

Analisis Produktivitas Hydraulic Static Pile Driver Pada Pembangunan Apartemen Victoria Square Tower B Tangerang Banten

Arif Rahman Hakim

Universitas Mercu Buana, Jakarta
Jalan Meruya Selatan No.1, Kembangan, Jakarta Barat, 11650, Jakarta Barat
E-mail: arifrahmanhakim11@gmail.com

Amirul Akbar

Universitas Mercu Buana, Jakarta
Jalan Meruya Selatan No.1, Kembangan, Jakarta Barat, 11650, Jakarta Barat
E-mail: amirulakbar4@gmail.com

Abstrak

Dalam membangun suatu konstruksi apartemen diperlukan perhatian dalam pelaksanaan konstruksinya, terutama pada pekerjaan pemancangan. Lokasi pembangunan Apartemen Victoria Square Tower B Tangerang Banten terletak di lingkungan perumahan dan memiliki keterbatasan ruang gerak, sehingga diperlukan solusi terkait pengerjaan pemancangan tersebut agar tidak menimbulkan getaran/kebisingan terhadap lingkungan sekitar. Dalam studi kasus pembangunan Apartemen Victoria Square Tower B Tangerang Banten, metode pemancangan yang digunakan adalah menggunakan alat Hydraulic Static Pile Driver. Jenis-jenis pekerjaan pada pemancangan tersebut terdiri dari Move to The Point, Lifting Pile, Clamping & Piling, Joint Pile (Welding), Dolly, dan Cutting Pile. Hasil analisis deskriptif pada penelitian ini didapat nilai produksi alat Hydraulic Static Pile Driver terendah adalah 0.225 meter/menit atau setara 13.5 meter/jam dan nilai produksi tertinggi adalah 1.364 meter/menit atau setara 82 meter/jam.

Kata-kata kunci: Apartemen, Hydraulic Static Pile Driver, Nilai Produksi.

Abstract

In building an apartment construction requires attention in the construction implementation, especially in the erection work. The construction location of Victoria Square Apartment Tangerang Tower B Banten is located in a residential area and has limited mobility, so a solution related to the erection work is needed so as not to cause vibration/noise to the surrounding environment. In the case study of the construction of the Victoria Square Tower B Tangerang Banten Apartment, the erection method used was using a Hydraulic Static Pile Driver. The types of work in the erection consist of Move to The Point, Lifting Pile, Clamping & Piling, Joint Pile (Welding), Dolly, and Cutting Pile. The results of the descriptive analysis in this study obtained the lowest production value of Hydraulic Static Pile Driver is 0.225 meters/minute or equivalent to 13.5 meters/hour and the highest production value is 1.364 meters/minute or equivalent to 82 meters/hour.

Keywords: Apartment, Hydraulic Static Pile Driver, Value of Production.

1. Pendahuluan

Proyek-proyek konstruksi gedung dan infrastruktur terus meningkat seiring dengan perkembangan daerah perkotaan. Rata-rata proyek tersebut menggunakan pondasi tiang pancang sebagai desain pondasinya. Realisasi pekerjaan pondasi tiang pancang memerlukan proses pemancangan menggunakan alat pancang tertentu. Pada daerah perkotaan yang padat penduduk, pelaksanaan pemancangan memerlukan alat yang ramah lingkungan seperti *Hydraulic Static Pile Driver (HSPD)* agar dampak proyek dapat diminimalkan. Penggunaan alat ini dapat

mengurangi kerugian akibat komplain dari masyarakat sekitar yang terkena dampak dengan demikian keuntungan kontraktor tetap terjaga (Warsito & Hatmoko, 2016).

Proyek Apartemen Victoria Square Tower B Tangerang Banten memasuki pekerjaan tiang pancang pada bulan Februari 2015. Metode pemancangan yang digunakan adalah menggunakan alat *Hydraulic Static Pile Driver*. Penggunaan alat *Hydraulic Static Pile Driver* dipilih karena lokasi proyek berada di lingkungan perumahan sehingga tidak menimbulkan getaran/kebisingan terhadap

lingkungan sekitar pada saat pelaksanaan pembangunan proyek.

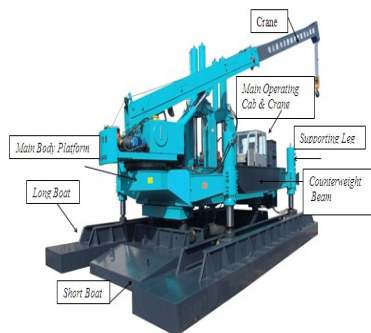
Beberapa keunggulan *Hydraulic Static Pile Driver* terkait dengan masalah lingkungan diantaranya adalah :

1. Cocok untuk memancang tiang di area yang memiliki ruang gerak terbatas karena tiang dapat dipancang dalam ukuran pendek dan disambung (Peurifoy, Schexnayder, & Shapira, 2006);
2. Memungkinkan tiang diinstalasi dekat struktur yang telah ada sebelumnya tanpa mengganggu aktivitas manusia (White, Finlay, Bolton, & Bearss, 2002);
3. Cocok untuk lokasi proyek pada daerah padat penduduk dan bangunan (BPP (Berdikari Pondasi Perkasa), 2009);
4. Teknik instalasi hampir bebas getaran dan sedikit kebisingan dibandingkan dengan system pemancangan yang lainnya (Chan, 2006).

Keunggulan *Hydraulic Static Pile Driver* berkenaan dengan masalah teknis yaitu:

1. Tingkat konstruksi lebih cepat;
2. Lebih efisien dari pada metode pemancangan lainnya;
3. Kualitas pemancangan dijamin mirip dengan uji tiang (Tan & Ling, 2001);
4. Gaya tekan dongkrak atau daya dukung tiang dapat dibaca langsung melalui manometer sehingga gaya tekan tiang dapat diketahui setiap mencapai kedalaman tertentu (Pertiwi, 2006).

Gambaran Alat yang digunakan pada proyek Apartemen Victoria Square Tower B adalah *Hydraulic Static Pile Driver* seperti **Gambar 1** berikut:



Gambar 1. Hydraulic static pile driver

Adapun elemen *Hydraulic Static Pile Driver* terdiri dari :

1. Long Boat

Elemen ini berfungsi sebagai kaki rel penggerak arah depan-belakang.

2. Short Boat

Elemen ini berfungsi sebagai kaki rel penggerak arah kanan-kiri.

3. Main Body Platform

Main body platform berfungsi sebagai badan utama *Hydraulic Static Pile Driver*.

4. Counterweight Beam

Pada elemen ini ditempatkan beban-beban tambahan sebagai penahan tekanan ke dalam tanah.

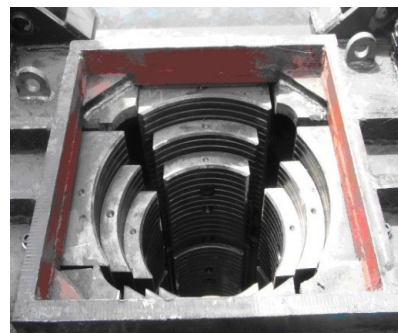
Untuk gambaran beban yang ditempatkan pada *Counterweigh Beam* seperti **Gambar 2** berikut:



Gambar 2. Beban pada counterweigh beam

5. Clamping Box

Elemen ini merupakan alat untuk menekan tiang pancang dengan cara dijepit kemudian ditekan. Untuk gambaran *Clamping Box* dapat dilihat pada **Gambar 3** berikut:



Gambar 3. Clamping box

6. Main Operating Cab & Operating Cab of Crane

Main Operating Cab adalah tempat operator mengoperasikan *Clamping Box* untuk melaksanakan penanaman tiang pancang, sedangkan *Operating Cab of Crane* merupakan tempat operator crane untuk memindahkan tiang pancang ke dalam *Clamping Box*. Di dalam *Main Operating Cab* ini terdapat alat ukur kekerasan atau kuat tekan untuk melihat apakah tiang pancang sudah mencapai tingkat kedalaman dengan kekerasan yang dibutuhkan atau belum.

7. Supporting Leg

Elemen ini merupakan mesin hydraulic untuk menggerakkan *Long Boat* dan *Short Boat*.

Faktor-faktor penting produktivitas *Hydraulic Static Pile Driver* yang tersirat pada perilaku tanah di dalam tanah (Bowles, 1996), yaitu: jenis tanah, ukuran tiang pancang, kedalaman pemancangan, dan waktu siklus. Jenis tanah menyebabkan perbedaan kapasitas daya dukung dan gesekan tanah. Ukuran tiang pancang meliputi penampang dan panjang tiang pancang yang tergantung pada beban konstruksi dan kedalaman pemancangan. Kedalaman pemancangan dapat berbeda-beda sesuai perencanaan. Waktu siklus pemancangan berkaitan dengan banyaknya aktivitas pemancangan yang tergantung pada panjang tiang pancang dan kedalaman pemancangan. Semua faktor tersebut sangat mempengaruhi produktivitas *Hydraulic Static Pile Driver*.

Pada penelitian terdahulu, ada beberapa penelitian terkait analisis produktivitas terkait *Hydraulic Static Pile Driver*, seperti hasil penelitian dari Limanto (2009) tentang Analisis Produktivitas Pemancangan Tiang Pancang Pada Bangunan Tinggi Apartemen, diperoleh hasil yang menunjukkan produktivitas alat *jack-in pile type hydraulic static pile driver* sebesar 0,509 m/menit.

Begitu pula penelitian sebelumnya dari Andayana (2016) tentang Analisis Perbandingan Daya Dukung Tiang Pancang Berdasarkan Uji SPT Dan Daya Dukung Tiang Pancang Berdasarkan Alat HSPD 120 T diperoleh hasil bahwa Nilai kapasitas daya dukung ijin ultimit untuk kelompok 2 tiang berdasarkan uji SPT sebesar 242,88 ton, sedangkan berdasarkan alat HSPD 120T sebesar 214,30 ton. Nilai kapasitas daya dukung ijin ultimit untuk kelompok 3 tiang berdasarkan uji SPT sebesar 253,77 ton, sedangkan berdasarkan alat HSPD 120T sebesar 219,39 ton. Nilai daya dukung tiang pancang kelompok yang dihitung berdasarkan uji SPT dibagi dengan nilai faktor keamanan 3 hampir sama dengan nilai tiang pancang kelompok berdasarkan alat HSPD 120T. Berdasarkan pembebanan pada kelompok pondasi tiang, hasil yang diperoleh tidak melebihi daya dukung ultimit sehingga aman untuk digunakan.

Hasil penelitian yang didapat dari hasil penelitian sebelumnya oleh Warsito & Hatmoko (2016) tentang Pemodelan Produktivitas Hydraulic Static Pile Driver Menggunakan Model Analitis Pada Tanah Berlanau didapat hasil Sebanyak 100% *output* model mempunyai NV lebih dari 90% sehingga model valid dan akurat dengan rata-rata NV sebesar 96,07% dan standar deviasi 2,32%. Analisis sensitivitas *output* model menunjukkan nilai sensitivitas sebesar 95,154% untuk tiang pancang segitiga sama sisi 32 cm; 95,376% untuk tiang pancang bujur sangkar 25 cm; dan 94,298% untuk tiang pancang bujur sangkar 30 cm. Dengan demikian model nomogram produktivitas HSPD merupakan model yang valid dan akurat untuk merencanakan dan estimasi waktu penggunaan HSPD pada proyek konstruksi.

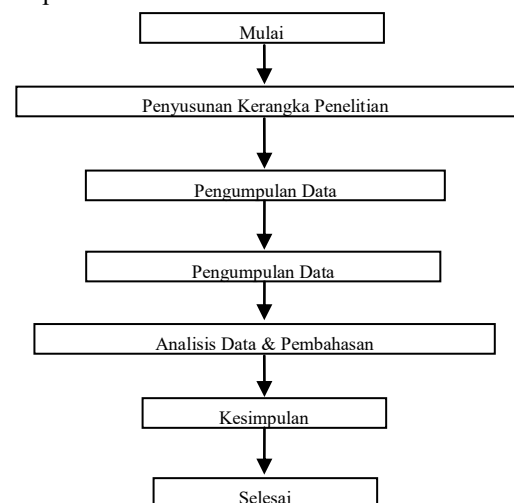
Penelitian-penelitian terdahulu diantaranya membahas terkait produktivitas tentang alat *jack in pile type hydraulic static pile driver* dengan tipe alat *Hydraulic Static Pile Driver Sunwad ZYJ320* dengan tidak diketahui jenis tanah yang dilakukan pemancangan, selain itu ada penelitian tentang perbandingan daya dukung tiang pancang, serta permodelan HSDP menggunakan model analitis pada tanah berlanau, tetapi tidak dijelaskan jenis alat yang digunakan. Hal tersebut diatas mendukung terhadap artikel ini bahwa artikel ini merupakan suatu kebaruan ilmiah dikarenakan penelitian ini menjelaskan tentang alat yang digunakan pada saat pelaksanaan pemancangan, menjelaskan bagaimana proses pekerjaan pemancangan dengan menggunakan alat *Hydraulic Static Pile Driver* yang belum pernah digunakan pada penelitian terdahulu, serta menjelaskan jenis/data tanah yang ada pada penelitian ini, sehingga penulis menyatakan bahwa artikel ilmiah ini merupakan penelitian yang terbaru.

Permasalahan penelitian ini terkait metode pemancangan melalui alat *Hydraulic Static Pile Driver* yaitu bagaimana proses pekerjaan pemancangan dengan menggunakan alat *Hydraulic Static Pile Driver* dan bagaimana produktivitas alat *Hydraulic Static Pile Driver* pada proyek Apartemen Victoria Square Tower B Tangerang Banten.

Tujuan artikel ini adalah selain menjelaskan metode pemancangan melalui alat *Hydraulic Static Pile Driver*, yaitu mengetahui nilai produksi alat Hydraulic Static Pile Driver terendah dan nilai produksi tertinggi terhadap alat tersebut.

2. Metode Penelitian dan Bahan

Metodologi Penelitian ini dilakukan dengan mengumpulkan data yang didapat dari observasi langsung ke proyek/lapangan. Penelitian ini dilakukan dengan menjelaskan mengenai tahapan pemancangan melalui alat *Hydraulic Static Pile Driver*, dan mengolah data pada tahap untuk mengetahui produktivitas alat *Hydraulic Static Pile Driver* pada proyek Apartemen Victoria Square Tower B Tangerang Banten. Kerangka metode penelitian dapat dilihat pada **Gambar 4** berikut:



Gambar 4. Kerangka metode penelitian

2.1 Lokasi dan waktu penelitian

Lokasi penelitian yaitu Apartemen Victoria Square Tower B Tangerang Banten yang berada di Jalan Gatot Subroto Km.3 No.78 Kota Tangerang Banten.

Proyek Victoria Square akan membuat 3 *tower* dengan mini *mall* pada lantai dasarnya. Berada di tengah kota Tangerang dan dilewati oleh jalan kelas provinsi. Pada tahun 2015 dimulai pekerjaan tower ke 2 atau disebut tower B. Waktu penelitian dilaksanakan dari bulan Februari 2015 sampai bulan Mei 2015.

2.2 Pengumpulan data

Referensi (*Literature*) dalam menyusun penelitian ini diantaranya diperoleh dari berbagai buku dan berbagai jurnal penelitian yang terkait dengan topik, maupun jurnal penelitian umum, serta referensi didapat dari berbagai *website* internet yang materinya terkait topik pembahasan yang relevan.

Kegiatan pengumpulan data ini merupakan tahapan utama yang penting dilakukan agar penelitian ini dapat dilaksanakan. Pengumpulan data didapat langsung dari data proyek atau data lapangan, selain itu observasi di lapangan menunjang dalam hal menjelaskan tahapan pelaksanaan pemancangan melalui alat *Hydraulic Static Pile Driver*.

3. Analisa Data dan Pembahasan

3.1 Metode kerja alat hydraulic static pile driver

Alat *Hydraulic Static Pile Driver* terdiri dari beberapa sub mesin yang memiliki fungsi kerja masing-masing berbeda. Sehingga setiap sub-mesin memiliki metode kerja masing-masing yang digabungkan kemudian menjadi kesatuan metode kerja pemancangan.

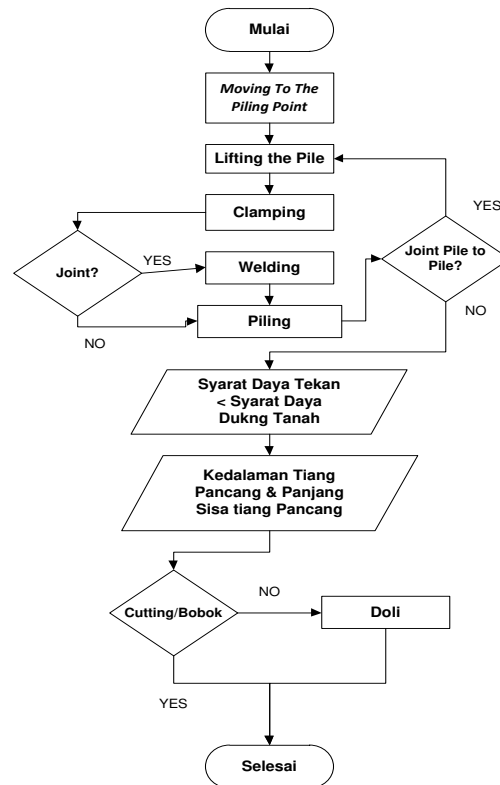
Adapun jenis pekerjaan pemancangan oleh alat *Hydraulic Static Pile Driver* meliputi:

1. *Move To The Point*;
2. *Lifting Pile, Clamping & Piling*;
3. *Joint Pile (Welding)*;
4. *Doli*; dan
5. *Cutting Pile*.

Jenis-jenis pekerjaan tersebut memiliki durasi pekerjaan yang berbeda satu dengan yang lainnya, sehingga perlu dianalisis bagaimana metodenya agar mendapatkan durasi 1 siklus pemancangan 1 titik pancang pada suatu proyek.

Bagan alir metode kerja alat *hydraulic static pile driver* dibuat untuk memudahkan dalam

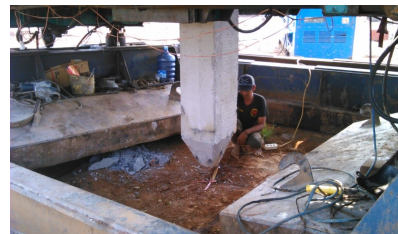
menggambarkan tahapan yang dilakukan untuk memancang 1 unit tiang pancang pada proyek tersebut. Bagan Alir Proses 1 Titik Pemancangan dapat dilihat pada **Gambar 5** berikut:



Gambar 5. Bagan alir proses 1 titik pemancangan

Moving To The Point

Moving to the point merupakan proses Bergeraknya alat *hydraulic static pile driver* ke titik yang telah ditentukan. Alat ini bergerak menggunakan kaki rel yang disebut *Long Boat* untuk bergerak arah depan-belakang dan menggunakan kaki rel yang disebut *Short Boat* untuk bergerak arah kanan-kiri. Gambar titik pancang yang telah ditentukan dapat dilihat pada **Gambar 6** berikut:



Gambar 6. Titik pancang yang telah ditentukan

Lifting Pile

Lifting Pile merupakan pekerjaan mengangkat tiang pancang yang sudah siap untuk diletakkan pada *clamping box* untuk dipancang. Tiang pancang yang sudah dilansir dan siap untuk dipancang, kemudian dipasangkan kabel dari mesin *crane* untuk kemudian

diangkat dan dipasangkan pada mesin *clamp box*. Pekerjaan ini dilakukan setelah *move to the point* dan juga pada saat proses pemancangan, yaitu untuk tiang pancang sambungan. Gambar *Lifting Pile* dapat dilihat pada **Gambar 7** berikut:



Gambar 7. Lifting pile

Clamping & Piling

Clamping (jepit) merupakan sistem pegangan yang digunakan oleh alat ini, menggunakan elemen alat bernama *clamping box*. Setelah tiang dijepit maka tiang ditekan dengan mesin *hydraulic* yang dikendalikan oleh operator. Kecepatan proses tekan tiang pancang ini bervariasi tergantung kapasitas mesin pancang dan jenis tanah yang dipancang. Gambar *Lifting Pile* dapat dilihat pada **Gambar 8** berikut:



Gambar 8. Clamping & Piling

Joint (Welding)

Welding (pengelasan) dilakukan untuk menyambung tiang pancang yang membutuhkan kedalaman yang tidak bisa dijangkau menggunakan tiang pancang tunggal (*single*). Karena produksi tiang pancang terbatas oleh kapasitas panjang kendaraan angkut tiang pancang tersebut. Jenis sambungan berupa lapisan plat baja diujung tiang pancang yang membutuhkan sambungan. Gambaran sambungan dan pengelasan dapat dilihat pada **Gambar 9** berikut:



Gambar 9. Sambungan & Pengelasan

Dolly

Sub-pekerjaan ini adalah bagian dari pemancangan yang berfungsi sebagai penambah kedalaman tiang pancang apabila tiang pancang yang tertanam belum sampai dengan kuat tekan yang diinginkan.

Pada proyek ini kekerasan yang diinginkan adalah 17 Mpa, rata-rata *dolly* adalah dengan kedalaman 4 meter. Kedalaman tiang pancang ditambahkan dengan dibantu dengan tiang pancang yang tidak lagi digunakan yang kemudian dicabut kembali sehingga akan menyisakan lubang pada tanah yang ditanam tiang pancang. Perhitungan durasi proses ini sama saja dengan durasi pemancangan (*clamp & piling*). Gambaran lubang akibat proses *Dolly* dapat dilihat pada **Gambar 10** berikut:



Gambar 10. Lubang akibat proses dolly

Cutting Pile (Bobok Beton)

Pekerjaan ini timbul jika kedalaman tiang pancang, kekerasan tanah maupun kuat tekan yang tertera pada manometer di ruang operator sudah tercapai namun tiang pancang masih tersisa diatas tanah, maka sisa tiang pancang tersebut harus dipotong untuk mempermudah pergerakan alat tersebut sendiri. Untuk *hydraulic static pile driver type* tidak tersedia alat potong yang bergabung dengan elemen *clamp*, sehingga pemotongan/cutting/bobok beton dilakukan secara manual dengan pahat beton, palu besi, dan las listrik untuk memotong *strand* yang dipasang didalam tiang pancang. Gambaran pemotongan sisa beton tiang pancang dapat dilihat pada **Gambar 11** berikut:



Gambar 11. Pemotongan sisa beton tiang pancang

Pemotongan sisa beton tersebut menyisakan sisa beton, sehingga sisa beton tersebut harus diangkat menggunakan *crane*. Gambaran pengambilan sisa beton dapat dilihat pada **Gambar 12** berikut:



Gambar 12. Pengambilan sisa beton tiang pancang menggunakan crane

3.2 Analisa data lapangan (pembahasan studi kasus)

Adapun data pekerjaannya yaitu Pekerjaan Pemancangan Tiang Pancang Square 40x40 & 45x45 Untuk Pondasi Tower B pada Proyek Victoria Square dengan Luas Area seluas 4097 m².

Profil alat yang digunakan sebagai berikut:

Nama alat : *Hydraulic Static Pile Driver*

Piling Speed: *Fast* : 7.10 m/min

Low : 1.90 m/min

Jarak Pindah

Depan-Belakang : 3.60 m

Kanan-Kiri : 0.70 m

Kecepatan Pindah

Depan-Belakang : 1.20 m/min

Kanan-Kiri : 0.35 m/min

Max Square Pile : 500x500mm

Max Circle Pile : 500mm

Lifting Weight : 16 Ton

Lifting Pile Lenght: 15.0 m

Rise Stroke : 1.0 m

Total Weight : 320Ton

Adapun Profil Tiang Pancang sebagai berikut:

1. Tiang Pancang Indikator:

Bottom Segmen 450mm x 450mm x 6000mm

Upper Segmen 450mm x 450mm x 12000mm

Bottom Segmen 400mm x 400mm x 6000mm

Upper Segmen 400mm x 400mm x 12000mm

2. Tiang Pancang :

Bottom Segmen 450mm x 450mm x 8000mm

Upper Segmen 450mm x 450mm x 9000mm

Single Segmen 450mm x 450mm x 11000mm

Bottom Segmen 400mm x 400mm x 8000mm

Upper Segmen 400mm x 400mm x 9000mm

Bottom Segmen 400mm x 400mm x 12000mm

Upper Segmen 400mm x 400mm x 9000mm

Single Segmen 400mm x 400mm x 11000mm

3. Mutu Beton: K600

Gambaran jenis tiang pancang yang digunakan dapat dilihat pada **Gambar 13** berikut:



Gambar 13. Jenis-jenis tiang pancang yang digunakan

Data tiang pancang yang sudah tertanam per tanggal 22 April 2015 dapat dilihat pada **Tabel 1** berikut :

Tabel 1. Nomer tiang pancang yang sudah tertanam

No.	NomerTiangPancang								
	Indicator Pile 40x40	Indicator Pile 45x45	Pile 40x40			Pile 45x45			
1	IP 01	IP 03	418	647	427	467	505	543	661
2	IP 02	IP 06	419	652	428	468	506	544	
3	IP 04	IP 08	420	653	429	469	507	551	
4	IP 05	IP 09	421	655	430	470	508	552	
5	IP 07	IP 10	422	656	431	471	509	553	
6	IP 11	IP 12	423	657	432	472	510	554	
7	IP 13	IP 14	424	658	433	473	511	555	
8	IP 16	IP 15	425	663	434	474	512	557	
9	IP 18	IP 17	426	664	435	475	513	559	
10	IP 21	IP 19	493	665	437	476	514	561	
11	IP 22	IP 20	547	666	439	477	515	603	
12	IP 24	IP 23	548	671	441	478	516	605	
13	IP 25	IP 34	550	673	443	479	517	636	
14	IP 26	IP 36	598	675	459	480	536	637	
15	IP 27		599	679	460	498	537	638	
16	IP 28		600	683	461	499	538	639	
17	IP 29		643		462	500	539	640	
18	IP 30		644		463	501	540	641	
19	IP 33		645		464	503	541	639	
20	IP 35		646		465	504	542	660	

Berdasarkan data tersebut di atas, maka volume tiang pancang yang harus ditanam mulai tanggal 23 April 2015 dapat dilihat pada Tabel 2 berikut:

Tabel 2. Sisa tiang pancang yang belum tertanam

No	Jenis Tiang Pancang	Panjang (meter)	Jumlah (unit)
1	Indicator Pile 40x40		0
2	Indicator Pile 45x45		0
3	Pile 40x40 Single	11	29
4	Pile 40x40 Sambungan	17	156
5	Pile 40x40 Sambungan	21	13
6	Pile 45x45 Single	11	238
7	Pile 45x45 Sambungan	17	103

Data Tanah

Pada laporan *soil investigation* oleh Testana Indoteknika, dikatakan bahwa berdasarkan tes pemboran dan uji SPT, area B menunjukkan bahwa dipermukaan tanah hingga kedalaman 3.0 m terdiri dari lempung dan lanau dengan konsiteni sangat lunak hingga sedang. Disekitar kedalaman 3.0m hingga 8.0m terdapat lensa pasir dengan kepadatan sedang hingga padat. Dari kedalaman 8.0m hingga 18.0m terdiri dari lanau dengan konsistensi teguh hingga sangat teguh. Mulai dari kedalaman 18.0m hingga 40.0m terdiri dari lanau dengan konsistensi keras dan pasir yang sangat padat. Tekanan puncak pada pekerjaan tiap 1 titik pancangnya adalah 17 Mpa untuk daerah Tower dan 20 Mpa untuk daerah Podium.

Cara mendapatkan produktivitas pemancangan pada proyek ini yaitu menyesuaikan profil alat *hydraulic*

static pile driver, profil tiang pancang, jenis tanah, dan rencana kedalaman tanah.

Jika diketahui tiang pancang yang ditanam adalah dimensi 45x45 cm maka diketahui panjang pengelasanannya adalah 520 cm. Untuk Pekerjaan *Dolly*, kedalaman maksimal pekerjaan dolly adalah 4 meter dengan maksud menghemat jumlah tiang pancang asalkan *top of pile* tiang pancang tercapai sehingga pemotongan tiang pancang menjadi lebih sedikit. Untuk sub-pekerjaan *Cutting Pile* atau bobok tiang pancang, diasumsikan tiang pancang yang tersisa adalah 1 meter diatas tanah. Volume panjang *cutting pile* untuk jenis tiang 40x40cm adalah 160 cm dan volume panjang *cutting pile* 45x45 cm adalah 180 cm. Jika satuan yang dianalisis adalah menit maka diganti kesatuan detik terlebih dahulu agar penjumlahan waktu didapat dengan mudah.

3.3 Perhitungan produktivitas pekerjaan *lifting pile*

Pada proyek ini, proses *lifting pile* memakan waktu selama 205 detik per tiang pancang sampai ujung tiang pancang dimasukkan pada alat *clamping*, tiang pancang yang diangkat merupakan tiang pancang dengan panjang 11 meter. Dengan mengetahui durasi dan panjang tiang pancang, maka perhitungan produktivitasnya adalah sebagai berikut:

Diketahui :

Durasi *Lifting*: 3 menit 25 detik = 205 detik

Panjang Tiang : 11 m

$$\text{Durasi Pekerjaan} = \frac{\text{Volume Aktivitas (sat. vol)}}{\text{produktivitas kerja (sat. vol/waktu)}}$$

$$205 \text{ detik} = \frac{1100 \text{ cm}}{\text{produktivitas kerja (sat. vol/waktu)}}$$

$$\text{Produktivitas} = \frac{1100 \text{ cm}}{205} = 5.36 \frac{\text{cm}}{\text{detik}} = 322 \frac{\text{cm}}{\text{menit}}$$

Setelah didapatkan produktivitas pekerjaan *lifting pile* pada proyek tersebut, maka nilai produktivitas disesuaikan dengan jenis tiang pancang yang tersedia agar didapatkan durasi *lifting pilynya*.

3.4 Perhitungan produktivitas pekerjaan *welding*

Pekerjaan ini dilakukan oleh 2 orang dengan waktu yang dibutuhkan selama 12 menit 30 detik. Tiang pancang yang digunakan adalah dimensi 45x45 cm, sedangkan untuk panjang pengelasan sepanjang 130cm x 4 sisi = 520cm. Dengan begitu, produktivitas pengelasan dihitung seperti berikut.

Diketahui:

Durasi Pengelasan : 12 menit 30 detik = 750 detik

Jumlah Tukang : 2 Orang

Panjang Pengelasan : 520 cm

$$\text{Durasi Pekerjaan} \times 2 (\text{tukang}) = \frac{\text{Volume Aktivitas (sat.vol)}}{\text{produktivitas kerja (sat. vol/waktu)}}$$

$$750 \text{ detik} \times 2 = \frac{520 \text{ cm}}{\text{produktivitas kerja (sat. vol/waktu)}}$$

$$\text{Produktivitas} = \frac{520}{1500} = 0.34 \frac{\text{cm}}{\text{detik}} = 20.4 \text{ cm/menit}$$

Setelah didapatkan produktivitas pekerjaan *welding* pada proyek tersebut, maka nilai produktivitas dimasukkan dan disesuaikan dengan jenis tiang pancang yang tersedia agar didapatkan durasi *weldingnya*.

3.5 Perhitungan produktivitas pekerjaan *cutting pile*

Durasi yang dibutuhkan untuk pemotongan/*cutting*/bobok beton tiang pancang dimensi 45x45 cm dengan alat martil dan dilakukan oleh 2 orang adalah 17 menit. Setelah pemotongan selesai, maka tiang pancang yang telah dipotong dicabut dengan cara ditarik oleh *crane*. Pencabutan tiang sisa ini membutuhkan waktu selama 3 menit. Jadi total pekerjaan ini adalah 20 menit. Dari data tersebut, perhitungan produktivitasnya adalah sebagai berikut:

Diketahui:

Panjang Dimensi : 45cm x 4 = 180cm

Jumlah Tukang : 2 Orang

Durasi : 17 menit

$$\text{Durasi Pekerjaan} \times 2 (\text{tukang}) = \frac{\text{Volume Aktivitas (sat.vol)}}{\text{produktivitas kerja (sat. vol/waktu)}}$$

$$17 \text{ menit} \times 2 = \frac{180 \text{ cm}}{\text{produktivitas kerja (sat. vol/waktu)}}$$

$$\text{Produktivitas} = \frac{180}{34} = 5.29 \text{ cm/menit}$$

Setelah didapatkan produktivitas pekerjaan *cutting pile* pada proyek tersebut, maka nilai produktivitas dimasukkan dan disesuaikan dengan jenis tiang pancang yang tersedia agar didapatkan durasi *cutting pilynya*.

Dari hasil produktivitas pekerjaan *lifting pile*, *welding*, dan *cutting pile* adalah mencari durasi produksi berdasarkan jenis tiang pancang yang ada dan hasilnya diakumulasikan untuk mengetahui kapasitas produktivitas pada proyek tersebut.

3.6 Perhitungan produksi pemancangan

Perhitungan durasi pemancangan tanpa sambungan dan tanpa *cutting* (dengan *Dolly* 4 meter) per-siklus dapat dilihat pada tabel 3, Perhitungan durasi pemancangan tanpa sambungan dan dengan *cutting* (tanpa *Dolly*) per-siklus dapat dilihat pada **Tabel 4**, Perhitungan durasi pemancangan dengan sambungan dan tanpa *cutting* (dengan *Dolly* 4 meter) per-siklus dapat dilihat pada **Tabel 5**, dan Perhitungan durasi pemancangan dengan sambungan dan dengan *cutting* (tanpa *Dolly*) per-siklus dapat dilihat pada tabel 6 berikut:

3.7 Rekapitulasi produksi alat *hydraulic static pile driver* per-siklus

Berdasarkan dari hitungan sebelumnya, kemudian dibuat rekapitulasi produksi pemancangan berdasarkan profil tiang pancang dan dihitung produktivitasnya seperti pada tabel 7 berikut:

Dari rekapitulasi tersebut, didapat nilai produksi terendah adalah 0.225 meter/menit atau setara 13.5 meter/jam dan nilai produksi tertinggi adalah 1.364 meter/menit atau setara 82 meter/jam.

4. Kesimpulan

- Hasil analisis deskriptif pada penelitian ini didapat nilai produksi alat *Hydraulic Static Pile Driver* terendah adalah 0.225 meter/menit atau setara 13.5

Tabel 3. Perhitungan durasi pemancangan tanpa sambungan dan tanpa cutting (dengan dolly 4 meter) per-siklus

No	Jenis Tiang Pancang	Siklus sub-pekerjaan								Hasil Siklus Pemancangan CTP = LT + PT + WT + CpT (detik)	Hasil Siklus Pemancangan (CTP) (menit)
		Panjang Tiang Pancang (meter)	Dolly (meter)	Panjang Sambungan (WL) (cm)	Volume Bobok (cm)	Lifting Pile (detik) (LT)	Clamping & Piling (PT) (detik)	Joint (welding) (detik) (WT)	Cutting Pile (detik) (CpT)		
1	Single Segmen 450mm x 450mm x 11000mm	11	4	0	0	280	342.8551837	0	0	622.8551837	11
2	Single Segmen 400mm x 400mm x 11000mm	11	4	0	0	280	342.8551837	0	0	622.8551837	11

Tabel 4. Perhitungan durasi pemancangan tanpa sambungan dan dengan cutting (tanpa dolly) per-siklus

No	Jenis Tiang Pancang	Siklus sub-pekerjaan								Hasil Siklus Pemancangan CTP = LT + PT + WT + CpT (detik)	Hasil Siklus Pemancangan (CTP) (menit)
		Panjang Tiang Pancang (meter)	Dolly (meter)	Panjang Sambungan (WL) (cm)	Volume Bobok (cm)	Lifting Pile (detik) (LT)	Clamping & Piling (PT) (detik)	Joint (welding) (detik) (WT)	Cutting Pile (detik) (CpT)		
1	Single Segmen 450mm x 450mm x 11000mm	10	0	0	180	187	228.5701225	0	2041.59	2457.158024	41
2	Single Segmen 400mm x 400mm x 11000mm	10	0	0	160	187	228.5701225	0	1814.74	2230.314924	38

meter/jam dan nilai produksi tertinggi adalah 1.364 meter/menit atau setara 82 meter/jam. Pihak Kontraktor mengambil kesimpulan dengan mempertimbangkan dengan adanya faktor-faktor yang mempengaruhi keterlambatan pekerjaan, maka nilai produksi yang digunakan adalah dengan nilai di atas sedikit produksi terendah yaitu 14 meter/jam.

5. Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Ketua Jurusan Teknik Sipil, Ir. Mawardi Amin, M.T dan pihak kontraktor pada pembangunan Apartemen Victoria Square Tower B yang telah membantu dalam proses pengerjaan penelitian ini.

Daftar Pustaka

- Andayana, A. (2016). *Analisis Perbandingan Daya Dukung Tiang Pancang Berdasarkan Uji SPT Dan Daya DUKUNG Tiang Pancang Berdasarkan Alat HSPD 120 T*. Lampung: Universitas Lampung.
- Bowles, J. (1996). *Foundation Analysis and Design, Fifth Edition*. Singapore: The McGraw-Hill Companies, Inc.
- BPP (Berdikari Pondasi Perkasa). (2009). Retrieved September 26, 2017, from <http://www.ptbppid.com/services.html>
- Chan, R. (2006). *Foundation Design and Construction*. Geo Publication No.1.
- Limanto, S. (2009). Analisis Produktivitas Pemancangan Tiang Pancang Pada Bangunan Tinggi Apartemen. *Seminar Nasional 2009* (pp. 293-305). Surabaya: Jurusan Teknik Sipil FT-UKM.
- Pertiwi, D. (2006). Korelasi Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang Dengan Menggunakan Data-Data Sondir dan Jack in Pile. *Jurnal Aksial, Vol.8, No.1*, 36-42

- Peurifoy, R., Schexnayder, C. J., & Shapira, A. (2006). *Construction Planning, Equipment, and Methods*. New York: Seventh Edition, McGraw-Hill.
- Tan, S. M., & Ling, C. H. (2001). The Use of High Capacity Hydraulic Injection Piles for Buildings in Limes-Stone Ex-Tin Mining Sites in Kuala Lumpur. *Proceeding, 14th SEAGC*. Hong Kong.
- Warsito, J. Y., & Hatmoko, J. U. (2016). Pemodelan Produktivitas Hydraulic Static Pile Driver Menggunakan Model Analitis Pada Tanah Berlanau. *JEMIS Vol.4 No.2*, 175-184.
- White, D., Finlay, T., Bolton, M., & Bearss, G. (2002). Press-in Piling: Ground Vibration and Noise During Pile Installation. *ASCE Special Publication Vol.116*, 363-371

Tabel 5. Perhitungan durasi pemancangan dengan sambungan dan tanpa cutting (dengan dolly 4 meter) per-siklus

No	Jenis Tiang Pancang	Siklus sub-pekerjaan							Hasil Siklus Pemancangan CTP = LT + PT + WT + CpT (detik)	Hasil Siklus Pemancangan (CTP) (menit)	
		Panjang Tiang Pancang (meter)	Dolly (meter)	Panjang Sambungan (WL) (cm)	Volume Bobok (cm)	Lifting Pile (detik) (LT)	Clamping & Piling (PT) (detik)	Joint (welding) (detik) (WT)			Cutting Pile (detik) (CpT)
1	Tiang Indikator Bottom Segmen 450mm x 450mm x 6000mm Upper Segmen 450mm x 450mm x 12000mm	18	4	520	0	410	502.8542694	1529.412	0	2442.266034	41
2	Tiang Pancang Indikator Bottom Segmen 400mm x 400mm x 6000mm Upper Segmen 400mm x 400mm x 12000mm	18	4	500	0	410	502.8542694	1470.588	0	2383.442505	40
3	Bottom Segmen 450mm x 450mm x 8000mm Upper Segmen 450mm x 450mm x 9000mm	17	4	520	0	392	479.9972572	1529.412	0	2401.409022	41
4	Bottom Segmen 400mm x 400mm x 8000mm Upper Segmen 400mm x 400mm x 9000mm	17	4	500	0	392	479.9972572	1470.588	0	2342.585492	40
5	Bottom Segmen 400mm x 400mm x 12000mm Upper Segmen 400mm x 400mm x 9000mm	21	4	500	0	466	571.4253061	1470.588	0	2508.013541	42

Tabel 6. Perhitungan durasi pemancangan dengan sambungan dan dengan cutting (tanpa dolly) per-siklus

No	Jenis Tiang Pancang	Siklus sub-pekerjaan								Hasil Siklus Pemancangan CTP = LT + PT + WT + CpT (detik)	Hasil Siklus Pemancangan (CTP) (menit)
		Panjang Tiang Pancang (meter)	Dolly (meter)	Panjang Sambungan (WL) (cm)	Volume Bobok (cm)	Lifting Pile (detik) (LT)	Clamping & Piling (PT) (detik)	Joint (welding) (detik) (WT)	Cutting Pile (detik) (CpT)		
1	Tiang Indikator Bottom Segmen 450mm x 450mm x 6000mm Upper Segmen 450mm x 450mm x 12000mm	17	0	520	180	317	388.5692082	1529.412	2041.588	4276.568875	72
2	Tiang Pancang Indikator Bottom Segmen 400mm x 400mm x 6000mm Upper Segmen 400mm x 400mm x 12000mm	17	0	500	160	317	388.5692082	1470.588	1814.745	3990.902245	67
3	Bottom Segmen 450mm x 450mm x 8000mm Upper Segmen 450mm x 450mm x 9000mm	16	0	520	180	299	365.7121959	1529.412	2041.588	4235.711862	71
4	Bottom Segmen 400mm x 400mm x 8000mm Upper Segmen 400mm x 400mm x 9000mm	16	0	500	160	299	365.7121959	1470.588	1814.745	3950.045233	66
5	Bottom Segmen 400mm x 400mm x 12000mm Upper Segmen 400mm x 400mm x 9000mm	20	0	500	160	373	457.1402449	1470.588	1814.745	4115.473282	69

Tabel 7. Rekapitulasi produksi alat hydraulic static pile driver

No	Jenis Tiang Pancang	Panjang Tiang Pancang (meter)	Dolly (meter)	Hasil Siklus Pemancangan (CTP) (menit)	Produktivitas Q (m/min)
1	T Single Segmen 450mm x 450mm x 11000mm	11	4	11	1.364
2	S Single Segmen 400mm x 400mm x 11000mm	11	4	11	1.364
3	D Single Segmen 450mm x 450mm x 11000mm	10	0	41	0.244
4	S Single Segmen 400mm x 400mm x 11000mm	10	0	38	0.263
5	Tiang Indikator Bottom Segmen 450mm x 450mm x 6000mm Upper Segmen 450mm x 450mm x 12000mm	18	4	41	0.537
6	D Tiang Pancang Indikator Bottom Segmen 400mm x 400mm x 6000mm Upper Segmen 400mm x 400mm x 12000mm	18	4	40	0.550
7	T Bottom Segmen 450mm x 450mm x 8000mm Upper Segmen 450mm x 450mm x 9000mm	17	4	41	0.512
8	S Bottom Segmen 400mm x 400mm x 8000mm Upper Segmen 400mm x 400mm x 9000mm	17	4	40	0.525
9	Bottom Segmen 400mm x 400mm x 12000mm Upper Segmen 400mm x 400mm x 9000mm	21	4	42	0.595
10	Tiang Indikator Bottom Segmen 450mm x 450mm x 6000mm Upper Segmen 450mm x 450mm x 12000mm	17	0	72	0.236
11	D Tiang Pancang Indikator Bottom Segmen 400mm x 400mm x 6000mm Upper Segmen 400mm x 400mm x 12000mm	17	0	67	0.254
12	D Bottom Segmen 450mm x 450mm x 8000mm Upper Segmen 450mm x 450mm x 9000mm	16	0	71	0.225
13	S Bottom Segmen 400mm x 400mm x 8000mm Upper Segmen 400mm x 400mm x 9000mm	16	0	66	0.242
14	Bottom Segmen 400mm x 400mm x 12000mm Upper Segmen 400mm x 400mm x 9000mm	20	0	69	0.290