1%-3%.

**Galian Sheetpile**

Pada penggunaan mesin MTs 1000, diperlukan dimensi dengan panjang 4.8 meter dengan lebar 4,8 meter. Kedalaman *starting pit* ditentukan berdasarkan kedalaman pipa yang akan dipasang, contoh kasus pada penggunaan mesin MTs 1000, dengan *invert level* pipa di kedalaman 8 meter, maka dibutuhkan dasar mesin di elevasi -0.6 meter dari *invert level*. Pada beberapa kasus, terkait dengan adanya *uplift* pada galian, maka dibutuhkan struktur yang disebut *concrete plug* yang berfungsi untuk menahan *uplift* atau dorongan tanah ke atas yang mendorong dasar *starting pit*. Ketebalan *concrete plug* yang dibutuhkan 50 cm dengan mutu beton K-300 dengan perkuatan pembersian plat menggunakan besi D16 berjarak 30 cm. Adapun selisih antara *invert level* dengan *concrete plug* nantinya akan menjadi struktur *base slab* dengan pembersian plat besi D16 menggunakan beton mutu K-300 semen tipe 5 setebal 60 cm. Metode pembuatan galian *sheetpile* dengan cara pemancangan *sheetpile* di sepanjang jalur yang sudah *demarking* dan sudah di-*cutter*, kemudian dilakukan penggalian sedalam 3 meter, lalu dilakukan pemasangan *bracing* menggunakan profil baja IWF 300 mm, kemudian dilanjutkan lagi penggalian dan *bracing* per kedalaman 3 meter hingga mencapai kedalaman sesuai yang direncanakan.

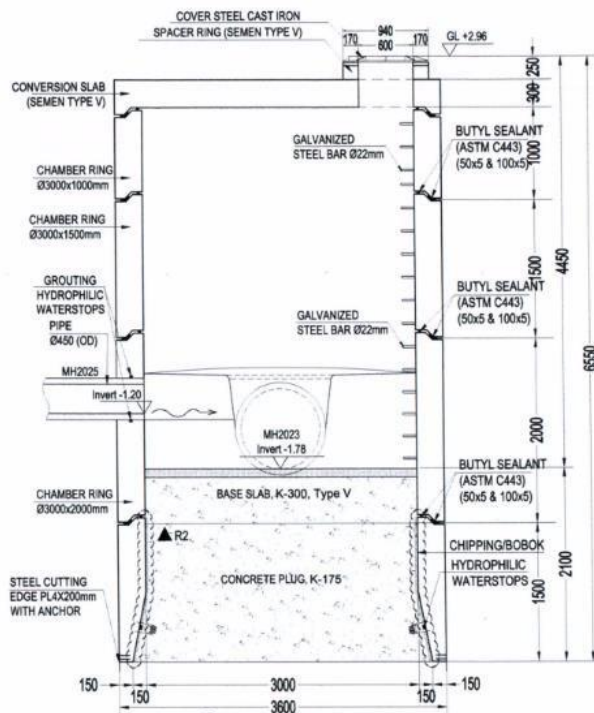


Gambar 5. Denah galian sheetpile

**Galian Caisson**

Pada proyek Pembangunan Jaringan IPAL B2 A Palembang, jenis metode pembuatan galian yang dipakai dalam pembuatan *arriving pit* adalah metode *caisson*. Hal ini dikarenakan kebutuhan akan area *manhole* pada *arriving pit* cenderung lebih kecil, yakni berdiameter 3000 mm untuk *manhole* pada *jacking* RCP 1000. Dimensi 3000 mm diperlukan hanya sebagai spasi pipa yang memiliki panjang 2 meter. Metode yang dilakukan adalah dengan melaksanakan penggalian yang tidak terlalu dalam sebesar diameter dari *manhole* yang akan dipasang, lalu *manhole* diletakkan di dalam galian, kemudian diambil tanah galian di dalam *manhole* yang telah terpasang sehingga semakin lama dengan beban sendirinya dan karena tidak adanya daya dukung dari tanah dibawah, *manhole* akan secara otomatis turun/*sinking* dengan sendirinya akibat beban sendiri dan gaya gravitasi.

Pada pekerjaan *jacking* MTs 1000 dengan pipa RCP 1000 yang memiliki panjang pipa sekitar 2 meter, dibutuhkan dimensi *arriving pit* minimal memiliki lebar atau diameter sebesar 2.7 meter. Namun, pada mesin MTs 1000, panjang *cutterhead* lebih panjang dari panjang RCP 1000 yakni 2.8 meter, sehingga dibutuhkan spasi yang lebih besar yakni 3 meter. Kedalaman *arriving pit* ditentukan berdasarkan elevasi *invert level* dengan kebutuhan *concrete plug* dengan ketebalan 1.5 meter dengan elevasi top *concrete plug* -0.6 meter di bawah *invert level*.



Gambar 6. Tampak potongan manhole metode caisson

#### Analisa Waktu Pekerjaan Pembuatan Shaft/Galian

Pada pekerjaan pembuatan galian dalam proyek Pembangunan Jaringan IPAL Kota Palembang Paket B2 A, terdapat 2 lokasi yang ditinjau durasi pekerjaannya. Hal yang akan dianalisa yakni waktu total pekerjaan dari mulai pekerjaan persiapan lahan sampai dengan terbentuknya galian yang siap dipakai untuk pekerjaan jacking. Pada pembahasan kali ini akan dibandingkan durasi pekerjaan pembuatan galian antara metode *sheetpile* dengan *caisson* sehingga ditemukan metode mana yang lebih efisien secara waktu. Perbandingan durasi sendiri dibuat melalui observasi lapangan selama pekerjaan berlangsung.

#### Galian Sheetpile

Proses pembuatan galian MH 2003 diawali dengan pemancangan *sheetpile*, yang kemudian dilanjutkan dengan penggalian per 3 meter, setiap kedalaman 3 meter kemudian akan dipasang *bracing* sebagai elemen struktur pendukung pada galian. Pada Tabel 1 dijabarkan durasi pekerjaan pembuatan galian *sheetpile* MH 2003 dengan kedalaman 11 meter, total dari durasi pekerjaan yakni 64 hari.

Tabel 1. Durasi pekerjaan pembuatan galian *sheetpile* MH 2003 (Proyek IPAL Palembang Paket B2 A, 2022)

NO	URAIAN PEKERJAAN	DURASI
1	Persiapan Lahan	3 hari
2	Pemancangan SSP 52 x 12 m	13 hari
3	Galian Tanah -0.5m	2 hari
4	Install Bracing -0.5 m	2 hari
5	Galian Tanah -3.0m	4 hari
6	Install Bracing -2.5m	2 hari
7	Galian Tanah -5.0m	6 hari
8	Install Bracing -4.5m	2 hari
9	Galian Tanah -7.0m	6 hari
10	Install Bracing -6.5m	2 hari
11	Galian Tanah -9.0m	9 hari
12	Install Bracing -8.5 hari	2 hari
13	Galian Tanah -11.0m	9 hari
14	Install Bracing -10.5	2 hari
<b>TOTAL DURASI</b>		<b>64 hari</b>

#### Galian Caisson

Metode kerja *caisson* diterapkan pada lokasi MH 2001, dengan ukuran manhole beton/ring concrete (RC) manhole yang dipakai 3000 mm. Metode *caisson* atau metode sumuran merupakan metode pembuatan galian yang menjadikan galian tersebut sekaligus sebagai manhole atau lubang pemeliharaan secara fungsional pada jaringan IPAL. Metode yang dilakukan adalah dengan melaksanakan penggalian yang tidak terlalu dalam sebesar diameter dari manhole yang akan dipasang, lalu manhole diletakkan di dalam galian, kemudian diambil tanah galian di dalam manhole yang telah terpasang sehingga semakin lama dengan beban sendirinya dan karena tidak adanya daya dukung dari tanah di bawah, manhole akan secara otomatis turun dengan sendirinya akibat beban sendiri dan gaya gravitasi. RC manhole memiliki beberapa varian tinggi yakni 2 meter, 1.5 meter dan 1 meter, disesuaikan dengan konfigurasi pada desain yang diperlukan.

Tabel 2. Durasi pekerjaan pembuatan galian *caisson* MH 2001 (Proyek IPAL Palembang Paket B2 A, 2022)

NO	URAIAN PEKERJAAN	DURASI
1	Persiapan Lahan	2 hari
2	Install RC Manhole, Ring 1-2	1 hari
3	Galian Tanah	4 hari
4	Install RC Manhole, Ring 3	1 hari
5	Galian Tanah	6 hari
6	Install RC Manhole, Ring 4	1 hari
7	Galian Tanah	6 hari
8	Install RC Manhole, Ring 5	1 hari
9	Galian Tanah	3 hari
10	Install RC Manhole, Ring 6-7	1 hari
11	Galian Tanah	5 hari
<b>TOTAL DURASI</b>		<b>31 hari</b>

Dari hasil analisa didapatkan bahwa dalam pengerjaan galian *caisson* dengan ukuran diameter dalam *manhole* sebesar 3,0 meter diperlukan waktu selama 31 hari dalam pengerjaanya.

Di lain sisi, penggunaan galian *sheetpile* tetap memerlukan pemasangan *manhole* serta pengembalian kondisi yang jika dijabarkan akan membutuhkan waktu sekitar 56 hari sampai pada kondisi *manhole* yang sudah tertutup atau fungsional untuk jaringan pipa itu sendiri. Sehingga jika dibandingkan dengan pembuatan *manhole* metode *sheetpile* maka pengerjaan metode *caisson* lebih efisien jika ditinjau dari durasi pekerjaannya. Di sisi lain, penggunaan metode *caisson* tidak memerlukan pekerjaan pengembalian yang dibutuhkan di lokasi galian *sheetpile* karena *manhole* yang terpasang dimaksudkan menjadi *manhole* yang berfungsi permanen.

**Analisa Biaya Pekerjaan Pembuatan Shaft/Galian**

Metode pekerjaan pembuatan galian yang berbeda tentunya akan berpengaruh pada nilai biaya yang berbeda pula. Berikut akan dibandingkan biaya pada pekerjaan pembuatan galian di kedua metode pada MH 2003 dan MH 2001 yang dihitung berdasarkan realisasi biaya pekerjaan pada Proyek IPAL Palembang B2 A.

**Galian Sheetpile**

Pekerjaan pembuatan galian *sheetpile* memerlukan beberapa tahapan dalam seperti pemancangan *sheetpile*, pembuatan *bracing*, penyambungan dengan las pada elemen struktur dan lain sebagainya.

**Tabel 3.** Biaya Pembuatan Galian *Sheetpile* MH 2003 (Proyek IPAL Palembang Paket B2 A, 2022)

RAP	MH Kedalaman sampai invert (9,0 - 10,0 m)	SAT	VOL	HS	JUMLAH
1	Handling Sheet Pile	M	1,408	12,500	17,600,000
2	Sika Grouting 215	Zak	7	116,000	838,514
3	Upah pasang RC ring dia. 2200	bh	8	800,000	6,400,000
4	Upah Galian Tanah kedalaman 9-11m	m <sup>3</sup>	17	900,000	15,129,000
5	Pasir Urug	m <sup>3</sup>	109	88,000	9,594,062
6	Upah Timbunan	m <sup>3</sup>	91	27,500	2,498,454
7	Bahan bantu	ls	1	3,000,000	3,000,000
8	Ready Mix Kelas K175	m <sup>3</sup>	8	860,000	7,086,400
9	Ready Mix Kelas K225 (semen tipe V)	m <sup>3</sup>	3	1,170,000	2,958,004
10	Ready Mix Kelas K300 (semen tipe V)	m <sup>3</sup>	2	1,300,000	2,719,043
11	Ready Mix Kelas K250	Bh	5	930,000	4,650,000
12	Upah Cor dengan Ready Mix	m <sup>3</sup>	18	70,000	1,250,185
13	Upah Aci	m <sup>2</sup>	4	15,000	57,043
14	Besi Beton	Kg	152	18,650	2,832,364
15	Upah Pembesian	Kg	152	2,500	379,673
16	Sewa IWF 300x150 (12m)	Btg	6	1,200,000	7,200,000
17	Sub Fabrikasi Breacing IWF Pit	Set	6	4,000,000	24,000,000
18	Sub Pemasangan/setting Breacing IWF Pit	Set	6	1,800,000	10,800,000
19	Sub Dismantling/bongkar Breacing IWF Pit	Set	6	3,000,000	18,000,000
20	Pemancangan Sheet Pile	M	704	90,000	63,360,000
21	Pencabutan Sheet Pile	M	684	90,000	61,533,000
22	Modemob Lokal Alat	Ls	1	28,000,000	28,000,000
23	Pekerjaan joint sheetpile	BH	48	200,000	9,600,000
24	Persiapan Lokasi Pemancangan	Unit	1	10,000,000	10,000,000
25	Sub pengembalian kondisi perkerasan jalan	Titik	1	15,000,000	15,000,000
<b>TOTAL</b>					<b>324,485,741</b>

**Galian Caisson**

Pekerjaan pembuatan galian metode *caisson* lebih sederhana, yakni hanya memerlukan beberapa tahapan seperti galian tanah, yang langsung dilanjutkan dengan pengangkatan RC *manhole* ke dalam galian tanah yang dilakukan secara kontinu sampai pada elevasi yang diinginkan. Berikut merupakan data observasi yang didapat dari data biaya pekerjaan pembuatan galian *caisson* hingga berbentuk galian yang siap dipakai dalam pekerjaan *jacking* pada MH 2001.

**Tabel 4.** Biaya Pembuatan Galian *Caisson* MH 2001 (Proyek IPAL Palembang Paket B2 A, 2022)

RAP	MH Kedalaman sampai invert (9,0 - 10,0 m)	SATUAN	VOL	HARGA SATUAN	JUMLAH
1	Sika Grouting 215	Zak	8	116,000	918,720
2	Upah pasang RC ring dia. 3000	bh	6	800,000	4,800,000
3	Bahan bantu	ls	1	3,000,000	3,000,000
4	Ready Mix Kelas K175	m <sup>3</sup>	15	860,000	12,771,000
5	Ready Mix Kelas K225 (semen tipe V)	m <sup>3</sup>	6	1,170,000	6,660,225
6	Ready Mix Kelas K300 (semen tipe V)	m <sup>3</sup>	4	1,300,000	4,734,321
7	Upah Cor dengan Ready Mix	m <sup>3</sup>	24	70,000	1,692,900
8	Upah Aci	m <sup>2</sup>	7	15,000	106,071
9	Besi Beton	Kg	249	18,650	4,646,193
10	Upah Pembesian	Kg	249	2,500	622,814
11	Upah perapihan Galian manhole	M	10	950,000	9,500,000
12	Uph galian tanah kedalaman 9-10m	m <sup>3</sup>	21	900,000	19,161,000
13	Upah Bobok RC ring dia. 3000	Titik	2	2,000,000	4,000,000
<b>TOTAL</b>					<b>72,613,245</b>

**Analisa Perbandingan Kualitatif Metode Sheetpile dan Caisson**

Jika dilihat pada analisa waktu dan biaya maka dapat disimpulkan bahwa galian metode *caisson* lebih efisien daripada metode *sheetpile*. Namun kemudian timbul pertanyaan apakah metode *caisson* dapat selalu diaplikasikan di lapangan atau tidak. Pada Tabel 5 berikut terdapat beberapa kelebihan dan kekurangan dari kedua metode pembuatan galian yang didapat dari hasil wawancara dengan pelaksana selaku responden di Proyek Pekerjaan IPAL Palembang B2 A.

**Tabel 5.** Analisa Kualitatif Metode *Sheetpile* dan *Caisson* (Proyek IPAL Palembang Paket B2 A, 2022)

PERBANDINGAN			
NO.	KUALITATIF METODE PEMBUATAN GALIAN	GALIAN SHEETPILE	GALIAN CAISSON
1	KETERSEDIAAN MATERIAL	Mudah material didapat, tersedia di pasaran	Harus melalui permintaan khusus, dengan desain khusus. Pengadaan membutuhkan waktu produksi khusus.
2	AKSES MATERIAL PENGIRIMAN	Pengiriman relatif mudah menggunakan sarana alat angkut yang banyak tersedia di pasaran	Pengiriman ke lokasi pekerjaan sering terkendala akses, karena ukuran RC <i>manhole</i> yang relatif besar.
3	FLEKSIBILITAS PADA KAPASITAS RUANG/SPASI	Diperuntukkan untuk lokasi yang lebih besar, dapat mengakomodir sesuai dengan spesifikasi mesin terutama sebagai <i>departure shaft</i> serta dapat juga sebagai <i>arrival shaft</i> .	Sulit menyesuaikan Dengan kebutuhan ruang mesin <i>jacking</i> , hanya terbatas pada penggunaan sebagai <i>arrival shaft</i> saja
4	PEMBUATAN MANHOLE	Dilakukan setelah pekerjaan <i>jacking</i> selesai, disertai dengan <i>uninstall sheetpile</i> dan <i>bracing</i> .	Galian yang terpasang dapat langsung digunakan sebagai <i>manhole</i> .

## KESIMPULAN

Dari analisa studi kasus yang telah dilakukan dengan membandingkan 2 metode pembuatan galian *jacking*, maka dapat disimpulkan bahwa proses pembuatan galian *jacking* dibagi menjadi 2 metode yakni metode galian *sheetpile* dan metode *caisson*. Secara umum, metode *sheetpile* dilakukan dengan proses pemancangan dan pemasangan *bracing* menggunakan material *sheetpile* dan baja IWF yang dilanjutkan dengan penggalian sampai pada kedalaman yang diinginkan. Metode pembuatan pada *caisson* yakni dengan meletakkan dan menyusun *precast ring manhole* menggunakan alat angkat berupa *crane* kapasitas 35 ton pada lokasi *manhole* dengan pekerjaan penggalian pada *manhole* itu sendiri yang dilakukan simultan hingga mencapai kedalaman yang direncanakan. Perbandingan waktu durasi dari 2 metode pembuatan galian menunjukkan bahwa durasi pekerjaan pembuatan metode

*sheetpile* memakan waktu hingga 64 hari, sedangkan pada metode *caisson* memakan waktu hingga 31 hari. Secara durasi pekerjaan, metode *caisson* lebih efisien daripada metode pemancangan *sheetpile*. Perbandingan biaya pada pelaksanaan pekerjaan galian pada 2 metode menunjukkan bahwa pada metode *sheetpile*, biaya yang dikeluarkan sebesar Rp324,485,741,- sedangkan pada metode *caisson* sebesar Rp72,613,245,-. Dari hal tersebut dapat disimpulkan bahwa secara biaya, metode *caisson* lebih efisien. Jika ditinjau pada kelebihan dan kekurangan secara kualitatif, pekerjaan pembuatan galian metode *sheetpile* relatif lebih sederhana mengingat sumber daya pekerjaan yang lebih mudah didapat seperti ketersediaan alat dan material yang cukup banyak di pasaran, sedangkan pada metode *caisson* dibutuhkan kondisi persiapan material, produksi hingga akses yang mendukung pada pekerjaan galian dengan ukuran yang besar. Kondisi akses pekerjaan berpengaruh pada pengiriman RC *Manhole* yang sering mengalami kendala, sehingga metode *caisson* lebih banyak memiliki batasan dalam pengaplikasiannya. Penggunaan metode *caisson* sering hanya terbatas pada penggunaan sebagai galian akhir saja karena sulitnya akses pengiriman ke lokasi, serta tidak fleksibel terhadap spesifikasi kebutuhan ruang mesin *jacking*. Sedangkan metode *sheetpile* lebih fleksibel terhadap penyesuaian ruang kerja mesin *jacking* yang dibutuhkan. Namun jika ditinjau pada fungsional *manhole*, galian yang dibuat dengan metode *caisson* dapat sekaligus digunakan sebagai *manhole*, tidak seperti pada pemancangan *sheetpile* yang harus dilakukan lagi pembuatan *manhole*, pengurangan pasir serta pengembalian kondisi pada galian.

## DAFTAR PUSTAKA

- Batsaikhan, Ulaankhuu, Hiroto Hashikawa, Hideki Shimada, Takashi Sasaoka, and Akihiro Hamanaka. "Numerical Study on the Applicability of the Pipe-Jacking Method for the Main Gate of an Underground Coal Mining in Weak Rock Mass" *Applied Sciences* 12, no. 3: 1719. <https://doi.org/10.3390/app12031719> (2022) Creswell, John W. *Research Design: "Pendekatan Kualitatif, Kuantitatif, dan Mixed"* (2010)
- Dong-Jie Ren, Ye-Shuang Xu, Jack S. Shen, Annan Zhou and Arul Arulrajah, "Prediction of Ground Deformation during Pipe-Jacking Considering Multiple Factors" (2018)
- Fauzia Mulyawati, Ignatius Sudarsono, "Metoda Pipe Jacking Dalam Pembangunan Jaringan Air Limbah" (2010)
- James Thomson, "Pipe Jacking and Microtunnelling" (1993)
- Maynard Ackerman, "Pipe Jacking Equipment and Method". Ackerman Inc. Nast Org. (2009)
- Moleong, Lexy J. "Metodologi Penelitian Kualitatif", (2007)



- Riyanto Yatim, 2010. “Metodologi Penelitian Pendidikan”, (2010)
- Sugiyono, “Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif”, (2011)
- Widoyoko, Eko Putro. “Teknik Penyusunan Instrumen Penelitian” (2014)
- Rianto, Wawan Eko. “Analisa Kapasitas Produksi *Jacking Pipe* : Studi Kasus Proyek IPAL Palembang Paket B2 A”, (2022)