

**SKRIPSI**

**EVALUASI KEGAGALAN PONDASI TIANG  
PANCANG AKIBAT TIMBUNAN OPRIT DI ATAS  
TANAH LUNAK STUDI KASUS JEMBATAN DI  
KALIMANTAN TIMUR**



**SAMUEL YOSUA KURNIAWAN  
NPM: 2014410107**

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

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN  
FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT No. 227/SK/BAN-PT/Ak-XVI/S/XI/2013)  
BANDUNG  
JUNI 2018**

**SKRIPSI**

**EVALUASI KEGAGALAN PONDASI TIANG  
PANCANG AKIBAT TIMBUNAN OPRIT DI ATAS  
TANAH LUNAK STUDI KASUS JEMBATAN DI  
KALIMANTAN TIMUR**



**SAMUEL YOSUA KURNIAWAN  
NPM: 2014410107**

**BANDUNG, 29 MEI 2018**

**PEMBIMBING :**

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

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN  
FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT No. 227/SK/BAN-PT/Ak-XVI/S/XI/2013)  
BANDUNG  
JUNI 2018**

## PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama lengkap : Samuel Yosua Kurniawan

NPM : 2014410107

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul: Evaluasi Kegagalan Pondasi Tiang Pancang Akibat Timbunan Oprit Di Atas Tanah Lunak Studi Kasus Jembatan di Kalimantan Timur adalah karya ilmiah yang bebas plagiat. Jika di kemudian hari terdapat plagiat dalam skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku.

Bandung, Juni 2018



Samuel Yosua Kurniawan

2014410107

# **EVALUASI KEGAGALAN PONDASI TIANG PANCANG AKIBAT TIMBUNAN OPRIT DI ATAS TANAH LUNAK STUDI KASUS JEMBATAN DI KALIMANTAN TIMUR**

**Samuel Yosua Kurniawan  
NPM: 2014410107**

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

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN  
FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT No. 227/SK/BAN-PT/Ak-XVI/S/XI/2013)  
BANDUNG  
JUNI 2018**

## **ABSTRAK**

Pada proses pembuatan pondasi pada jembatan yang harus diperhatikan adalah beban vertikal dan beban lateral, biarpun begitu terkadang faktor beban lateral terkadang terlupakan dan menjadi penyebab dari banyaknya kegagalan pada pondasi. Berdasarkan analisis menggunakan PLAXIS pada proyek jembatan di Kalimantan Timur, pondasi mengalami kegagalan yang disebabkan bertambahnya tekanan lateral pada tanah yang diakibatkan adanya timbunan oprit pada satu sisi dari pondasi jembatan. Proses yang seharusnya menimbun tanah lunak terlebih dahulu baru memancang pondasi diubah menjadi memancang pondasi terlebih dahulu karena terbatasnya waktu pembangunan. Dengan analisis ini diharapkan adanya kesadaran untuk memperhitungkan beban lateral yang bisa mengganggu kestabilan tanah dan bisa menyebabkan kegagalan struktur.

Kata kunci: Beban lateral, PLAXIS, pondasi jembatan, timbunan oprit, tanah lunak, kegagalan struktur

# **EVALUATION OF PILE FOUNDATION FAILURES DUE TO EMBANKMENT ON SOFT SOIL, CASE STUDY OF BRIDGE IN EAST KALIMANTAN**

**Samuel Yosua Kurniawan**  
**NPM: 2014410107**

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

**PARAHYANGAN CATHOLIC UNIVERSITY**  
**FACULTY OF ENGINEERING DEPARTMENT OF CIVIL**  
**ENGINEERING**  
**(Accredited by SK BAN-PT No. 227/SK/BAN-PT/Ak-XVI/S/XI/2013)**  
**BANDUNG**  
**JUNE 2018**

## **ABSTRACT**

In the process of making a bridge foundation, one to be considered is the vertical load and lateral load, even so sometimes the lateral load factor is sometimes forgotten and became the cause of the many failures on the foundation. Based on the analysis using PLAXIS on the bridge project in East Kalimantan, the foundation has failed due to the increase in lateral pressures on the ground due to the embankment on one side of the bridge foundation. The process that should put the embankment first on the soft soil and then set the foundation, was changed to set the foundation first because of the limited time of development. With this analysis, it is hoped that people would aware that the lateral loads could disrupt the soil stability and could lead to structural failure

Keywords: Lateral load, PLAXIS, bridge foundation, embankment, soft soil, structural failure

## PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan atas rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan karya tulis ilmiah berjudul Evaluasi Kegagalan Pondasi Tiang Pancang Akibat Timbunan Oprit Di Atas Tanah Lunak Studi Kasus Jembatan Di Kalimantan Timur dengan baik. Penulisan skripsi ini adalah syarat akademik dalam menyelesaikan studi tingkat S-1 (Sarjana) di Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil, Universitas Katolik Parahyangan.

Dalam proses penyusunan karya tulis ilmiah ini penulis melalui berbagai kesulitan dan hambata. Namun, dengan dukungan, kritik, dan saran dari keluarga, dosen-dosen, dan teman-teman akhirnya skripsi ini bisa selesai dengan tepat waktu. Oleh karena itu penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Paulus Pramono Rahardjo, Ir., MSCE., Ph.D, selaku dosen pembimbing yang telah membantu penyelesaian skripsi ini dengan mencurahkan perhatian, waktu, tenaga, dan membagikan ilmu pengetahuannya kepada penulis sehingga skripsi ini bisa selesai,
2. Papa, Mama, dan Adik yang selalu memberikan dukungan, doa, dan semangat kepada penulis agar tidak malas dan terus mengerjakan skripsi ini tanpa lelah,
3. Ibu Siska Rustiani, Ir., M.T., Ibu Anastasia Sri Lestari, Ir., M.T., ibu Dr. Rinda Karlinasari, Ir., M.T., Bapak Aswin Lim, Ph.D, dan Bapak Budijanto Widjaja, S.T., M.T., Ph.D, selaku dosen yang telah memberikan saran dan kritik kepada penulis sehingga skripsi ini dapat selesai dengan lebih baik,
4. Kepada seluruh staf kantor Geotechnical Engineering Consultant, terutama Stefanus Diaz Alvi yang selalu membantu, mengajari dan membimbing penulis untuk lebih mengerti permasalahan dalam bidang geoteknik terutama yang berkaitan dengan skripsi ini sehingga skripsi ini dapat selesai dengan baik,
5. Andreas Nathaniel, Fidelis Fernando, FX Ronaldo, Stephen Waluyo, Steven Marsim, Yosua Eka, Hilario Goto, Janice Zefira, Jassynda Mutiara, Nabila Putri, Nathania Riyanto, Putri Widya, Tania Suherman

yang telah berbagi suka dan duka dan juga selalu memberi dukungan kepada penulis selama pengerjaan skripsi ini,

6. Bima, Jeremy, Louis, Variant, Cindy, Tanti, dan Alyvia selaku teman seperjuangan skripsi yang saling melengkapi dan selalu memberi dorongan dalam pengerjaan skripsi,
7. Teman-teman SIPIL UNPAR 2014 atas momen dan berbagai cerita selama di bangku kuliah,
8. Dan masih banyak lagi pihak-pihak yang tidak dapat penulis tuliskan namanya namun memegang peranan besar dalam penyusunan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih belum sempurna. Penulis akan sangat berterima kasih apabila nantinya ada saran dan kritikan yang dapat membuat skripsi ini menjadi lebih baik lagi. Dibalik adanya kekurangan tersebut, penulis berharap skripsi ini akan dapat berguna bagi teman-teman dan semua orang yang membacanya.

Bandung, Juni 2018



Samuel Yosua Kurniawan

2014410107

# DAFTAR ISI

ABSTRAK .....	i
ABSTRACT .....	iii
PRAKATA .....	v
DAFTAR ISI .....	ix
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN .....	xi
DAFTAR GAMBAR .....	xiii
DAFTAR TABEL .....	xv
DAFTAR LAMPIRAN .....	xvii
BAB 1 PENDAHULUAN .....	1-1
1.1 Latar Belakang Permasalahan .....	1-1
1.2 Inti Permasalahan .....	1-2
1.3 Tujuan Penelitian .....	1-2
1.4 Lingkup Masalah .....	1-2
1.5 Metode Penelitian .....	1-3
1.6 Sistematika Penulisan .....	1-3
1.7 Diagram Alir Penelitian .....	1-4
BAB 2 STUDI PUSTAKA .....	2-1
2.1 Soil model (Mohr-Coulomb) .....	2-1
2.2 <i>Soft soil</i> .....	2-1
2.3 Kriteria keruntuhan Mohr-Coulomb .....	2-2
2.4 Parameter tanah .....	2-2
2.4.1 Uji laboratorium .....	2-3
2.4.2 Uji lapangan .....	2-6
2.5 Modulus tanah pada pekerjaan galian .....	2-9
2.6 Pondasi Tiang .....	2-10
2.7 Beban Lateral .....	2-11
2.8 Timbunan Oprit .....	2-11
2.9 Prinsip dasar elemen hingga .....	2-12
2.10 Perbedaan metode konvensional dengan metode elemen hingga .....	2-13
2.11 Manfaat metode elemen hingga .....	2-14
BAB 3 METODE PENELITIAN .....	3-1
3.1 Langkah langkah dalam metode elemen hingga .....	3-1



3.2 Metode analisis.....	3-3
3.3 Langkah-langkah Pengerjaan PLAXIS .....	3-3
3.3.1 Pembuatan model geografi secara grafis .....	3-3
3.3.2 Pembuatan jaring elemen secara otomatis .....	3-4
3.3.3 Pembuatan pelat .....	3-4
3.3.4 Antarmuka ( <i>Interface</i> ).....	3-4
3.3.5 Model Mohr-Coulomb .....	3-4
3.3.6 Tekanan air pori .....	3-4
3.3.7 Tahapan konstruksi .....	3-5
BAB 4 ANALISIS DATA.....	4-1
4.1 Deskripsi Masalah .....	4-1
4.2 Penentuan parameter tanah.....	4-3
4.2.1 Penentuan jenis tanah.....	4-3
4.2.2 Penentuan sifat fisis dan kuat geser tanah.....	4-5
4.2.3 Penentuan modulus tanah (E) dan angka poisson ( $\nu$ ) .....	4-8
4.2.4 Parameter-parameter tanah .....	4-10
4.3 Pemodelan dan <i>input</i> PLAXIS .....	4-11
4.4 Proses kalkulasi PLAXIS .....	4-14
4.5 <i>Output</i> PLAXIS .....	4-15
4.6 Tekanan air pori eksese.....	4-20
BAB 5 SARAN DAN KESIMPULAN.....	5-1
5.1 Kesimpulan.....	5-1
5.2 Saran.....	5-2
DAFTAR PUSTAKA.....	xix
LAMPIRAN 1 Data Uji Sondir .....	1
LAMPIRAN 2 .....	4
LAMPIRAN 3 .....	14

## DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

[K]	= Matriks kekakuan global = $\sum_1^m(K_e)$
[Ke]	= Matriks elemen
{q}	= Vektor primary unknown pada nodal
{Q}	= Vektor gaya (force) pada nodal
{R}	= Resultan gaya pada nodal
C	= Kohesi
E	= Modulus tanah
m	= Jumlah seluruh elemen pada mesh yang telah terdiskretisasi
Nk	= Faktor konus yang nilainya bervariasi dan diambil 15
qc	= Tahanan ujung sondir
Su	= kuat geser tanah kohesif
$\sigma_v$	= Tegangan vertikal total
$\tau_f$	= Tegangan geser
$\phi$	= Sudut geser dalam



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Diagram Alir Penelitian .....	1-4
Gambar 2.1 Model Mohr-Coulomb .....	2-1
Gambar 2.2 Skema uji geser langsung.....	2-4
Gambar 2.3 Ilustrasi alat uji geser langsung.....	2-4
Gambar 2.4 Ilustrasi alat uji kuat tekan tak terkekang.....	2-5
Gambar 2.5 Skema uji triaxial .....	2-6
Gambar 2.6 Konus sondir mekanis .....	2-7
Gambar 2.7 Konus sondir listrik.....	2-8
Gambar 2.8 Cara konvensional uji SPT (Coduto, 1994) .....	2-8
Gambar 2.9 Skema uji SPT.....	2-9
Gambar 2.10 Korelasi E/N terhadap tegangan radial.....	2-9
Gambar 2.11 Proses pemboran pada konstruksi pondasi tiang.....	2-10
Gambar 2.12 Kondisi pembebanan lateral pada pondasi tiang (Tomlinson).....	2-11
Gambar 2.13 Pola keruntuhan sliding pada oprit.....	2-12
Gambar 4.1 Pondasi yang patah akibat momen dari beban lateral .....	4-1
Gambar 4.2 Jembatan yang miring karena pondasinya patah.....	4-2
Gambar 4.3 Rusaknya jembatan akibat pondasinya patah.....	4-2
Gambar 4.4 Sifat-sifat tanah menurut Robertson (Robertson 1986).....	4-3
Gambar 4.5 Model PLAXIS .....	4-11
Gambar 4.6 Model PLAXIS dengan pembesaran pada bagian pondasi dan timbunan.....	4-11
Gambar 4.7 <i>Input</i> material berdasarkan kondisi di lapangan.....	4-12
Gambar 4.8 Masukkan data muka air tanah.....	4-13
Gambar 4.9 Kondisi awal pada pemodelan di PLAXIS .....	4-13
Gambar 4.10 PLAXIS yang telah siap melakukan kalkulasi.....	4-14
Gambar 4.11 Kalkulasi pada PLAXIS telah berhasil dilakukan.....	4-15
Gambar 4.12 Kondisi yang terjadi di lapangan dengan beban timbunan .....	4-15
Gambar 4.13 Pembagian deformasi yang terjadi pada model.....	4-16
Gambar 4.14 Deformasi horizontal yang terjadi pada model .....	4-16
Gambar 4.15 <i>Displacement</i> yang terjadi pada tiang kiri, tengah, dan kanan.....	4-17

Gambar 4.16 <i>Shear</i> yang terjadi pada tiang kiri, tengah dan kanan .....	4-17
Gambar 4.17 Momen yang terjadi pada tiang kiri, tengah, dan kanan.....	4-17
Gambar 4.18 Spesifikasi <i>spun pile</i> dengan standar JIS A5335 (WIKA 2002)...	4-19
Gambar 4.19 Tekanan air pori eksres pada hari ke-0 setelah timbunan 2m .....	4-20
Gambar 4.20 Tekanan air pori eksres pada hari ke-7 setelah timbunan 2m.....	4-20
Gambar 4.21 Tekanan air pori eksres pada potongan A-A' .....	4-21
Gambar 4.22 Tekanan air pori eksres pada potongan B-B' .....	4-21

## DAFTAR TABEL

Tabel 2-1 Klasifikasi jenis tanah berdasarkan SNI.....	2-2
Tabel 2-2 Rasio antara $E_m$ dan $E_{oed}$ untuk tanah terkonsolidasi normal (Menard & Rouseau, 1962) .....	2-10
Tabel 2-3 Perbedaan metode konvensional dengan metode elemen hingga.....	2-13
Tabel 4-1 Penjelasan sifat-sifat tanah menurut grafik Robertson (Robertson 1986) .....	4-4
Tabel 4-2 Korelasi hasil sondir dengan jenis tanah .....	4-4
Tabel 4-3 Nilai $\gamma$ dan $\gamma_{sat}$ berdasarkan jenis tanah (Coduto 2001).....	4-6
Tabel 4-4 Korelasi jenis tanah dengan $\gamma$ dan $\gamma_{sat}$ .....	4-6
Tabel 4-5 Hasil $S_u$ yang didapat berdasarkan rumus Teh (1987).....	4-7
Tabel 4-6 Sudut geser pada tanah lempung berdasarkan AASHTO T99, BS B77 : 1975.....	4-7
Tabel 4-7 Berbagai korelasi $\phi$ berdasarkan jenis tanah (US Navy, 1982) .....	4-8
Tabel 4-8 Korelasi jenis tanah dengan $\phi$ .....	4-8
Tabel 4-9 Modulus tanah yang didapat berdasarkan rumus Schmermann .....	4-9
Tabel 4-10 Nilai parameter angka poisson ( $\nu$ ) dan angka poisson efektif ( $\nu'$ ) berbagai jenis tanah (Meyerhoff 1956 dan Stroud 1988).....	4-9
Tabel 4-11 Korelasi jenis tanah dengan Angka Poisson.....	4-10
Tabel 4-12 Parameter tanah untuk <i>input</i> PLAXIS .....	4-10
Tabel 4-13 Hasil PLAXIS pada tiang pancang.....	4-18



## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 .....	1
------------------	---





# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang Permasalahan

Pada proses mendesain pondasi jembatan, ada beberapa pondasi yang bisa dipakai, seperti pondasi tiang pancang dan juga pondasi tiang bor. Proses mendesain pondasi ini harus dianalisis apakah pondasi tersebut mampu memikul beban yang ada, baik beban vertikal maupun beban lateral, karena beban ini akan menyebabkan momen pada tiang. Kebanyakan dari tiang pondasi yang gagal disebabkan oleh kegagalan pada momen kapasitas tiang. Selain itu deformasi pada tiang pun harus dicek agar pondasi tersebut tidak berdeformasi melebihi batas deformasi tiang.

Pada banyak kasus dimana terjadi kegagalan pada tiang pondasi, yang menjadi penyebab kegagalan tiang adalah karena terkadang konsultan kurang memperhatikan aspek beban lateral yang bekerja pada tiang karena bukan beban struktur jembatan saja yang bekerja tetapi juga gerakan lateral pada tanah akibat timbunan oprit. Dengan adanya timbunan oprit, maka akan menyebabkan tekanan lateral bertambah ke pondasi di sekitar lokasi proyek.

Pada proyek jembatan di Kalimantan Timur, pondasi mengalami kegagalan dikarenakan adanya timbunan oprit pada salah satu sisi pondasi. Timbunan oprit ini sebenarnya adalah timbunan tanah atau urugan yang dibuat sepadat mungkin untuk mencegah penurunan pada tanah. Seharusnya tanah lunak ditimbun dulu menggunakan timbunan oprit sebelum pondasi dipancang. Hanya saja karena kurangnya waktu sehingga pondasi dipancang terlebih dahulu baru ditimbun sehingga mengakibatkan beban lateral tambahan yang tidak kuat dipikul oleh tiang pondasi sehingga tiang pondasi tersebut mengalami kegagalan.

## **1.2 Inti Permasalahan**

Permasalahan yang sering terjadi pada pondasi adalah kurang diperhitungkannya beban lateral yang bisa mengakibatkan pondasi berdeformasi atau bahkan sampai patah.

Dalam kasus Jembatan di Kalimantan Timur, yang menambah beban lateral adalah adanya timbunan oprit pada salah satu sisi jembatan yang menyebabkan adanya longsor dan mengakibatkan patahnya pondasi jembatan. Pada kasus ini terjadi kesalahan urutan pekerjaan dimana seharusnya tanah lunak ditimbun terlebih dahulu menggunakan oprit baru boleh dilakukan pemancangan pondasi. Hanya saja untuk meminimalkan durasi pekerjaan, pondasi dipancang dulu setelah itu baru tanah lunak ditimbun menggunakan oprit yang mengakibatkan bertambahnya beban lateral pada tiang dan menyebabkan tiang pondasi patah akibat besarnya momen pada tiang.

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Maksud dari penelitian skripsi ini antara lain:

1. Melakukan kajian literatur
2. Melakukan analisis pada pondasi tiang jika pondasi dipancang terlebih dahulu, lalu tanah lunak ditimbun menggunakan oprit
3. Melakukan analisis deformasi tiang menggunakan program PLAXIS 2D
4. Melakukan analisis penyebab kegagalan pada pondasi

Tujuan yang diharapkan tercapai setelah mengetahui apa perbedaan hasil pada pondasi jembatan dengan perbedaan pada urutan pekerjaan.

## **1.4 Lingkup Masalah**

Lingkup masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Data yang diperoleh diambil dari proyek jembatan di Kalimantan Timur
2. Tanah yang ditimbun merupakan tanah lunak
3. Perhitungan dan analisis deformasi tiang menggunakan program PLAXIS 2D

## **1.5 Metode Penelitian**

Metode penelitian yang akan dilakukan untuk mencapai maksud dan tujuan di atas adalah:

1. Tinjauan pustaka tentang pondasi tiang pancang, pondasi tiang dengan beban lateral, dan kestabilan lereng
2. Studi penggunaan metode elemen hingga (PLAXIS 2D)
3. Analisis dengan menggunakan metode elemen hingga (PLAXIS 2D)

## **1.6 Sistematika Penulisan**

Sistematika penulisan karya tulis ilmiah ini melalui beberapa tahap, yaitu:

### **BAB 1 PENDAHULUAN**

Bab 1 memaparkan latar belakang, inti permasalahan, maksud dan tujuan penelitian, ruang lingkup studi, metode penelitian yang akan dilakukan, sistematika penulisan, serta diagram alir penelitian.

### **BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA**

Bab 2 memaparkan tentang pondasi tiang, pondasi tiang dengan beban lateral, kapasitas lateral tiang, deformasi pada pondasi tiang, kelongsoran pada lereng, dan penyelidikan tanah.

### **BAB 3 METODE PENELITIAN**

Bab 3 menguraikan tentang metode penelitian yang dilakukan untuk menganalisis kestabilan pada tanah dengan perbedaan urutan pekerjaan pada proyek jembatan di Kalimantan Timur dengan menggunakan program PLAXIS 2D

### **BAB 4 ANALISIS DATA**

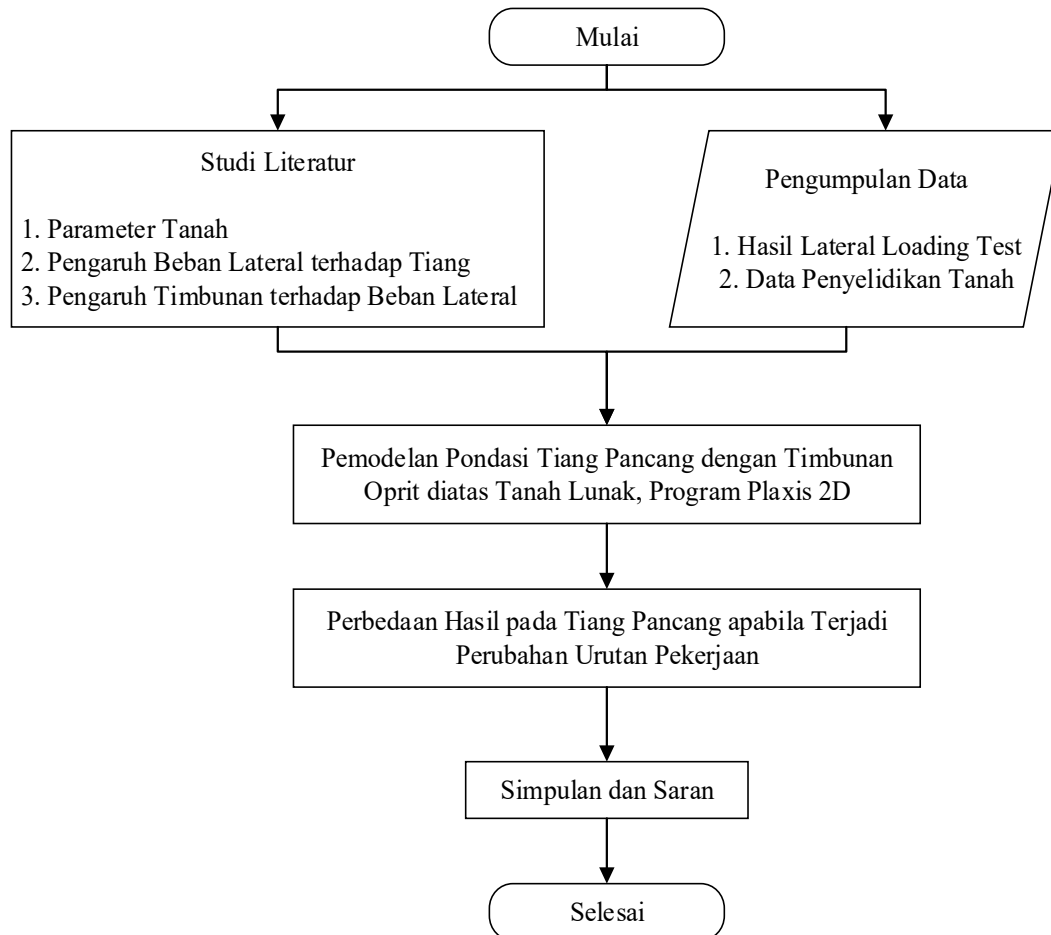
Bab 4 menjabarkan tentang analisis yang telah dilakukan dan memberi solusi permasalahan pada proyek pembangunan jembatan di Kalimantan Timur

### **BAB 5 SIMPULAN DAN SARAN**

Bab 5 menjelaskan kesimpulan dan saran dari pembahasan proyek jembatan di Kalimantan Timur

### 1.7 Diagram Alir Penelitian

Untuk menunjukkan proses penelitian yang akan dilakukan dalam penyelesaian karya tulis ilmiah ini maka dibuatlah diagram alir penelitian. Diagram alir penelitian ini dapat dilihat pada **Gambar 1.1**.



**Gambar 1.1 Diagram Alir Penelitian**