



**ANALISIS PEKERJAAN PONDASI *BORED PILE*,  
*SECANT PILE* SERTA *PILE CAP* BERBASIS SISTEM  
DINAMIK DAN *TIME COST TRADE OFF* PADA  
PROYEK BANGUNAN HUNIAN BERTINGKAT  
TINGGI**

**TESIS**

UNIVERSITAS  
**DIVY WIRA AGUSMA**  
**NIM. 55719110008**  
MERCU BUANA

**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MERCUBUANA  
2021**



**ANALISIS PEKERJAAN PONDASI *BORED PILE*,  
*SECANT PILE* SERTA *PILE CAP* BERBASIS SISTEM  
DINAMIK DAN *TIME COST TRADE OFF* PADA  
PROYEK BANGUNAN HUNIAN BERTINGKAT  
TINGGI**

**TESIS**

**Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk Menyelesaikan  
Program Studi Magister Teknik Sipil**

**MERCU BUANA**  
OLEH

**DIVY WIRA AGUSMA  
NIM. 55719110008**

**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MERCUBUANA  
2021**

## LEMBAR PENGESAHAN

Judul : "Analisis Pekerjaan Pondasi Bored Pile, Secant Pile, Serta Pile Cap Berbasis Sistem Dinamik Dan Time Cost Trade Off Pada Proyek Bangunan Hunian Bertingkat Tinggi "

Nama : Divy Wira Agusma

NIM : 55719110008

Program Studi : Magister Teknik Sipil

Tanggal : 15 Juli 2021

Mengesahkan,  
Pembimbing



(Dr. Ir. Albert Eddy Husin, M.T.)  
NIDN/NIK: 0309116504/116650547

UNIVERSITAS  
MERCU BUANA

Dekan  
Fakultas Teknik

Ketua Program Studi  
Magister Teknik Sipil



Dr. Ir. Mawardi Anln, M.T.  
NIDN/NIK: 0024096701/192670076



Dr. Ir. Budi Susetvo, M.T.  
NIDN/NIK: 0329116201/190620035

## PERNYATAAN *SIMILARITY CHECK*

Saya yang bertanda tangan di bawah ini menyatakan, bahwa karya ilmiah yang ditulis oleh

Nama : Divy Wira Agusma  
NIM : 55719110008  
Program Studi : Magister Teknik Sipil

dengan judul

“ Analisis Pekerjaan Pondasi *Bored Pile*, *Pile Cap* Serta *Secant Pile* Berbasis AHP (*Analytic Hierarchy Process*) Pada Proyek Bangunan Basement 5 Lapis”, telah dilakukan pengecekan *similarity* dengan sistem Turnitin pada tanggal 30/07/21, didapatkan nilai persentase sebesar 27 %.

Jakarta, 30 Juli 2020

Administrator Turnitin

UNIVERSITAS  
MERCU BUANA

Arie Pangudi, A.Md

## PERNYATAAN KEASLIAN (ORINALITAS)

Saya yang bertandatangan dibawah ini menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa semua pernyataan dalam Tesis ini:

Judul : Analisis Pekerjaan Pondasi *Bored Pile*, *Secant Pile* Serta *Pile Cap* Berbasis Sistem Dinamik Dan *Time Cost Trade Off* Pada Proyek Bangunan Hunian Bertingkat Tinggi

Nama : Divy Wira Agusma

NIM : 55719110008

Program Studi : Magister Teknik Sipil

Tanggal : 15 Juli 2021

Merupakan hasil studi pustaka, penelitian lapangan, dan karya saya sendiri dengan bimbingan Komisi Dosen Pembimbing yang ditetapkan dengan Surat Keputusan Ketua Program Studi Magister Teknik Sipil Universitas Mercu Buana Nomor: 09/597/F-STT/IX/2019

Karya ilmiah ini belum pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan pada program studi sejenis di perguruan tinggi lain. Semua informasi, data, dan hasil pengolahannya yang digunakan, telah dinyatakan secara jelas sumbernya dan dapat diperiksa kebenarannya.

UNIVERSITAS  
MERCU BUANA

Jakarta, 15 Juli, 2021



(Divy Wira Agusma)

## ABSTRACT

Name : Divy Wira Agusma  
NIM : 55719110023  
Concentration : Construction Management  
Title : **Analysis Of Bored Pile, Secant Pile And Pile Cap Based On System Dynamics And Time Cost Trade Off On High Rise Residential Building Projects.**  
Counsellor : Dr. Ir. Albert Eddy Husin, M.T.

Indonesia is a country with a construction growth of more than 6% annually, related this has an impact on the DKI Jakarta Province which lacks green space, therefore high-rise housing is needed so that green space in DKI Jakarta Province can reach 30% of the land area.

The occurrence of additional costs for bored foundation work, secant piles and pile caps for multi-storey residential projects is often caused by rework, in addition to having an impact on additional costs, rework causes project schedules.

This study aims to develop a scenario that is expected to minimize the occurrence of additional costs caused by rework using system modeling and to accelerate project execution time using TCTO.

Based on the research results obtained 12 factors that cause rework and delays, dynamic system modeling can reduce rework costs by 20.34% and TCTO implementation accelerates project completion by 35% from the initial time on bored pile foundation work, secant pile and pile cap high-rise residential projects.

**Keywords:** Rework, Time Delay, System Dynamics, Time Cost Trade Off, High Rise Residential Building

## ABSTRAK

Nama : Divy Wira Agusma  
NIM : 55719110023  
Konsentrasi : Manajemen Konstruksi  
Judul : **Analisis Pekerjaan Pondasi *Bored Pile*, *Secant Pile* Serta *Pile Cap* Berbasis Sistem Dinamik Dan *Time Cost Trade Off* Pada Proyek Bangunan Hunian Bertingkat Tinggi**  
Dosen Pembimbing : Dr. Ir. Albert Eddy Husin, M.T.

Indonesia merupakan Negara dengan pertumbuhan konstruksi lebih dari 6 % setiap tahunnya, hal ini berdampak terhadap Provinsi DKI Jakarta yang kekurangan ruang hijau, oleh sebab itu hunian bertingkat tinggi sangat diperlukan agar ruang hijau di Provinsi DKI Jakarta dapat mencapai 30 % dari luas daratan.

Terjadinya penambahan biaya pada pekerjaan pondasi *bored pile*, *secant pile* dan *pile cap* proyek hunian bertingkat tinggi sering disebabkan oleh *rework*, selain berdampak terhadap penambahan biaya, *rework* menyebabkan keterlambatan jadwal penyelesaian proyek.

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan skenario yang diharapkan untuk meminimalisir terjadinya penambahan biaya disebabkan oleh *rework* menggunakan pemodelan sistem dinamik serta melakukan percepatan waktu pelaksanaan proyek dengan menggunakan TCTO

Berdasarkan hasil penelitian diperoleh 12 faktor yang menyebabkan terjadinya *rework* serta keterlambatan, pemodelan sistem dinamik dapat mengurangi biaya *rework* sebesar 20.34 % dan implementasi TCTO mempercepat penyelesaian proyek sebesar 35 % dari waktu awal pada pekerjaan pondasi *bored pile*, *secant pile* dan *pile cap* proyek hunian bertingkat tinggi.

**Keywords:** *Rework*, Keterlambatan, Sistem Dinamik, *Time Cost Trade Off*, Hunian Bertingkat tinggi

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa karena atas rahmatnya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tesis yang berjudul “Analisis Pekerjaan Pondasi *bored pile*, *secant pile* dan *pile cap* Berbasis Sistem Dinamik Serta *Time Cost Trade Off (TCTO)* Pada Proyek Bangunan Hunian Bertingkat Tinggi”. Penyusunan Tesis ini dilakukan sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan studi Jenjang Strata II (S2) Bidang Keahlian Manajemen Konstruksi Program Magister Teknik Sipil, Universitas Mercu Buana. Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Dr. Ir. Albert Eddy Husin, M.T., selaku Dosen Pembimbing yang telah membimbing hingga tesis ini dapat diselesaikan dengan baik.
2. Dr. Ir. Budi Susetyo, M.T., selaku Ketua Sidang dan Ketua Program Studi Magister Teknik Sipil Universitas Mercu Buana yang membantu kelancaran belajar penulis.
3. Dr. Ir. Agus Suroso, M.T., selaku Dosen Penelaah yang telah memberikan masukan sehingga tesis ini dapat diselesaikan dengan baik
4. Prof. Dr. Ing. Mudrik Alaydrus, selaku Direktur Pascasarjana Universitas Mercu Buana.
5. Kedua orang tua beserta keluarga yang sangat saya sayangi yang telah mendoakan penulis dan mendukung secara moril dan materil sehingga tesis ini dapat diselesaikan.
6. Seluruh staff dan karyawan Program Magister Teknik Sipil Universitas Mercu Buana yang membantu kelancaran belajar penulis.
7. Rekan-rekan Mahasiswa Magister Teknik Sipil Angkatan 8 Universitas Mercu Buana yang membantu kelancaran belajar penulis.
8. Responden dan semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu.

Penulis menyadari pada penyusunan tesis ini terdapat berbagai kekurangan yang perlu disempurnakan. Penulis berharap penelitian selanjutnya dapat menggali lebih dalam tentang kejadian *rework* pada proyek-proyek lainnya, sehingga dapat digunakan sebagai bahan pembelajaran dari berbagai pihak. Semoga penelitian ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan penelitian selanjutnya.

Jakarta, 15 Juli 2021

(Divy Wira Agusma)



## DAFTAR ISI

COVER .....	i
LEMBAR PENGESAHAN .....	ii
LEMBAR <i>SIMILARITY CHECK</i> .....	iii
PERNYATAAN KEASLIAN (ORINALITAS) .....	iv
ABSTRACT .....	v
ABSTRAK .....	vi
KATA PENGANTAR .....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR .....	xi
DAFTAR TABEL.....	xiv
BAB I.....	1
PENDAHULUAN .....	1
1.1. Latar Belakang Masalah.....	1
1.2. Identifikasi Masalah .....	7
1.3. Rumusan Masalah .....	8
1.4. Tujuan Penelitian.....	9
1.5. Manfaat Penelitian.....	9
1.6. Batasan Penelitian .....	10
1.7. Keaslian Penelitian.....	10
1.7.1 Celah Penelitian ( <i>Research Gap</i> ).....	11
1.7.1 <i>State Of The Art</i> .....	11
1.8. Hipotesa Penelitian.....	14
1.9. Sistematika Penelitian .....	14
BAB II.....	16
TINJAUAN PUSTAKA .....	16
2.1 Teori .....	16
2.1.1 Definisi <i>Basement</i> .....	16
2.1.2 <i>Bored Pile</i> .....	17
2.1.3 <i>Secant Pile</i> .....	18
2.1.4 <i>Pile Cap</i> .....	18
2.1.5 <i>Rework</i> .....	19

2.1.6 Sistem .....	25
2.1.7 Model .....	29
2.1.8 Simulasi .....	29
2.1.9 Sistem Dinamik .....	30
2.1.10 Powersim .....	35
2.1.11 <i>Analytical Hierarchy Process (AHP)</i> .....	35
2.1.12 <i>Time Cost Trade Off (TCTO)</i> .....	40
2.2 Penelitian Terdahulu .....	42
2.3 Kerangka Pemikiran .....	42
2.3.1 Celah Penelitian .....	43
2.3.2 Posisi Penelitian .....	43
<b>BAB III METODE PENELITIAN</b> .....	<b>45</b>
3.1. Desain Penelitian .....	45
3.2. Variabel Penelitian .....	45
3.3. Jenis dan Sumber Data .....	45
3.3.1 Data Primer .....	45
3.3.2 Data Sekunder .....	46
3.4 Teknik Pengumpulan Data .....	46
3.4.1 Penjelasan Langkah Penelitian .....	49
3.4.2 Analisis Data .....	50
<b>BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN</b> .....	<b>53</b>
4.1 <i>Analytic Hierarchy Process (AHP)</i> .....	53
4.1.1 Tahap Desain Penelitian .....	54
4.1.2 Survei Kuesioner .....	58
4.1.3 Pengumpulan Data .....	59
4.1.4 Pengolahan Data .....	59
4.1.5 Hasil (Faktor-faktor paling berpengaruh) .....	88
4.2 Implementasi Sistem Dinamik .....	90
4.2.1 Konseptualisasi Model .....	91
4.2.2 <i>Causal Loop Diagram (CLD)</i> .....	92
4.2.3 <i>Stock Flow Diagram (SFD)</i> .....	96
4.2.5 Validasi Model .....	101

4.2.6 Skenario.....	103
4.2.7 Simulasi.....	110
5.2.8 Hasil.....	118
4.3 Implementasi Time Cost Trade Off (TCTO) .....	119
4.3.1 Jenis-Jenis Biaya pada proyek.....	120
4.3.2 Program <i>Microsoft Project</i> .....	122
4.3.3 Analisa Data .....	122
4.3.4 Pengolahan Data .....	131
4.3.5 Tabel hasil analisa terhadap seluruh item pekerjaan .....	131
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	133
4.1 Kesimpulan.....	133
4.2 Saran.....	134
DAFTAR PUSTAKA .....	135
LAMPIRAN.....	138



UNIVERSITAS  
MERCU BUANA

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 1. 1</b>	Populasi masyarat di daerah perkotaan.....	1
<b>Gambar 1. 2</b>	Populasi usia median menurut wilayah .....	2
<b>Gambar 1. 3</b>	10 Besar pasar konstruksi tahun 2009 dan tahun 2020 .....	2
<b>Gambar 1. 4</b>	Prediksi pertumbuhan konstruksi di benua Asia .....	3
<b>Gambar 1. 5</b>	Fasilitas Likuiditas Pembiayaan Perumahan sampai tahun 2020 .....	3
<b>Gambar 1. 6</b>	Celah Penelitian ( <i>Research Gap</i> ).....	12
<b>Gambar 1. 7</b>	State Of The Art .....	13
<b>Gambar 2. 1</b>	Proses terjadinya <i>rework</i> .....	24
<b>Gambar 2. 2</b>	Kegiatan <i>Rework</i> .....	24
<b>Gambar 2. 3</b>	Proses Dalam Pemodelan Sistem Dinamik .....	31
<b>Gambar 2. 4</b>	Model Struktur AHP 4 Level.....	39
<b>Gambar 2. 5</b>	Grafik Hubungan Waktu-Biaya Normal dan Dipersingkat untuk Satu Kegiatan .....	41
<b>Gambar 2. 6</b>	Diagram Kausatik Penyebab Rework Proyek Infrastruktur .....	44
<b>Gambar 3. 1</b>	Flow Chart Penelitian .....	48
<b>Gambar 3. 2</b>	Flow Chart Penelitian .....	48
<b>Gambar 3. 3</b>	Flow Chart Penelitian <i>Time Cost Trade Off (TCTO)</i> .....	49
<b>Gambar 4. 1</b>	Diagram alir menentukan faktor – faktor yang dominan.....	54
<b>Gambar 4. 2</b>	Tahapan Penggunaan Software Expert Choice untuk AHP .....	64
<b>Gambar 4. 3</b>	Bobot Kriteria Responden 1 .....	65
<b>Gambar 4. 4</b>	Bobot Kriteria Responden 2 .....	66
<b>Gambar 4. 5</b>	Bobot Kriteria Responden 3 .....	66
<b>Gambar 4. 6</b>	Bobot Kriteria Responden 4 .....	67
<b>Gambar 4. 7</b>	Bobot Kriteria Responden 5 .....	67
<b>Gambar 4. 8</b>	Bobot Kriteria Responden 6 .....	68
<b>Gambar 4. 9</b>	Bobot Kriteria Responden 7 .....	68
<b>Gambar 4. 10</b>	Bobot Kriteria Responden 8 .....	69
<b>Gambar 4. 11</b>	Bobot Kriteria Responden 9 .....	69
<b>Gambar 4. 12</b>	Bobot Kriteria Responden 10 .....	70
<b>Gambar 4. 13</b>	Bobot Kriteria Responden 11 .....	70
<b>Gambar 4. 14</b>	Bobot Kriteria Responden 12 .....	71

<b>Gambar 4. 15</b> Bobot Kriteria Responden 13 .....	72
<b>Gambar 4. 16</b> Bobot Kriteria Responden 14 .....	72
<b>Gambar 4. 17</b> Bobot Kriteria Responden 15 .....	73
<b>Gambar 4. 18</b> Bobot Kriteria Responden 16 .....	73
<b>Gambar 4. 19</b> Bobot Kriteria Responden 17 .....	74
<b>Gambar 4. 20</b> Bobot Kriteria Responden 18 .....	74
<b>Gambar 4. 21</b> Bobot Kriteria Responden 19 .....	75
<b>Gambar 4. 22</b> Bobot Kriteria Responden 20 .....	75
<b>Gambar 4. 23</b> Bobot Kriteria Responden 21 .....	76
<b>Gambar 4. 24</b> Bobot Kriteria Responden 22 .....	76
<b>Gambar 4. 25</b> Faktor Mempengaruhi Responden 1.....	77
<b>Gambar 4. 26</b> Faktor Mempengaruhi Responden 2.....	77
<b>Gambar 4. 27</b> Faktor Mempengaruhi Responden 3.....	78
<b>Gambar 4. 28</b> Faktor Mempengaruhi Responden 4.....	78
<b>Gambar 4. 29</b> Faktor Mempengaruhi Responden 5.....	79
<b>Gambar 4. 30</b> Faktor Mempengaruhi Responden 6.....	79
<b>Gambar 4. 31</b> Faktor Mempengaruhi Responden 7.....	80
<b>Gambar 4. 32</b> Faktor Mempengaruhi Responden 8.....	80
<b>Gambar 4. 33</b> Faktor Mempengaruhi Responden 9.....	81
<b>Gambar 4. 34</b> Faktor Mempengaruhi Responden 10.....	81
<b>Gambar 4. 35</b> Faktor Mempengaruhi Responden 11.....	82
<b>Gambar 4. 36</b> Faktor Mempengaruhi Responden 12.....	82
<b>Gambar 4. 37</b> Faktor Mempengaruhi Responden 13.....	83
<b>Gambar 4. 38</b> Faktor Mempengaruhi Responden 14.....	83
<b>Gambar 4. 39</b> Faktor Mempengaruhi Responden 15.....	84
<b>Gambar 4. 40</b> Faktor Mempengaruhi Responden 16.....	84
<b>Gambar 4. 41</b> Faktor Mempengaruhi Responden 17.....	85
<b>Gambar 4. 42</b> Faktor Mempengaruhi Responden 18.....	85
<b>Gambar 4. 43</b> Faktor Mempengaruhi Responden 19.....	86
<b>Gambar 4. 44</b> Faktor Mempengaruhi Responden 20.....	86
<b>Gambar 4. 45</b> Faktor Mempengaruhi Responden 21.....	87
<b>Gambar 4. 46</b> Faktor Mempengaruhi Responden 22.....	87

<b>Gambar 4. 47</b> Performance Sensitivity (Combined).....	89
<b>Gambar 4. 48</b> Dynamic Sensitivity (Combined) .....	90
<b>Gambar 4. 49</b> Diagram Alur Sistem Dinamik .....	91
<b>Gambar 4. 50</b> <i>Causal Loop Diagram</i> .....	92
<b>Gambar 4. 51</b> Model Simulasi <i>Repair</i> .....	98
<b>Gambar 4. 52</b> Model Simulasi <i>Replacement</i> .....	98
<b>Gambar 4. 53</b> Model Simulasi <i>Revision</i> .....	99
<b>Gambar 4. 54</b> Model Simulasi <i>Redesign</i> .....	99
<b>Gambar 4. 55</b> Model Simulasi <i>Rework</i> .....	100
<b>Gambar 4. 56</b> Model simulasi mengurangi nilai rework .....	107
<b>Gambar 4. 57</b> Simulasi 1 mengurangi nilai <i>rework</i> .....	111
<b>Gambar 4. 58</b> Simulasi 2 mengurangi nilai <i>rework</i> .....	111
<b>Gambar 4. 59</b> Simulasi 3 mengurangi nilai <i>rework</i> .....	112
<b>Gambar 4. 60</b> Simulasi 4 mengurangi nilai <i>rework</i> .....	112
<b>Gambar 4. 61</b> Simulasi 5 mengurangi nilai <i>rework</i> .....	113
<b>Gambar 4. 62</b> Simulasi 6 mengurangi nilai <i>rework</i> .....	113
<b>Gambar 4. 63</b> Simulasi 7 mengurangi nilai <i>rework</i> .....	114
<b>Gambar 4. 64</b> Simulasi 8 mengurangi nilai <i>rework</i> .....	114
<b>Gambar 4. 65</b> Simulasi 9 mengurangi nilai <i>rework</i> .....	115
<b>Gambar 4. 66</b> Simulasi 10 mengurangi nilai <i>rework</i> .....	115
<b>Gambar 4. 67</b> Simulasi 11 mengurangi nilai rework.....	116
<b>Gambar 4. 68</b> <i>Flow Chart Metode Time Cost Trade Off (TCTO)</i> .....	120
<b>Gambar 4. 69</b> PDM pekerjaan Mat Found City Tower .....	128
<b>Gambar 4. 70</b> PDM pekerjaan Mat Found Sky Tower.....	129
<b>Gambar 4. 71</b> PDM pekerjaan Mat Found Podium Tower.....	129
<b>Gambar 4. 72</b> PDM pekerjaan <i>Bored Pile</i> .....	130
<b>Gambar 4. 73</b> PDM pekerjaan <i>Secant Pile</i> .....	130

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2. 1</b> Faktor-faktor penyebab rework .....	21
<b>Tabel 2. 2</b> Penelitian Terdahulu.....	42
<b>Tabel 4. 1</b> Daftar Main Faktor .....	55
<b>Tabel 4. 2</b> Daftar Sub Faktor .....	55
<b>Tabel 4. 3</b> Skala dan Kriteria Jawaban .....	57
<b>Tabel 4. 4</b> Data Umum Pakar .....	58
<b>Tabel 4. 5</b> Rincian Pengembalian Kuesioner .....	59
Tabel 4. 6 Rincian Pengembalian Kuesioner .....	60
<b>Tabel 4. 7</b> Data Responden.....	61
<b>Tabel 4. 8</b> Faktor – Faktor yang mempengaruhi kinerja .....	88
<b>Tabel 4. 9</b> Faktor – Faktor yang mempengaruhi <i>rework</i> .....	93
<b>Tabel 4. 10</b> Sub Faktor yang mempengaruhi <i>rework</i> .....	95
<b>Tabel 4. 11</b> Faktor yang mengurangi <i>rework</i> .....	96
<b>Tabel 4. 12</b> Tabel Penjelasan simbol <i>stock flow diagram</i> .....	97
<b>Tabel 4. 13</b> Tabel Persentase Jumlah <i>Rework</i> .....	101
<b>Tabel 4. 14</b> Tabel Keterkaitan <i>Rework</i> .....	103
<b>Tabel 4. 15</b> Tabel Persentase Mengurangi <i>Rework</i> .....	105
<b>Tabel 4. 16</b> Tabel Skenario Nilai Untuk Mengurangi <i>Rework</i> .....	107
<b>Tabel 4. 17</b> Tabel skenario mengurangi <i>rework</i> .....	110
Tabel 4. 18 Tabel hasil skenario mengurangi nilai <i>rework</i> .....	117
<b>Tabel 4. 19</b> Skenario terpilih untuk meminimalisir <i>rework</i> .....	118
<b>Tabel 4. 20</b> Durasi dan <i>Predecessors</i> .....	122
<b>Tabel 4. 21</b> Volume Pekerjaan .....	127
<b>Tabel 4. 22</b> Hasil Analisa <i>Time Cost Trade Off</i> .....	131