

**TUGAS AKHIR**  
**ANALISIS STRUKTUR *PILE-SUPPORTED APPROACH SLAB***  
**PADA JEMBATAN**  
**(STUDI KASUS: JALAN TOL MAKASSAR *NEW PORT*)**

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Pada Program Studi  
Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Bung Hatta

Oleh:

**SILVINA MARHANDA**  
**NPM: 2110015211043**



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**  
**UNIVERSITAS BUNG HATTA**  
**PADANG**  
**2026**

## PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya mahasiswa di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan,  
Universitas Bung Hatta.

Nama Mahasiswa : SILVINA MARHANDA

Nomor Pokok Mahasiswa : 2110015211043

Dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir yang penulis buat dengan judul  
**“ANALISIS STRUKTUR PILE-SUPPORTED APPROACH SLAB PADA  
JEMBATAN (STUDI KASUS: JALAN TOL MAKASSAR NEW PORT)”**

Adalah:

- 1) Dibuat dan diselesaikan sendiri, dengan menggunakan data – data hasil pelaksanaan dan perencanaan sesuai dengan metode kesipilan
- 2) Bukan merupakan duplikasi karya tulis yang sudah dipublikasikan atau yang pernah dipakai untuk mendapatkan gelar sarjana di universitas lain, kecuali pada bagian – bagian sumber informasi dicantumkan dengan cara refrensi yang semestinya

Kalau terbukti saya tidak memenuhi apa yang dinyatakan di atas, maka karya tugas akhir ini batal.

Padang, 12 Februari 2025

yang membuat pernyataan



Silvina Marhanda

**LEMBAR PENGESAHAN INSTITUSI  
TUGAS AKHIR**

**ANALISIS STRUKTUR *PILE-SUPPORTED APPROACH SLAB* PADA  
JEMBATAN  
(STUDI KASUS: JALAN TOL MAKASSAR *NEW PORT*)**

Oleh :

**SILVINA MARHANDA**  
2110015211043



2026

Disetujui Oleh :

Pembimbing I

(Dr. Eng.Ir. Indra Farni, M.T., IPU., ASEAN ENG)

Dekan FTSP

Ketua Prodi

(Dr. Rini Mulyani, S.T., M.Sc. Eng)

(Rita Anggraini, S.T., M.T)

**LEMBAR PENGESAHAN TIM PENGUJI  
TUGAS AKHIR**

**ANALISIS STRUKTUR *PILE-SUPPORTED APPROACH SLAB* PADA  
JEMBATAN  
(STUDI KASUS: JALAN TOL MAKASSAR *NEW PORT*)**

Oleh :

**SILVINA MARHANDA  
2110015211043**



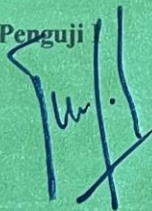
2026

Disetujui Oleh :

Pembimbing I

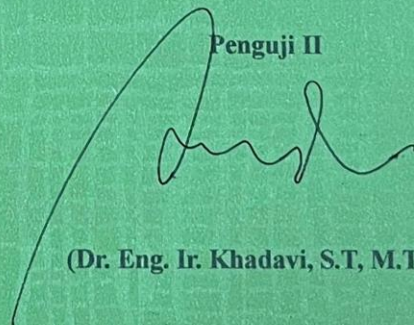


(Dr. Eng.Ir. Indra Farni, M.T., IPU., ASEAN ENG)

Penguji I  


(Ir. Taufik, M.T)

Penguji II



(Dr. Eng. Ir. Khadavi, S.T, M.T)

## **ANALISIS STRUKTUR *PILE-SUPPORTED APPROACH SLAB* PADA JEMBATAN (STUDI KASUS: JALAN TOL MAKASSAR *NEW PORT*)**

**Silvina Marhanda<sup>1</sup>**

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Bung Hatta  
[silvinamarhanda125@gmail.com](mailto:silvinamarhanda125@gmail.com)

**Indra Farni<sup>2</sup>**

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Bung Hatta  
[indrafarni@bunghatta.ac.id](mailto:indrafarni@bunghatta.ac.id)

### **ABSTRAK**

*Pile-Supported Approach Slab* merupakan struktur jalan pendekat jembatan yang berfungsi sebagai elemen transisi antara perkerasan jalan dan bangunan jembatan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kapasitas struktur *slab*, *capping beam* dan pondasi dengan menggunakan parameter mekanik tanah guna memenuhi persyaratan geoteknik dan kekuatan struktur, serta dapat membuat pemodelan struktur *Pile-Supported Approach Slab* menggunakan program computer Midas Civil 2022. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah kuantitatif dengan pendekatan studi literature dan observasi. Sumber data diperoleh dari data primer dan sekunder. Semua data yang dikumpulkan dianalisis menggunakan Autocad 2021 dan Midas Civil. Hasil penelitian menunjukkan perhitungan struktur *slab*, diperoleh ketebalan *slab precast* sebesar 350 mm dengan 26 strand yang tersusun 4 strand pada sisi atas *slab* dan 22 strand pada sisi bawah *slab*, serta digunakan tulangan utama sebesar 9D25 dan tulangan geser D16–200. Berdasarkan hasil perhitungan pada elemen *capping beam*, diperoleh dimensinya dengan tebal 700 mm dan lebar 1.250 mm, menggunakan beton dengan kuat tekan  $f'c = 30$  Mpa. Diperoleh dimensi pondasi sebesar 800 mm dengan kebutuhan tulangan lentur sebanyak 7D25 serta tulangan geser D16–100, sehingga secara struktural pondasi telah memenuhi persyaratan kekuatan. Pemodelan ini menghasilkan model struktur yang terdiri atas *slab*, *capping beam*, dan pondasi tiang sebagai elemen utama penyusun struktur oprit kaki seribu. Temuan ini menunjukkan bahwa *pile-supported approach slab* memiliki keunggulan dalam penanganan tanah lunak, kinerja struktur sangat bergantung pada ketepatan analisis elemen penyusunnya, seperti *slab*, *capping beam*, dan pondasi tiang

Kata Kunci: Jembatan, *MNP*, *Pile-Supported Approach Slab*, Kekuatan, Pemodelan,

## **STRUCTURAL ANALYSIS OF PILE-SUPPORTED APPROACH SLAB ON BRIDGE (CASE STUDY: MAKASSAR NEW PORT TOLL ROAD)**

**Silvina Marhanda<sup>1</sup>**

Departement of Civil Engineering, Faculty of Civil Engineering and Planning, Bung Hatta  
University

[silvinamarhanda125@gmail.com](mailto:silvinamarhanda125@gmail.com)

**Indra Farni<sup>2</sup>**

Departement of Civil Engineering, Faculty of Civil Engineering and Planning, Bung Hatta  
University

[indrafarni@bunghatta.ac.id](mailto:indrafarni@bunghatta.ac.id)

### **ABSTRACT**

*Pile-Supported Approach Slab is a bridge approach road structure that functions as a transition element between the pavement and the bridge building. This research aims to analyze the structural capacity of the slab, capping beam and foundation using soil mechanical parameters to meet geotechnical requirements and structural strength, and can model the Pile-Supported Approach Slab structure using the Midas Civil 2022 computer program. The method used in this research is quantitative with a literature study approach and observation. Data sources were obtained from primary and secondary data. All data collected was analyzed using Autocad 2021 and Midas Civil. The results showed the calculation of the slab structure, obtained a precast slab thickness of 350 mm with 26 strands arranged 4 strands on the upper side of the slab and 22 strands on the lower side of the slab, and used 9D25 main reinforcement and D16-200 shear reinforcement. Based on the calculation results on the capping beam element, the dimensions are 700 mm thick and 1,250 mm wide, using concrete with a compressive strength of  $f'c = 30$  Mpa. The foundation dimension is 800 mm with 7D25 flexural reinforcement and D16-100 shear reinforcement, so structurally the foundation meets the strength requirements. This modeling resulted in a structural model consisting of slab, capping beam, and pile foundation as the main elements of the thousand foot oprite structure. These findings show that while pile-supported approach slabs have advantages in handling soft soils, the performance of the structure is highly dependent on the accuracy of the analysis of its constituent elements, such as slabs, capping beams, and pile foundations.*

*Keywords: Bridge, MNP, Pile-Supported Approach Slab, Strength, Modeling*

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan yang Maha Esa atas segala berkat yang telah diberikan – Nya, sehingga Tugas Akhir ini dapat diselesaikan.

Laporan Tugas Akhir dengan Judul “**ANALISIS STRUKTUR PILE - SUPPORTED APPROACHH SLAB PADA JEMBATAN (STUDI KASUS: JALAN TOLL MAKASSAR NEW PORT)**” ini diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan akademik guna memperoleh gelar Sarjana Teknik Sipil Strata Satu Universitas Bung Hatta, Padang.

Penulis menyadari bahwa tanpa bimbingan, doa dan bantuan dari berbagai pihak, Tugas Akhir ini tidak dapat diselesaikan tepat pada waktunya. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu dalam proses pengerjaan Tugas Akhir ini, yaitu kepada :

1. Allah SWT, karena berkat dan anugrahnya penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
2. Ibu Dr. Rini Mulyani, S.T., M. Sc (Eng.) selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Bung Hatta.
3. Ibu Rita Anggaraini S.T., M.T selaku ketua Prodi Teknik Sipil Universitas Bung Hatta.
4. Bapak Redha Arima R.M, S.T, M.T selaku Sekretaris Program Studi Teknik Sipil Universitas Bung Hatta.
5. Bapak Dr. Eng.Ir. Indra Farni, M.T., IPU., ASEAN ENG,. Selaku Dosen Pembimbing yang telah memberikan bimbingan, arahan, motivasi dan masukan kepada penulis untuk menyelesaikan tugas akhir ini.
6. Bapak Ir. Taufik, M.T Selaku Dosen Penguji satu penulis yang telah memberikan banyak masukan dan saran dalam penyempurnaan tugas akhir ini.
7. Bapak Dr, Eng, Ir Khadavi, S.T, M.T Selaku Dosen Penguji dua penulis yang telah memberikan banyak masukan dan saran dalam penyelesaian tugas akhir ini.
8. Kepada cinta pertama dan panutan penulis, Ayahanda Hermansyah dan pintu surga Ibunda Zur Darma Asni. Terimakasih atas segala pengorbanan dan tulus kasih yang diberikan, tak kenal lelah mendoakan serta

memberikan perhatian dan dukungan sehingga penulis dapat menapaki perjalanan pendidikan ini hingga meraih gelar sarjana.

9. Kepada kakak penulis, Silvia Desrina terimakasih sudah menjadi garda terdepan dan menjadi rumah kedua terbaik untuk adik kecilmu. Terimakasih sudah mengusahakan apapun untuk penulis baik secara moril maupun materil.
10. Kepada bang Jordi, bang hudri, dan bang affu, penulis mengucapkan terimakasih atas waktu, tenaga, ilmu, bimbingan, serta saran berharga yang telah diberikan selama proses penyusunan tugas akhir. semua dukungan, motivasi, dan kontribusi yang telah diberikan berperan besar dalam penyelesaian tugas akhir ini.
11. Kepada sahabat penulis, auli, aisyah, iim dan selvia. Terimakasih karena selalu menjadi peneduh dikala derita tumbuh, yang sama-sama berlari dalam perjuangan, yang saling memberi semangat walau hidup masing-masing berat.
12. Kepada Kak Delvi okti yasni, penulis mengucapkan terima kasih atas segala dukungan dan motivasi yang telah diberikan selama proses penyusunan skripsi ini. Beberapa teman berubah menjadi keluarga, terimakasih telah menjadi salah satunya.
13. Terimakasih kepada Keluarga Besar Angkatan Teknik Sipil 2021 Universitas Bung Hatta.
14. Terakhir penulis mengucapkan terimakasih kepada diri sendiri, Silvina Marhanda, sebagai bentuk apresiasi atas segala perjuangan, kesabaran, dan keyakinan yang telah menemani setiap langkah dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

Padang, 11 Januari 2026



SILVINA MARHANDA

## DAFTAR ISI

<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>ix</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xvi</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang Penelitian.....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian .....	2
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Batasan Masalah.....	3
1.6 Sistematika Penulisan.....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>6</b>
2.1 <i>Pile-Supported Approach Slab (Slab on Pile)</i> .....	6
2.2 Elemen Struktur Pile – Supported Approach slab.....	7
2.2.1 Pengaman lalu lintas ( <i>barrier</i> ).....	7
2.2.2 <i>Slab Precast</i> .....	8
2.2.3 <i>Capping Beam</i> (Balok).....	11
2.2.4 Pondasi .....	12
2.3 Analisis Elemen Struktur Atas Pile Supported Approach Slab .....	17
2.4 Analisis Elemen Struktur Bawah Pile Supported Approach Slab .....	18
2.4.1 Capping Beam.....	18
2.4.2 Pondasi .....	18
2.5 Sifat dan Karakteristik Material .....	46
2.5.1 Beton Bertulang .....	46
2.5.2 Beton Prategang .....	54
2.6 Pembebanan Jembatan.....	78
2.6.1 Beban Permanen.....	79
2.6.2 Beban Lalu Lintas .....	81
2.6.3 Gaya Rem (TB).....	84
2.6.4 Aksi Lingkungan.....	84
2.6.5 Aksi-Aksi Lainnya .....	94

2.6.6	Kombinasi Pembebanan.....	95
2.7	Kajian Penelitian Terdahulu .....	96
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>		<b>99</b>
3.1	Lokasi Penelitian .....	99
3.2	Studi Literatur dan Pengumpulan Data .....	99
3.2.1	Studi Literatur .....	99
3.2.2	Pengumpulan Data .....	100
3.3	<i>Flowchart</i> Analisa dan Perencanaan .....	101
3.4	Alat Survey.....	102
3.5	Prosedur Perhitungan dan Pemodelan Jembatan Slab On Pile.....	102
3.5.1	Spesifikasi Teknik .....	102
3.5.2	Analisis Struktur Pile-Supported Approach Slab (Slab on Pile)...	103
<b>BAB IV ANALISIS STRUKTUR .....</b>		<b>127</b>
4.1	Data Struktur <i>Pile – Supported Approach Slab</i> .....	127
4.2	Gambar Analisis Struktur .....	128
4.3	Parameter Material dan Batasan Desain Struktur.....	129
4.3.1	Material Struktur .....	129
4.3.2	Batas Izin dan Kriteria Desain .....	131
4.4	Analisis Desain Struktur Slab Precast .....	134
4.4.1	Analisis Pembebanan Struktur Slab Precast .....	134
4.4.2	Pemodelan <i>Slab Precast</i> .....	156
4.4.3	Properties Penampang <i>Slab</i> .....	159
4.4.4	Gaya Prategang .....	161
4.4.5	Kehilangan Gaya Prategang ( <i>Loss of Prestress</i> ).....	165
4.4.6	Tegangan Akibat Gaya Prategang .....	167
4.4.7	Tegangan pada Slab Prategang Akibat Beban.....	171
4.4.8	Kapasitas Lentur Penampang.....	179
4.4.9	Kapasitas Geser Penampang .....	182
4.4.10	Pemeriksaan Kinerja struktur.....	187
4.5	Analisis Desain Struktur <i>Capping Beam</i> .....	197
4.5.1	Analisis Pembebanan <i>Capping Beam</i> .....	199
4.5.2	Pemodelan <i>Capping Beam</i> .....	205
4.5.3	Analisis Kapasitas Lentur <i>Capping Beam</i> .....	208

4.5.4	Analisis Kapasitas Geser.....	212
4.5.5	Analisis Kapasitas Puntir <i>Capping Beam</i> .....	215
4.6	Analisis Pondasi Borepile.....	218
4.6.1	Pengolahan Data Standart Penetration Test (SPT).....	220
4.6.2	Perhitungan Daya Dukung Aksial Pondasi Tiang (Metode Meyerhof) .....	224
4.6.3	Analisa Daya Dukung Lateral Pada Pondasi .....	230
4.6.4	Analisa Penurunan Pada Pondasi .....	232
4.6.5	Analisis Kapasitas Lentur Pondasi.....	234
4.6.6	Analisis Kapasitas Geser Pondasi .....	236
<b>BAB V PENUTUP .....</b>		<b>239</b>
5.1	Kesimpulan.....	239
5.2	Saran.....	240
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>		<b>242</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Ramp Makassar New Port.....	7
Gambar 2. 2 Parapet.....	7
Gambar 2. 3 Railing.....	8
Gambar 2. 4 Pengaman beton dan logam.....	8
Gambar 2. 5 Full Slab.....	9
Gambar 2. 6 Half Slab.....	10
Gambar 2. 7 Voided Slab.....	10
Gambar 2. 8 Capping Beam Menerus.....	11
Gambar 2. 9 Capping beam Expansion Joint.....	12
Gambar 2. 10 Jenis-Jenis Pondasi Dangkal.....	14
Gambar 2. 11 Pondasi Tiang.....	15
Gambar 2. 12 Visualisasi Fixity Point.....	16
Gambar 2. 13 Skema uji penetrasi strandar (SPT).....	22
Gambar 2. 14 Contoh palu yang biasa digunakan dalam uji SPT.....	23
Gambar 2. 15 Grafik hubungan antara kohesi (c) dan nilai N-SPT untuk tanah kohesif.....	29
Gambar 2. 16 Faktor adhesi McClelland,1974.....	33
Gambar 2. 17 Grup Tiang.....	34
Gambar 2. 18 Grafik Tahanan Lateral Ultimit Tiang Pada Tanah Kohesif tiang pendek dan tiang panjang.....	38
Gambar 2. 19 Grafik Tahanan Lateral ultimit Tiang tanah Non Kohesif.....	39
Gambar 2. 20 Tahapan Peinurunan Tanah (Ground Settlement).....	42
Gambar 2. 21 Diagram Tegangan Regangan Beton.....	50
Gambar 2. 22 Tegangan Penampang Balok beton dan beton bertulang.....	52
Gambar 2. 23 Kurva Tegangan dan Regangan Baja.....	53
Gambar 2. 24 Desain Struktur Beton Prategang.....	56
Gambar 2. 25 Desain Struktur Beton Prategang.....	57
Gambar 2. 26 Beton Prategang.....	58
Gambar 2. 27 Distribusi tegangan akibat gaya prategang.....	59
Gambar 2. 28 Distribusi tegangan akibat gaya prategang dan berat sendiri.....	59
Gambar 2. 29 Distribusi tegangan akibat gaya prategang pada tendon eksentrik.....	60

Gambar 2. 30 Distribusi tegangan akibat gaya prategang dan berat sendiri.....	60
Gambar 2. 31 Pratarik (Pre-Tension Method).....	61
Gambar 2. 32 Pascatarik (Post- Tension Method).....	62
Gambar 2. 33 Kurva Tegangan-Regangan Prategang .....	65
Gambar 2. 34 Balok Prategang .....	68
Gambar 2. 35 Perpendekan elastis .....	73
Gambar 2. 36 Beban Lajur "D" .....	82
Gambar 2. 37 Pembebanan Truk "T" .....	83
Gambar 2. 38 Faktor Beban Dinamis.....	84
Gambar 2. 39 Gradien Temperatur Vertikal .....	86
Gambar 2. 40 Bentuk Tipikal Respon Spektra Dipermukaan Tanah .....	91
Gambar 2. 41 Peta Percepatan Puncak Dibatuan Dasar (PGA) .....	91
Gambar 2. 42 Peta Respons Spektra Percepatan 0,2 Detik (Ss) .....	92
Gambar 2. 43 Peta Respon Spektra Percepatan 1,0 Detik (Ss).....	92
Gambar 3. 1 Lokasi Penelitian .....	99
Gambar 3. 2 Bagan Alir Penelitian .....	101
Gambar 3. 3 Gaya angin pada kendaraan.....	105
Gambar 3. 4 Material Penampang beton.....	109
Gambar 3. 5 Section Propertes.....	110
Gambar 3. 6 Thickness.....	111
Gambar 3. 7 Model Tumpuan .....	111
Gambar 3. 8 Elastic Link .....	112
Gambar 3. 9 Pembebanan Jembatan .....	112
Gambar 3. 10 Beban Garis terpusat .....	113
Gambar 3. 11 Kombinasi Pembebanan .....	113
Gambar 3. 12 Running Pemodelan .....	114
Gambar 4. 1 Denah .....	128
Gambar 4. 2 Potongan Melintang .....	128
Gambar 4. 3 Potongan Memanjang.....	129
Gambar 4. 4 Lendutan Izin.....	132
Gambar 4. 5 Slab.....	134
Gambar 4. 6 Diagram Gaya-gaya Dalam.....	135

Gambar 4. 7 Potongan Melintang .....	136
Gambar 4. 8 Potongan Beban Aspal .....	137
Gambar 4. 9 Potongan Barrier Beton.....	138
Gambar 4. 10 Potongan Tampang I.....	138
Gambar 4. 11 Potongan Tampang II .....	139
Gambar 4. 12 Potongan Tampang III.....	139
Gambar 4. 13 Potongan Tampang IV.....	140
Gambar 4. 14 Beban Barrier .....	141
Gambar 4. 15 Beban MA Aspal + Air hujan .....	142
Gambar 4. 16 Tampak Atas MA aspal + air hujan .....	142
Gambar 4. 17 Faktor Beban Dinamis.....	143
Gambar 4. 18 Beban Terbagi Rata (BTR).....	144
Gambar 4. 19 Beban Garis Terpusat .....	144
Gambar 4. 20 Momen Akibat Beban Lajur.....	144
Gambar 4. 21 beban hidup truk.....	145
Gambar 4. 22 Posisi Truk Alternatif 1 .....	145
Gambar 4. 23 Posisi Truk Alternatif 2 .....	146
Gambar 4. 24 Posisi Truk Alternatif 3 .....	146
Gambar 4. 25 ENV Bidang Momen Akibat Beban Truk .....	146
Gambar 4. 26 Beban Rem.....	147
Gambar 4. 27 Gaya Angin Pada Kendaraan.....	149
Gambar 4. 28 Beban angin kendaraan .....	150
Gambar 4. 29 Beban Kendaraan .....	150
Gambar 4. 30 Spektrum Respon Desain .....	154
Gambar 4. 31 Tampak 3D .....	156
Gambar 4. 32 Tampak Atas.....	156
Gambar 4. 33 Tampang Memanjang.....	157
Gambar 4. 34 Momen Lentur Akibat Kombinasi Layan Envelope .....	157
Gambar 4. 35 Gaya Geser Akibat Kombinasi Layan Envelope.....	158
Gambar 4. 36 Momen Lentur Akibat Kombinasi Ultimate Envelope .....	158
Gambar 4. 37 Gaya Geser Akibat Kombinasi Ultimite Envelope .....	158
Gambar 4. 38 Penampang Slab .....	159

Gambar 4. 39 Layout Slab Prategang .....	163
Gambar 4. 40 Detail Penempatan Strand Pada Penampang.....	163
Gambar 4. 41 Analisis tegangan pada penampang Slab Precast.....	168
Gambar 4. 42 Layout Tulangan Slab Precast .....	186
Gambar 4. 43 Layout Tulangan Bawah Slab Precast.....	186
Gambar 4. 44 Layout Tulangan Atas Slab Precast.....	186
Gambar 4. 45 Defleksi Beban lalu lintas Envelope .....	187
Gambar 4. 46 Pembebanan Geser .....	194
Gambar 4. 47 Capping Beam.....	197
Gambar 4. 48 Potongan Capping Beam Menerus.....	197
Gambar 4. 49 Tampak 3D capping beam.....	205
Gambar 4. 50 Tampak Atas Capping Beam .....	206
Gambar 4. 51 Tampak Melintang.....	206
Gambar 4. 52 Diagram momen.....	206
Gambar 4. 53 Diagram gaya geser .....	207
Gambar 4. 54 Diagram Torsi.....	207
Gambar 4. 55 Penulangan Capping beam .....	217
Gambar 4. 56 Dimensi Borepile.....	218
Gambar 4. 57 Data Tanah Boring Log N-SPT .....	219
Gambar 4. 58 Penulangan Pondasi.....	238

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Batasan Ukuran Kategori Tanah.....	20
Tabel 2. 2 Koreksi-koreksi yang digunakan dalam uji SPT.....	26
Tabel 2. 3 Nilai Empiris $D_r$ , $\phi$ , $\gamma$ berdasarkan nilai koreksi parameter tanah pasir dengan N - SPT .....	26
Tabel 2. 4 Nilai Korelasi Parameter tanah Lempung dengan N-SPT .....	27
Tabel 2. 5 Nilai Permeabilitas (K) dalam satuan (m / s) .....	27
Tabel 2. 6 Rantai nilai Koefisien Permeabilitas .....	28
Tabel 2. 7 Hubungan antara sudut geser dalam dengan jenis tanah.....	28
Tabel 2. 8 Hubungan Antara Sudut Geser Dalam, Tingkat Plastisitas Jenis Tanah .....	28
Tabel 2. 11 Nilai -Nilai $n_h$ untuk tanah Granular ( $C = 0$ ).....	36
Tabel 2. 12 Nilai - Nilai $n_h$ Tanah Kohe sif .....	37
Tabel 2. 13 Nilai Koe fisien Empiris ( $C_p$ ).....	43
Tabel 2. 14 Kelebihan dan kekurangan material beton bertulang.....	47
Tabel 2. 15 Beton Berdasarkan Berat Jenis.....	48
Tabel 2. 16 Ketebalan Selimut Beton untuk komponen Struktur Non Prate gang .....	51
Tabel 2. 17 Sifat Mekanis Baja Tulangan.....	54
Tabel 2. 18 kelebihan dan kekurangan beton prate gang.....	55
Tabel 2. 19 Karakteristik Material Kawat untai dan batang baja prate gang.....	65
Tabel 2. 20 Batasan Te gangan Tendon.....	72
Tabel 2. 21 Jenis - Jenis Kehilangan Gaya Prate gang.....	73
Tabel 2. 22 De fleksi Izin Maksimum.....	76
Tabel 2. 23 De fleksi akibat be ban dan prate gang .....	77
Tabel 2. 24 Berat isi untuk be ban mati .....	79
Tabel 2. 25 Faktor be ban untuk berat sendiri .....	80
Tabel 2. 26 Faktor be ban untuk be ban mati tambahan .....	81

Tabel 2. 27 Faktor Beban Untuk Lajur "D" .....	82
Tabel 2. 28 Temperatur Jembatan Rata-Rata Nominal.....	85
Tabel 2. 29 Sifat bahan rata-rata akibat pengaruh temperatur.....	85
Tabel 2. 30 Parameter T1 dan T2.....	86
Tabel 2. 31 Nilai V0 Dan Z0 Untuk Berbagai Variasi Kondisi Permukaan Hulu	88
Tabel 2. 32 Tekanan Angin Dasar.....	88
Tabel 2. 33 Komponen Beban angin.....	89
Tabel 2. 34 Faktor amplifikasi untuk pga dan 0,2 detik (FPGA/Fa).....	93
Tabel 2. 35 Faktor amplifikasi untuk pga dan 1 detik (FV).....	93
Tabel 2. 36 Kelas Situs .....	94
Tabel 2. 37 Tabel kombinasi pembebanan dan faktor beban .....	95
Tabel 2. 38 V0 dan Z0 untuk berbagai variasi kondisi permukaan hulu .....	148
Tabel 4. 1 Material Beton pada Pelat Lantai Jembatan.....	129
Tabel 4. 2 Material Balok dan Pondasi.....	130
Tabel 4. 3 Berat Jenis Material .....	130
Tabel 4. 4 Material Baja Prategang.....	130
Tabel 4. 5 Material Tulangan.....	131
Tabel 4. 6 Tekanan angin dasar .....	149
Tabel 4. 7 Perhitungan Nilai Standard Penetration Resistance Rata-rata.....	151
Tabel 4. 8 Kelas Situs .....	152
Tabel 4. 9 Faktor amplifikasi Untuk PGA dan 0.2 detik (FPGA/Fa).....	152
Tabel 4. 10 Besarnya nilai Faktor amplifikasi untuk periode pendek (Fa).....	153
Tabel 4. 11 besarnya nilai faktor amplifikasi untuk periode 1 detik (Fv) .....	153
Tabel 4. 12 Zona Gempa .....	155
Tabel 4. 13 Analisis Properti Penampang .....	160
Tabel 4. 14 Properties Gaya Prategang.....	161

Tabel 4. 15 De sain Strand.....	164
Tabel 4. 16 Mome n dan data Pe nampang .....	167
Tabel 4. 17 Kontrol Te gangan Kombinasi Kuat I.....	176
Tabel 4. 18 Kontrol Te gangan Kombinasi Ekstre m I .....	176
Tabel 4. 19 Kontrol Te gangan Kombinasi Layan I .....	176
Tabel 4. 20 Kontrol Te gangan Kombinasi Layan III.....	177
Tabel 4. 21 Kontrol Te gangan Kombinasi Kuat II .....	177
Tabel 4. 22 Kontrol Te gangan Kombinasi Kuat III.....	177
Tabel 4. 23 Kontrol Te gangan Kombinasi Kuat IV .....	178
Tabel 4. 24 Kontrol Te gangan Kombinasi Kuat V .....	178
Tabel 4. 25 Kontrol Te gangan Kombinasi Kuat III.....	178
Tabel 4. 26 Kontrol lendutan kombinasi kuat I.....	191
Tabel 4. 27 Kontrol Lendutan kombinasi Ekstre m I .....	191
Tabel 4. 28 Kontrol lendutan kombinasi layan IV .....	191
Tabel 4. 29 Kontrol lendutan kombinasi kuat I.....	192
Tabel 4. 30 Kontrol lendutan kombinasi kuat II.....	192
Tabel 4. 31 Kontrol lendutan kombinasi kuat III .....	192
Tabel 4. 32 Kontrol lendutan kombinasi kuat IV .....	193
Tabel 4. 33 Kontrol lendutan kombinasi kuat V .....	193
Tabel 4. 34 Kontrol lendutan kombinasi Ekstre m I.....	193
Tabel 4. 35 Analisis Prope rti Pe nampang .....	198
Tabel 4. 36 Berat Sendiri struktur atas.....	199
Tabel 4. 37 Perhitungan Be ban Mati Tambahan Struktur Atas.....	199
Tabel 4. 38 Berat sendiri capping be am .....	200
Tabel 4. 39 Resume Pembe banan Pada Struktur Bawah .....	205
Tabel 4. 40 Data SPT .....	220

Tabel 4. 41 Rekapitulasi hasil SPT.....	223
Tabel 4. 42 Rekapitulasi Daya Dukung Aksial Tanah Kohesif.....	225
Tabel 4. 43 Rekapitulasi daya dukung aksial tanah non kohesif.....	228

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang Penelitian

Infrastruktur transportasi darat, khususnya jalan tol, memiliki kontribusi besar dalam peningkatan aktivitas konektivitas antarwilayah, dan mendorong pertumbuhan ekonomi nasional. Salah satu proyek strategis nasional yang mendukung upaya tersebut adalah pembangunan Jalan Tol Makassar *New Port* (MNP) yang berlokasi di Provinsi Sulawesi Selatan. Jalan tol ini dirancang sebagai jalur akses utama yang menghubungkan Pelabuhan Makassar *New Port* dengan kawasan industri serta jaringan jalan tol nasional. Keberadaan proyek ini diharapkan dapat memperkuat peran Pelabuhan Makassar *New Port* sebagai pusat logistik kawasan Indonesia Timur dan mendukung pertumbuhan ekonomi regional secara berkelanjutan.

Dalam pelaksanaannya, proyek Jalan Tol Makassar *New Port* melintasi wilayah pesisir dengan tantangan utama berupa kondisi geoteknik tanah yang didominasi oleh tanah lunak (*soft soil*) dengan daya dukung rendah dan sifat yang tidak stabil. Kondisi ini menjadi sangat penting pada bagian oprit jembatan, yaitu segmen jalan pendekat yang menghubungkan jalan raya dengan struktur utama jembatan. Penggunaan oprit timbunan konvensional pada tanah lunak berpotensi menimbulkan penurunan tidak merata (*differential settlement*) antara struktur jembatan yang relatif kaku dan jalan pendekat yang lebih fleksibel, sehingga dapat menurunkan kenyamanan pengguna jalan serta menyebabkan kerusakan pada perkerasan.

Sebagai upaya untuk mengatasi permasalahan tersebut, diterapkan metode konstruksi *pile-supported approach slab* atau yang dikenal sebagai *slab on pile*. Metode ini menggunakan sistem pelat beton yang didukung oleh pondasi tiang yang menembus hingga lapisan tanah keras, sehingga beban lalu lintas tidak lagi dibebankan pada tanah lunak di bawahnya. Dengan sistem ini, risiko penurunan maupun kerusakan jalan akibat pergerakan tanah dapat diminimalkan secara signifikan.

Meskipun *pile-supported approach slab* memiliki keunggulan dalam penanganan tanah lunak, kinerja struktur sangat bergantung pada ketepatan analisis elemen penyusunnya, seperti *slab*, *capping beam*, dan pondasi tiang. Oleh karena itu, tugas akhir ini difokuskan pada analisis struktur *pile-supported approach slab* pada jembatan dengan studi kasus Jalan Tol Makassar *New Port*, melalui analisis pembebanan, pemodelan struktur, dan evaluasi kapasitas elemen struktur untuk memastikan keamanan dan kinerja struktur sesuai dengan ketentuan perencanaan yang berlaku.

## 1.2 Rumusan Masalah

Dalam penelitian ini rumusan masalah yang diangkat adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana metode perhitungan struktur *slab* agar memenuhi persyaratan kekuatan dan kinerja struktur?
2. Bagaimana melakukan perhitungan struktur *capping beam* serta analisis pondasi berdasarkan data N-SPT guna memenuhi persyaratan geoteknik dan kekuatan struktur?
3. Bagaimana langkah-langkah pemodelan struktur *Pile - supported approach slab* menggunakan program computer Midas Civil 2022?

## 1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian

Maksud dari penelitian ini adalah untuk melakukan analisis struktur *pile – supported approach slab* pada jembatan guna mengevaluasi kinerja dan kapasitas elemen struktur. Selain itu, Penelitian ini juga dimaksudkan sebagai sarana pembelajaran bagi penulis untuk mengasah kemampuan analisis dibidang teknik sipil sebagai bekal memasuki dunia kerja.

Adapun tujuan dari penelitian ini yaitu:

1. Menganalisis kapasitas struktur *slab* untuk memastikan bahwa struktur memenuhi standart persyaratan kekuatan serta kinerja struktur yang ditetapkan.
2. Mengevaluasi kapasitas elemen struktur *capping beam* dan pondasi dengan menggunakan parameter mekanik tanah yang diperoleh dari hasil korelasi

data N-SPT yang telah dikoreksi terlebih dahulu guna memenuhi persyaratan geoteknik dan kekuatan struktur.

3. Dapat membuat pemodelan struktur *Pile - supported approach slab* menggunakan program computer Midas Civil 2022 yang khusus digunakan untuk struktur jembatan.

#### **1.4 Manfaat Penelitian**

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Secara Teoritis

Secara teoritis, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan ilmu pengetahuan dibidang teknik sipil, khususnya terkait analisis struktur *pile-supported approach slab* pada jembatan. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menambah referensi dan literatur mengenai perilaku struktur, serta menjadi bahan acuan bagi penelitian selanjutnya yang berkaitan dengan analisis struktur pada kondisi tanah lunak.

2. Secara Praktis

Secara praktis penelitian ini diharapkan bisa menjadi solusi ataupun inovasi sehingga bisa dimanfaatkan secara praktek dalam dunia konstruksi khususnya dibidang jembatan guna meningkatkan efisiensi dan keberlanjutan pada konstruksi jembatan di masa yang akan mendatang.

#### **1.5 Batasan Masalah**

Agar tidak melebar dan menyimpang pembahasan pada tugas akhir ini, maka penulis memberikan batasan masalah agar yang dibahas dalam tugas akhir ini jelas dan lebih terarah. Adapun batasan masalah dalam penulisan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Analisis struktur seperti penentuan dimensi, jumlah tulangan dan desain strand yang digunakan berdasarkan gambar teknis dan data perencanaan yang diperoleh dari proyek jalan Tol Makassar *New Port*.
2. Objek penelitian difokuskan pada struktur *pile-supported approach slab* sebagai oprit jembatan, tanpa mempertimbangkan jenis oprit maupun tipe jembatan lainnya.

3. Penelitian ini tidak mempertimbangkan metode dan tahapan pelaksanaan konstruksi serta pengecekan lendutan maupun tegangan akibat beban saat konstruksi (Kondisi Transfer).
4. Penelitian ini tidak mencakup analisis perencanaan anggaran biaya (RAB).
5. Penentuan lokasi tumpuan (titik jepit) pada tiang ditentukan berdasarkan lokasi *fixity point* yang didapat pada data perencanaan (dokumen proyek) serta tidak dilakukan perhitungan.
6. Analisis tidak mencakup kajian mendalam mengenai pengaruh interaksi tanah – struktur (SSI) terhadap perilaku struktur.
7. Data tanah yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data hasil uji NSPT yang belum dikoreksi, sehingga tidak dapat langsung digunakan sebelum dikoreksi sebagai dasar dalam penentuan daya dukung tanah.
8. Analisis dilakukan pada elemen jalan pendekat bertipe struktur kaki seribu (Ramp on Ramp off) bukan jembatan atau jalan tol utama.
9. Analisa pembebanan dan gaya dalam dilakukan dengan tiga dimensi menggunakan *software* Midas Civil 2022.

## **1.6 Sistematika Penulisan**

Agar penulisan tugas akhir ini teratur, sistematis dan tidak menyimpang maka secara keseluruhan penulis membuat sistematika penulisan sebagai berikut :

### **BAB I : PENDAHULUAN**

Menjelaskan tentang latar belakang masalah, perumusan masalah, maksud dan tujuan, batasan masalah serta sistematika penulisan tugas akhir.

### **BAB II : TINJAUAN PUSTAKA**

Menjelaskan secara umum tentang uraian umum (dasar teori), dan konsep yang berkaitan dengan *pile-supported approach slab*, pembebanan jembatan, analisis struktur beton, serta teori pendukung lainnya yang digunakan sebagai acuan dalam analisis struktur.

**BAB III : METODE PENELITIAN**

Menjelaskan tentang tahapan dan metode penelitian yang digunakan, meliputi pengumpulan data, penentuan parameter analisis, pemodelan struktur, serta prosedur analisis *struktur pile supported approach slab*.

**BAB IV : ANALISIS DAN PEMBAHASAN**

Pada bab ini menyajikan analisis struktur *pile-supported approach slab* yang meliputi analisis pembebanan, pemodelan struktur, perhitungan kapasitas elemen struktur, serta pembahasan hasil analisis yang diperoleh.

**BAB V : PENUTUP**

Bab ini berisi kesimpulan yang diperoleh dari hasil analisis struktur serta saran yang berkaitan dengan penelitian dan pengembangan studi selanjutnya.