

**SKRIPSI**

**ANALISIS PERAMBATAN GELOMBANG  
BERDASARKAN METODE SMITH (1960) PADA  
PEMANCANGAN TIANG STUDI KASUS PROYEK  
*PLUIT SEA VIEW APARTEMENT*  
MUARA BARU – JAKARTA UTARA**



**ANDINI DWI ASTARI  
NPM : 2013410142**

**PEMBIMBING : Budijanto Widjaja, S.T., M.T., Ph.D.**

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN  
FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT Nomor: 227/BAN-PT/Ak-XVI/S/XI/2013)  
BANDUNG  
JUNI 2017**

**SKRIPSI**

**ANALISIS PERAMBATAN GELOMBANG  
BERDASARKAN METODE SMITH (1960) PADA  
PEMANCANGAN TIANG STUDI KASUS PROYEK  
*PLUIT SEA VIEW APARTEMENT*  
MUARA BARU – JAKARTA UTARA**



**ANDINI DWI ASTARI  
NPM : 2013410142**

**BANDUNG, 12 JUNI 2017**

**PEMBIMBING**

**Budijanto Widjaja, S.T., M.T., Ph.D.**

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN  
FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT Nomor: 227/BAN-PT/Ak-XVI/S/XI/2013)  
BANDUNG  
JUNI 2017**

## PERNYATAAN

Saya yang bertandatangan dibawah ini,

Nama lengkap : Andini Dwi Astari

NPM : 2013410142

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul *Analisis Perambatan Gelombang Berdasarkan Metode Smith (1960) Pada Pemancangan Tiang Studi Kasus Proyek Pluit Sea View Apartement Muara Baru Jakarta Utara* adalah karya ilmiah yang bebas dari plagiat. Jika dikemudian hari terbukti bahwa terdapat plagiat dalam skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku.

Bandung, 12 Juni 2017



Andini Dwi Astari  
2013410142

# **ANALISIS PERAMBATAN GELOMBANG BERDASARKAN METODE SMITH (1960) PADA PEMANCANGAN TIANG STUDI KASUS PROYEK *PLUIT SEA APARTEMENT* MUARA BARU JAKARTA UTARA**

**Andini Dwi Astari  
NPM: 2013410142**

**Pembimbing: Budijanto Widjaja, S.T., M.T., Ph.D.**

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN  
FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT Nomor: 227/SK/BAN-PT/Ak-XVI/S/XI/2013)  
BANDUNG  
JUNI 2017**

## **ABSTRAK**

Saat ini proyek pembangunan infrastruktur sedang meningkat di Indonesia. Setiap infrastruktur diperlukan pondasi yang harus mampu mendukung beban sampai batas ijin yang telah ditetapkan, termasuk mendukung beban maksimum yang dapat terjadi. Tiang pancang beton banyak digunakan karena memiliki keunggulan salah satunya adalah pengerjaan pondasi akan semakin efisien. Perencanaan pondasi tiang pancang harus dilakukan secara cermat dan teliti. Seiring dengan perkembangan zaman, teknologi dalam bidang konstruksi semakin meningkat kualitasnya. Tidak mengandalkan palu saja untuk pemancangan tetapi dapat menggunakan suatu program untuk menghitung daya dukung. Salah satunya adalah teori persamaan gelombang dengan metode Smith dan melakukan pengujian tiang dinamik menggunakan Pile Driving Analyzer/PDA. Pengujian tiang metode dinamik menggunakan PDA dilaksanakan dengan memasang sensor sepanjang tiang untuk merekam parameter kecepatan dan gaya saat tiang dipukul menggunakan palu dengan besaran energi tertentu. Tujuan dari penulisan skripsi ini adalah untuk menganalisis daya dukung tiang dengan menggunakan program komputer MICROWAVE. Pembuat program ini yaitu Dr. Lee L. Lowery, Jr., P.E. pada tahun 1993. Hasil analisis akan memuat tipe hammer yang akan digunakan, perbandingan kuat tekan dan tarik, serta dilakukan perbandingan uji Pile Driving Analyzer dengan hasil output MICROWAVE yang berguna sebagai pembanding daya dukung tiang pancang.

Kata Kunci : MICROWAVE, Analisis Perambatan Gelombang, PDA, Daya Dukung

**WAVE EQUATION ANALYSIS BASED ON SMITH'S  
METHOD (1960) FOR DRIVEN PILE CASE STUDY OF *PLUIT  
SEA APARTMENT PROJECT MUARA BARU NORTH  
JAKARTA***

**Andini Dwi Astari  
NPM: 2013410142**

**Advisor: Budijanto Widjaja, S.T., M.T., Ph.D.**

**PARAHYANGAN CATHOLIC UNIVERSITY  
FACULTY OF ENGINEERING DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING  
(Accredited by SK BAN-PT Number: 227/SK/BAN-PT/Ak-XVI/S/XI/2013)  
BANDUNG  
JUNE 2017**

**ABSTRACT**

Nowadays, construction of infrastructure projects is rising in Indonesia. Well-designed foundation is required for every structure to support allowable load including the maximum load which may be occurred. Concrete pile is extensively utilized due to it has several benefits. For instance, foundation execution is more efficient. Pile design must be carried out carefully and accurately. Along with the times, quality of construction technologies are advancing. Not only using hammer for pile driving, however run a program to calculate bearing capacity. Smith's wave equation analysis and dynamic load testing with Pile Driving Analyzer/PDA are the two of them. Dynamic load testing using PDA conducted with attach the sensor along the pile in order to record the velocity and force when being hit by the hammer with a certain amount of energy. The purpose of this thesis is analyzing pile bearing capacity with computer program MICROWAVE. Which was invented by Dr. Lee L. Lowery, Jr., P.E. in 1993. The analysis results will consist of the hammer type which will be utilized, compression and tensile strength comparison, and to compare Pile Driving Testing analyzer with output from MICROWAVE that will be applicable for pile bearing capacity comparison.

Keywords : MICROWAVE, Wave Equation Analysis, PDA, Bearing Capacity

## PRAKATA

Puji syukur atas rahmat Allah SWT yang melimpahkan kasih dan sayang-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul *Analisis Perambatan Gelombang Berdasarkan Metode Smith (1960) Pada Pemancangan Tiang Studi Kasus Proyek Pluit Sea View Apartement Muara Baru Jakarta Utara*. Skripsi ini merupakan salah satu syarat akademik dalam menyelesaikan studi tingkat Strata-1 di Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil, Universitas Katolik Parahyangan.

Dalam penyusunan skripsi ini banyak hambatan yang dihadapi penulis. Tetapi tidak terlepas dari bantuan, bimbingan, serta dukungan dari berbagai pihak, skripsi ini dapat diselesaikan. Oleh sebab itu, dalam kesempatan ini penulis dengan senang hati menyampaikan rasa terima kasih sedalam-dalamnya kepada :

1. Bapak Budijanto Widjaja, S.T., M.T., Ph.D. selaku dosen pembimbing yang selalu bijaksana memberikan bimbingan, nasehat serta waktunya selama penulisan skripsi ini
2. Bapak Prof. Paulus Pramono Rahardjo, Ph.D., dan Ibu Siska Rustiani, Ir., MT. selaku dosen penguji yang telah memberikan masukan dan saran
3. Mama, papa, kak adisti, kak bintang, mbak atas doa, kesabaran, dorongan semangat, kasih sayang dan tidak pernah lelah dalam mendidik dan memberi cinta yang tulus kepada penulis
4. Kepada teman-teman seperjuangan, Agita, Lia, Ratna, Krisna, Kenneth, Jericko, Steven, terimakasih atas bantuan dan kerjasamanya sejak pengerjaan skripsi ini dimulai

5. Lulu, Keyzha, Sella, Darlleen, Finna, Yupita, Sinta, Gaby, Via, Regina, terimakasih atas waktu, dukungan, semangat, dan motivasi yang kalian berikan
6. Teman-teman sipil angkatan 2013 atas kebersamaan dan bantuan yang berarti bagi penulis
7. Amel, Shinta, Adit, Pitri, Ratri, Vina, Dhira, Putri, Rahmi, Hasna, Shafira, Beta, Febi yang telah membantu memberi semangat serta dukungan moril kepada penulis
8. Semua pihak yang telah banyak membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna, tapi penulis berharap skripsi ini dapat berguna bagi orang yang membacanya.

Bandung, 12 Juni 2017



Andini Dwi Astari

2013410142

# DAFTAR ISI

ABSTRAK .....	i
ABSTRACT .....	iii
PRAKATA .....	v
DAFTAR ISI .....	vii
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN .....	ix
DAFTAR GAMBAR .....	xi
DAFTAR TABEL .....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN .....	xv
BAB 1    PENDAHULUAN .....	1-1
1.1    Latar Belakang .....	1-1
1.2    Maksud dan Tujuan Penelitian .....	1-2
1.3    Pembatasan Masalah .....	1-2
1.4    Metode Penelitian .....	1-2
1.5    Sistematika Penulisan .....	1-3
BAB 2    STUDI PUSTAKA .....	2-1
2.1    Umum .....	2-1
2.2    Tanah .....	2-1
2.3    Jenis-Jenis Tiang Pancang Berdasarkan Material .....	2-2
2.3.1    Tiang Pancang Kayu .....	2-2
2.3.2    Tiang Pancang Baja .....	2-2
2.3.3    Tiang Pancang Beton .....	2-3
2.3.4    Tiang Pancang Komposit .....	2-4
2.4    Jenis Tiang Pancang Berdasarkan Cara Pemindahan Beban .....	2-5
2.4.1    Tiang Pancang Dengan Tahanan Ujung ( <i>End Bearing Pile</i> ) .....	2-5
2.4.2    Tiang Pancang Dengan Tahanan Gesekan ( <i>Friction Pile</i> ) .....	2-5
2.5    Jenis-Jenis <i>Hammer</i> .....	2-5
2.5.1 <i>Drop Hammer</i> .....	2-6
2.5.2 <i>Diesel Hammer</i> .....	2-7
2.5.3 <i>Hydraulic Hammer</i> .....	2-8
2.5.4 <i>Vibratory Pile Driver</i> .....	2-9
2.5.5    Lainnya .....	2-9



2.6	<i>Pile Driving Analyzer (PDA)</i> .....	2-9
BAB 3	ANALISIS PERAMBATAN GELOMBANG.....	3-1
3.1	Perbedaan Antara Beban Dinamis dan Statis .....	3-1
3.2	Teori Perambatan Gelombang Pada Tiang .....	3-2
3.3	Gambaran Umum Persamaan Diferensial Smith (1960) .....	3-4
3.4	Konfigurasi Sistem Tiang .....	3-7
3.5	Karakteristik Tanah.....	3-8
3.5.1	<i>Damping dan Quake</i> .....	3-9
3.5.2	Tahanan Tanah Ultimit (Ru).....	3-11
3.6	Kapasitas Daya Dukung Aksial .....	3-11
3.7	<i>Software MICROWAVE</i> .....	3-12
3.7.1	EDITWAVE .....	3-12
3.7.2	MW.....	3-13
BAB 4	STUDI KASUS .....	4-1
4.1	Deskripsi Proyek.....	4-1
4.2	Penyelidikan Tanah dan Stratifikasi Tanah .....	4-1
4.2.1	Parameter Tanah Dari <i>Borehole (BH-9)</i> .....	4-2
4.2.2	Uji <i>Pile Driving Analyzer (PDA)</i> .....	4-4
4.3	Perhitungan Daya Dukung Pondasi .....	4-5
4.4	Analisis Perambatan Gelombang Dengan Program MICROWAVE ....	4-7
4.5	Perbandingan Hasil Daya Dukung.....	4-11
4.6	Spesifikasi Tiang Pancang .....	4-12
4.7	Peninjauan Kekuatan Tarik dan Tekan .....	4-12
BAB 5	KESIMPULAN DAN SARAN.....	5-1
5.1	Kesimpulan .....	5-1
5.2	Saran .....	5-1
DAFTAR PUSTAKA.....		xvii

## DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

A	= Luas penampang
C	= Kompresi
CH	= Lempung plastisitas tinggi
CI	= Lempung plastisitas sedang
CL	= Lempung plastisitas rendah
D	= Deformasi
D'	= Deformasi plastis
E	= Modulus young pada partikel tiang
E <sub>r</sub>	= <i>Hammer rated energy</i>
E <sub>h</sub>	= Efisiensi <i>hammer</i>
F	= Gaya
g	= Percepatan gravitasi
J	= Koefisien redaman
K	= Konstanta pegas dalam
K'	= Konstanta pegas luar
m	= Elemen ke-m
N	= Jumlah elemen
R	= Gaya yang dihasilkan oleh pegas luar dan waktu
Q	= Nilai <i>quake</i>
Q <sub>ult</sub>	= Kapasitas daya dukung maksimum ( <i>ultimate</i> )
Q <sub>e</sub>	= Kapasitas daya dukung ujung ( <i>end bearing</i> )
Q <sub>f</sub>	= Kapasitas daya dukung gesek ( <i>skin friction</i> )
Q <sub>all</sub>	= Kapasitas daya dukung izin
t	= Waktu
w	= Berat pada elemen tiang
x	= Koordinat panjang pada lokasi tertentu
V	= Kecepatan partikel pada elemen tiang
γ	= Berat isi tiang

$\Delta L$  = Panjang dari partikel tiang

$\Delta t$  = Interval waktu

PDA = *Pile Driving Analyzer*

SF = *Safety Factor*

SPT = *Standard Penetration Test*

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 1.1</b> Diagram Alir Penelitian.....	1-4
<b>Gambar 2.1</b> Tiang Pancang Komposit.....	2-4
<b>Gambar 2.2</b> <i>Drop Hammer</i> .....	2-6
<b>Gambar 2.3</b> <i>Diesel Hammer</i> .....	2-7
<b>Gambar 2.4</b> <i>Hydraulic Hammer</i> .....	2-8
<b>Gambar 2.5</b> <i>Vibratory Pile Driver</i> .....	2-9
<b>Gambar 2.6</b> PDA Model PAK.....	2-10
<b>Gambar 2.7</b> PDA Model PAX.....	2-10
<b>Gambar 2.8</b> <i>Accelerometer dan Transducer</i> .....	2-10
<b>Gambar 2.9</b> Tipikal Penyusunan Pengetesan PDA (ASTM D 4945).....	2-11
<b>Gambar 3.1</b> Pembebanan Statis dan Pembebanan Dinamis.....	3-1
<b>Gambar 3.2</b> Model Matematika Sistem Tiang Pancang.....	3-5
<b>Gambar 3.3</b> Konfigurasi Sistem Tiang.....	3-8
<b>Gambar 3.4</b> Hubungan Antara <i>Setup Factor</i> , <i>Limit Distance</i> dan <i>Setup Time</i> ... 3-9	3-9
<b>Gambar 4.1</b> Korelasi N-SPT Dengan Nilai Kuat Geser <i>Undrained</i> .....	4-3
<b>Gambar 4.2</b> Korelasi Sudut Geser Dalam Dengan N-SPT.....	4-3
<b>Gambar 4.3</b> Stratifikasi Tanah.....	4-4
<b>Gambar 4.4</b> Output Program MICROWAVE.....	4-10
<b>Gambar 4.5</b> Tekan Maksimum dan Tarik Minimum.....	4-17

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2.1</b> Tipe Diesel <i>Hammer</i> DELMAG (Sumber : DELMAG, 2017) .....	2-8
<b>Tabel 3.1</b> Faktor <i>Quake</i> (Sumber : <i>GRLWEAP Manual</i> , 2000).....	3-10
<b>Tabel 3.2</b> Faktor <i>Damping</i> (Sumber : <i>GRLWEAP Manual</i> , 2000) .....	3-10
<b>Tabel 3.3</b> <i>Setup Factor</i> (Sumber : <i>GRLWEAP Manual</i> , 2000).....	3-10
<b>Tabel 3.4</b> Jenis Tanah (Sumber : <i>Pile Driving Analysis By The Wave Equation</i> ,1993) .....	3-11
<b>Tabel 4.1</b> Profil Tanah.....	4-2
<b>Tabel 4.2</b> <i>Hammer</i> DD 63 Dengan <i>Output</i> Program MICROWAVE.....	4-9
<b>Tabel 4.3</b> <i>Hammer</i> DD 30 Dengan <i>Output</i> Program MICROWAVE.....	4-9
<b>Tabel 4.4</b> <i>Hammer</i> DD 80 Dengan <i>Output</i> Program MICROWAVE.....	4-10
<b>Tabel 4.5</b> Perbandingan Hasil Daya Dukung .....	4-11
<b>Tabel 4.6</b> Tiang Pancang Segi Empat (Sumber : <i>JHS PC Square Pile</i> , 2017)..	4-12
<b>Tabel 4.7</b> Nilai Tekan Maksimum dan Nilai Tarik Maksimum Berdasarkan Nilai .....	4-14
<b>Tabel 4.8</b> Hasil Nilai Tekan Maksimum dan Tarik Maksimum.....	4-16

## **DAFTAR LAMPIRAN**

**LAMPIRAN A** DENAH LOKASI TIANG 426

**LAMPIRAN B** DENAH LOKASI *BOREHOLE*

**LAMPIRAN C** DATA *BORLOG* BH-9

**LAMPIRAN D** HASIL TEST PDA DAN CAPWAP

**LAMPIRAN E** *OUTPUT* PROGRAM MICROWAVE

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Pondasi merupakan bagian paling dasar dari suatu bangunan yang berfungsi meneruskan beban dari struktur atas ke lapisan tanah dibawahnya tanpa mengakibatkan penurunan tanah pondasi dan tanpa mengakibatkan keruntuhan geser tanah. Tiang merupakan batang langsing yang terdapat pada bagian pondasi. Tiang dipancang ke dalam tanah untuk menyalurkan beban dari struktur atas melalui tanah lunak dan air hingga kedalam tanah keras yang terletak cukup dalam.

Pondasi sebagai bagian paling dasar dari suatu bangunan dibagi menjadi dua yaitu pondasi dalam dan pondasi dangkal. Pemilihan tipe pondasi tergantung kepada beban dan struktur yang ada di atasnya serta bergantung terhadap kondisi tanah disekitarnya. Sehingga beban yang ringan digunakan pondasi dangkal sedangkan beban yang berat digunakan pondasi dalam. Salah satu pondasi dalam yaitu *driven pile* 'pondasi tiang pancang'.

Pondasi tiang pancang sering digunakan pada konstruksi bangunan bertingkat. Struktur yang menggunakan pondasi tiang pancang apabila tanah dasar tidak mempunyai kapasitas daya pikul yang memadai. Estimasi biaya dapat menjadi indikator bahwa pondasi tiang pancang biayanya lebih murah daripada tipe pondasi yang lain. Perhitungan daya dukung pondasi tiang pancang yang dapat digunakan salah satunya adalah metode dinamik. Metode dinamik menggunakan *wave equation* 'persamaan gelombang' dan *stress wave* 'gelombang tegangan'.

Pada skripsi ini akan dibahas mengenai pondasi tiang pancang dengan menggunakan *wave equation* yang dikembangkan oleh Smith (1960). Kelebihan dari metode ini yaitu analisa dapat dilakukan pada setiap bagian model tiang pancang atau tanah secara terpisah sehingga akan menghasilkan daya dukung yang

lebih tepat dan mendapatkan hasil tiang pancang yang optimal. Analisa akan menggunakan program MICROWAVE yang dibuat oleh Lowery (1993).

## **1.2 Maksud dan Tujuan Penelitian**

Maksud dari penelitian adalah melakukan analisis mengenai pondasi tiang pancang dengan teori perambatan gelombang menggunakan program MICROWAVE.

## **1.3 Pembatasan Masalah**

Berdasarkan bentuk dan kedalamannya maka perhitungan pondasi mempunyai kriteria yang berbeda-beda. Permasalahan tentang pondasi memiliki cakupan yang luas, maka dari itu perlu diadakan pembatasan masalah yang akan diuraikan. Masalah yang dibatasi antara lain :

- 1.3.1 Pondasi tiang pancang
- 1.3.2 Perambatan gelombang dengan metode Smith
- 1.3.3 Data berasal dari Muara Baru, Jakarta Utara
- 1.3.4 Desain hammer

## **1.4 Metode Penelitian**

Proses pengumpulan data pendukung pada skripsi agar dapat diselesaikan dengan baik menggunakan metode penelitian antara lain :

1. Studi Literatur  
Melakukan studi literatur tentang pelaksanaan pemancangan tiang menggunakan metode perambatan gelombang.
2. Analisis Masalah  
Melakukan analisa berdasarkan data lapangan yang ada dan melakukan pembahasan tentang permasalahan yang ada berdasarkan teori Smith.



## **1.5 Sistematika Penulisan**

Rancangan sistematika penulisan secara keseluruhan pada skripsi ini terdiri dari 5 (lima) bab, antara lain :

### **Bab 1 PENDAHULUAN**

Bab ini membahas tentang latar belakang pemilihan judul, maksud dan tujuan penelitian, pembatasan masalah, metode penelitian, sistematika penulisan, dan diagram alir.

### **Bab 2 STUDI PUSTAKA**

Bab ini membahas tentang teori dasar, rumus yang berhubungan dengan topik yang dibahas.

### **Bab 3 ANALISIS PERAMBATAN GELOMBANG**

Bab ini menjelaskan tentang teori gelombang yang dikembangkan oleh Smith dengan menggunakan program MICROWAVE.

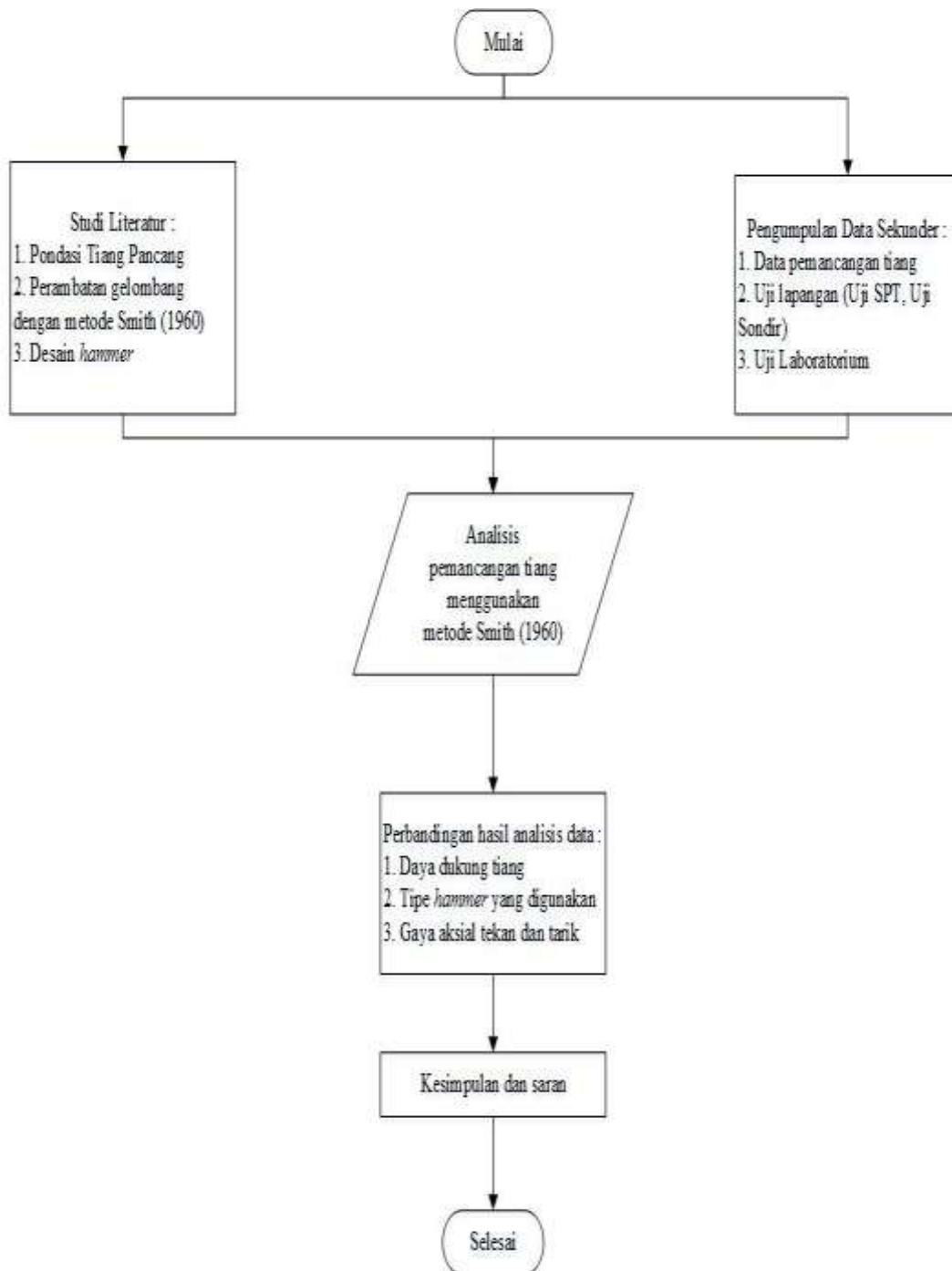
### **Bab 4 STUDI KASUS**

Bab ini menganalisa tentang pondasi tiang pancang, perambatan gelombang dengan metode Smith, data yang diambil berlokasi di Muara Baru, serta *hammer* yang digunakan.

### **Bab 5 KESIMPULAN DAN SARAN**

Bab ini berisi tentang kesimpulan hasil analisis dan memberikan saran terhadap hal-hal yang telah dilakukan pada penulisan skripsi.

## 1.6 Diagram Alir



Gambar 1.1 Diagram Alir Penelitian