

PERENCANAAN ABUTMENT DAN OPRIT JEMBATAN 6 STA. 3+310 S/D STA. 3+375 SINGARAJA, BALI

Adinda Dakwatul Hasanah¹ and Danang Setiya Raharja²

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Wijaya Kusuma Surabaya, Jl. Dukuh Kupang XXV No.54, Kota Surabaya, 60225, Jawa Timur, Indonesia

E-mail: adindahasanah482@gmail.com¹ dan raharja.ds@uwks.ac.id²

ABSTRAK: Pembangunan Shortcut Singaraja–Mengwitani Trase 09–10 melintasi wilayah perbukitan dengan kondisi geoteknik yang kompleks, khususnya pada kawasan Pegayaman. Karakteristik tanah berupa lempung berpasir dengan daya dukung relatif rendah, muka air tanah yang dipengaruhi curah hujan tinggi, serta topografi berbukit menyebabkan struktur bawah jembatan berpotensi mengalami permasalahan stabilitas dan penurunan tanah. Oleh karena itu, perencanaan abutment dan timbunan oprit pada Jembatan 6 perlu dikaji secara mendalam agar mampu menahan kombinasi beban vertikal, lateral, dan gempa secara aman. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi daya dukung tanah, stabilitas abutment dan timbunan oprit, serta besarnya penurunan tanah yang terjadi. Analisis dilakukan berdasarkan data penyelidikan tanah, perhitungan manual sesuai ketentuan SNI, dan pemodelan numerik menggunakan perangkat lunak *GEO5*. Evaluasi meliputi analisis daya dukung tanah dasar, kapasitas pondasi tiang terhadap beban vertikal dan lateral, stabilitas lereng timbunan oprit, serta analisis penurunan kelompok tiang. Hasil analisis menunjukkan bahwa tekanan kerja tanah sebesar 22,1 t/m² masih lebih kecil dibandingkan daya dukung ultimit sebesar 73,7 t/m² dengan faktor keamanan 1,51. Analisis pondasi tiang menghasilkan faktor keamanan vertikal sebesar 10,91 dan perpindahan lateral maksimum 0,02 mm, sehingga memenuhi kriteria batas layanan. Stabilitas timbunan oprit memiliki faktor keamanan minimum 1,64, sedangkan analisis penurunan kelompok tiang menunjukkan penurunan total sebesar 23,3 mm akibat beban layanan maksimum 30667 kN. Berdasarkan hasil tersebut, perencanaan abutment dan timbunan oprit Jembatan 6 pada Shortcut Singaraja–Mengwitani Trase 09–10 dinyatakan aman dan layak secara teknis untuk kondisi tanah setempat.

KATA KUNCI : Abutment, Oprit, Daya Dukung Tanah, Penurunan Tanah, *GEO5*

1. PENDAHULUAN

Pembangunan Shortcut Singaraja–Mengwitani Trase 09–10 merupakan bagian dari upaya peningkatan konektivitas antara wilayah Bali Utara dan Bali Selatan. Ruas jalan eksisting pada kawasan ini memiliki kemiringan curam, tikungan dengan radius kecil, serta lebar jalan yang terbatas, sehingga berdampak pada rendahnya tingkat pelayanan lalu lintas dan meningkatnya risiko kecelakaan, khususnya pada daerah perbukitan.

Secara geoteknik, trase 09–10 melewati kawasan Pegayaman dengan topografi berbukit dan kondisi tanah dominan berupa lempung berpasir yang memiliki kohesi relatif rendah serta dipengaruhi oleh muka air tanah dan curah hujan tinggi. Kondisi tersebut menyebabkan tanah dasar dan timbunan rentan terhadap penurunan, deformasi lateral, dan potensi ketidakstabilan lereng, terutama pada area abutment dan timbunan oprit jembatan.

Abutment jembatan pada ruas ini berfungsi tidak hanya sebagai penopang struktur atas, tetapi juga sebagai struktur penahan tanah yang menerima

tekanan tanah lateral, beban lalu lintas, dan pengaruh gempa. Perencanaan yang tidak mempertimbangkan kondisi tanah secara menyeluruh berpotensi menimbulkan kegagalan struktur berupa geser, guling, maupun keruntuhan daya dukung tanah. Selain itu, daya dukung tanah dasar yang rendah dan tidak seragam meningkatkan risiko terjadinya penurunan diferensial pada timbunan oprit.

Oleh karena itu, diperlukan evaluasi dan perencanaan struktur abutment serta timbunan oprit yang mempertimbangkan aspek daya dukung tanah, stabilitas lereng, penurunan, dan respons terhadap beban gempa sesuai dengan ketentuan standar nasional. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi dimensi dan stabilitas abutment serta menganalisis stabilitas dan penurunan timbunan oprit pada Shortcut Singaraja–Mengwitani Trase 09–10 berdasarkan data penyelidikan tanah, perhitungan sesuai SNI, dan pemodelan numerik menggunakan perangkat lunak *GEO5*. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan solusi desain yang aman dan andal serta menjadi referensi teknis

PERENCANAAN ABUTMENT DAN OPRIT JEMBATAN 6 STA. 3+310 S/D

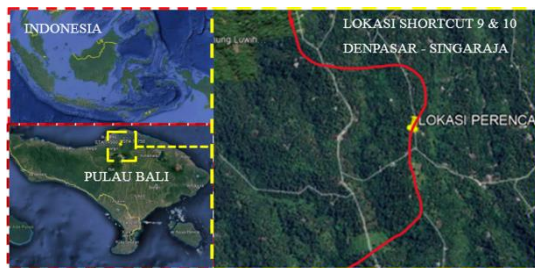
STA. 3+375 SINGARAJA, BALI

(Adinda Dakwatul Hasanah¹, Danang Setiya Raharja²)

bagi perencanaan struktur bawah jembatan di daerah perbukitan dengan kondisi geoteknik serupa.

2. METODOLOGI PERENCANAAN

Perencanaan ini dilakukan pada ruas pembangunan jalan baru Mengwitani–Singaraja yang direncanakan untuk meningkatkan konektivitas antara Kota Denpasar sebagai Pusat Kegiatan Nasional (PKN) dan Kota Singaraja sebagai Pusat Kegiatan Wilayah (PKW), serta untuk memperbaiki kondisi geometrik pada titik rawan kecelakaan (*blackspot*) pada ruas jalan eksisting. Objek penelitian difokuskan pada struktur Jembatan 6 yang terletak pada STA 3+310 sampai dengan STA 3+375 di Kabupaten Buleleng, Provinsi Bali, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1. Kajian ini dilakukan terhadap perencanaan struktur bawah jembatan, khususnya abutment dan timbunan oprit, dengan mempertimbangkan kondisi geoteknik setempat, karakteristik tanah dasar, serta beban-beban yang bekerja pada struktur jembatan



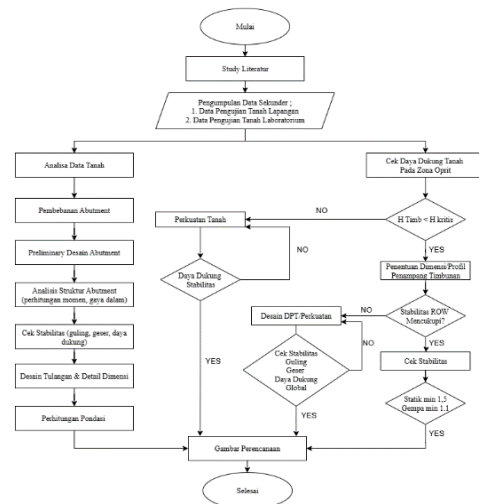
Gambar 1. Skema Lokasi Penelitian Jembatan 6 pada Ruas Mengwitani – Singaraja

Sumber : google earth, 2025

Metode perencanaan abutment dan oprit Jembatan 6 diuraikan dalam bentuk diagram alir (flowchart) sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2. Diagram alir perencanaan menggambarkan tahapan dan urutan proses perencanaan dari awal hingga akhir, meliputi pengumpulan data, analisis beban, analisis stabilitas, dan evaluasi keamanan struktur.

Dalam metode perencanaan ini, perhitungan dan analisis stabilitas abutment dilakukan dengan menggunakan program bantu GEO5 Modul Abutment. Program ini digunakan untuk menganalisis stabilitas abutment terhadap gaya geser, guling, dan daya dukung tanah, serta untuk mengevaluasi pengaruh beban tanah, beban lalu lintas, dan tekanan tanah lateral berdasarkan parameter geoteknik setempat. Penggunaan program bantu GEO5 diharapkan dapat memberikan hasil perhitungan yang lebih akurat, sistematis, dan sesuai dengan kondisi lapangan,

sehingga perencanaan abutment yang dihasilkan memenuhi persyaratan teknis dan keamanan struktur.



Gambar 2. Diagram Alir Metodologi Penyelesaian Perencanaan
Sumber : Hasil Penelitian

2.1 Korelasi Parameter Tanah

Dalam perencanaan bangunan geoteknik, data tanah diperoleh dari hasil pengujian laboratorium dan pengujian lapangan yang dilakukan pada titik-titik tertentu yang dianggap mewakili kondisi lokasi. Keterbatasan data akibat faktor biaya dan kendala lapangan menyebabkan tidak semua parameter tanah dapat diperoleh secara lengkap. Oleh karena itu, penentuan parameter tanah sering dilakukan melalui korelasi empiris yang dikembangkan oleh para ahli geoteknik dan didukung oleh pemahaman mekanika tanah yang memadai.

Parameter tanah utama yang digunakan meliputi berat volume tanah (γ), kohesi (c), sudut geser dalam (ϕ), modulus elastisitas (E), dan rasio Poisson (ν). Nilai berat volume tanah bergantung pada kondisi tanah, seperti kering, basah, jenuh, dan terendam. Kohesi dan sudut geser dalam ditentukan berdasarkan hasil uji lapangan, khususnya nilai N-SPT, yang dikorelasikan dengan sifat kekuatan geser tanah. Modulus elastisitas dan rasio Poisson digunakan dalam analisis deformasi tanah dan struktur, dengan nilai yang ditentukan berdasarkan karakteristik material tanah dan beton.

Selain itu, parameter konsolidasi seperti indeks pemampatan (C_c), tekanan prakonsolidasi (P_c'), dan koefisien konsolidasi (C_v) digunakan untuk menganalisis besarnya serta kecepatan penurunan tanah jenuh akibat pembebanan.

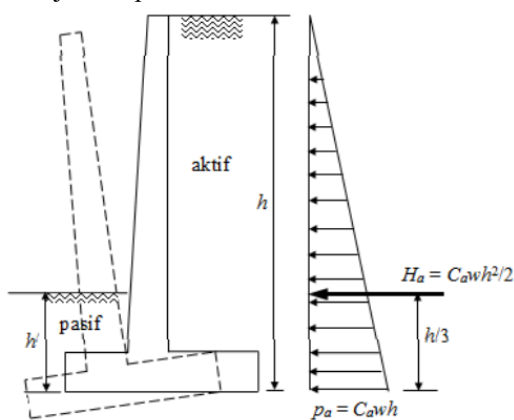
Parameter-parameter tersebut diperoleh dari hasil uji konsolidasi laboratorium maupun korelasi empiris yang umum digunakan dalam analisis geoteknik.

2.2 Tekanan Tanah Kesamping

Tekanan tanah ke samping adalah gaya lateral yang ditimbulkan oleh massa tanah dan bekerja pada struktur penahan akibat berat sendiri tanah serta beban di atasnya.

a. Tekanan tanah aktif

adalah tekanan lateral pada dinding penahan yang bergerak menjauhi tanah urugan, sehingga tanah mengalami keluluan dan menekan dinding dengan besar tekanan yang lebih kecil dibanding tekanan tanah diam, seperti ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 1. Diagram Tekanan Tanah
Sumber : Hardiyatmo

Nilai tekanan tanah aktif dihitung menggunakan teori Rankine, yang membedakan perhitungan untuk tanah datar dan tanah miring. Koefisien tekanan tanah aktif (K_a) untuk tanah datar dinyatakan dalam Persamaan 1.

$$K_a = \frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi} = \tan^2 \left(45^\circ - \frac{\phi}{2} \right) \quad (1)$$

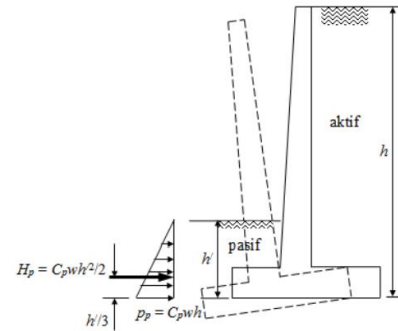
Keterangan:

ϕ = Sudut geser tanah ($^\circ$)

K_a = Koefisien tanah aktif

b. Tekanan Tanah Pasif

Menurut Hardiyatmo (2003), tekanan tanah pasif adalah tekanan yang terjadi ketika dinding penahan bergerak menuju tanah urugan, sehingga tanah memberikan tahanan maksimum terhadap pergerakan dinding sebelum mengalami keruntuhan, dengan nilai tekanan yang lebih besar dibanding tekanan tanah diam dan tekanan aktif, seperti ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 2. Diagram Tekanan Pasif
Sumber : Hardiyatmo, 2003

Nilai tekanan tanah pasif dihitung menggunakan teori Rankine, dengan perhitungan untuk tanah datar dan tanah miring. Koefisien tekanan tanah pasif (K_p) Nilai K_p untuk tanah datar dinyatakan dalam Persamaan 2 sebagai berikut.

$$K_p = \frac{1 + \sin \phi}{1 - \sin \phi} = \tan^2 \left(45^\circ + \frac{\phi}{2} \right) \quad (2)$$

Keterangan:

ϕ = Sudut geser tanah ($^\circ$)

K_p = Koefisien tanah aktif

Perhitungan untuk tekanan tanah pasif dihitung menggunakan Persamaan dibawah ini

Menghitung tekanan tanah pasif untuk tanah non kohesif Nilai P_p untuk tanah non kohesif dapat dilihat pada Persamaan 3.

$$P_p = \frac{1}{2} \gamma \cdot H^2 \cdot K_p \quad (3)$$

Menghitung tekanan tanah pasif untuk tanah kohesif Nilai P_a untuk tanah kohesif untuk tanah kohesif dinyatakan dalam Persamaan 4 berikut ini.

$$P_a = \frac{1}{2} \gamma \cdot H^2 \cdot K_p - 2c \sqrt{K_p} \quad (4)$$

Keterangan :

P_p = Tekanan tanah pasif (KN/m)

γ = Berat isi tanah (KN/m³)

H = Tinggi dinding (m)

c = Kohesi (KN/m²)

K_p = Koefisien tanah pasif

c. Tekanan At Rest

Tekanan tanah diam (at-rest earth pressure) adalah tekanan lateral yang terjadi saat tanah dan struktur penahannya tidak mengalami pergerakan lateral, sehingga tanah berada dalam kondisi kesetimbangan statis. Kondisi ini umumnya terjadi pada struktur kaku seperti dinding basement atau pondasi, di mana tanah tidak mengalami deformasi lateral dan tidak timbul tegangan geser pada bidang kontak tanah-struktur.

Besarnya tekanan tanah diam pada kedalaman z dapat dihitung dengan Persamaan 5 di bawah ini:

$$\sigma'_h = K_0 \cdot \gamma \cdot z \quad (5)$$

PERENCANAAN ABUTMENT DAN OPRIT JEMBATAN 6 STA. 3+310 S/D

STA. 3+375 SINGARAJA, BALI

(Adinda Dakwatul Hasanah¹, Danang Setiya Raharja²)

di mana:

σ_h' = tekanan tanah lateral efektif pada kedalaman z

K_0 = koefisien tekanan tanah diam (*at-rest earth pressure coefficient*)

γ = berat jenis tanah

z = kedalaman dari permukaan tanah

Koefisien Tekanan Tanah Diam (K_0)

Nilai K_0 biasanya dihitung dengan Persamaan 6 di bawah ini:

$$K_0 = 1 - \sin \phi \quad (6)$$

di mana ϕ adalah sudut geser dalam tanah (*internal friction angle*). Nilai K_0 untuk tanah lempung konsolidasi normal biasanya berkisar antara 0,4 sampai 0,6, tergantung pada sifat tanah.

2.3 Stabilitas Global

• Stabilitas Lereng

Menurut SNI 8460 (2017), factor keamanan minimum yang diisyaratkan untuk analisis menggunakan model pseudostatik adalah lebih besar dari 1,1 ($FK > 1,1$) dengan menggunakan koefisien seismik yang didapatkandari percepatan puncak di permukaan (PGA). Bowles (1989) menjelaskan keadaan lereng berdasarkan nilai *safety factor* (SF) yang dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Faktor Keamanan Lereng

Faktor Keamanan	Status Lereng	Intensitas Longsor
$SF < 1,07$	Lereng Labil	Longsor sering terjadi
$1,07 \geq SF \geq 1,25$	Lereng Kritis	Longsor pernah terjadi
$1,25 \geq SF$	Lereng Relatif Stabil	Longsor jarang terjadi

2.4 Pemodelan Geo 5

Pemodelan menggunakan perangkat lunak GEO5 dilakukan untuk mengevaluasi perencanaan abutment pada proyek Shortcut 9-

10 Bali dengan menggunakan modul Abutment. Modul ini digunakan untuk menganalisis stabilitas abutment terhadap beban vertikal dan lateral, termasuk tekanan tanah, beban struktur atas, serta reaksi fondasi. Hasil keluaran (output) dari pemodelan *GEO5* berupa nilai faktor keamanan terhadap guling, geser, dan daya dukung, serta evaluasi deformasi yang terjadi pada abutment.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Analisa Data Tanah

Berdasarkan penyelidikan yang telah dilakukan pada BH-J15 uji SPT dilakukan hingga kedalaman 30 meter. Data N-SPT titik BH-J15 dari hasil penyelidikan tanah ditampilkan pada Tabel 2.

Tabel 2 Data Borlog

BORING LOG									
DATE OF BORING		Nov 28 / Dec 1, 2022		BOREHOLE #		BH-J15			
DEPTH		30.2m		GROUND WATER LEVEL		Undetected			
STANDARD PENETRATION TEST		SYNTHESIS TEST		GROUND SURFACE ELEV.		+55.77m			
				ATTENDING (M/T)					

3.2 Analisa Pembebanan

- Beban Jalan

Menurut Standar Nasional Indonesia 8460 (2017), beban lalu lintas ditambahkan pada seluruh lebar permukaan jalan dan besarnya menggunakan beban lalu lintas sebesar 15 kPa.

Tabel 4. Beban Lalu Lintas Untuk Analisis Stabilitas dan Beban di Luar Jalan

Kelas Jalan	Beban Lalu Lintas (KPa)	Beban Luar Jalan (KPa)
I	15	10
II	12	10
III	12	10

Sumber : SNI 8460,2017

- Beban Gempa

Pada lokasi proyek didapatkan dari output rsa.ciptakarya.pu.go.id PGA sebesar 0,42g.

Tabel 5. Data N-SPT

No	Kedalaman (m)	Tebal (m)	N- SPT	N = Tebal/N - SPT
1	0	0	0	0,00
2	2	2	8	0,25
3	4	2	11	0,18
4	6	2	13	0,15
5	8	2	32	0,06
6	10	2	26	0,08
7	12	2	31	0,06
8	14	2	50	0,04
9	16	2	50	0,04
10	18	2	50	0,04
11	20	2	50	0,04

Maka, perhitungan ΣN dapat dilihat dibawah ini.

$$\Sigma N = 0,00 + 0,25 + 0,18 + 0,15 + 0,06 + 0,08 + 0,06 + 0,04 + 0,04 + 0,04 + 0,4$$

$$= 0,95$$

$$N = \frac{31,59}{\Sigma N}$$

$$= \frac{31,59}{0,95}$$

= 33,25 (Karena $33,25 > 11$ maka
 termasuk tanah keras, batuan lunak)

Tabel 6. Faktor PGA dan Periode 0,2 Detik
(F_{pga} dan F_a)

Kelas Situs	PGA ≤ 0,1 Ss ≤ 0,25	PGA = 0,1 Ss = 0,5	PGA = 0,1 Ss = 0,75	PGA = 0,1 Ss = 1,0	PGA = 0,1 Ss = 1,25
Batuan <u>keras</u> (SA)	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Batuan (SB)	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Tanah <u>keras</u> (SC)	1,2	1,2	1,1	1,0	1,0
Tanah <u>sedang</u> (SE)	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0
Tanah <u>lunak</u> (SE)	2,5	1,7	1,2	0,9	0,9
Tanah <u>khusus</u> (SF)	SS	SS	SS	SS	SS

Sumber : AASHTO, 2012

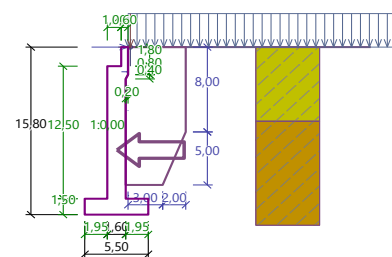
$$K_h = 0,5 \times F_a \times PGA$$

$$= 0,5 \times 1,2 \times 0,42$$

$$= 0,25 \text{ g}$$

3.3 Pemodelan dan Analisis Stabilitas Abutment dan Timbunan Oprit BH-J15

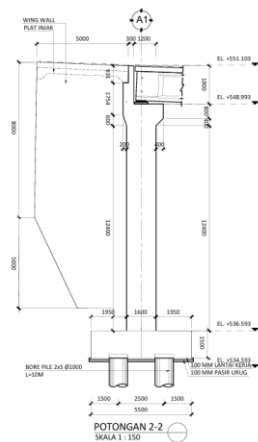
Tahap awal dalam proses pemodelan dimulai setelah penentuan *project* dan *setting*, yaitu dengan melakukan input geometri abutment sesuai dengan kondisi eksisting dan perencanaan. Pada tahap ini, seluruh parameter geometri abutment dimasukkan ke dalam perangkat lunak GEO5 berdasarkan data desain yang telah ditetapkan. Parameter tersebut meliputi tinggi total abutment, lebar pondasi, ketebalan dinding, serta panjang masing-masing segmen struktur. Setelah seluruh dimensi geometri diinput, perangkat lunak GEO5 secara otomatis menampilkan penampang abutment dalam bentuk visualisasi dua dimensi. Visualisasi ini digunakan sebagai sarana verifikasi untuk memastikan kesesuaian antara geometri yang dimodelkan dengan rencana desain. Hasil input geometri abutment pada perangkat lunak GEO5 ditunjukkan pada Gambar 5 dan Gambar 6.



Gambar 3 Input Geometry Abutment BH-J15

PERENCANAAN ABUTMENT DAN OPRIT JEMBATAN 6 STA. 3+310 S/D**STA. 3+375 SINGARAJA, BALI**(Adinda Dakwatul Hasanah¹, Danang Setiya Raharja²)

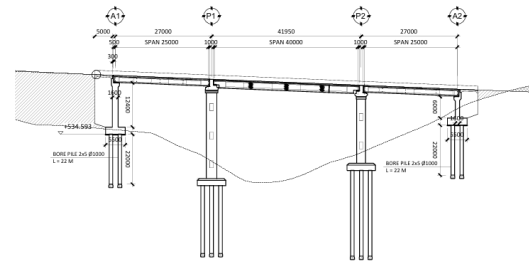
Sumber : Hasil Penelitian

**Gambar 4** Detail Abutment BH-J15

Sumber : Hasil Penelitian

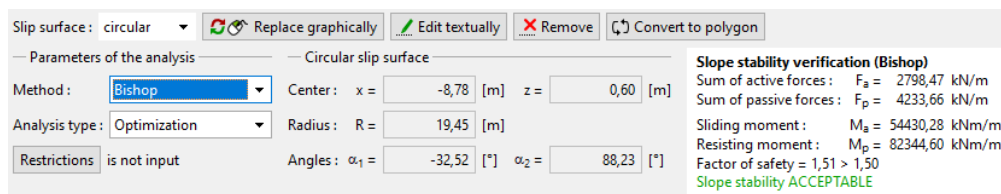
Gambar 7 menunjukkan tampilan long section abutment BH-J15 yang menggambarkan konfigurasi memanjang struktur abutment beserta hubungan geometrinya dengan timbunan oprit dan lapisan tanah di sekitarnya. Gambar ini digunakan untuk memberikan gambaran menyeluruh mengenai posisi abutment terhadap elevasi tanah dasar, tinggi timbunan, serta kondisi lereng di belakang abutment.

Melalui tampilan long section ini, dapat diidentifikasi secara jelas tinggi total abutment, elevasi dasar pondasi, serta kemiringan timbunan oprit yang berperan penting dalam analisis stabilitas lereng dan interaksi tanah-struktur. Penyajian long section abutment juga menjadi dasar dalam pemodelan geoteknik pada perangkat lunak GEO5, khususnya dalam penentuan geometri analisis dan evaluasi potensi bidang longsor di belakang abutment.

**Gambar 5** Profil Jembatan 6 Trase 9-10

Analisis stabilitas dilakukan untuk mengevaluasi keamanan timbunan oprit di belakang abutment BH-J15 terhadap potensi kelongsoran. Analisis dilakukan menggunakan perangkat lunak GEO5 dengan metode Bishop dan asumsi bidang longsor berbentuk lingkaran. Parameter tanah, geometri timbunan, serta beban struktur dimodelkan sesuai kondisi lapangan.

Hasil analisis menunjukkan bahwa faktor keamanan bidang longsor kritis sebesar 1,51, lebih besar dari nilai minimum 1,50 untuk kondisi statis, yang dapat dilihat pada Gambar 8. Kondisi ini menunjukkan bahwa timbunan oprit berada dalam keadaan stabil, di mana gaya pasif dan momen penahan yang bekerja lebih besar dibandingkan gaya aktif dan momen penggeser, sehingga potensi longsor dapat dikendalikan.

**Gambar 6.** Slope Stabilitas Verification

Sumber : Hasil Penelitian

3.4 Analisis Penurunan Kelompok Tiang

Analisis penurunan kelompok tiang pada tanah kohesif dilakukan menggunakan perangkat lunak GEO5 Load Pile Group dengan mempertimbangkan beban vertikal layanan maksimum, termasuk berat sendiri tiang bor.

Hasil pemodelan menunjukkan bahwa penurunan total kelompok tiang sebesar 23,3 mm. Nilai penurunan tersebut digunakan sebagai dasar evaluasi kinerja deformasi pondasi dan menunjukkan bahwa respons deformasi kelompok tiang masih berada dalam batas yang

dapat diterima untuk struktur atas, seperti pada Gambar 9.

Analysis of settlement of pile group in cohesive soils	
Max. vertical force includes self-weight of pile cap.	
The depth of substitute found.	d = 14,67 m
Maximum service load	N = 30667,00 kN
Depth of influence zone	h = 11,39 m
Settlement of pile group	s = 23,3 mm

Gambar 7. Analysis of Settlement of Pile Group in Cohesive Soil
Sumber : Hasil Penelitian

3.5 Stabilitas Lereng Tanpa Perkuatan

Analisis stabilitas lereng tanpa perkuatan dilakukan menggunakan metode Bishop dengan asumsi bidang longsor berbentuk melingkar. Hasil analisis menunjukkan nilai faktor keamanan sebesar 1,19, lebih kecil dari nilai minimum yang disyaratkan ($FS \geq 1,50$), yang dapat dilihat pada Gambar 10. Kondisi ini menunjukkan bahwa lereng belum memenuhi kriteria stabilitas secara geoteknik, sehingga diperlukan perkuatan tambahan untuk meningkatkan keamanan lereng terhadap potensi kelongsoran.

Slip surface: circular [Replace graphically] [Edit textually] [Remove] [Convert to polygon]

Parameters of the analysis

Method: Bishop [Circular slip surface]

Analysis type: Optimization

Restrictions: is not input

Center: x = 11,95 [m] z = 15,90 [m]

Radius: R = 5,99 [m]

Angles: $\alpha_1 = 10,13$ [°] $\alpha_2 = 61,04$ [°]

Slope stability verification (Bishop)

Sum of active forces: $F_a = 56,41$ kN/m

Sum of passive forces: $F_p = 67,28$ kN/m

Sliding moment: $M_a = 337,87$ kNm/m

Resisting moment: $M_p = 403,03$ kNm/m

Factor of safety = 1,19 < 1,50

Slope stability NOT ACCEPTABLE

Gambar 10. Hasil Analisa Stabilitas Tanpa Perkuatan Tambahan
Sumber : Hasil Penelitian

3.6 Analisis Stabilitas Timbunan dengan Perkuatan Geotekstil

A. Evaluasi Penggunaan Geotekstil sebagai Perkuatan Tambahan Timbunan

Berdasarkan hasil analisis stabilitas timbunan tanpa perkuatan, diperoleh nilai faktor keamanan yang belum memenuhi persyaratan, sehingga secara teknis timbunan dinyatakan belum aman dan memerlukan perkuatan tambahan. Oleh karena itu, dilakukan kajian penggunaan perkuatan sebagai upaya untuk meningkatkan stabilitas timbunan terhadap kemungkinan perubahan kondisi lapangan, ketidakpastian parameter tanah, serta pengaruh beban tambahan pada masa operasional.

Sistem penanganan timbunan yang dikaji menggunakan geotekstil berkekuatan tarik tinggi dengan kapasitas tarik nominal sebesar 120 kN/m yang berfungsi sebagai lapisan separasi sekaligus perkuatan tambahan untuk meningkatkan kinerja stabilitas timbunan.

Untuk menghitung T_{allow} menggunakan rumus sebagai berikut.

$$T_{allow} = T_{ultimate} \left[\frac{1}{FS_{id} \times FS_{cr} \times FS_{cd} \times FS_{bd}} \right]$$

Data Geotextile Wall

$$T_{ultimate} = 120 \text{ kN/m}$$

$$FS_{id} = 1,3$$

$$FS_{cr} = 3$$

$$FS_{cd} = 1,25$$

$$FS_{bd} = 1,1$$

$$FS_{allow} = \frac{240}{1,3 \times 3 \times 1,25 \times 1,1} = 44,75 \text{ kN/m}$$

B. Cek Stabilitas Menggunakan Perkuatan Tambahan

Hasil analisis stabilitas timbunan setelah ditambahkan perkuatan tambahan berupa geotekstil menggunakan metode Bishop menunjukkan faktor keamanan minimum sebesar 1,64, lebih besar dari nilai yang dipersyaratkan ($FS \geq 1,50$). Nilai ini diperoleh dari bidang gelincir melingkar paling kritis, sehingga stabilitas lereng dinyatakan memenuhi kriteria keamanan, yang dapat dilihat pada Gambar 11.

Hasil evaluasi gaya dan momen menunjukkan bahwa gaya pasif dan momen penahan yang dihasilkan lebih besar dibandingkan gaya aktif dan momen penggerak yang bekerja pada lereng. Kondisi ini menegaskan bahwa penambahan perkuatan geotekstil mampu meningkatkan stabilitas timbunan secara efektif, sehingga timbunan oprit dinyatakan stabil dan aman terhadap potensi kelongsoran.

PERENCANAAN ABUTMENT DAN OPRIT JEMBATAN 6 STA. 3+310 S/D STA. 3+375 SINGARAJA, BALI

(Adinda Dakwatul Hasanah¹, Danang Setiya Raharja²)

Gambar 11 Hasil Analisis Stabilitas Menggunakan Perkuatan Tambahan
Sumber : Hasil Penelitian

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan perencanaan abutment dan timbunan oprit pada proyek Shortcut Singaraja–Mengwitani Trase 09–10, dapat disimpulkan bahwa struktur abutment yang direncanakan telah memenuhi persyaratan keamanan dan stabilitas. Hasil analisis daya dukung tanah menunjukkan bahwa tekanan kerja tanah sebesar 22,1 t/m² masih jauh lebih kecil dibandingkan dengan daya dukung ultimit tanah sebesar 73,7 t/m², sehingga diperoleh faktor keamanan sebesar 1,51 yang lebih besar dari nilai minimum yang dipersyaratkan. Hal ini membuktikan bahwa abutment mampu menahan beban vertikal dan lateral yang bekerja tanpa menimbulkan risiko keruntuhan akibat kegagalan daya dukung tanah. Analisis kapasitas dukung pondasi tiang yang dilakukan dengan menggunakan program bantu GEO5 menunjukkan bahwa faktor keamanan dukung vertikal mencapai 10,91, yang telah memenuhi persyaratan minimum $SF \geq 2,00$. Selain itu, hasil analisis terhadap beban lateral menunjukkan bahwa perpindahan horizontal maksimum hanya sebesar 0,02 mm, jauh lebih kecil dibandingkan batas layanan yang diizinkan sebesar 2,54 cm, sehingga pondasi tiang dinyatakan aman terhadap pengaruh beban lateral. Pada analisis stabilitas timbunan oprit, diperoleh faktor keamanan sebesar 1,19 untuk kondisi tanpa perkuatan, yang belum memenuhi kriteria stabilitas. Namun, setelah dilakukan penambahan perkuatan geotekstil, faktor keamanan meningkat menjadi 1,64 dan telah memenuhi persyaratan keamanan. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan perkuatan geotekstil sangat diperlukan untuk meningkatkan stabilitas lereng timbunan serta sebagai upaya pengamanan terhadap potensi perubahan kondisi lapangan dan pengaruh beban operasional. Selanjutnya, berdasarkan hasil analisis penurunan tanah pada kelompok tiang pondasi oprit Jembatan 6 menggunakan perangkat lunak GEO5 Load Pile Group, diperoleh nilai penurunan total sebesar 23,3 mm akibat beban layanan maksimum sebesar 30.667 kN. Nilai

penurunan tersebut masih berada dalam batas yang dapat diterima dan dapat digunakan sebagai dasar evaluasi kinerja deformasi pondasi. Oleh karena itu, hasil analisis ini perlu menjadi perhatian dalam desain akhir, khususnya dalam memastikan pemenuhan kriteria batas penurunan yang diizinkan pada struktur atas jembatan.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Astuti, S. W., & Prativi, A. (2018). *The stability of the corrugated concrete sheet pile (CCSP) of the soil retaining wall at the abutment bridge BH 1751 in Lok Ulo District, Kebumen*. Jurnal Perkeretaapian Indonesia. DOI: <https://doi.org/10.37367/jpi.v3i1.72>
- Bowles, J. E. (1997). *Foundation analysis and design*. McGraw-Hill.
- Das, B. M. (1995). *Principles of geotechnical engineering (4th ed.)*. PWS Publishing.
- Das, B. M. (2011). *Principles of geotechnical engineering (7th ed.)*. Cengage Learning.
- Firdaus, M., & Ruspriansyah. (2024). Penentuan Faktor Keamanan Pondasi Kelompok Tiang pada Abutment Jembatan di Tanah Lempung Kaku. *Jurnal Gradasi Teknik Sipil*, 9(2). <https://doi.org/10.31961/gradasi.v9i2.14527>
- Jeffri Latumahina, Hamkah & Ruben Kumbangsila (2023). Kajian Pelaksanaan Analisis Struktur Bangunan Bawah Jembatan (Abutment) Lingkaran Jalur Hutumuri. *Jurnal Penelitian Multidisiplin Bangsa*. DOI: <https://doi.org/10.59837/jpnm.b.v1i8.194>
- Putra, A. P., & Syafriyandi, D. (2025). *Analisis stabilitas lereng dengan metode finite element method untuk pembangunan jembatan Wai Apu*. Jurnal Engineering, 7(1), 1–10. DOI: <https://doi.org/10.22437/jurnalengineering.v7i1.40023>
- Saputra, A. I. (2023). Analisis Kestabilan Abutment Jembatan Leppu II Kab. Sumbawa. *Jurnal Informasi, Sains dan

- Teknologi*,6(02),136–142.<https://doi.org/10.55606/isaintek.v6i02.134>
- Sutarman, E. (n.d.). *Kapasitas grup pondasi tiang berdasarkan NSPT pada abutment jembatan*. Jurnal Tiarsie, 14(1). DOI: <https://doi.org/10.32816/tiarsie.v14i1.23>
- Taylor, D. W. (1948). *Fundamentals of soil mechanics*. John Wiley & Sons.
- Terzaghi, K., & Peck, R. B. (1967). *Soil mechanics in engineering practice (2nd ed.)*. John Wiley & Sons.
- Yasin, M., Yanti, G., & Megasari, S. W. (2019). Analisis Abutment Jembatan Sei Busuk Kabupaten Siak Sri Indrapura Riau. *Siklus : Jurnal Teknik Sipil*, 5(1), 52–62. <https://doi.org/10.31849/siklus.v5i1.2384>
- Yunus, M., & Syahdinar, Z. F. (2019). *Stability analysis of Aifa bridge abutment in Fafurwar District, Bintuni Bay Regency, West Papua Province*. EPI International Journal of Engineering, 2(2), 162–171. DOI: <https://doi.org/10.25042/epi-ije.082019.12>