

**OPTIMASI DESAIN TIANG PANCANG PADA  
PEMBANGUNAN PERPUSTAKAAN UNIVERSITAS ISLAM  
INTERNASIONAL INDONESIA**

**TUGAS AKHIR**



**RAFDY DWI IRFANSYAH**

**1222924006**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPL  
FAKULTAS TEKNIK DAN ILMU KOMPUTER  
UNIVERSITAS BAKRIE  
JAKARTA  
2024**

**OPTIMASI DESAIN TIANG PANCANG PADA  
PEMBANGUNAN PERPUSTAKAAN UNIVERSITAS ISLAM  
INTERNASIONAL INDONESIA**

**TUGAS AKHIR**

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik**



**RAFDY DWI IRFANSYAH**

**1222924006**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPL  
FAKULTAS TEKNIK DAN ILMU KOMPUTER  
UNIVERSITAS BAKRIE  
JAKARTA**

**HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS**

Tugas Akhir ini adalah hasil karya saya sendiri, dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : Rafdy Dwi Irfansyah

NIM : 1222924006

Tanda Tangan : 

Tanggal : 29 Juli 2024

## HALAMAN PENGESAHAN


Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Rafdy Dwi Irfansyah  
NIM : 1222924006  
Program Studi : Teknik Sipil  
Fakultas : Teknik dan Ilmu Komputer  
Judul Skripsi : Optimasi Desain Tiang Pancang Pada Pembangunan  
Perpustakaan Universitas Islam Internasional Indonesia

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Universitas Bakrie.

## DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Fatin Adriati S.T., M.T., IPP

(.....)

Penguji I : Dr. Mohammad Ihsan, S.T., M.T., M.Sc.


(.....)

Penguji II : Dr. (c). Karminto, S.T., M.T.

(.....)

Ditetapkan di : Jakarta

Tanggal : 29 Agustus 2024

 30/8/2024

## UNGKAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, karena atas rahmat hidayah, serta karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik dan tepat pada waktunya. Penulisan skripsi ini dilakukan untuk memenuhi persyaratan kelulusan serta dalam rangka untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik dari Program Studi Teknik Sipil pada Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer Universitas Bakrie. Judul skripsi penulis adalah “Optimasi Desain Tiang Pancang Pada Pembangunan Perpustakaan Universitas Islam Internasional Indonesia”.

Dalam penyusunan skripsi ini, penulis tidak terlepas dari bantuan, dorongan serta do'a dari berbagai pihak, baik secara langsung maupun tidak langsung. Oleh karena itu, dalam kesempatan ini dengan segala kerendahan hati penulis ingin mengucapkan terimakasih yang setulus-tulusnya kepada :

1. Allah SWT, atas nikmat, rahmat, dan hidayah-Nya. Karena kalau bukan atas kehendak-Nya, maka penulis tidak akan mampu menyelesaikan tugas ini.
2. Ibu, Ayah, serta seluruh anggota keluarga dari penulis. Terimakasih yang tak terhingga atas bantuan, kasih sayang, dukungan, serta motivasi dan doa yang tidak pernah putus kepada penulis hingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
3. Ibu Fatin Adriati S.T., M.T., IPP. selaku dosen pembimbing penulis yang selalu bersedia meluangkan waktu dan pikiran untuk memberikan pengarahan, bimbingan, dan saran dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
4. Ibu Fatin Adriati S.T., M.T., IPP. selaku Ketua Jurusan Program Studi Teknik Sipil pada Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer Universitas Bakrie.
5. Bapak dan ibu dosen Universitas Bakrie khususnya pada Program Studi Teknik Sipil yang sudah memberi ilmu yang bermanfaat satu tahun perkuliahan ini.
6. Bapak Nizar Filiawan Adji, selaku Manager Manufacturing Engineering dan rekan-rekan PT. Mesin Isuzu Indonesia yang telah memberikan dukungan moral dan fleksibilitas waktu sehingga dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik.

7. Rekan-rekan S-1 Program Studi Teknik Sipil yang selama ini sudah memberi dukungan, bantuan, serta dorongan kepada penulis agar bersemangat menyelesaikan tugas akhir ini.
8. Semua pihak yang tidak bisa disebutkan satu-persatu yang telah membantu dan mendukung penulis.

Akhir kata, penulis menyadari bahwa masih ada kekurangan dalam penyusunan skripsi ini. Oleh karena itu, penulis secara terbuka menerima kritik dan saran yang bersifat membangun dalam penulisan skripsi ini. Semoga tugas akhir ini dapat berguna bagi pihak-pihak yang membacanya.

Jakarta, 29 Agustus 2024

Rafdy Dwi Irfansyah

## LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI

Sebagai sivitas akademik Universitas Bakrie, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Rafdy Dwi Irfansyah  
NIM : 1222924006  
Program Studi : Teknik Sipil  
Fakultas : Teknik dan Ilmu Komputer  
Jenis Tugas Akhir : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas **Bakrie Hak Bebas Royalti Non-eksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul:

### OPTIMASI DESAIN TIANG PANCANG PADA PEMBANGUNAN PERPUSTAKAAN UNIVERSITAS ISLAM INTERNASIONAL INDONESIA

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Bakrie berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta untuk kepentingan akademis.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat : Jakarta

Tanggal : 29 Agustus 2024

Yang Menyatakan



Rafdy Dwi Irfansyah

**OPTIMASI DESAIN TIANG PANGCANG PADA PEMBANGUNAN  
PERPUSTAKAAN UNIVERSITAS ISLAM INTERNASIONAL  
INDONESIA**

Rafdy Dwi Irfansyah

---

**ABSTRAK**

Dalam sebuah konstruksi bangunan, bagian struktur yang paling pertama dibuat ialah pondasi. Pondasi merupakan bagian struktur yang penempatannya didalam tanah yang sangat berguna untuk menanggung dan mengirimkan beban yang berasal dari struktur atas menuju kelapisan tanah yang paling bawah. Proyek pembangunan perpustakaan Universitas Islam Internasional Indonesia memiliki luas bangunan sebesar 14.711 m<sup>2</sup> dan terdiri dari 8 lantai. Pada saat pemancangan, tiang persegi 45 cm mengalami pemendekan dari yang rencana dengan kedalaman 18 meter menjadi 12 meter-13 meter saja. Dari kondisi tersebut, perlu dilakukannya optimasi desain tiang dengan mencoba penampang bulat dengan beragam diameter menggunakan data investigasi tanah Sondir sehingga menjadi pertimbangan desain pondasi tiang pancang yang efisien. Didapatkan tiang yang direkomendasikan untuk menggantikan tiang persegi 45 cm kedalaman 18 m menjadi tiang bulat diameter 55 cm kedalaman 15 m. Dengan menggunakan metode perhitungan yang sama, tiang tersebut memiliki nilai daya dukung 1,12 kali lebih besar dari tiang yang direncanakan dan penurunan yang terjadi sebesar 4,86 cm.

Kata kunci : Tiang Pancang, Daya Dukung, Penurunan, Sondir, Tiang Kelompok



**OPTIMIZATION OF PILE DESIGN IN THE CONSTRUCTION OF THE  
INTERNATIONAL ISLAMIC UNIVERSITY OF INDONESIA LIBRARY**

Rafdy Dwi Irfansyah

---

**ABSTRACT**

In a building construction, the first structural part that is made is the foundation. The foundation is a structural part that is placed in the ground which is very useful for bearing and transmitting loads from the upper structure to the lowest soil layer. The construction project of the International Islamic University of Indonesia library has a building area of 14,711 m<sup>2</sup> and consists of 8 floors. During piling, the 45 cm square pile was shortened from the planned depth of 18 meters to only 12 meters - 13 meters. From this condition, it is necessary to optimize the pile design by trying round cross-sections with various diameters using Sondir soil investigation data so that it becomes a consideration for efficient pile foundation design. The recommended pile was obtained to replace the 45 cm square pile with a depth of 18 m to a 55 cm diameter round pile with a depth of 15 m. Using the same calculation method, the pile has a bearing capacity value 1.12 times greater than the planned pile and the settlement that occurred was 4.86 cm.

Keywords : Pile, Bearing Capacity, Settlement, Sondir, Group Pile

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL LUAR .....</b>	<b>i</b>
<b>HALAMAN JUDUL DALAM .....</b>	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....</b>	<b>iii</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN.....</b>	<b>iv</b>
<b>UNGKAPAN TERIMA KASIH.....</b>	<b>v</b>
<b>LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI .....</b>	<b>vii</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>viii</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xv</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>xviii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.3.1 Tujuan Khusus .....	3
1.4 Pembatasan Masalah .....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>5</b>
2.1 Korelasi CPT dengan Indikator Tanah .....	5
2.2 Pondasi Dalam.....	7
2.2.1 Pondasi Tiang Pancang .....	9
2.3 Analisis Tiang Pancang Tunggal .....	10

2.3.1 Daya Dukung Aksial Tiang Pancang .....	10
2.3.2 Daya Dukung Lateral Tiang Pancang .....	18
2.3.3 Penurunan Elastis.....	26
2.4 Analisis Kelompok / Grup Tiang Pancang .....	31
2.4.1 Memperkirakan Banyaknya Tiang Pondasi ( <i>n</i> ) .....	31
2.4.2 Efisiensi Kelompok / Grup Tiang .....	32
2.4.3 Daya Dukung Kelompok / Grup Tiang.....	36
2.4.4 Beban Maksimum Tiang Pada Kelompok Tiang .....	38
2.4.5 Penurunan Elastis.....	39
2.5 Penelitian Terdahulu .....	40
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>44</b>
3.1 Lokasi Penelitian .....	44
3.2 Pengumpulan Data .....	44
3.3 Pengolahan Data dan Analisis .....	50
3.3.1 Perhitungan Daya Dukung Pondasi .....	50
3.4 Bagan Alir Penelitian.....	51
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>54</b>
4.1 Analisis Daya Dukung Tiang Tunggal.....	54
4.1.1 Analisis Daya Dukung Aksial .....	54
4.1.2 Analisis Daya Dukung Lateral .....	58
4.1.3 Penurunan Elastis.....	63
4.2 Analisis Daya Dukung Tiang Grup .....	68
4.2.1 Analisis Daya Dukung Aksial .....	69
4.2.2 Analisis Daya Dukung Lateral .....	77
4.1.3 Penurunan Elastis.....	85
4.3 Pemilihan Desain Tiang Tunggal Optimal .....	93

4.4 Pemilihan Desain Skema Tiang Grup Optimal .....	96
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>97</b>
5.1 Kesimpulan.....	97
5.2 Saran .....	98
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>99</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Estimasi Rasio Poisson ( $\mu$ ).....	5
Tabel 2. 2 Perkiraan modulus elastisitas (E) .....	5
Tabel 2. 3 Hubungan antara kerapatan relatif, N, tahanan konus, dan sudut geser dalam.....	6
Tabel 2. 4 Konsistensi tanah untuk tanah dominan lempung dan lanau .....	6
Tabel 2. 5 Parameter K terhadap variasi tipe tiang pancang .....	14
Tabel 2. 6 Nilai parameter $\eta_h$ (lapisan pasir) .....	18
Tabel 2. 7 Pengelompokan tiang pendek dan panjang (lapisan pasir) .....	19
Tabel 2. 8 Koefisien K berdasarkan nilai kuat tekan bebas ( $q_u$ ) lapisan lempung	19
Tabel 2. 9 Parameter $q_u$ untuk tanah kohesif dan non-kohesif .....	20
Tabel 2. 10 Parameter $C_u$ pada lapisan tanah lempung .....	21
Tabel 2. 11 Berat volume jenis tanah (Bowless, 1977).....	22
Tabel 2. 12 Sudut geser dalam ( $\emptyset$ ) untuk tanah berbutir halus .....	23
Tabel 2. 13 Nilai modulus elastisitas dari jenis tanah dan tipe bahan tiang.....	26
Tabel 2. 14 Nilai modulus elastisitas di berbagai jenis tanah lempung .....	28
Tabel 2. 15 Nilai modulus elastisitas tanah berdasarkan CGS (1978) and Lambe and Whitman (1969)).....	29
Tabel 2. 16 Nilai-nilai $C_p$ (Vesic, 1977) .....	30
Tabel 2. 17 Komparasi sebagian angka efisiensi ( $\eta$ ) kelompok tiang.....	36
Tabel 2. 18 Penelitian Terdahulu.....	41
Tabel 3. 1 Analisa data Boring Log (BH-1) .....	47
Tabel 4. 1 Rekapitulasi nilai daya dukung aksial tunggal .....	58
Tabel 4. 2 Rekapitulasi nilai daya dukung lateral tunggal .....	63
Tabel 4. 3 Rekapitulasi nilai penurunan elastis tiang tunggal .....	68
Tabel 4. 4 Rekapitulasi nilai daya dukung aksial grup formasi 4 tiang .....	74
Tabel 4. 5 Rekapitulasi nilai daya dukung aksial grup formasi 6 tiang .....	75
Tabel 4. 6 Rekapitulasi nilai daya dukung lateral grup formasi 4 tiang.....	82
Tabel 4. 7 Rekapitulasi nilai daya dukung lateral grup formasi 6 tiang.....	83
Tabel 4. 8 Rekapitulasi nilai penurunan elastis grup formasi 4 tiang .....	90
Tabel 4. 9 Rekapitulasi nilai penurunan elastis grup formasi 6 tiang .....	91

Tabel 4. 10 Rekapitulasi keseluruhan nilai daya dukung aksial tunggal.....	94
Tabel 4. 11 Rekapitulasi keseluruhan nilai daya dukung aksial dan penurunan elastisitas tiang .....	95

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Kondisi lapangan yang berbeda memerlukan pondasi dalam .....	9
Gambar 2. 2 Pondasi Tiang Pancang .....	9
Gambar 2. 3 Pengelompokan Tanah menggunakan Data Sondir.....	11
Gambar 2. 4 Penentuan parameter $q_{c1}$ dan $q_{c2}$ dalam mendapatkan nilai $q_p$ .....	13
Gambar 2. 5 Nilai $\alpha'$ merupakan perbandingan antara letak pondasi (L/D) pada lapisan pasir berdasarkan sondir mekanis .....	14
Gambar 2. 6 Ragam nilai koefisien $K$ merujuk pada nilai L/D .....	16
Gambar 2. 7 Grafik variasi $\alpha'$ terhadap nilai $f_{cPa}$ tahanan gesek .....	17
Gambar 2. 8 Penyelesaian Broms untuk perhitunagn tahanan lateral ultimit tiang pendek ( <i>short pile</i> ) .....	20
Gambar 2. 9 Solusi Broms menyarankan nilai tahanan lateral ultimit untuk kondisi tiang panjang tunggal ( <i>long pile</i> ).....	24
Gambar 2. 10 Solusi Broms menyarankan nilai defleksi untuk kondisi kepala tiang tunggal pada.....	25
Gambar 2. 11 Perbedaan tipe tahanan gesek sekitar selimut tiang .....	27
Gambar 2. 12 Kondisi tegangan yang terjadi di bawah ujung tiang (a) tunggal (b) kelompok tiang.....	32
Gambar 2. 13 Timpang tindih diarea tegangan kelompok tiang .....	33
Gambar 2. 14 Skema susunan tiang pancang; (s = selisih jarak tiap tiang).....	34
Gambar 2. 15 Efisiensi kelompok tiang.....	36
Gambar 2. 16 Pondasi blok pada leompok tiang .....	37
Gambar 2. 17 Ragam dengan korelasi terhadap $L_g / B_g$ dan $L / B_g$ .....	38
Gambar 3. 1 Lokasi tinjauan proyek .....	44
Gambar 3. 2 Titik lokasi sondir.....	45
Gambar 3. 3 Profil dan konsistensi dari hasil uji tanah (a) titik sondir antara S-1 dan S-2 (b) titik sondir antara S-1 dan S-3.....	46
Gambar 3. 4 Profil dan konsistensi dari hasil uji tanah.....	47
Gambar 3. 5 Denah Pondasi & Tie Beam .....	49
Gambar 3. 6 Bagan alir penelitian.....	53

Gambar 4. 1 Grafik nilai daya dukung aksial tiang tunggal berdasarkan titik sondir 1 dan 2 .....	55
Gambar 4. 2 Grafik nilai daya dukung aksial tiang tunggal berdasarkan titik sondir 1 dan 3 .....	55
Gambar 4. 3 Grafik nilai daya dukung aksial tiang tunggal berdasarkan titik sondir 1 dan 3 .....	56
Gambar 4. 4 Grafik nilai daya dukung aksial tiang tunggal berdasarkan titik sondir 1 dan 2 .....	59
Gambar 4. 5 Grafik nilai daya dukung aksial tiang tunggal berdasarkan titik sondir 1 dan 3 .....	60
Gambar 4. 6 Grafik nilai daya dukung aksial tiang tunggal berdasarkan titik sondir 2 dan 3 .....	61
Gambar 4. 7 Grafik nilai penurunan elastis tiang tunggal berdasarkan titik sondir 1 dan 2 .....	64
Gambar 4. 8 Grafik nilai penurunan elastis tiang tunggal berdasarkan titik sondir 1 dan 3 .....	65
Gambar 4. 9 Grafik nilai penurunan elastis tiang tunggal berdasarkan titik sondir 2 dan 3 .....	66
Gambar 4. 10 Grafik nilai daya dukung aksial tiang grup formasi 4 tiang berdasarkan titik sondir 1 dan 2 .....	69
Gambar 4. 11 Grafik nilai daya dukung aksial tiang grup formasi 4 tiang berdasarkan titik sondir 1 dan 3.....	70
Gambar 4. 12 Grafik nilai daya dukung aksial tiang grup formasi 4 tiang berdasarkan titik sondir 2 dan 3.....	70
Gambar 4. 13 Grafik nilai daya dukung aksial tiang grup formasi 6 tiang berdasarkan titik sondir 1 dan 2.....	71
Gambar 4. 14 Grafik nilai daya dukung aksial tiang grup formasi 6 tiang berdasarkan titik sondir 1 dan 3.....	71
Gambar 4. 15 Grafik nilai daya dukung aksial tiang grup formasi 6 tiang berdasarkan titik sondir 2 dan 3.....	72
Gambar 4. 16 Grafik nilai daya dukung lateral tiang grup formasi 4 tiang berdasarkan titik sondir 1 dan 2.....	77



Gambar 4. 17 Grafik nilai daya dukung lateral tiang grup formasi 4 tiang berdasarkan titik sondir 1 dan 3.....	78
Gambar 4. 18 Grafik nilai daya dukung lateral tiang grup formasi 4 tiang berdasarkan titik sondir 2 dan 3.....	78
Gambar 4. 19 Grafik nilai daya dukung lateral tiang grup formasi 6 tiang berdasarkan titik sondir 1 dan 2.....	79
Gambar 4. 20 Grafik nilai daya dukung lateral tiang grup formasi 6 tiang berdasarkan titik sondir 1 dan 3.....	79
Gambar 4. 21 Grafik nilai daya dukung lateral tiang grup formasi 6 tiang berdasarkan titik sondir 2 dan 3 .....	80
Gambar 4. 22 Grafik nilai penurunan elastis grup formasi 4 tiang berdasarkan titik sondir 1 dan 2.....	85
Gambar 4. 23 Grafik nilai penurunan elastis grup formasi 4 tiang berdasarkan titik sondir 1 dan 3.....	86
Gambar 4. 24 Grafik nilai penurunan elastis grup formasi 4 tiang berdasarkan titik sondir 2 dan 3.....	86
Gambar 4. 25 Grafik nilai penurunan elastis grup formasi 6 tiang berdasarkan titik sondir 1 dan 2.....	87
Gambar 4. 26 Grafik nilai penurunan elastis grup formasi 6 tiang berdasarkan titik sondir 1 dan 3.....	87
Gambar 4. 27 Grafik nilai penurunan elastis grup formasi 6 tiang berdasarkan titik sondir 2 dan 3 .....	88
Gambar 4. 28 Skema desain tiang grup optimal .....	96

## DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1** Denah Pondasi Dan Tie Beam
- Lampiran 2** Denah Titik Tiang Pancang
- Lampiran 3** Detail Pilecap Dan Tie Beam
- Lampiran 4** Profil Dan Konsistensi Dari Hasil Pengujian Tanah
- Lampiran 5** Hasil Pengujian Tanah Pada Titik Sondir 1
- Lampiran 6** Hasil Pengujian Tanah Pada Titik Sondir 2
- Lampiran 7** Hasil Pengujian Tanah Pada Titik Sondir 3
- Lampiran 8** (Tiang Tunggal) Perhitungan Nilai Daya Dukung Aksial Pada Titik Sondir 1
- Lampiran 9** (Tiang Tunggal) Perhitungan Nilai Daya Dukung Lateral Pada Titik Sondir 1
- Lampiran 10** (Tiang Tunggal) Perhitungan Penurunan Elastis Tiang Pada Titik Sondir 1
- Lampiran 11** (Tiang Grup) Perhitungan Efisiensi Tiang Pada Titik Sondir 1
- Lampiran 12** (Tiang Grup) Kontrol Beban Aksial Maksimum Pada Titik Sondir 1
- Lampiran 13** (Tiang Grup) Kontrol Beban Lateral Maksimum Pada Titik Sondir 1
- Lampiran 14** (Tiang Grup) Perhitungan Penurunan Aksial Titik Sondir 1
- Lampiran 15** (Tiang Grup) Perhitungan Penurunan Lateral Titik Sondir 1
- Lampiran 16** (Tiang Tunggal) Perhitungan Nilai Daya Dukung Aksial Pada Titik Sondir 2
- Lampiran 17** (Tiang Tunggal) Perhitungan Nilai Daya Dukung Lateral Pada Titik Sondir 2
- Lampiran 18** (Tiang Tunggal) Perhitungan Penurunan Elastis Tiang Pada Titik Sondir 2

- Lampiran 19** (Tiang Grup) Perhitungan Efisiensi Tiang Pada Titik Sondir 2
- Lampiran 20** (Tiang Grup) Kontrol Beban Aksial Maksimum Pada Titik Sondir 2
- Lampiran 21** (Tiang Grup) Kontrol Beban Lateral Maksimum Pada Titik Sondir 2
- Lampiran 22** (Tiang Grup) Perhitungan Penurunan Aksial Titik Sondir 2
- Lampiran 23** (Tiang Grup) Perhitungan Penurunan Lateral Titik Sondir 2
- Lampiran 24** (Tiang Tunggal) Perhitungan Nilai Daya Dukung Aksial Pada Titik Sondir 3
- Lampiran 25** (Tiang Tunggal) Perhitungan Nilai Daya Dukung Lateral Pada Titik Sondir 3
- Lampiran 26** (Tiang Tunggal) Perhitungan Penurunan Elastis Tiang Pada Titik Sondir 3
- Lampiran 27** (Tiang Grup) Perhitungan Efisiensi Tiang Pada Titik Sondir 3
- Lampiran 28** (Tiang Grup) Kontrol Beban Aksial Maksimum Pada Titik Sondir 3
- Lampiran 29** (Tiang Grup) Kontrol Beban Lateral Maksimum Pada Titik Sondir 3
- Lampiran 30** (Tiang Grup) Perhitungan Penurunan Aksial Titik Sondir 3
- Lampiran 31** (Tiang Grup) Perhitungan Penurunan Lateral Titik Sondir 3