

SKRIPSI

**STUDI PERILAKU ANGKUR PADA BATUAN *CLAY*
SHALE DI JEMBATAN CILANGKAP**



**RIFQI KHALIS
NPM : 2017410121**

**PEMBIMBING:
Prof. Paulus Pramono Rahardjo, Ir., MSCE., Ph.D.**

**KO-PEMBIMBING:
Ir. Aflizal Arafianto, S.T., M.T.**

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT Nomor: 11370/SK/BAN-PT/AK-ISK/S/X/2021)
BANDUNG
JULI 2022**

SKRIPSI

**STUDY OF ANCHOR BEHAVIOR ON CLAY SHALE
AT CILANGKAP BRIDGE**



**RIFQI KHALIS
NPM : 2017410121**

**ADVISOR:
Prof. Paulus Pramono Rahardjo, Ir., MSCE., Ph.D.**

**CO-ADVISOR:
Ir. Aflizal Arafianto, S.T., M.T.**

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT Nomor: 11370/SK/BAN-PT/AK-ISK/S/X/2021)
BANDUNG
JULY 2022**

SKRIPSI

**STUDI PERILAKU ANGKUR PADA BATUAN *CLAY*
SHALE DI JEMBATAN CILANGKAP**



RIFQI KHALIS
NPM : 2017410121

PEMBIMBING: Prof. Paulus P. Rahardjo, Ir., MSCE., Ph.D.

KO-

PEMBIMBING: Ir. Aflizal Arafianto, S.T., M.T.

PENGUJI 1: Siska Rustiani, Ir., M.T.

PENGUJI 2: Dr. Ir. Rinda Karlinasari Indrayana, M.T.

UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT Nomor: 11370/SK/BAN-PT/AK-ISK/S/X/2021)
BANDUNG
JULI 2022

PERNYATAAN

Yang bertandatangan di bawah ini, saya dengan data diri sebagai berikut:

Nama : Rifqi Khalis
NPM : 2017410121
Program Studi : Teknik Sipil
Fakultas Teknik, Universitas Katolik Parahyangan

Menyatakan bahwa skripsi dengan judul:

Studi Perilaku Angkur pada Batuan *Clay Shale* di Jembatan Cilangkap

adalah benar-benar karya saya sendiri di bawah bimbingan dosen pembimbing. Saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika keilmuan yang berlaku dalam masyarakat keilmuan. Apabila di kemudian hari ditemukan adanya pelanggaran terhadap etika keilmuan dalam karya saya, atau jika ada tuntutan formal atau non formal dari pihak lain berkaitan dengan keaslian karya saya ini, saya siap menanggung segala resiko, akibat, dan/atau sanksi yang dijatuhkan kepada saya, termasuk pembatalan gelar akademik yang saya peroleh dari Universitas Katolik Parahyangan

Dinyatakan: di Bandung

Tanggal: 6 Juli 2022



Rifqi Khalis
2017410121

STUDI PERILAKU ANGKUR PADA BATUAN *CLAY SHALE* DI JEMBATAN CILANGKAP

Rifqi Khalis
NPM: 2017410121

Pembimbing: Prof. Paulus Pramono Rahardjo, Ir., MSCE., Ph.D.
Ko-Pembimbing: Ir. Aflizal Arafianto, S.T., M.T.

UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT Nomor: 11370/SK/BAN-PT/AK-ISK/S/X/2021)
BANDUNG
JULI 2022

ABSTRAK

Perencanaan fondasi pada umumnya hanya memperhitungkan beban lateral di kepala tiang saja, akibatnya beban lateral disepanjang tiang akibat pergerakan tanah yang disebabkan oleh timbunan dibelakang *abutment* tidak diperhitungkan. Di Kecamatan Babakancikao, Kabupaten Purwakarta dibangun sebuah jembatan melewati aliran Sungai Cilangkap. Pada proyek Jembatan Cilangkap, memiliki tanah asli yang berupa lapisan tanah lunak dan lapisan *clay shale* yang ditopang oleh fondasi tiang pancang berbentuk lingkaran. Selanjutnya, direncanakan konstruksi timbunan dibelakang *abutment* setinggi 10 meter. Saat timbunan dikonstruksi setinggi 6 meter salah satu tiang yang di *monitoring* oleh alat instrumentasi *inclinometer* memiliki momen lentur yang besar dan melewati momen *crack* tiang. Hal ini menimbulkan potensi tiang mengalami kegagalan atau patah. Angkur tanah sebagai perkuatan struktur dikonstruksi hingga menembus lapisan *clay shale*. Analisis perkuatan angkur dilakukan pada PLAXIS 2D. Analisis dilakukan dengan beberapa kondisi yaitu tanpa angkur dan *pre stressing* angkur dengan besaran 40 ton, 50 ton, dan 60 ton. Hasil analisis menunjukkan angkur tersebut dapat menahan dan mereduksi laju deformasi tiang. Momen lentur maksimum tiang setelah angkur dikonstruksi dapat direduksi sehingga tidak lagi melewati momen lentur *crack*. Angkur yang terbenam pada lapisan *clay shale* memiliki *displacement* yang relatif kecil yaitu *displacement* maksimum sebesar 2,20 mm pada *pre stressing* angkur 60 ton.

Kata kunci: fondasi tiang pancang, angkur tanah, *clay shale*, timbunan tinggi, beban lateral, metode elemen hingga, PLAXIS 2D

STUDY OF ANCHOR BEHAVIOR ON CLAY SHALE AT CILANGKAP BRIDGE

Rifqi Khalis
NPM: 2017410121

Advisor: Prof. Paulus Pramono Rahardjo, Ir., MSCE., Ph.D.
Co-Advisor: Ir. Aflizal Arafianto, S.T., M.T.

PARAHYANGAN CATHOLIC UNIVERSITY
FACULTY OF ENGINEERING DEPARTMENT OF CIVIL
ENGINEERING

(Accredited by SK BAN-PT Nomor: 11370/SK/BAN-PT/AK-ISK/S/X/2021)

BANDUNG
JULI 2022

ABSTRACT

Design foundation generally only takes into consideration the lateral loads on the pile head, so that the lateral loads along pile due to soil movement caused by the embankment behind the abutment are not take into consideration. In Babakancikao, Purwakarta, a bridge was built that crosses the Cilangkap River. In the Cilangkap Bridge project, the existing soil consist of a layer of soft soil and layer of clay shale and is supported by a spun pile foundation. Furthermore, it is planned to build an embankment behind the abutment as high as 10 meters. When the embankment is built to a height of 6 meters, one of the pile monitored by the inclinometer instrumentation has a large bending moment and passes through the pile cracking moment. This creates the potential for the pile to fail or break. Ground anchors as structural reinforcement are built to penetrate the clay shale layer. Anchor reinforcement analysis was performed on PLAXIS 2D. The analysis was carried out under several conditions, there are without anchor and prestressed anchors with sizes of 40 tons, 50 tons, and 60 tons. The result of the analysis show that the anchor can withstand and reduce the rate of pile deformation. The maximum bending moment of the pile after the anchor is built can be reduced so that it no longer passes the crack bending moment. The anchor embedded in the clay shale layer has a relatively small displacement with the maximum displacement of 2.20 mm at the prestressed anchor of 60 tons.

Keywords: spun pile foundation, ground anchor, clay shale, high embankmet, lateral load, finite element method, PLAXIS 2D

PRAKATA

Puji dan syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas berkat rahmat serta karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul 'Studi Perilaku Angkur pada Batuan *Clay Shale* di Jembatan Cilangkap' tepat pada waktunya. Skripsi ini merupakan salah satu syarat akademik dalam menyelesaikan studi tingkat sarjana di Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil, Universitas Katolik Parahyangan.

Penulis menyadari betapa banyak hambatan dan rintangan yang dihadapi dalam proses penyusunan dan penyelesaian penelitian ini. Berkat saran, kritik, bantuan dan dorongan semangat dari berbagai pihak, penelitian ini dapat diselesaikan. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Prof. Paulus Pramono Rahardjo, Ir., MSCE., Ph.D., selaku dosen pembimbing yang telah meluangkan waktunya dan memberikan masukan, kritik, dorongan, dan semangat sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik.
2. Ir. Afizal Arafianto, S.T., M.T., selaku ko-pembimbing yang telah memberikan masukan, kritik, dorongan, dan semangat sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik.
3. Ibu Anastasia Sri Lestari, Ir., M.T., Ibu Siska Rustiani, Ir., M.T., Bapak Aswin Lim Ph.D., Bapak Budijanto Widjaja, Ph.D., Bapak Eric Ng Yin Kuan, Ir., M.T., Bapak Soerjadedi Sastraatmadja, Ir., Bapak Stefanus Diaz, S.T., M.T., Bapak Ignatius Tommy Pratama, S.T., M.S., Bapak Martin Wijaya, Ph.D., Bapak Andra Andriana, S.T., Bapak Yudi selaku para dosen Pusat Studi Geoteknik Universitas Katolik Parahyangan yang telah memberikan masukan serta saran dan membantu dan membimbing saya selama mengenyam Pendidikan di Universitas Katolik Parahyangan.
4. Seluruh dosen maupun asisten dosen Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil Universitas Katolik Parahyangan yang telah membantu dan membimbing saya selama menjalani pendidikan di Universitas Katolik Parahyangan.

5. Alm. Arifin Surya Yusuf, Oom Romlah, Jenny Septiani Khalis dan keluarga besar yang telah memberikan dukungan moral, waktu, dan semangat terutama doa kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
6. Angela Dewi, Refsan Kaban, Adhiya Hilmi, Kijati M. Gabian, Ryo Maheswara, M. Irsyad, Harum Yusuf, Adam Muzakki, Muhammad Firli Rizki Iskandar, Michael Valent selaku sahabat yang senantiasa menemani dan membantu saat perkuliahan.
7. Lucky Oktavianto, Gisha Anwari, Razaq Fahlevi, Andika Bagaskara, Hanif Abdurafi, Ilyasa Rezha, Alvin Dwi, Azmi Nurrohman, Berhan Aldysapta, Firman AW, Rayhan Indra selaku sahabat yang telah menemani, menghibur dan memberikan semangat pada saat perkuliahan.
8. Pihak lainnya yang tidak dapat ditulis satu persatu atas dukungan dan semangat selama penulisan skripsi ini berlangsung.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna dikarenakan terbatasnya pengalaman dan pengetahuan yang dimiliki penulis. Oleh karena ini penulis mengharapkan saran serta masukan yang dapat membangun dari berbagai pihak. Penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang membaca.

Bandung, Juli 2022



Rifqi Khalis
2017410121

DAFTAR ISI

| | |
|---|------|
| ABSTRAK..... | i |
| ABSTRACT..... | ii |
| PRAKATA..... | iii |
| DAFTAR ISI..... | v |
| DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN..... | viii |
| DAFTAR GAMBAR..... | x |
| DAFTAR TABEL..... | xiii |
| DAFTAR LAMPIRAN..... | xiv |
| BAB 1 PENDAHULUAN..... | 1-1 |
| 1.1 Latar Belakang Penelitian..... | 1-1 |
| 1.2 Inti Permasalahan..... | 1-2 |
| 1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian..... | 1-2 |
| 1.4 Lingkup Penelitian..... | 1-2 |
| 1.5 Metode Penelitian..... | 1-3 |
| 1.6 Sistematika Penulisan..... | 1-3 |
| 1.7 Diagram Alir..... | 1-4 |
| BAB 2 STUDI PUSTAKA..... | 2-1 |
| 2.1 <i>Abutment</i> | 2-1 |
| 2.2 Fondasi Jembatan..... | 2-2 |
| 2.2.1 Fondasi Tiang..... | 2-3 |
| 2.2.2 Fondasi Tiang Pancang..... | 2-4 |
| 2.2.3 Beban Lateral pada Fondasi Tiang..... | 2-4 |
| 2.2.4 Daya Dukung Lateral Kelompok Tiang Pancang..... | 2-6 |
| 2.3 <i>Angkur Tanah (Ground Anchor)</i> | 2-7 |

| | | |
|-------|---|------|
| 2.3.1 | Aplikasi Angkur Tanah | 2-8 |
| 2.3.2 | Kapasitas Tarik Angkur | 2-10 |
| 2.4 | Metode Elemen Hingga | 2-11 |
| 2.5 | Model <i>Mohr-Coulomb</i> | 2-14 |
| 2.6 | Penyelidikan Tanah..... | 2-16 |
| 2.6.1 | Uji Sondir (<i>Cone Penetrometer Test</i>) | 2-16 |
| 2.6.2 | Uji Penetrasi Standar (<i>Standard Penetration Test</i>) | 2-18 |
| 2.6.3 | Uji Kuat Tekan Bebas (<i>Unconfined Compression Test</i>) | 2-19 |
| 2.6.4 | Jumlah dan Jarak Titik Penyelidikan Lapangan untuk Fondasi dan DPT Jembatan..... | 2-19 |
| 2.7 | <i>Clay Shale</i> | 2-21 |
| 2.8 | Tanah Vulkanik..... | 2-22 |
| 2.9 | Instrumentasi <i>Inclinometer</i> | 2-22 |
| BAB 3 | METODE PENELITIAN..... | 3-1 |
| 3.1 | Analisis Menggunakan Program PLAXIS 2D..... | 3-1 |
| 3.2 | Tahapan Pemodelan..... | 3-1 |
| 3.2.1 | <i>Project Properties</i> | 3-1 |
| 3.2.2 | Tahap Pemodelan Tanah | 3-4 |
| 3.2.3 | Input Parameter Tanah..... | 3-8 |
| 3.2.4 | Tahap Pemodelan Struktur | 3-14 |
| 3.2.5 | Tahap Diskretisasi | 3-19 |
| 3.2.6 | Tahap <i>Flow Condition</i> | 3-20 |
| 3.2.7 | Tahap Konstruksi..... | 3-20 |
| 3.2.8 | Perhitungan (<i>Calculation</i>) | 3-20 |
| 3.3 | Data Keluaran Hasil Perhitungan (<i>Output</i>)..... | 3-21 |
| 3.3.1 | Deformasi | 3-21 |

| | | |
|----------------|---|------|
| 3.3.2 | Struktur dan <i>Interface</i> | 3-21 |
| 3.4 | Verifikasi Hasil <i>Back Analysis</i> | 3-22 |
| BAB 4 | ANALISIS DATA | 4-1 |
| 4.1 | Deskripsi Proyek | 4-1 |
| 4.2 | Penyelidikan Tanah | 4-4 |
| 4.2.1 | Penyelidikan Tanah Awal | 4-4 |
| 4.2.2 | Penyelidikan Tanah Tambahan | 4-5 |
| 4.3 | Penentuan Parameter Tanah | 4-5 |
| 4.4 | Penentuan Parameter Struktur | 4-7 |
| 4.5 | Tahapan Konstruksi | 4-9 |
| 4.6 | Hasil Kalkulasi | 4-10 |
| 4.7 | Verifikasi Hasil <i>Back Analysis</i> | 4-12 |
| 4.8 | Penambahan Angkur | 4-13 |
| 4.9 | Perilaku Angkur | 4-14 |
| BAB 5 | KESIMPULAN DAN SARAN | 5-1 |
| 5.1 | Kesimpulan | 5-1 |
| 5.2 | Saran | 5-2 |
| DAFTAR PUSTAKA | | xii |
| LAMPIRAN | | L-1 |

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

| | | |
|----------------|---|---|
| ν | : | Angka Poisson |
| α | : | Faktor Adhesi |
| γ | : | Berat Isi Tanah |
| ϕ | : | Sudut Geser Dalam |
| ϕ' | : | Sudut Geser Dalam Efektif |
| γ_{sat} | : | Berat Isi Tanah Jenuh |
| A | : | Luas Penampang Tiang |
| A_s | : | Luas Selimut <i>Fixed Length</i> |
| BH | : | <i>Borehole</i> |
| c | : | Kohesi Tanah |
| c' | : | Kohesi Tanah Efektif |
| c_u | : | Kohesi Tanah <i>Undrained</i> |
| D | : | Diameter |
| E_{50} | : | Modulus Elastisitas Tanah pada saat <i>Stress Level 50%</i> dari Beban Runtuh |
| E' | : | Modulus Elastisitas Efektif Tanah |
| E_p | : | Modulus Elastisitas Tiang |
| EA | : | <i>Normal Stiffness</i> |
| EI | : | <i>Flexural Rigidity</i> |
| E_u | : | Modulus Elastisitas Tanah |
| f_c' | : | Mutu Beton |
| H_{group} | : | Daya Dukung Lateral Kelompok Tiang |
| H_u | : | Daya Dukung Lateral Tiang Tunggal |
| I | : | Momen Inersia |

| | | |
|-------------|---|---|
| I_p | : | Momen Inersia Tiang |
| K_h | : | Modulus Reaksi <i>Subgrade</i> |
| K_e | : | Koefisien Tanah Lateral |
| K_s | : | Koefisien Angkur Tergantung pada Tipe dan Kepadatan Tanah Non-Kohesif |
| L | : | Panjang Tiang |
| L_a | : | Panjang <i>Fixed Length</i> |
| MC | : | <i>Mohr-Coulomb</i> |
| N | : | Gaya Aksial/Normal Tiang |
| m_v | : | Koefisien Modulus Variasi |
| N_{SPT} | : | Nilai SPT |
| OCR | : | <i>Overconsolidation Ratio</i> |
| R_{inter} | : | <i>Interface</i> |
| SPT | : | <i>Standard Penetration Test</i> |
| S_u | : | Kuat Geser Tanah Kohesif Tak Teralir |
| T_{ult} | : | Kapasitas Batas Angkur Tanah |
| ϵ | : | Regangan |
| σ | : | Tegangan Normal |
| σ'_v | : | Tegangan Efektif Vertikal |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|---|------|
| Gambar 1.1 Diagram Alir | 1-5 |
| Gambar 2.1 Jenis-jenis Abutment..... | 2-1 |
| Gambar 2.2 Tinggi Abutment Berdasarkan Jenis <i>Abutment</i> | 2-2 |
| Gambar 2.3 Gaya yang Bekerja pada <i>Abutment</i> | 2-2 |
| Gambar 2.4 Gambar Mekanisme Pengalihan Beban pada Tanah melalui Fondasi Tiang (Coduto, 2001) | 2-4 |
| Gambar 2.5 Komponen Sistem <i>Ground Anchor</i> (Sabatini et al., 1999) | 2-9 |
| Gambar 2.6 Perbandingan Dinding Gravitasi Beton dan Dinding Angkur pada Depressed Roadway (U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration, 1999)..... | 2-9 |
| Gambar 2.7 Aplikasi <i>Ground Anchors</i> dan <i>Anchored System</i> (U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration, 1999) | 2-10 |
| Gambar 2.8 Diskretisasi dengan Berbagai Elemen Distribusi (Milizianto, 2017) | 2-12 |
| Gambar 2.9 Regangan Bidang: Fondasi Menerus (Rahardjo, 2021)..... | 2-13 |
| Gambar 2.10 Tegangan Bidang: Balok (Rahardjo, 2021)..... | 2-13 |
| Gambar 2.11 Sumbu Simetri, (a) Fondasi Tangki, (b) Sampel Triaksial, (c) <i>Hollow Pile</i> (Rahardjo, 2021) | 2-13 |
| Gambar 2.12 Model Linear Elastoplastik (<i>Mohr-Coulomb Model</i>) | 2-14 |
| Gambar 2.13 Kurva Keruntuhan Mohr-Coulomb (Das, 1983)..... | 2-15 |
| Gambar 2.14 Cara Kerja Alat Sondir Elektrik | 2-17 |
| Gambar 2.15 Konus pada Pengujian Sondir Berdasarkan SNI 2827:2008..... | 2-17 |
| Gambar 2.16 Skema Urutan Uji Penetrasi Standar (SPT) (SNI 4153-2008) ... | 2-18 |
| Gambar 2.17 Proses Pelapukan Batuan (Wesley, 2010)..... | 2-22 |
| Gambar 2.20 Bagian-Bagian <i>Inclinometer</i> | 2-23 |
| Gambar 2.21 Ilustrasi Pemakaian Inklinometer untuk Monitoring Gerakan (TRB, 1978)..... | 2-24 |
| Gambar 3.1 Tampilan <i>Home</i> PLAXIS 2D | 3-2 |
| Gambar 3.2 <i>Project Properties</i> (<i>Project Tab</i>) | 3-3 |
| Gambar 3.3 <i>Project Properties</i> (<i>Model Tab</i>)..... | 3-3 |

| | |
|---|------|
| Gambar 3.4 Model (a) <i>Plane Strain</i> dan (b) <i>Axis Symmetry</i> | 3-3 |
| Gambar 3.5 <i>Layout</i> Awal PLAXIS 2D..... | 3-4 |
| Gambar 3.6 Material Tanah (<i>General Tab</i>)..... | 3-5 |
| Gambar 3.7 Material Tanah (<i>Parameter Tab</i>)..... | 3-5 |
| Gambar 3.8 Material Tanah (<i>Groundwater Tab</i>)..... | 3-6 |
| Gambar 3.9 Material Tanah (<i>Interface Tab</i>)..... | 3-6 |
| Gambar 3.10 Material Tanah (<i>Initial Tab</i>)..... | 3-7 |
| Gambar 3.11 <i>Boreholes</i> | 3-7 |
| Gambar 3.12 Klasifikasi Jenis Tanah Berdasarkan Schmertmann (1978)..... | 3-9 |
| Gambar 3.13 Parameter S_u (<i>Undrained Shear Strength</i>) dari Uji <i>Unconfined Compression</i> | 3-10 |
| Gambar 3.14 Parameter Kuat Geser dan Sudut Geser Dalam <i>Clay Shale</i> (Gartung, 1986)..... | 3-11 |
| Gambar 3.15 <i>Mohr Coulomb Model</i> (Gouw, 2014)..... | 3-12 |
| Gambar 3.16 Grafik Hubungan E (Modulus Elastisitas Tanah) Terhadap S_u (<i>Undrained Shear Strength</i>)..... | 3-13 |
| Gambar 3.17 Parameter Plate (<i>Spun Pile</i>)..... | 3-16 |
| Gambar 3.18 Spesifikasi Spun Pile Standar JIS A5335-1987 (WIKA, 2017). 3-16 | 3-16 |
| Gambar 3.19 Parameter Geogrid (<i>Geotextile Woven</i>)..... | 3-17 |
| Gambar 3.20 Parameter <i>Anchor</i> (<i>Free Length</i>)..... | 3-18 |
| Gambar 3.21 Parameter Beton (<i>General Tab</i>)..... | 3-19 |
| Gambar 3.22 Parameter Beton (<i>Parameter Tab</i>)..... | 3-19 |
| Gambar 4.1 Lokasi Proyek Jembatan Cilangkap yang Melewati Aliran Sungai Cilangkap (Sumber: PT. Multi Optimal Sentosa)..... | 4-1 |
| Gambar 4.2 Lokasi Proyek Jembatan Cilangkap (Sumber: Google.com)..... | 4-2 |
| Gambar 4.3 <i>Long Section</i> Jembatan Cilangkap (Sumber: Gambar Desain PT. Lisakonsulindo)..... | 4-3 |
| Gambar 4.4 Konfigurasi Fondasi Tiang Pancang untuk Abutment Jembatan Cilangkap (Sumber: Gambar Desain PT. Lisakonsulindo)..... | 4-3 |
| Gambar 4.5 Lokasi Titik Penyelidikan Tanah (PT. Daya Creasi Mitrayasa)..... | 4-4 |
| Gambar 4.6 Lokasi Titik Pengujian Sondir Tambahan di Belakang Abutment Jembatan Cilangkap..... | 4-5 |

| | |
|--|------|
| Gambar 4.7 Interpretasi Stratifikasi Tanah pada Data Sondir..... | 4-5 |
| Gambar 4.8 Interpretasi Stratifikasi Tanah pada Data Boring..... | 4-6 |
| Gambar 4.9 Pemodelan pada PLAXIS 2D..... | 4-8 |
| Gambar 4.10 Tahapan Konstruksi pada PLAXIS 2D..... | 4-9 |
| Gambar 4.11 <i>Output Total Displacements</i> (u)..... | 4-10 |
| Gambar 4.12 <i>Output Total Displacement</i> (u_x)..... | 4-10 |
| Gambar 4.13 Denah Lokasi Pemasangan Titik <i>Inclinometer</i> | 4-11 |
| Gambar 4.14 <i>Output Total Displacement</i> (u_x)..... | 4-12 |
| Gambar 4.15 <i>Output Bending Moments</i> | 4-12 |
| Gambar 4.16 Deformasi Fondasi Tiang..... | 4-13 |
| Gambar 4.17 Detail Pemasangan Angkur..... | 4-14 |
| Gambar 4.18 Gaya Normal Angkur pada saat <i>Pre Stressing</i> 40 ton..... | 4-15 |
| Gambar 4.19 Gaya Normal Angkur pada saat <i>Pre Stressing</i> 50 ton..... | 4-15 |
| Gambar 4.20 Gaya Normal Angkur pada saat <i>Pre Stressing</i> 60 ton..... | 4-16 |
| Gambar 4.21 Deformasi Angkur pada saat <i>Pre Stressing</i> 40 ton..... | 4-16 |
| Gambar 4.22 Deformasi Angkur pada saat <i>Pre Stressing</i> 50 ton..... | 4-17 |
| Gambar 4.23 Deformasi Angkur pada saat <i>Pre Stressing</i> 60 ton..... | 4-17 |
| Gambar 4.24 Deformasi pada Fondasi Tiang..... | 4-18 |
| Gambar 4.25 <i>Output Momen Lentur</i> pada Angkur..... | 4-19 |

DAFTAR TABEL

| | |
|--|------|
| Tabel 2.1 Koefisien Angkur Ks Canadian Foundation Engineering Manual (SNI Geoteknik 8460:2017)..... | 2-11 |
| Tabel 2.2 Parameter Tanah untuk Model <i>Mohr-Coulomb</i> pada PLAXIS 2D... | 2-15 |
| Tabel 2.3 Jumlah Minimal dan Jarak Titik Bor untuk Fondasi dan DPT pada Jembatan..... | 2-20 |
| Tabel 2.4 Jumlah Minimal dan Jarak Titik Sondir untuk Fondasi dan DPT pada Jembatan..... | 2-21 |
| Tabel 3.1 Konsistensi Tanah Lempung Berdasarkan N_{SPT} (Terzaghi et al., 1996)..... | 3-9 |
| Tabel 3.2 Nilai Tipikal Berat Isi Tanah (Look, 2007)..... | 3-10 |
| Tabel 3.3 Modulus Elastisitas <i>Clay Shale</i> (U.S. Army, 1994 and Bowles, 1986)..... | 3-13 |
| Tabel 3.4 Korelasi Jenis Tanah dengan <i>Poisson's Ratio</i> (Das, 1995)..... | 3-14 |
| Tabel 3.5 Nilai <i>Interface</i> (R_{int}) (Brinkgrvee dan Shen, 2011)..... | 3-14 |
| Tabel 4.1 Parameter Tanah Lempung | 4-6 |
| Tabel 4.2 Parameter Tanah <i>Clay Shale</i> | 4-7 |
| Tabel 4.3 Parameter Tanah Timbunan dan <i>Soil Replacement</i> | 4-7 |
| Tabel 4.4 Parameter <i>Plate</i> | 4-7 |
| Tabel 4.5 Parameter <i>Geogrid</i> | 4-8 |
| Tabel 4.6 Parameter Angkur..... | 4-8 |
| Tabel 4.7 Parameter Beton..... | 4-8 |
| Tabel 4.8 Rangkuman Hasil Kalkulasi PLAXIS 2D..... | 4-14 |

DAFTAR LAMPIRAN

| | | |
|------------|---|------|
| LAMPIRAN 1 | Hasil Penyelidikan Tanah Awal..... | L1-1 |
| LAMPIRAN 2 | Hasil Penyelidikan Tanah Tambahan..... | L2-1 |
| LAMPIRAN 3 | Data <i>Unconfined Compression Test</i> (DB-01) | L3-1 |
| LAMPIRAN 4 | Data <i>Unconfined Compression Test</i> (DB-02) | L4-1 |
| LAMPIRAN 5 | <i>Core Box Boring</i> DB-01 & DB-02..... | L5-1 |



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Penelitian

Jembatan merupakan sebuah konstruksi yang digunakan sebagai jalur transportasi yang melintasi berbagai macam hambatan yang ada seperti sungai, danau, dan/atau jalan raya. Jembatan memiliki dua komponen utama yaitu struktur atas (*upper structure*) dan struktur bawah (*sub-structure*). Pada umumnya struktur bawah jembatan terdiri dari *abutment* pada ujung-ujung jembatan, pilar pada tengah jembatan, dan fondasi yang menopang *abutment* jembatan. *Abutment* memikul beban yang berasal dari struktur atas lalu di distribusikan pada fondasi yang diteruskan ke dalam tanah.

Di Kecamatan Babakancikao, Kabupaten Purwakarta dibangun sebuah jembatan melewati aliran Sungai Cilangkap. Sistem fondasi yang digunakan pada pada proyek Jembatan Cilangkap ini menggunakan fondasi tiang pancang yang berbentuk lingkaran (*spun pile*). Konstruksi Jembatan Cilangkap dilakukan pada tanah asli yang berupa tanah lunak, lalu di bawah tanah lunak tersebut terdapat lapisan *clay shale*. Di belakang *abutment* jembatan dilakukan konstruksi timbunan tinggi dengan tanah timbunan berupa tanah vulkanik. Penimbunan ini tidak hanya menyebabkan penurunan vertikal pada tanah asli namun juga deformasi lateral pada struktur *abutment* dan fondasi di bawahnya.

Pada saat konstruksi timbunan mencapai tinggi enam meter, terjadi pergerakan horizontal pada fondasi tiang yang menyebabkan momen lentur pada fondasi tiang kritis. Sebelum momen kapasitas maksimum fondasi tiang terlampaui dan akan mengakibatkan fondasi tiang mengalami kegagalan (patah), maka konstruksi timbunan dihentikan. Deformasi yang terjadi dari fondasi tiang terus dipantau melalui instrumentasi *inclinometer* secara berkala. Lalu, dipasang perkuatan tambahan berupa pemasangan angkur yang dibenamkan pada lapisan *clay shale* sebagai upaya untuk pencegahan dan atau mereduksi pergerakan horizontal tanah. Angkur tersebut dipasang *load cell* untuk mengetahui besarnya

gaya tarik yang terjadi dan memonitor peformanya. Perilaku angkur yang tertanam di tanah *clay shale* perlu ditinjau pergerakan, gaya, dan distribusinya.

1.2 Inti Permasalahan

Pergerakan tanah yang terus bertambah akibat konstruksi timbunan tinggi dikhawatirkan menyebabkan momen kapasitas fondasi tiang pancang terlampaui sehingga fondasi tiang mengalami kegagalan. Angkur sebagai perkuatan tambahan pada *abutment* yang dibenamkan pada tanah *clay shale* perlu ditinjau efektifitas dan perilaku nya dalam menahan dan atau mereduksi pertambahan deformasi.

1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian

Maksud dari penulisan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Meninjau efektifitas pemasangan angkur pada tanah *clay shale*.
2. Memeriksa dampak konstruksi timbunan tinggi terhadap pergerakan di sepanjang fondasi tiang.
3. Mengevaluasi gaya tarik yang terjadi pada angkur untuk menahan pergerakan horizontal fondasi tiang.
4. Mengkaji perilaku fondasi tiang dan angkur akibat konstruksi timbunan tinggi menggunakan program PLAXIS 2D.

Tujuan penulisan skripsi ini adalah menganalisis perilaku angkur tanah yang terpasang pada *abutment* dan menganalisis perilaku fondasi tiang yang diperkuat dengan angkur tanah pada lapisan *clay shale* terhadap pergerakan lateral akibat penimbunan tinggi.

1.4 Lingkup Penelitian

Batasan-batasan masalah pada penelitian ini terdiri dari:

1. Lokasi proyek berada di Jembatan Cilangkap, Purwakarta
2. Menentukan parameter geoteknik berdasarkan data hasil uji lapangan dan uji laboratorium.
3. Menginterpretasi pergerakan fondasi tiang berdasarkan hasil monitoring *inclinometer*.

4. Mengevaluasi besarnya gaya tarik pada angkur yang terukur pada *load cell*.
5. Menganalisis gaya-gaya yang bekerja pada struktur *abutment* dan fondasi tiang akibat konstruksi timbunan tinggi sebelum dan sesudah menggunakan angkur tanah dengan bantuan program PLAXIS 2D.

1.5 Metode Penelitian

Metode penelitian yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Studi literatur mengumpulkan informasi melalui buku teks, skripsi yang terdahulu, dan paper jurnal yang terkait (relevan) mengenai penyelidikan tanah, metode konstruksi, *abutment* jembatan, fondasi tiang pancang, pergerakan horizontal fondasi tiang, momen kapasitas maksimum tiang, angkur pada tanah *clay shale*.
2. Pengumpulan data dan penentuan parameter untuk digunakan sebagai analisis.
3. Pemodelan urutan konstruksi dan analisis menggunakan bantuan program PLAXIS 2D.
4. Mengevaluasi dan pengolahan data output yang didapat dari hasil analisis.
5. Komparasi hasil analisis dengan alat instrumentasi.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan skripsi dibagi kedalam 5 bab yaitu:

1. BAB 1 PENDAHULUAN

Bab ini membahas mengenai latar belakang penelitian, inti permasalahan, maksud dan tujuan penilitan, ruang lingkup penelitian, metode penelitian, sistem penulisan, dan diagram alir penelitian.

2. BAB 2 STUDI PUSTAKA

Bab ini membahas dasar teori yang digunakan sebagai pedoman dalam melakukan penelitian.

3. BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menguraikan metode penelitian yang digunakan untuk menganalisis perilaku *abutment* dan efektifitas angkur tanah dengan menggunakan program PLAXIS 2D.

4. BAB 4 DATA DAN ANALISA DATA

Bab ini mengulas dan memaparkan data hasil analisis perilaku fondasi tiang dan angkur tanah serta komparasi dengan alat instrumentasi *inclinometer* pada fondasi tiang dan *load cell* pada angkur tanah.

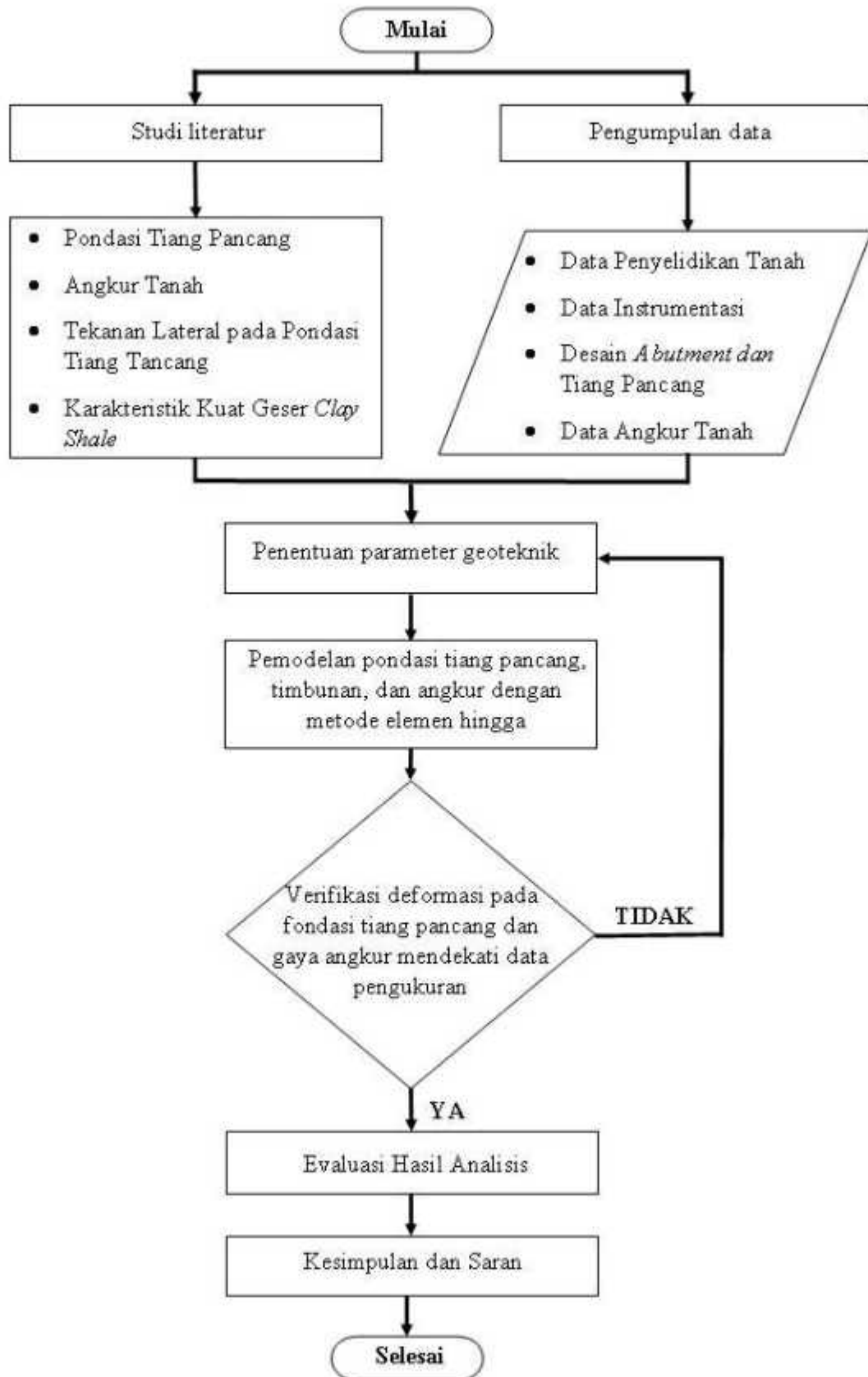
5. BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini membahas mengenai kesimpulan dari hasil analisis yang dilakukan dan saran untuk penelitian selanjutnya.

1.7 Diagram Alir

Diagram alir pada penelitian ini dapat dilihat pada **Gambar 1.1**.





Gambar 1.1 Diagram Alir