

# **TESIS**

**ANALISIS PERBANDINGAN PEMAKAIAN STRUKTUR PADA  
TANAH LUNAK ANTARA *PILED SLAB* DAN CAKAR AYAM  
MODIFIKASI DARI SEGI BIAYA DAN WAKTU  
KASUS : RELOKASI JALAN TOL SURABAYA – GEMPOL  
PAKET 1 STA. 36+900 – 37+000**

**Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan  
Guna Mencapai Gelar Magister Teknik Sipil**



**Diajukan oleh :**  
**IRWAN WAHYONO**  
N.I.M : 147.151.0.0783

**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS 17 AGUSTUS 1945 SURABAYA  
2017**

**ANALISIS PERBANDINGAN PEMAKAIAN STRUKTUR  
PADA TANAH LUNAK ANTARA PILED SLAB DAN CAKAR AYAM  
MODIFIKASI DARI SEGI BIAYA DAN WAKTU  
KASUS : RELOKASI JALAN TOL SURABAYA – GEMPOL  
PAKET I STA. 36+900 – 37+000**

**TESIS**

Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan  
Guna Mencapai Gelar Magister Teknik Sipil



diajukan oleh :

**IRWAN WAHYONO**  
**NIM : 14715100783**

**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS 17 AGUSTUS 1945 SURABAYA  
2017**

# TESIS

**ANALISIS PERBANDINGAN PEMAKAIAN STRUKTUR  
PADA TANAH LUNAK ANTARA PILED SLAB DAN CAKAR AYAM  
MODIFIKASI DARI SEGI BIAYA DAN WAKTU  
KASUS : RELOKASI JALAN TOL SURABAYA – GEMPOL  
PAKET 1 STA. 36+900 – 37+000**

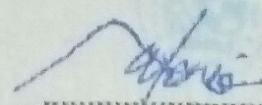
diajukan oleh :

**IRWAN WAHYONO  
NIM : 14715100783**

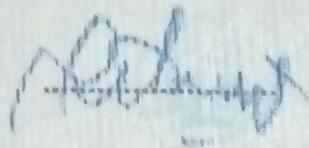
Disetujui untuk diuji :

Surabaya, ..... 4 Agustus 2017 .....

Pembimbing I : Prof. Dr. Dr(TS). Ir. Wateno Octomo, MM. MT.



Pembimbing II : Dr. Ir. Helmy Durjanto, MSc.



**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS 17 AGUSTUS 1945 SURABAYA  
2017**

# TESIS

**ANALISIS PERBANDINGAN PEMAKALAN STRUKTUR  
PADA TANAH LUNAK ANTARA PILED SLAB DAN CAKAR AYAM  
MODIFIKASI DARI SEGI BIAYA DAN WAKTU  
KASUS : RELOKASI JALAN TOL SURABAYA – GEMPOL  
PAKET 1 STA. 36+900 – 37+000**

Diajukan Oleh :

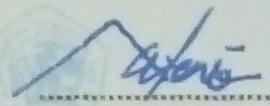
**IRWAN WAHYONO**  
NIM : 14715100783

Telah dipertahankan didepan Tim Penguji dan dinyatakan lulus  
pada Ujian Tesis Program Studi Magister Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya

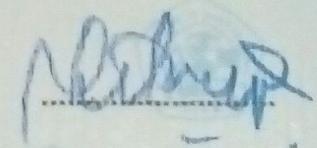
Pada tanggal : 12....Agustus....2017

Tim Penguji

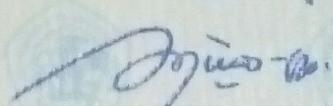
Ketua : Prof. Dr. Dr(TS). Ir. Wateno Octomo, MM. MT.



Anggota : Dr. Ir. Helmy Darjanto, MSc.



Anggota : Dr. Ir. Sajiyo, M.Kes.



Mengetahui  
Fakultas Teknik  
Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya

Dekan  
Fakultas Teknik



Kaprodi  
Magister Teknik Sipil



Dr. Ir. Muaffaq Achmad Jani, M.Eng.

Prof. Dr. Dr(TS). Ir. Wateno Octomo, MM. MT.



## SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Irwan Wahyono  
NIM : 147.151.0.0783  
Alamat : Perum Griya Citra Asri RM 19 No. 25  
Kel. Sememi, Kec. Benowo.  
Surabaya.

Menyatakan bahwa "Tesis" yang saya buat untuk memenuhi persyaratan kelulusan Program Studi Magister Teknik Sipil Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya dengan judul :

"Analisis Perbandingan pemakaian Struktur pada Tanah lunak antara *Piled Slab* dan Cakar Ayam Modifikasi dari segi Biaya dan Waktu"

( Studi Kasus : Relokasi Jalan Tol Surabaya-Gempol Paket 1 STA. 36+900 – 37+000 )

Adalah hasil karya saya sendiri, bukan duplikasi dari karya orang lain.

Selanjutnya apabila dikemudian hari ada klaim dari pihak lain bukan tanggung jawab Pembimbing dan atau Pengelola Program tetapi menjadi tanggung jawab saya sendiri. Atas hal tersebut saya bersedia menerima sanksi , sesuai hukum atau aturan yang berlaku di Indonesia.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya tanpa paksaan dari siapapun.

Surabaya, 21 Agustus 2017.

Hormat Saya,



Irwan Wahyono

## KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, segala puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, atas segala karunia dan ridho-NYA, sehingga tesis dengan judul **“Analisis Perbandingan Pemakaian Struktur pada Tanah Lunak antara Piled Slab dan Cakar Ayam Modifikasi dari segi Biaya dan Waktu, Kasus : Relokasi Jalan Tol Surabaya – Gempol Paket 1 Sta. 36+900 – 37+000”** ini dapat diselesaikan. Tesis ini disusun untuk memenuhi salah satu persyaratan memperoleh gelar Magister Teknik (M.T.) pada program studi Teknik Sipil Universitas 17 Agustus Surabaya.

Selama menempuh pendidikan dan penulisan serta penyelesaian tesis ini penulis memperoleh dukungan baik secara moril dan materiil dari berbagai pihak.

Pada kesempatan ini dengan penuh kerendahan hati penulis haturkan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada yang terhormat :

1. Prof. Dr. DRTS. Ir. Wateno Oetomo, M.M., M.T.. atas bimbingan, arahan dan waktu yang telah diluangkan kepada penulis untuk berdiskusi selama menjadi dosen Kepala program studi Pascasarjana Teknik Sipil Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya, pembimbing 1 dan perkuliahan
2. Dr. Ir. Helmy Darjanto, M.T atas bimbingan, arahan dan yang telah meluangkan waktu untuk berdiskusi dengan penulis selama menjadi dosen pembimbing 2.

Ucapan terima kasih saya sampaikan juga kepada :

3. Prof. Dr. drg. Hj. Ida Aju Brahmasari, Dipl.DHE selaku Rektor Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya.

4. Dr. Ir. Muaffaq Achmad Jani, M.Eng Selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya.
5. Prof. Dr. DRTS. Ir. Wateno Oetomo, M.M., M.T selaku Kaprodi Magister Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya.
6. Bapak dan Ibu Dosen program Pasca sarjana Teknik Sipil yang telah memberikan arahan dan bimbingan untuk mendalami ilmu Teknik Sipil.
7. Istri saya almh. Hartatik dan Siti Sukriyah , atas segala motivasi, perhatian dan doanya serta kesabaran menunggu di rumah selama beberapa waktu. Dan Ananda Arista Putri Irtania, M Hasan alfarisi, M Rifki Arditya Maulana.
9. Rekan rekan S-2 Teknik Sipil MT 25 Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya.
10. Kepada semua pihak yang telah membantu yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Akhir kata, penulis berharap tesis ini memberikan manfaat bagi kita semua terutama untuk pengembangan ilmu pengetahuan yang ramah lingkungan.

Surabaya, Agustus 2017

Irwan Wahyono

## ABSTRAK

Irwan Wahyono, 2017

### ANALISIS PERBANDINGAN PEMAKAIAN STRUKTUR PADA TANAH LUNAK ANTARA *PILED SLAB* DAN CAKAR AYAM MODIFIKASI DARI SEGI BIAYA DAN WAKTU. KASUS: RELOKASI JALAN TOL SURABAYA-GEMPOL PAKET 1 STA.36+900 – 37+000

Pembimbing 1 : Prof. Dr. Ir. H Wateno Oetomo, MM, MT, DRTS.

Pembimbing 2 : Dr. Ir. Helmy Darjanto, MT.

Perkembangan perekonomian nasional yang semakin pesat menyebabkan bertambahnya mobilitas penduduk yang menggunakan jasa angkutan darat. Maka dari itu dilaksanakan kembali relokasi jalan tol Surabaya-Gempol yang sempat terputus oleh lumpur lapindo. Berdasarkan hasil uji tes tanah baik uji SPT maupun uji sondir, jalan tol Surabaya-Gempol harus melewati daerah dengan kondisi tanah yang sangat lunak, untuk mengatasi permasalahan tersebut maka memerlukan pertimbangan perencanaan jalan yang lebih kuat dan layak untuk mengatasi jenis tanah lunak. Pertimbangan perencanaan yang dipilih juga harus mempertimbangkan dari segi biaya dan waktu pelaksanaan. Karena tingkat keberhasilan suatu proyek dapat dilihat dari besar biaya yang efisien, waktu yang singkat dan tepatnya kualitas produk yang dicapai.

Perbandingan perencanaan struktur yang ditinjau pada relokasi jalan tol Surabaya-Gempol ini adalah perbandingan struktur *piled slab* dengan modifikasi cakar ayam. Fondasi pada struktur *piled slab* menggunakan tiang pancang diameter 60 cm dengan kedalaman tiang pancang tergantung pada letak lapisan tanah keras (*N-bearing*), setelah itu kelompok tiang pancang diikat pada satu *pierhead* untuk tumpuan *slab-slab precast* yang diikat dengan angkur-angkur baja. Sedangkan fondasi pada modifikasi cakar ayam menggunakan fondasi pipa beton dengan kedalaman ditentukan 3.5 m karena tidak mengandalkan tanah keras, berdiameter 1.2 m, tebal 8 cm yang diisi pasir pada setiap lubang pipa beton, pada setiap fondasi pipa beton terdapat penyaluran tulangan agar tersambung dengan tulangan *slab* selebar dan sepanjang jalan, tebal slab 15 cm dengan penebalan *slab* di atas pipa beton setebal 20 cm.

Interaksi tanah dengan fondasi dimodelkan sebagai *spring* dengan nilai konstanta bervariasi sesuai jenis tanahnya, sedangkan untuk beban gempa menggunakan perhitungan gempa dinamis yaitu *respons spectrum*. Kedua permodelan dibebani sesuai SNI 1725-2016 (Pembebatan untuk Jembatan) dan perhitungan gempa sesuai SNI 2833-2016 (Perencanaan jembatan terhadap beban gempa).

Hasil perencanaan menunjukkan perbandingan sebagai berikut: dari segi kekuatan, struktur *piled slab* tidak akan terjadi *settlement* akibat konsolidasi karena fondasi sudah berdiri di atas tanah keras, sedangkan modifikasi cakar ayam cenderung terjadi *settlement* akibat konsolidasi meskipun jumlah fondasi pipa beton lebih rapat daripada fondasi *piled slab*. Dari segi biaya, konstruksi *piled slab* untuk segmen 100 m dari STA.36+900 – 37+000 adalah sebesar Rp. 9.800.079.791,- , sedangkan perhitungan biaya konstruksi modifikasi cakar ayam untuk segmen 100 m adalah Rp. 8.962.917.075,-. Dari segi waktu pelaksanaan, konstruksi *piled slab* membutuhkan waktu pelaksanaan selama 14 minggu kalender, sedangkan waktu pelaksanaan pada konstruksi modifikasi cakar ayam selama 18 minggu hari kalender.

**Kata kunci:** cakar ayam , efisiensi, *piled slab*, *respons spectrum*, Penurunan Konsolidasi.

## **ABSTRACT**

**Irwan Wahyono, 2017**

### **COMPARATIVE ANALYSIS OF USE OF STRUCTURES IN SOIL SOFTWARE BETWEEN SLAB PILED AND CAKAR AYAM MODIFICATION OF CHARGE AND TIME. CASE: SURABAYA-GEMPOL TOLL ROAD RELOCATION PACKAGE 1 STA.36 + 900 - 37 + 000**

**Tesis Advisor 1 : Prof. Dr. Ir. H Wateno Oetomo, MM, MT, DRTS.**

**Tesis Advisor 2 : Dr. Ir. Helmy Darjanto, MT**

The rapid development of the national economy has resulted in an increase in the mobility of people using land transportation services. Therefore re-implemented relocation of Surabaya-Gempol toll road which was interrupted by Lapindo mud. Based on the results of soil test both SPT test and sondir test, the Surabaya-Gempol toll road must pass through areas with very soft soil conditions, to overcome these problems it requires consideration of a more robust and feasible road planning to overcome the soft soil type. The planning considerations chosen should also consider in terms of cost and time of implementation. Because the success rate of a project can be seen from the large cost efficient, short time and precisely the quality of the product achieved.

Comparison of structural planning reviewed on Surabaya-Gempol toll road relocation is the comparison of piled slab structure with modification of cakar ayam. The foundation of the piled slab structure using a 60 cm diameter piling pole with pile depth depends on the location of the hard ground layer (N-bearing), after which the lame pole group is attached to a pierhead for the support of precast slabs attached to the steel anchor. While the foundation on the modification of cakar ayam using the foundation of concrete pipe with a depth is determined 3.5 m because it does not rely on hard ground, 1.2 m in diameter, 8 cm thick filled sand on each hole of concrete pipe, on each foundation pipe concrete there is distribution of reinforcement to be connected with reinforcement Slab wide and along the road, thick slab 15 cm with thickening slab above concrete pipe 20 cm thick.

Soil interaction with the foundation is modeled as spring with constant value varies according to soil type, while for earthquake load using dynamic quake calculation that is spectrum response. Both models are loaded according to SNI 1725-2016 (loading for bridges) and earthquake calculations according to SNI 2833-2016 (Planning bridge against earthquake load).

The results of the planning show the following comparison: in terms of strength, the structure of the piled slab will not occur settlement due to consolidation because the foundation is already standing on hard ground, while the modification of cakar ayam tends to occur settlement due to consolidation although the number of concrete pipe foundation is more dense than the foundation of piled slab. In terms of cost, piled slab construction for the 100 m segment of STA.36 + 900 - 37 + 000 is Rp. 9.800.079.791, -, while the calculation of the construction cost modifications of cakar ayam for the 100 m segment is Rp. 8.962.917.075, -. In terms of implementation time, piled slab construction requires implementation time for 14 calendar weeks, while the execution time in the construction modifications of cakar ayam for 18 weeks calendar days.

**Keywords:** cakar ayam, efficiency, piled slab, response spectrum, consolidation settlement.

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN DEPAN .....</b>	i	
<b>PEMBIMBING TESIS .....</b>	ii	
<b>KATA PENGANTAR .....</b>	iii	
<b>ABSTRAK INDONESIA.....</b>	v	
<b>ABSTRAK INGGIS .....</b>	vi	
<b>DAFTAR ISI .....</b>	vii	
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	viii	
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	ix	
 <b>BAB 1 PENDAHULUAN</b>		
1.1..Latar Belakang .....	1	
1.2..Rumusan Masalah .....	2	
1.3..Tujuan Penelitian .....	2	
1.4..Manfaat Penelitian.....	2	
1.5..Batasan dan Ruang Lingkup Penelitian.....	3	
1.6..Asumsi Penelitian.....	4	
 <b>BAB 2 KAJIAN PUSTAKA</b>		
2.1.Kajian Penelitian <i>Piled Slab</i> dan Cakar Ayam Modifikasi.....	6	
2.2 Struktur <i>Piled Slab</i> .....	8	
2.3 Struktur Cakar Ayam Modifikasi.....	14	
2.4 Peneliti Terdahulu .....	20	
 <b>BAB 3 METODE PENELITIAN</b>		
3.1 Rancangan penelitian .....	29	
3.2 Subyek Penelitian .....	30	
3.3 Lokasi Penelitian .....	30	
3.4 Instrumen penelitian .....	30	
3.5 Prosedur Pengumpulan Data .....	31	
3.6 Cara Analisis Data.....	31	
 <b>BAB 4 ANALISIS PERENCANAAN</b>		
4.1..Umum .....	32	
4.2 Analisis Perencanaan <i>Piled Slab</i> .....	37	
4.3 Analisis Perencanaan Cakar Ayam Modifikasi.....	37	
4.4 Perbandingan Biaya Konstruksi .....	38	
4.5 Perbandingan Waktu Pelaksanaan .....	43	
 <b>BAB 5 KESIMPULAN</b>		
5.1.Kesimpulan .....	49	
 <b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>		50
<b>LAMPIRAN .....</b>		51

## DAFTAR GAMBAR

1....Gambar 1.1 Lokasi Proyek .....	4
2.... Gambar 2.1 Bor Log.....	6
3....Gambar 2.2 Tipikal <i>Piled Slab</i> .....	8
4....Gambar 2.3 Peta Zona Gempa .....	6
5....Gambar 2.4 Respon Spektrum .....	12
6....Gambar 2.5 Tipikal Modifikasi Cakar Ayam (Hand book Fondasi Cakar Ayam Ir. H. Suryani Ismail).....	15
7....Gambar 2.6 Peta Zona Gempa.....	18
8....Gambar 2.7 Respon Spektrum .....	19
9....Gambar 4.1 <i>Plan &amp; Profil Piled Slab</i> Sta. 34+550 – 35+100.....	27
10..Gambar 4.2 <i>Plan &amp; Profil Piled Slab</i> Sta. 35+100 – 35+500.....	28
11..Gambar 4.3 <i>Plan &amp; Profil Piled Slab</i> Sta. 35+500 – 35+900.....	28
12..Gambar 4.4 <i>Plan &amp; Profil Piled Slab</i> Sta. 35+500 – 36+300.....	29
13..Gambar 4.5 <i>Plan &amp; Profil Piled Slab</i> Sta. 36+300 – 36+700.....	29
14..Gambar 4.6 <i>Plan &amp; Profil Piled Slab</i> Sta. 36+750 – 37+100.....	30
15..Gambar 4.7 <i>Plan &amp; Profil Piled Slab</i> Sta. 37+100 – 37+500.....	30
16..Gambar 4.8 <i>Plan &amp; Profil Piled Slab</i> Sta. 37+500 – 37+900.....	31
17..Gambar 4.9 <i>Plan &amp; Profil Piled Slab</i> Sta. 37+900 – 38+500.....	31

## **DAFTAR TABEL**

1....Tabel 2.1 Lokasi Proyek (Google Map) .....	4
2....Tabel 2.2 Faktor Modifikasi Respon (R) (Puskim PU).....	12
3....Tabel 2.3 Daftar Peneliti Terdahulu .....	17
4....Tabel 4.1 Penulangan <i>Piled Slab</i> .....	32
5....Tabel 4.2 Penulangan Modifikasi Cakar Ayam .....	32