

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Tiang pancang telah digunakan sebagai teknologi pondasi bangunan gedung, jembatan, dan struktur lainnya sejak jaman dahulu. Teknologi peralatan pemancangan terus berkembang seiring dengan perkembangan jaman. Pemukul jatuh (*drop hammer*) merupakan teknik pemancangan tiang tertua menggunakan tenaga manusia yang terus dikembangkan hingga menggunakan tenaga diesel (*diesel hammers*) pada tahun 1930-an. Pemukul getar (*vibratory hammers*) dan pemukul hidrolis (*hydraulic hammers*) merupakan teknik pemancangan lainnya yang dikembangkan setelah pemukul diesel (Fellenius, 2009), sedangkan teknologi *press-in hydraulic pile drivers* muncul beberapa puluh tahun terakhir.

Tiang pancang dimasukkan ke dalam tanah melalui beberapa metode yaitu: pukulan, getaran, dan penekanan (Bowles, 1996). Metode pukulan menggunakan alat *drop hammer*, *single/double-acting hammer*, dan *diesel hammer*. Metode getaran menggunakan alat *vibratory hammer* (Bowles, 1996; PDCA, 2003; dan U.S. Army Corps of Engineers, 2004). Metode penekanan menggunakan alat *hydraulic presses* dengan sistem *jack-in* (PDCA, 2003) atau *press-in hydraulic pile drivers* (Peurifoy *et al.*, 2006).

Jack-in hydraulic pile drivers terdiri dari 2 tipe yaitu *hydraulic crawler pile driver* dan *hydraulic static pile driver (HSPD)*. *Hydraulic crawler pile driver* mempunyai kapasitas tekan kecil dan untuk memancarkan tiang berukuran kecil (misalnya bujursangkar 20 cm), sedangkan *HSPD* mempunyai kapasitas tekan 40 ton – 1.200 ton dan mampu memancarkan tiang berukuran lebih besar (misalnya bujursangkar 20 cm – 60 cm) (Tianwei, 2013). *HSPD* digunakan untuk memasukkan tiang ke dalam tanah dengan menggabungkan teknik menggenggam dan mendorong atau menarik. Alat ini menggenggam dan mendorong tiang ke bawah. Selanjutnya pada akhir dorongan, tiang dilepaskan dan penggenggam (*grip*) meluncur ke atas untuk memulai proses mendorong berikutnya. *HSPD* dapat pula digunakan untuk menarik tiang yang terlanjur dipancarkan.

HSPD mulai digunakan di Indonesia sekitar Tahun 2007 dan makin sering digunakan akhir-akhir ini, khususnya di perkotaan Pulau Jawa. Banyaknya proyek konstruksi di perkotaan, khususnya di Pulau Jawa sebesar 46,31% pada Tahun 2010 (BPS, 2012), dan masih banyak lagi proyek konstruksi yang akan diselesaikan pada Tahun 2013 – 2017 (Citradata, 2013a; 2013b; dan 2013c). Hal ini menjadi peluang bagi *HSPD* untuk lebih digunakan sebagai alat pancang di perkotaan. Sebagai contoh penggunaan alat ini yaitu pada: Apartemen Universitas Ciputra Surabaya, Gedung kampus STIE-IBS Jakarta Selatan, Gedung DPRD Medan, Masjid Universitas Islam Lamongan, PIP Semarang, Fakultas Hukum UNNES Semarang, RSUD Darmayu Ponorogo, Pabrik PT. EVERWIN Gresik, Pabrik Gula Trangkil Pati, Kampus Unikal Pekalongan, *Showroom* Nasmoco Semarang, dan lain-lainnya. Banyaknya pekerjaan pemancangan yang menggunakan *HSPD* tidak dapat diketahui secara tersendiri, karena pekerjaan itu menjadi satu kesatuan dengan proyek konstruksi. Pada proyek konstruksi yang menggunakan pondasi tiang pancang, khususnya di perkotaan, kontraktor akan lebih cenderung menggunakan *HSPD* sebagai alat pancang. Karena penggunaan alat ini dapat mengurangi kerugian akibat komplain dari masyarakat sekitar yang terkena dampak, dengan demikian keuntungan kontraktor tetap terjaga.

Pelaksanaan proyek khususnya pondasi tiang pancang di perkotaan memerlukan teknologi tertentu yang meminimalkan konsekuensi getaran yang ditimbulkan (Janes, 2009) yaitu *HSPD*. Keunggulan *HSPD* berkenaan dengan masalah lingkungan adalah:

- 1) Cocok untuk memancangan tiang di area yang memiliki ruang gerak terbatas karena tiang dapat dipancang dalam ukuran pendek dan disambung (Peurifoy *et al.*, 2006).
- 2) Memungkinkan tiang diinstalasi dekat struktur yang telah ada sebelumnya tanpa mengganggu aktivitas manusia (White *et al.*, 2002).
- 3) Cocok untuk lokasi proyek pada daerah padat penduduk dan bangunan (BPP, 2009).
- 4) Teknik instalasi hampir bebas getaran dan sedikit kebisingan dibandingkan dengan sistem pemancangan yang lainnya (Tan *and* Ling, 2001; Deeks *et al.*, 2005; Chan, 2006; Jackson, 2008).
- 5) Cocok untuk kondisi lapisan lempung, pasir, dan tanah lunak (Tianwei, 2013).

Keunggulan *HSPD* berkenaan dengan masalah teknis yaitu:

- 1) Tingkat konstruksi lebih cepat.
- 2) Kerusakan tiang kecil.

- 3) Lebih efisien dari pada metode pemancangan lainnya.
- 4) Kualitas pemancangan dijamin mirip dengan uji tiang (Tan *and* Ling, 2001; Chow *and* Tan, 2009).
- 5) Gaya tekan dongkrak atau daya dukung tiang dapat dibaca langsung melalui manometer, sehingga gaya tekan tiang dapat diketahui setiap mencapai kedalaman tertentu (Pertwi, 2006).

Kelemahan *HSPD* antara lain:

- 1) Lapisan tanah permukaan harus padat agar alat tidak miring.
- 2) Operator harus berpengalaman.
- 3) Rute transportasi alat harus diperhatikan.

Kelemahan ini dapat diantisipasi dengan persiapan awal sebelum pelaksanaan pemancangan.

Keunggulan *HSPD* dari sisi lingkungan itu sudah sesuai dengan konsep bangunan ramah lingkungan (*green building*) yang proses pelaksanaan pembangunannya dikenal dengan *green construction* (konstruksi ramah lingkungan). Konsep ini menuntut pengusaha konstruksi untuk mengimplementasikannya mulai dari perencanaan, desain, hingga pembangunan konstruksinya (Soekistiarso, 2011 dan Sukono, 2011). Oleh karena itu, kegiatan pembangunan konstruksi, khususnya pekerjaan pondasi pada aspek pemancangan, hendaknya juga harus memperhatikan konsep ramah lingkungan. Keunggulan *HSPD* dari sisi teknis itu juga menunjukkan efisiensi pembiayaan, karena tidak harus dilakukan uji daya dukung tiang.

Rencana Anggaran dan Biaya (RAB) pada beberapa proyek konstruksi gedung bertingkat menengah menunjukkan bahwa biaya pelaksanaan pemancangan menggunakan *HSPD* berkisar antara 2,33% - 4,99% dari biaya total bangunan. Nilai tersebut tidak cukup signifikan, namun keterlambatan pekerjaan pemancangan akan mengganggu jadwal pelaksanaan konstruksi dan menimbulkan biaya tambahan, karena pekerjaan pemancangan merupakan pekerjaan awal yang harus dilakukan sebelum pekerjaan konstruksi berikutnya. Oleh karena itu, pekerjaan pemancangan harus benar-benar diperhatikan, agar pelaksanaannya sesuai dengan waktu dan biaya yang tersedia. Uraian di atas menunjukkan signifikansi penggunaan *HSPD* sebagai alat pancang, sebagai solusi pelaksanaan pemancangan.

Sebelum menggunakan *HSPD*, perlu diketahui produktivitas alat tersebut agar pelaksanaannya sesuai dengan waktu dan biaya yang direncanakan. Produktivitas dapat

diartikan sebagai besarnya produksi tiap alat yang digunakan (Partanto, 2000). Produktivitas merupakan tolok ukur keberhasilan suatu pekerjaan (Hwang *and* Liu, 2010), di mana produktivitas yang rendah akan menimbulkan masalah dalam operasi peralatan konstruksi. Produktivitas mempunyai pengaruh besar pada proyek konstruksi yang tergantung pada waktu dan biaya operasi. Proyek konstruksi umumnya dianggap berhasil ketika diselesaikan dalam batas biaya dan waktunya, maka keakuratan prediksi produktivitas diperlukan secara efektif untuk perencanaan dan kontrol operasi konstruksi. Selain itu, produktivitas konstruksi cenderung menerima konsekuensi ekonomi yang besar (Haas *et al.*, 1999).

Beberapa pakar memberikan alasan pentingnya produktivitas. Rasing (2010) menuliskan bahwa produktivitas lebih penting dari pada pendapatan dan keuntungan, karena pendapatan dan keuntungan hanya menentukan hasil akhir, sedangkan produktivitas menentukan efisiensi, efektivitas, dan kebijakan. Jika perusahaan tidak menghasilkan hasil yang diharapkan maka laporan produktivitas yang diperiksa dan bukan laporan keuntungan. Sedangkan Riley (2012) menuliskan bahwa produktivitas yang tinggi dapat mendorong untuk mengurangi biaya, meningkatkan daya saing dan kinerja, keuntungan yang lebih tinggi, gaji yang lebih tinggi, dan pertumbuhan ekonomi. Uraian produktivitas tersebut berlaku pula untuk kontraktor peralatan konstruksi, di mana keberhasilan akan diperoleh apabila estimasi produktivitas dilakukan secara akurat, khususnya produktivitas peralatan *HSPD*.

Pada pekerjaan pondasi tiang pancang dengan menggunakan alat *HSPD*, produktivitas yang tinggi berarti waktu penyelesaian pekerjaan lebih cepat, sehingga akan memberikan keuntungan yang besar. Sebaliknya, bila produktivitas rendah berarti memerlukan waktu penyelesaian yang lama dan dapat menimbulkan kerugian. Persaingan untuk mendapatkan proyek merupakan masalah umum yang harus dihadapi kontraktor. Persaingan yang sehat dapat dibangun dengan meningkatkan kemampuan estimasi produktivitas peralatan yang digunakan, sehingga kontraktor dapat memperkirakan waktu dan biaya pelaksanaan pekerjaan yang paling efisien. Estimasi produktivitas dapat dilakukan berdasarkan pengalaman atau acuan-acuan perhitungan yang dapat dipercaya. Sampai saat ini, kontraktor pemancangan merencanakan produktivitas alat berdasarkan pengalaman mereka selama ini, sedangkan perencana atau estimator belum dapat melakukan perencanaan atau estimasi, karena belum

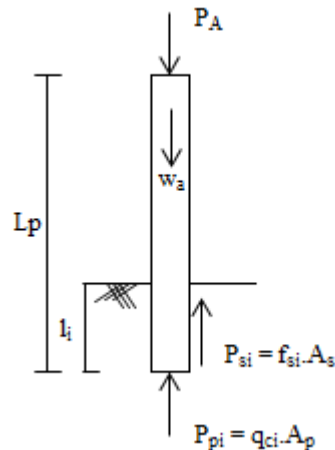
tersedianya acuan untuk mengestimasi produktivitas alat *HSPD*. Dengan demikian, produktivitas *HSPD* belum dapat direncanakan secara akurat.

Beberapa penelitian produktivitas pemancangan pondasi tiang pancang untuk bangunan gedung menggunakan alat *HSPD* telah dilakukan oleh Sumito dan Antonioes (2009) dan Wenas dan Gendo (2010). Sumito dan Antonioes (2009) meneliti produktivitas alat *HSPD* Sunwad ZYJ 320 pada sebuah proyek bangunan apartemen 24 lantai. Pemancangan menggunakan tiang pancang beton *spun pile* berdiameter 50 cm sampai kedalaman 26 m dengan 1 sambungan tiang pancang. Produktivitas pemancangan rata-rata sebesar 0,509 m/menit. Sedangkan Wenas dan Gendo (2010) meneliti produktivitas alat *HSPD* Sunwad ZYJ 120 pada proyek *showroom* 3 lantai. Pemancangan menggunakan tiang pancang beton bujursangkar 25 cm sampai kedalaman 12 m dengan 1 sambungan tiang pancang. Produktivitas pemancangan sebesar 0,6634 m/menit. Kedua penelitian itu mengumpulkan seluruh data durasi aktivitas pemancangan dari lapangan dalam suatu proyek, dan dianalisis dengan statistik non-parametrik jenis *one sample Kolmogorov Smirnov test*.

Produktivitas alat pancang hasil penelitian Sumito dan Antonioes (2009) dan Wenas dan Gendo (2010) memberikan gambaran nilai produktivitas alat pancang yang berbeda-beda. Hal ini karena adanya perbedaan tipe alat pancang dan kondisi lapangan, sehingga hasil produktivitas alat tidak dapat digeneralisasi untuk tipe alat pancang dan kondisi lapangan yang lain. Hal ini mengindikasikan bahwa perbedaan tipe alat pancang dan kondisi lapangan akan mempengaruhi produktivitas alat. Oleh karena itu, diperlukan bentuk produktivitas alat yang aplikatif yang dapat digunakan pada pekerjaan pemancangan berikutnya, karena pekerjaan pemancangan berikutnya dimungkinkan menggunakan tipe alat pancang lainnya, dan memiliki kondisi lapangan yang berbeda. Selain itu setiap lokasi proyek konstruksi memiliki karakteristik yang berbeda (Tjaturono, 2005).

Penelitian Sumito dan Antonioes (2009) menyebutkan beberapa faktor yang mempengaruhi produktivitas alat pancang adalah: sumber daya manusia, kondisi proyek, ukuran tiang pancang, dan alat pancang. Penelitian Wenas dan Gendo (2010) menyebutkan bahwa faktor yang mempengaruhi produktivitas alat pancang yaitu: pekerja, kondisi pekerjaan proyek, dan aktivitas pekerjaan yang tidak produktif. Namun faktor-faktor tersebut tidak dipertimbangkan seluruhnya dalam analisis produktivitas, karena penelitian terbatas pada satu kasus saja. Menurut Partanto (2000) bahwa

produksi alat tergantung pada jenis alat, waktu siklus, dan efisiensi. Hal ini dikaitkan dengan fenomena tiang di dalam tanah yang ditunjukkan pada Gambar 1-1 (Bowles, 1996), sehingga diperoleh faktor-faktor yang mempengaruhi produktivitas alat pemancangan.



Gambar 1-1. Tiang Dalam Tanah (Bowles, 1996)

Keterangan:

A_p	= luas penampang tiang (m^2)	P_A	= gaya tekan alat (ton)
A_s	= luas dinding tiang tiap i m kedalaman (m^2)	P_{pi}	= gaya dukung ujung tiang pada kedalaman i (ton)
f_{si}	= daya gesek konus <i>CPT</i> pada kedalaman i (ton/m^2)	P_{si}	= gaya gesek dinding tiang pada kedalaman i (ton)
i	= 1, 2, 3,	q_{ci}	= gaya dukung konus <i>CPT</i> pada kedalaman i (ton/m^2)
l_i	= kedalaman ke i (m)	w_a	= berat tiang (ton)
L_p	= panjang tiang (m)		

Tanah pada suatu kedalaman mempunyai daya dukung sebesar ($P_{pi} + P_{si}$) yang memberikan perlawanan terhadap gaya tekan sebesar ($P_A + w_a$), sehingga terjadi perubahan gaya tekan (ΔP_i) sebesar ($P_A + w_a$) - ($P_{pi} + P_{si}$) (Lihat Gambar 1-1). Perubahan gaya tekan ini menunjukkan sisa gaya tekan alat. Perubahan ini tidak konstan, karena adanya perbedaan daya dukung tanah (ditunjukkan dengan nilai f_{si} dan q_{ci} yang berbeda-beda) dan ukuran tiang pancang (yang ditunjukkan dengan A_s , A_p dan w_a). Besarnya gaya tekan alat (P_A) konstan sesuai dengan jenis alat pancang. Perbedaan daya dukung tanah dan ukuran tiang pancang itu mengakibatkan perubahan kecepatan penetrasi tiang ke dalam tanah dari v_0 (kecepatan tekan alat tanpa beban) menjadi v_i (kecepatan pemancangan sampai kedalaman i), sehingga waktu yang diperlukan untuk mencapai suatu kedalaman tidak konstan (Δt_i). Jumlah waktu untuk memancangan

tiang sepanjang L_p merupakan waktu siklus yang dipengaruhi juga oleh kedalaman pemancangan.

Tiang pancang pada bangunan gedung tersusun dalam kelompok-kelompok tiang (*pile cap*). Jarak tiang dalam satu *pile cap* hampir sama, sedangkan jarak antar *pile caps* berbeda-beda tergantung perencanaan. Jarak antar *pile caps* ini akan mempengaruhi produktivitas alat secara keseluruhan. Dengan demikian, faktor-faktor produktivitas alat *HSPD* sebagai berikut: ukuran tiang pancang, kedalaman pemancangan, waktu siklus, dan jarak antar *pile caps*. Pelaksanaan proyek pemancangan dipengaruhi juga oleh kinerja sumber daya (operator dan mesin) dan kondisi lokasi kerja, sehingga mempengaruhi produktivitas alat. Parameter pengaruh tersebut sulit diukur dengan jelas, maka keterlibatannya diwakili dengan menghilangkan waktu yang tidak produktif selama pengamatan dan menerapkan faktor koreksi.

Bervariasinya faktor-faktor produktivitas tersebut tidak mudah untuk diselesaikan secara sederhana, sehingga diperlukan pemodelan untuk mendapatkan bentuk produktivitas yang aplikatif. Pemodelan merupakan proses memproduksi model (Maria, 1997) sehingga dihasilkan model dalam bahasa tertentu (Sridadi, 2009) yang dapat menirukan suatu gejala atau proses (Muhammadi *et al.*, 2001). Melalui pemodelan produktivitas pemancangan akan diperoleh model produktivitas alat *HSPD* yang dapat mengetahui produktivitas pada kedalaman yang tidak diteliti, dan dapat memprediksi efek perubahannya bila dilakukan perubahan pada masukannya. Pemodelan produktivitas konstruksi dapat dilakukan dengan metode deterministik, simulasi konstruksi, dan analisis statistik atau perangkat pembuat keputusan lainnya (Han and Halpin, 2005; Han *et al.*, 2011). Pemodelan produktivitas alat *bore pile* telah berhasil dilakukan oleh Zayed and Halpin (2004b) menggunakan metode deterministik, simulasi *MicroCyclone*, regresi, dan *Artificial Neural Network (ANN)*, sehingga menghasilkan bentuk produktivitas alat yang aplikatif. Merujuk pada hal tersebut, maka diperlukan penelitian dengan memodelkan produktivitas *HSPD*, guna mendapatkan bentuk produktivitas yang aplikatif.

Metode deterministik dan simulasi menganalisis data berdasarkan proses konstruksi, sedangkan metode analisis statistik atau perangkat pembuat keputusan lainnya berdasarkan data tanpa memperhatikan proses konstruksi. Metode deterministik menganalisis berdasar data historis atau referensi (Han *et al.*, 2011). Metode simulasi

Cyclone merupakan program simulasi konstruksi tertua (Gransberg *et al.*, 2006), sudah banyak digunakan, sistemnya sederhana, mudah untuk belajar dan efektif untuk pemodelan operasi konstruksi yang relatif sederhana (Martinez *and* Ioannou, 1999). Proses pemancangan terdiri dari beberapa aktivitas dengan durasi waktu tertentu, sehingga proses tersebut dapat dianalisis menggunakan metode deterministik dan simulasi *Cyclone* untuk memodelkan produktivitas. Metode analisis statistik dan perangkat pembuat keputusan lainnya dapat dilakukan dengan metode regresi dan *ANN*. Metode regresi dapat menunjukkan hubungan matematika antara produktivitas dan kondisi operasi, sedangkan metode *ANN* merupakan perangkat prediksi dalam rekayasa (Han *et al.*, 2011) yang mampu menangkap ketidaklinieran dan kekomplekan dari perubahan lingkungan tiap proyek konstruksi (Ok *and* Sinha, 2006), dan mampu menirukan cara kerja otak manusia untuk menyelesaikan masalah.

Berdasar uraian di atas, terdapat kesenjangan penelitian pada produktivitas *HSPD* yaitu:

- 1) Penelitian terdahulu (Sumito dan Antonioes, 2009; Wenas dan Gendo, 2010) terbatas pada analisis produktivitas *HSPD* berdasar waktu siklus tanpa mempertimbangkan pengaruh faktor lainnya, padahal daerah lain dimungkinkan memiliki kondisi lapangan yang berbeda. Penelitian mereka terbatas pada satu proyek, sehingga tidak dipertimbangkan faktor-faktor lain yang berbeda, maka sebaiknya dilakukan penelitian lebih lanjut guna mendapatkan data pada berbagai proyek untuk mendapatkan gambaran bentuk produktivitas secara detail. Faktor-faktor yang berpengaruh perlu dicermati, meliputi: kombinasi ukuran tiang pancang, kedalaman pemancangan, waktu siklus, dan pola pemancangan (jarak antar *pile caps*). Oleh karena itu, penting dilakukan penelitian untuk meneliti produktivitas *HSPD* pada berbagai lokasi pemancangan yang memiliki perbedaan faktor-faktor berpengaruh untuk menutupi kesenjangan tersebut.
- 2) Masing-masing hasil penelitian sebelumnya (Sumito dan Antonioes, 2009; Wenas dan Gendo, 2010) sangat terbatas, sehingga hanya menunjukkan sebuah angka produktivitas. Hal ini menyulitkan aplikasi hasil pada pekerjaan berikutnya. Hasil penelitian tersebut akan lebih bermanfaat bila dilakukan pada berbagai kombinasi faktor-faktor produktivitas. Oleh karena itu, dibutuhkan bentuk produktivitas alat *HSPD* yang dapat digunakan pada pekerjaan berikutnya, melalui penelitian dengan

pemodelan untuk menutupi kesenjangan tersebut, sehingga produktivitas alat dapat diketahui pada berbagai kondisi.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang masalah maka dapat diidentifikasi beberapa masalah sebagai berikut:

- 1) Produktivitas *HSPD* merupakan hal penting yang harus diketahui sebelum pelaksanaan pekerjaan, namun acuan estimasi produktivitas belum tersedia. Oleh karena itu, diperlukan model produktivitas *HSPD* yang dapat digunakan sebagai acuan perencanaan pekerjaan pemancangan.
- 2) Terdapat banyak variasi faktor-faktor produktivitas yang tidak mudah diselesaikan secara sederhana, sehingga membutuhkan pemodelan untuk menyelesaikannya. Terdapat banyak pemodelan untuk memodelkan produktivitas. Oleh karena itu, perlu menemukan model yang dapat mengestimasi produktivitas *HSPD* secara akurat.
- 3) Produktivitas *HSPD* dipengaruhi oleh banyak faktor yaitu ukuran tiang pancang, kedalaman pemancangan, waktu siklus, dan pola pemancangan, namun belum diketahui bagaimana pengaruhnya. Oleh karena itu, diperlukan analisis pengaruh faktor-faktor produktivitas tersebut sehingga diketahui pengaruhnya.

1.3 Perumusan Masalah

Berdasar uraian yang telah dikemukakan dalam latar belakang dan identifikasi masalah maka rumusan masalahnya adalah: Bagaimana model grafik produktivitas *HSPD*? Permasalahan produktivitas *HSPD* dapat dipertegas dalam bentuk pertanyaan-pertanyaan penelitian, yaitu:

- 1) Bagaimana membangun model produktivitas *HSPD*?
- 2) Bagaimana menganalisis variabel-variabel produktivitas *HSPD*?

1.4 Maksud dan Tujuan Penelitian

Maksud penelitian ini adalah untuk mengkaji produktivitas *HSPD* pada proyek konstruksi melalui pembuatan model grafik. Tujuan penelitian ini adalah:

- 1) Membangun model produktivitas *HSPD*.
- 2) Menganalisis variabel-variabel produktivitas *HSPD*.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

- 1) Bagi ilmu pengetahuan; penelitian ini dapat menambah pengetahuan tentang produktivitas *HSPD*. Sampai saat ini masih terbatas penelitian produktivitas *HSPD*. Model grafik produktivitas, metode pemodelan, dan variabel-variabel produktivitas akan memberi manfaat terhadap ilmu pengetahuan untuk menambah wawasan tentang produktivitas *HSPD*. Penelitian ini juga menjadi hal baru dalam ilmu pengetahuan karena meneliti produktivitas *HSPD* sehingga menghasilkan grafik yang aplikatif, meneliti pekerjaan pemancangan pada beberapa lokasi dengan kedalaman yang berbeda, dan membuat model-model produktivitas.
- 2) Bagi perencana, kontraktor, pemerintah, dan masyarakat; hasil penelitian ini dapat digunakan langsung oleh mereka untuk merencanakan waktu pelaksanaan pekerjaan pemancangan menggunakan alat *HPSD*. Perencanaan waktu pemancangan yang tepat akan meminimalkan keterlambatan pekerjaan struktur di atasnya sehingga mengurangi resiko kerugian akibat keterlambatan pelaksanaan pekerjaan. Hasil penelitian ini berguna sebagai acuan perencanaan produktivitas bagi perencana untuk merencanakan pekerjaan pemancangan dan bagi kontraktor dalam menghadapi persaingan pasar untuk memenangkan tender-tender.

1.6 Pembatasan Masalah

Pada penelitian ini perlu pembatasan masalah yaitu:

- 1) Penelitian dilakukan pada alat pancang *HSPD* tipe ZYC 120B-B.
Penelitian ini merupakan studi kasus pada pemancangan menggunakan alat *HSPD* tipe ZYC 120B-B. Beban konstruksi gedung bertingkat menengah relatif kecil, sehingga mampu ditahan dengan *mini pile* yang berukuran 30 x 30 cm atau yang lebih kecil. Kondisi ini dapat dikerjakan dengan alat yang berkapasitas tekan 120 ton, misalnya menggunakan alat *HSPD* seri ZYC 120B-B.
Pekerjaan pondasi tiang pancang pada proyek gedung bertingkat menengah akan terus dilaksanakan seiring laju pertumbuhan perkotaan sehingga alat ini akan banyak diaplikasikan.
- 2) Penelitian dilakukan untuk tiang pancang beton bujursangkar 25 x 25 cm dan segitiga 32 x 32 x 32 cm hasil pabrikasi.

Pondasi tiang pancang pada konstruksi gedung menengah, umumnya menggunakan *mini pile*. Penggunaan panjang tiang disesuaikan dengan kedalaman pemancangan, dengan pertimbangan sesedikit mungkin sambungan. Tiang pancang dapat dicetak dalam ukuran panjang tertentu yang disesuaikan dengan kedalaman pemancangannya, namun juga harus dipertimbangkan masalah kemampuan alat pancang yang digunakan. Tiang pancang dapat pula dicetak di lokasi pekerjaan bila diperlukan, namun hal ini memerlukan waktu yang lebih lama dan ruang yang cukup, sedangkan proyek biasanya dibatasi oleh waktu.

- 3) Penelitian dilakukan pada kedalaman pemancangan 6 – 12 m.

Kedalaman yang diteliti tersebut diharapkan sudah dapat memberikan kontribusi positif. Kedalaman yang lebih dalam dimungkinkan dapat pula terjadi tergantung jenis tanahnya. Namun hal ini sering dipertimbangkan kembali dengan alasan ekonomis untuk proyek gedung menengah.

- 4) Penelitian dilakukan pada tanah heterogen yang mengandung tanah pasir, lanau, dan lempung dengan komposisi tertentu.

Jenis tanah pasir dan lempung homogen akan sulit dilakukan pemancangan. Tanah pasir homogen cenderung padat, memiliki daya dukung yang besar, dan berada pada lapisan permukaan, sehingga pemancangan tidak diperlukan untuk bangunan gedung menengah. Tanah lempung homogen cenderung berbutir halus yang rapat, memiliki daya gesek yang tinggi, dan biasanya memiliki lapisan yang tebal, sehingga pemancangan akan sulit dilakukan untuk mencapai kedalaman yang lebih dalam. Tanah lanau homogen cenderung lunak, memiliki daya dukung dan gesek yang rendah, dan biasanya memiliki lapisan yang lebih dalam, sehingga pemancangan tidak ekonomis.

Pondasi tiang pancang umumnya digunakan pada jenis tanah heterogen dengan komposisi tertentu, dimana daya dukung yang dibutuhkan tidak berada di lapisan permukaan, namun masih ekonomis untuk digunakan pada bangunan gedung menengah.

- 5) Penelitian mengabaikan aktivitas penyambungan tiang pancang.

Kualitas penyambungan tiang pancang harus memenuhi syarat-syarat penyambungan. Realisasi di lapangan terkadang mengabaikan kualitas sambungan karena lemahnya pengawasan pekerjaan. Oleh karena itu, penelitian ini mengabaikan waktu sambungan pengelasan, karena adanya perbedaan waktu yang

signifikan saat ada pengawasan dan saat tidak ada pengawasan. Waktu pengelasan dapat ditambahkan tersendiri saat perencanaan waktu pelaksanaan pekerjaan.

- 6) Penelitian ini dilakukan pada siklus pemancangan tiap tiang pancang dalam satu *pile cap* (kepala tiang).

Jarak tiang pancang dalam satu *pile cap* hampir sama, sehingga waktu pindah alat antar tiang pancang tidak berbeda signifikan. Waktu pindah alat antar *pile caps* dapat ditambahkan tersendiri saat perencanaan waktu pelaksanaan pekerjaan.

1.7 Sistematika Penulisan

Penulisan disertasi ini dibagi dalam beberapa bagian agar mudah dipahami. Sistematika penulisan disertasi ini terdiri dari 6 Bab, yaitu:

- 1) Bab 1 (Pendahuluan) berisi: latar belakang masalah serta merumuskan gap penelitian, identifikasi masalah, perumusan masalah, maksud dan tujuan penelitian, manfaat penelitian, pembatasan masalah, dan sistematika penulisan.
- 2) Bab 2 (Kajian Pustaka) memaparkan: kajian teori yang relevan dengan tujuan penelitian, metode estimasi produktivitas, faktor-faktor produktivitas, *road map* penelitian, rangkuman dan arahan penelitian, konsep penelitian, kerangka berpikir, dan kebaharuan.
- 3) Bab 3 (Metode Penelitian) menjelaskan: *output* yang akan dihasilkan, variabel dan instrumen penelitian, desain dan skenario penelitian, metode pendekatan model, pengujian model, dan pengumpulan data.
- 4) Bab 4 (Analisis Data) menguraikan: pengolahan data, pemodelan, evaluasi model, keterbatasan model.
- 5) Bab 5 (Pembahasan Hasil Penelitian) membahas tentang hasil model dan pengaruh variabel-variabel produktivitas.
- 6) Bab 6 (Simpulan, Implikasi, dan Saran) memberikan: simpulan, implikasi, dan saran-saran dari hasil penelitian.