

**PEMODELAN ELEMEN HINGGA PADA METODE GALIAN
TERBUKA TERHADAP STRUKTUR *BOREPILE* TERPASANG
PADA BERBAGAI KONDISI TANAH**

TESIS

Disusun untuk memenuhi sebagian persyaratan mencapai derajat Magister Program
Studi Teknik Sipil



Oleh :

Eko Sujiyanto

S941608003

**PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS SEBELAS MARET
SURAKARTA
2020**

**PEMODELAN ELEMEN HINGGA PADA METODE GALIAN
TERBUKA TERHADAP STRUKTUR *BOREPILE* TERPASANG
PADA BERBAGAI KONDISI TANAH
TESIS**

Oleh
Eko Sujiyanto
S941608003

Komisi
Pembimbing

Pembimbing I

Pembimbing II

Nama

Dr. Bambang Setiawan, ST., MT.

NIP.196907171997021001

Dr. Niken Silmi Surjandari, ST., MT.

NIP.196909031997022001

Tanda
Tangan

Tanggal

14/12/20

**Telah dinyatakan memenuhi syarat
Pada tanggal 14 Desember 2020**

Ketua Program Studi Teknik Sipil
Program Pascasarjana UNS



Ir. Ary Setyawan, M.Sc (Eng)., Ph.D.

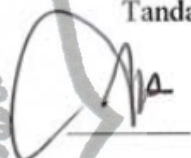



NIP. 196612041995121001

commit to user

**PEMODELAN ELEMEN HINGGA PADA METODE GALIAN
TERBUKA TERHADAP STRUKTUR *BOREPILE* TERPASANG
PADA BERBAGAI KONDISI TANAH
TESIS**

Oleh
Eko Sujiyanto
S941608003

Tim penguji:

| Jabatan | Nama | Tanda Tangan |
|------------|--|---|
| Ketua | Ir. Ary Setyawan, M.Sc (Eng)., Ph.D. NIP.1966612041995121001 |  |
| Sekretaris | Prof. Yusep Muslih Purwana, ST, MT, Ph.D. NIP.196807021995021001 |  |
| Anggota | Dr. Bambang Setiawan, ST., MT. NIP.196907171997021001 |  |
| | Dr. Niken Silmi Surjandari, ST., M.T. NIP.196909031997022001 |  |

**Telah dipertahankan didepan penguji
dan dinyatakan telah memenuhi syarat
pada tanggal 14 Desember 2020**

Dekan Fakultas Teknik
Universitas Sebelas Maret Surakarta



Dr. Techn. Ir. Sholihin As'ad, M.T
NIP.196710011997021001



PERNYATAAN KEASLIAN DAN PERSYARATAN
PUBLIKASI

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa:

1. Tesis yang berjudul "Pemodelan Elemen Hingga Pada Metode Galian Terbuka Terhadap Struktur *Borepile* Terpasang Pada Berbagai Kondisi Tanah" ini adalah karya penelitian saya sendiri dan tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik serta tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang tertulis dengan acuan yang disebutkan sumbernya, baik dalam masalah karangan dan daftar pustaka. Apabila ternyata di dalam naskah tesis ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur plagiasi, maka saya bersedia menerima sanksi, baik Tesis beserta gelar magister saya dibatalkan serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku.
2. Publikasi sebagian atau keseluruhan Tesis ini pada jurnal atau forum ilmiah harus menyertakan tim promotor sebagai *author* dan PPs UNS sebagai institusinya. Apabila saya melakukan pelanggaran dari ketentuan publikasi ini, maka saya bersedia mendapatkan sanksi akademis yang berlaku.

Surakarta, Februari 2021

Eko Sujiyanto

S941608003

KATA PENGANTAR

Puji syukur atas kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, sehingga karya tulis yang berjudul “PEMODELAN HINGGA PADA METODE GALIAN TERBUKA TERHADAP STRUKTUR *BOREPILE* TERPASANG PADA BERBAGAI KONDISI TANAH” dapat diselesaikan. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan pengambilan data tanah untuk memperoleh karakteristik tanah dan metode elemen hingga untuk memperoleh hasil maksimum *displacement* yang terjadi pada *Borepiled* eksisting dan perilaku tanah pendukung di sekitar *borepiled*.

Terima kasih penulis ucapkan kepada semua pihak yang telah membantu dalam proses penyelesaian penelitian ini, yaitu :

1. Kedua Orang tua penulis atas doa dan dukungan;
2. Isteri dan Anak-anak penulis tercinta atas support dan dukungannya;
3. Dr. Bambang Setiawan, S.T., M.T. dan Dr. Niken Silmi Surjandari, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing;
4. Ir. Ary Setyawan, M.Sc., Ph.D. Selaku Ketua program studi Teknik Sipil Program Pascasarjana UNS;
5. Bapak dan Ibu Dosen pengajar Pascasarjana Teknik Sipil Universitas Sebelas Maret Surakarta;
6. Teman-teman mahasiswa Pascasarjana Program Studi Teknik Sipil Universitas Sebelas Maret Surakarta;
7. Pihak-pihak lain yang telah membantu kelancaran dalam proses penelitian ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.

Harapan penulisan semoga karya tulis ini dapat bermanfaat untuk pembangunan dan memperbanyak khasanah keilmuan di Indonesia.

Surakarta, Februari 2021

Penulis,

Eko Sujianto

commit to user

ABSTRAK

Galian terbuka merupakan galian yang dilakukan dengan membuat kemiringan pada lereng galian tanah, berfungsi menahan gaya lateral atau gaya horisontal ke arah galian. Analisis stabilitas galian dilakukan dengan Pemodelan metoda elemen hingga, untuk mengetahui *displacement* yang terjadi pada struktur *borepile* eksisting dan perilaku tanah disekitar fondasi *bored pile* akibat metoda galian terbuka, dengan kondisi *drained* pada lereng galian dengan kemiringan galian 1:1.25, serta memperoleh hasil yang terverifikasi sampai dengan masa pelaksanaan. Metode juga dilaksanakan dengan melakukan uji *inclinometer* pada tebing galian untuk menguji pergeseran tanah pendukungnya. Studi pemodelan elemen hingga ini membuktikan bahwa nilai stabilitas *borepile* dipengaruhi dengan karakteristik berbagai tanah. Hasil analisa nilai deformasi resultan pada galian tanah berpasir adalah 1.28 cm, nilai faktor keamanan galian sebesar 1.49, serta deformasi lateral *borepile* adalah 0.17 cm. Selanjutnya metode yang sama dilakukan pada berbagai jenis tanah dan pada galian tanah lunak, dihasilkan nilai deformasinya adalah 52.95 cm, nilai faktor keamanan galian sebesar 1.16, dan nilai deformasi lateral *borepile* adalah 2.10 cm, untuk mengurangi nilai deformasi dan menaikkan angka keamanan dapat dilakukan *treatment* menggunakan *sheetpile* pada tebing galian.

Kata kunci : galian terbuka, stabilitas lereng, angka keamanan, elemen hingga

DAFTAR ISI

| | |
|--|-------------------------------------|
| KATA PENGANTAR | V |
| ABSTRAK..... | VI |
| DAFTAR ISI | VII |
| DAFTAR TABEL | X |
| DAFTAR GAMBAR | XII |
| BAB I PENDAHULUAN | ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED. |
| A. LATAR BELAKANG | ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED. |
| B. PERUMUSAN MASALAH..... | ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED. |
| C. TUJUAN PENELITIAN..... | ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED. |
| D. LINGKUP PEMBAHASAN..... | ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED. |
| E. MANFAAT PENELITIAN..... | ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED. |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI . | ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED. |
| A. TINJAUAN PUSTAKA..... | ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED. |
| A.1 ANALISIS STABILITAS LERENG DENGAN METODE KESETIMBANGAN BATAS DAN ELEMEN HINGGA | ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED. |
| A.1.a Parameter tanah | Error! Bookmark not defined. |
| A.1.b Stabilitas tanah | Error! Bookmark not defined. |
| A.1.c Angka keamanan | Error! Bookmark not defined. |
| A.2 RESPON SIMULTAN TEGANGAN EFEKTIF – TEGANGAN PORI DAN DEFORMASI TANAH LEMPUNG LUNAK | ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED. |
| A.2.a Model konstitutif tanah..... | Error! Bookmark not defined. |
| A.2.b Metode elemen hingga | Error! Bookmark not defined. |
| A.3 PENGARUH MODEL KONSTITUTIF..... | ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED. |
| B. LANDASAN TEORI | ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED. |
| B.1 TANAH..... | ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED. |
| B.2 FONDASI TIANG BOR (BOREDPILE) | ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED. |
| B.3 KRITERIA DESIGN GALIAN..... | ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED. |
| B.4 BEBAN LATERAL..... | ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED. |
| B.5 METODE ANALISIS ELEMEN HINGGA | ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED. |
| Metoda elemen hingga | Error! Bookmark not defined. |
| B.6 ANALISIS STABILITAS LERENG GALIAN DENGAN PROGRAM PLAXIS..... | ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED. |
| B.7 ANALISA ANGKA KEAMANAN | ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED. |
| B.7.a Metode Fellinius, 1927 | Error! Bookmark not defined. |

| | |
|---|-------------------------------------|
| B.7.b Metode Bishop..... | Error! Bookmark not defined. |
| BAB III METODE PENELITIAN..... | ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED. |
| METODE PENELITIAN..... | ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED. |
| LOKASI PENELITIAN..... | ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED. |
| PARAMETER DAN VARIABEL..... | ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED. |
| C.1 Parameter..... | Error! Bookmark not defined. |
| C.2 Variabel | Error! Bookmark not defined. |
| DATA | ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED. |
| MODELING..... | ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED. |
| E.1 Tahap pembuatan model..... | Error! Bookmark not defined. |
| E.2 Tahap verifikasi model | Error! Bookmark not defined. |
| BAGAN ALIR PENELITIAN | ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED. |
| BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN..... | ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED. |
| A. STUDI PARAMETRIK PENGOLAHAN DAN PEMODELAN DATA TANAH | ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED. |
| A.1 PENGOLAHAN DATA TANAH..... | ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED. |
| A.1.a Data jenis tanah berpasir (zona 3) | Error! Bookmark not defined. |
| A.1.b Data jenis tanah berpasir (zona 9) | Error! Bookmark not defined. |
| A.1.c Data jenis tanah sedang (Proyek Pembangunan Flyover Purwosari- Surakarta) | Error! Bookmark not defined. |
| A.1.d Data jenis tanah lunak (Proyek Pembangunan Terminal Kijing- Kalbar) | Error! Bookmark not defined. |
| A.2 PEMODELAN PLAXIS KONDISI AKTUAL | ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED. |
| A.2.a Pemodelan plaxis 3D pada zona 3 tanah berpasir – borepile D1200 mm | Error! Bookmark not defined. |
| A.2.b Pemodelan plaxis 3D pada zona 9 tanah berpasir – borepile D1200 mm | Error! Bookmark not defined. |
| A.2.c Pemodelan plaxis 3D pada tanah sedang- borepile D1200 mm | Error! Bookmark not defined. |
| A.2.d Pemodelan plaxis 3D pada tanah sedang - Borepile D1500 mm | Error! Bookmark not defined. |
| A.2.e Pemodelan plaxis 3D pada tanah lunak- borepile D1200 mm | Error! Bookmark not defined. |
| A.2.f Pemodelan plaxis 3D pada tanah lunak- borepile D1500 mm..... | Error! Bookmark not defined. |
| B. HASIL ANÁLISIS PEMODELAN..... | ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED. |
| B.1. ANÁLISIS PLAXIS 3D KONDISI TANAH BERPASIR – BOREDPILE D1200 MM | ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED. |
| (VARIABLE 5/AKTUAL)..... | ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED. |
| B.1.a Hasil analisis plaxis 3D zona 3..... | Error! Bookmark not defined. |
| B.1.b Hasil analisis plaxis 3D zona 9..... | Error! Bookmark not defined. |

| | |
|---|-------------------------------------|
| B.1.c Hasil pengamatan alat pengukur inklinometer | Error! Bookmark not defined. |
| B.1.d Resume hasil pemodelan zona 3 dan zona 9 | Error! Bookmark not defined. |
| B.1.e Analisa plaxis 3D kondisi tanah berpasir - borepile D1500 mm (variabel 6) | Error! Bookmark not defined. |
| B.2 ANALIS PLAXIS 3D KONDISI TANAH LUNAK BOREDPILE D1200 MM (VARIABEL 1) | ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED. |
| Data Tanah Klasifikasi Tanah Lunak | Error! Bookmark not defined. |
| B.3 ANALIS PLAXIS 3D KONDISI TANAH LUNAK - BOREDPILE D1500 MM (VARIABEL 2) | ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED. |
| Data Klasifikasi Tanah Lunak | Error! Bookmark not defined. |
| B.4 ANALIS PLAXIS 3D KONDISI TANAH SEDANG BOREDPILE D1200 MM (VARIABEL 3) | ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED. |
| Analisa Tanah dengan Klasifikasi Tanah Sedang | Error! Bookmark not defined. |
| B.5 ANALIS PLAXIS 3D KONDISI TANAH SEDANG BOREDPILE D1500 MM (VARIABEL 4) | ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED. |
| Data Tanah Klasifikasi Tanah Sedang | Error! Bookmark not defined. |
| BAB V KESIMPULAN DAN SARAN | ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED. |
| A. KESIMPULAN | ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED. |
| B. SARAN | ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED. |
| DAFTAR PUSTAKA | ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED. |

DAFTAR TABEL

| | |
|--|-------------------------------------|
| Tabel 2. 1 Properties Dinamik Tanah Menurut RSNI 03-1726 201x..... | ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED. |
| Tabel 2. 2 Jenis-Jenis Tanah (Das, 1995)..... | ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED. |
| Tabel 2. 3 Rekomendasi Angka Keamanan Minimum Untuk Stabilitas Lereng Tanah Untuk Timbunan Maupun Galian (SNI:8460:2017)..... | ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED. |
| Tabel 2. 4 Rekomendasi Angka Keamanan Minimum Untuk Stabilitas Lereng Galian (Pergub DKI 2009)..... | ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED. |
| Tabel 2. 5 Faktor Keamanan Lereng Galian dan Timbunan dengan Plaxis..... | ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED. |
| Tabel 2. 6 Hubungan Faktor Keamanan Lereng dan Intensitas Longsor (Bowles 1989) | ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED. |
| Tabel 3. 1 Hubungan Jenis Tanah dengan Tipe <i>Borepile</i> | ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED. |
| Tabel 3. 2 Data Primer dan Sekunder | ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED. |
| Tabel 4. 1 Rekapitulasi Parameter Tanah BH-20 Untuk Zona 3 | ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED. |
| Tabel 4. 2 Rekapitulasi Parameter Tanah BH-05 Untuk Zona 9 | ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED. |
| Tabel 4. 3 Rekapitulasi Parameter Tanah BH-02 Proyek FO Purwosari | ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED. |
| Tabel 4. 4 Rekapitulasi Parameter Tanah BH-02 Proyek Terminal Kijing | ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED. |
| Tabel 4. 5 Resume Hasil Pemodelan Zona 3 dan Zona 9 | ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED. |
| Tabel 4. 6 Resume Hasil Pemodelan Kondisi Tanah Berpasir Variabel Diameter D1200 dan D1500 | ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED. |
| Tabel 4. 7 Parameter Tanah Lunak | ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED. |

- Tabel 4. 8** Resume Hasil Pemodelan Variabel 1 Tanpa dan atau dengan *Sheet Pile*
.....**ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.**
- Tabel 4. 9** Resume Hasil Pemodelan Zona 3 dan Zona 9.....**ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.**
- Tabel 4. 10** Parameter Tanah Sedang**ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.**
- Tabel 4. 11** Resume Hasil Analisa Variabel Kondisi Tanah Sedang**ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.**
- Tabel 4. 12** Resume Hasil Analisa Variasi Pemodelan Kondisi Tanah **ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.**



DAFTAR GAMBAR

- Gambar 2. 1** Perbandingan Berbagai Konstitutif Tanah Model Terhadap Pengukuran Lapangan Untuk Analisis Menggunakan Metode Elemen Hingga. **ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.**
- Gambar 2. 2** Sistem Koordinat Umum Tiga Dimensi dan Perjanjian Tanda Untuk Tegangan**ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.**
- Gambar 2. 3** Ruang Tegangan Utama**ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.**
- Gambar 2. 4** Ilustrasi Bentuk dan Urutan Metoda Penggalan Serta Muka Air Tanah**ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.**
- Gambar 2. 5** Informasi Struktur Dinding Penahan ..**ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.**
- Gambar 2. 6** Perbandingan Pola *Defleksi* dan *Bending Moment* yang Terjadi pada Dinding Penahan**ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.**
- Gambar 2. 7** *Settlement* Tanah Permukaan**ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.**
- Gambar 2. 8** Grafik Karakteristik Penurunan Tanah Terhadap Beban *Pile*..... **ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.**
- Gambar 2. 9** Hubungan Nilai Φ' Dengan *Plasticity Index*.....**ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.**
- Gambar 2. 10** Contoh Model Elemen Segitiga Dalam Perhitungan Dengan Metoda Elemen Hingga**ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.**
- Gambar 2. 11** Gaya Yang Bekerja pada Metode Fellinius.....**ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.**
- Gambar 2. 12** Gaya Yang Bekerja pada Metode Bishop**ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.**
- Gambar 3. 1** Layout Lokasi Underpass Posisi Zona 3 dan Zona 9.. **ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.**
- Gambar 3. 2** Bagan Alir Penyusunan Tesis **ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.**

