

Tinjauan Bangunan Bawah (Abutment) Pasca Meluapnya Sungai Sampean Baru Pada Jembatan Desa Besuk Kecamatan Kelabang Kabupaten Bondowoso
Overview of the Substructure (Abutment) After the Overflow of the Sampean Baru River on the Bridge in Besuk Village, Kelabang District, Bondowoso Regency

Ardhan Adib Budiarsya¹⁾, Pujo Priyono²⁾, Arief Alihudien³⁾

Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember

Email : Ardhanadib@gmail.com¹

Dosen Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember

Email : Pujopriyono@unmuhjember.ac.id²

Dosen Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember

Email : Ariefalihudien@unmuhjember.ac.id³

Abstrak

Jembatan memiliki pengaruh yang besar dalam kelangsungan pertumbuhan ekonomi negara. Jembatan Jl. Rabat pada Desa Besuk merupakan jembatan yang mengalami kerusakan yang disebabkan tergerusnya bagian bangunan bawah *abutment* dan menyebabkan terganggunya aktivitas warga sekitar. Oleh karena itu perlunya tinjauan dan perencanaan bangunan bawah (*abutment*) agar beban yang berkerja dapat ditopang dan di teruskan pada tanah dasar. Adapun metode yang dilakukan yaitu analisa lereng sungai menggunakan *software geoslope*. Berdasarkan hasil analisis didapatkan debit sungai 375,9587 m³/dt, nilai gerusan 3,163 meter, tinggi permukaan air pada ketinggian 4 meter. berdasarkan analisa lereng sungai diperoleh nilai keamanan SF #DB 1 sebesar 0,409 dan nilai SF #DB 2 sebesar 0,221 sehingga lereng tersebut dapat dinyatakan tidak stabil dan memungkinkan untuk terjadi longsor. Berdasarkan analisa daya dukung pondasi didapatkan daya dukung tanah sebesar 376,75 Ton m² sedangkan beban yang bekerja 229,234 Ton sehingga hingga struktur pondasi bawah masih aman. Berdasarkan daya dukung lateral pondasi 3273,6 kN sedangkan beban lateral yang bekerja adalah 153.69 Ton = 1507.18 KN sehingga struktur pondasi aman.

Kata Kunci : *Abutment*, Daya Dukung Pondasi, Jembatan, *Bore Pile*.

Abstract

Bridges have a big influence on the country's continued economic growth. Bridge Jl. Rabat in Besuk Village is a bridge that experienced damage due to the erosion of the lower part of the abutment and disrupted the activities of local residents. Therefore, it is necessary to review and plan the substructure (*abutment*) so that the working load can be supported and continued on the subgrade. The method used is river slope analysis using *geoslope* software. Based on the analysis results, it was found that the river discharge was 375.9587 m³/sec, the scour value was 3.163 meters, the water level was 4 meters high. Based on the analysis of river slopes, the SF #DB 1 safety value is 0.409 and the SF #DB 2 value is 0.221, so that the slope can be declared unstable and allows landslides to occur. Based on the analysis of the bearing capacity of the foundation, it was found that the soil bearing capacity was 376.75 tons m² while the working load was 229,234 tons so that the lower foundation structure was still safe. Based on the lateral bearing capacity of the foundation, it is 3273.6 kN, while the working lateral load is 153.69 tons = 1507.18 KN, so the foundation structure is safe.

Keywords: *Abutment*, *Foundation Carrying Capacity*, *Bridge*, *Bore Pile*.

1. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Jembatan merupakan sarana prasarana transportasi strategis yang memperlancar lalu lintas dan digunakan sebagai penghubung jalan lintas wilayah yang dipisahkan oleh kondisi alam seperti sungai, danau, dan rawa atau Selat, lembah dan jalan lainnya.

Kemajuan perekonomian dapat terhambat karena pengaruh dari kondisi alam yang menghalangi jalur transportasi suatu daerah lainnya. Masalah yang sering ditemui dalam kegagalan konstruksi jembatan adalah kegagalan struktur akibat terjadinya bencana alam seperti gempa bumi, banjir, meluapnya sungai dan longsor. Seperti pada kasus jembatan Jalan Rabat pada Desa Besuk, Kecamatan Kelabang, Kabupaten Bondowoso.

Jembatan Jl. Rabat putus diterjang oleh arus sungai yang kuat yang disebabkan oleh curah hujan yang sangat tinggi, pada kejadian ini tidak terjadi korban jiwa (Nusantara Post,2021). Jembatan tersebut mengalami kelongsoran pada bagian bangunan bawah abutment atau tergerusnya bagian bangunan bawah abutment sehingga mengakibatkan kerusakan pada jembatan tersebut, akibat dihantam arus deras sungai sampean baru yang mengalir cukup deras dari hulu ke hilir.

Dengan latar belakang penjelasan di atas, maka perlu direncanakan suatu perencanaan bangunan bawah abutment baru agar beban yang bekerja pada superstruktur jembatan dan substruktur itu sendiri dapat ditopang dan diteruskan pada tanah dasar. Untuk kondisi tanah di jembatan pada Desa Besuk, Kecamatan Kelabang, Kabupaten Bondowoso perlu dilakukan analisa kestabilan tanah menggunakan program bantu *Geoslope*.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang ada rumusan masalah spesifik dalam penelitian adalah sebagai beiku :

1. Bagaimana merencanakan bangunan bawah abutment pasca tergerusnya bagian bawah jembatan ?
2. Bagaimana kestabilan tanah di daerah Jembatan Jalan Rabat Desa Besuk, Kecamatan Kelabang, Kabupaten Bondowoso ?
3. Bagaimana analisa stabilitas daya dukung pondasi abutment jembatan ?

C. Tujuan

Dengan memperhatikan permasalahan yang terjadi maka tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mengetahui perencanaan abutment jembatan pasca tergerusnya bagian di bagian bangunan bawah.
2. Mengetahui kestabilan tanah di daerah Jembatan Jalan Rabat Desa Besuk, Kecamatan Kelabang, Kabupaten Bondowoso.
3. Mengetahui analisa stabilitas daya dukung pondasi abutment jembatan.

D. Manfaat

Adapun manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui perencanaan abutment jembatan pasca tergerusnya serta mengetahui kestabilan tanah di daerah Jembatan Jalan Rabat Desa Besuk, Kecamatan Kelabang, Kabupaten Bondowoso.
2. Dapat membantu Pemerintah atau hak terkait dalam melakukan perencanaan tersebut.

E. Batasan Masalah

Batasan penulisan dalam penyusunan Tugas Akhir ini meliputi :

1. Rencana tersebut didasarkan pada tergerusnya Jembatan Jalan Rabat Desa Besuk, Kecamatan Kelabang, Kabupaten Bondowoso.
2. Analisis gradien sungai menggunakan software *Geoslope* untuk mendapatkan faktor keamanan dan daerah kritis.
3. Abutment yang digunakan adalah Tipe abutment T terbalik dengan tidak mem perhitungan tulangan.
4. Tidak melakukan survei lalu lintas harian rata-rata.
5. Tidak menghitung RAB.

2. TINJAUAN PUSTAKA

A. Pengertian Tanah

Berdasarkan kondisi alam, kondisi tanah berasal dari campuran partikel mineral atau tanpa kandungan bahan organik, dimana partikel tersebut dapat dipisahkan secara mekanis dari campuran air (Hardiyatmo, 2002). Menurut Pasal Undang-Undang Pokok Pertanian (UUPA), pengertian tanah adalah permukaan bumi yang wilayah hukumnya meliputi badan bumi, air dan ruang di atasnya.

a. Klasifikasi Tanah

- Kerikil (*gravels*)
- Pasir (*sand*)
- Lanau (*silt*)
- Lempung (*clays*)

b. Sifat Teknis Tanah

- Tanah yang terdapat dalam granul adalah pasir, kerikil, batuan dan campurannya.
- Tanah yang termasuk tanah kohesif adalah lempung, lempung, lempung berpasir atau kerikil, sebagian besar berbutir halus.
- Tanah lumpur adalah material granular yang lolos saringan 200.
- Tanah organik adalah tanah yang tersusun dari bahan organik dan mempengaruhi sifat-sifat teknis tanah.

B. Tekanan Tanah

Tekanan tanah lateral adalah gaya yang diberikan oleh tanah di belakang bagian yang bergerak horizontal dari struktur penahan tanah.

a. Tekanan tanah dalam keadaan diam

$$K_o = \frac{\sigma'_h}{\sigma'_o}$$

Dimana :

σ'_o : Berat tanah pada kedalaman $z = \gamma.z$

Sehingga persamaan tersebut dalam dituliskan sebagai berikut :

$$K_o = \frac{\sigma'_h}{\sigma'_v} = \frac{\sigma'_h}{\gamma.z}, \sigma_h = K_o \sigma_v = K_o z \gamma$$

Dimana :

K_o : Koefisien tekanan tanah saat diam

γ : Berat volume tanah (kN/m^3)

b. Tekanan Tanah Pasif

Tekanan tanah pasif merupakan tekanan tanah yang terjadi ketika gaya mendorong dinding penahan tanah ke arah timbunan, sedangkan laju terjadinya horizontal dan pemadatan didefinisikan sebagai koefisien tekanan tanah pasif atau K_p .

$$K_p = \frac{\sigma'_v}{\sigma'_p} = \tan^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right)$$

c. Tekanan Tanah Aktif

Tekanan tanah aktif adalah tekanan yang bekerja pada struktur dinding penahan tanah yang bergerak maju sampai terjadi keruntuhan geser dan koefisien K mencapai minimum (K_a).

Tekanan Aktif, $c = 0$

$$P_a = K_a \gamma h$$

Tekanan Aktif berkoehesi

$$P_a = K_a \gamma h - 2 c \sqrt{K_a}$$

Dimana :

γ : Berat Volume tanah (gr/m^3)

P_a : Tekanan Lateral Tanah (gr/m)

C : Kohesi (kg/m^3)

K_a : Koefisien lateral

$$: (45 + \phi/2)$$

h : Ketinggian yang ditinjau

C. Jembatan Komposit

Jembatan komposit adalah jembatan yang mengkombinasikan dua material atau lebih dengan sifat bahan yang berbeda dan membentuk satu kesatuan sehingga menghasilkan sifat bayangan yang lebih baik. Perencanaan komposit mengasumsikan bahwa baja dan beton bekerjasama dalam memikul beban yang bekerja, sehingga akan menghasilkan desain profil/elemen yang lebih ekonomis.

Selain itu struktur komposit juga mempunyai beberapa keunggulan diantaranya adalah lebih kuat (*stronger*) dan lebih kaku (*stiffer*) daripada struktur non-komposit. Ada dua jenis tipe jembatan komposit yang umum digunakan sebagai desain, yaitu tipe multi girder bridge dan ladder deck bridge.

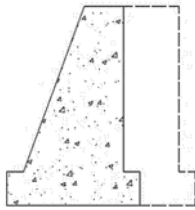
D. Desain Abutmen Jembatan

Abutment adalah struktur di bawah jembatan yang terletak di kedua ujung pilar jembatan, bertindak sebagai penopang semua beban hidup (angin, kendaraan dll) dan beban mati (beban gelagar dll.) pada jembatan.

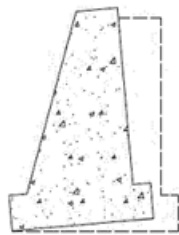
E. Stabilitas Abutment

Abutment direncanakan agar tahan terhadap gempa, banjir, dan tidak terjadi kelongsoran dari struktur tanah yang akan dibangun jembatan. Pada perencanaan abutment jembatan, terdapat dua beban yang bekerja pada abutment yaitu beban vertikal dan beban horizontal.

Untuk syarat aman terhadap keruntuhan kapasitas daya dukung tanah minimum diambil 3.



Gambar 1 Stabilitas Geser
 Sumber : Hutahaean dan Hia, 2019



Gambar 2 Stabilitas Guling
 Sumber : Hutahaean dan Hia, 2019



Gambar 3 Daya Dukung
 Sumber : Hutahaean dan Hia, 2019

F. Kapasitas Daya Dukung Tanah

Daya dukung tanah adalah kemampuan tanah untuk menahan beban atau menahan penurunan agar tidak runtuh akibat kuat geser tanah. Kuat geser tanah diperoleh dari hasil uji bor log dan contoh tanah (Pranata dan Wijaya 2008). Dalam perhitungan daya dukung tanah dasar pondasi dapat digunakan persamaan sebagai berikut :

$$\phi = \arctan (K_r \phi \tan \phi)$$

Menurut Terzaghi, perhitungan daya dukung tanah dasar pondasi untuk dapat digunakan persamaan berikut:

$$Q_{ult} = C \cdot N_c + D \cdot \gamma \cdot N_q + 0,5 \cdot B \cdot \gamma \cdot N_\gamma$$

$$Q_{all} = \frac{Q_{ult}}{SF}$$

Dimana :

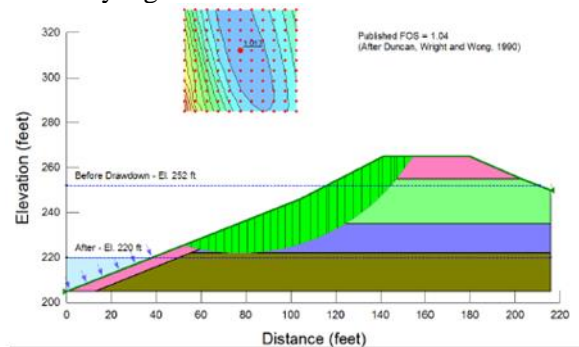
Q_{ult} : Daya dukung ultimate (ton/m²)

Q_{all} : Daya dukung tanah (ton)

$N_c N_q N_\gamma$: Faktor daya dukung

G. Software Slope/W Geoslope 2012

Dalam melakukan analisis lere, program ini dapat menentukan tipe analisis yang akan digunakan seperti Morgenstern-Price, Spencer, Corps Engineers #. Corps Engineers #2, Lowe – Karafiath, Janbu Generalized, Sarma (vertical slices only). Bishop, Janbu, Ordinary, SIGMA/W Stress, QUAKE/W Stress, dan QUAKE/W Newmark Deformation. Tipe analisis yang digunakan dalam analisis stabilitas lereng ini adalah tipe Bishop. Keuntungan dari tipe Bishop adalah memberikan hasil perhitungan nilai faktor keamanan yang cukup teliti dibandingkan tipe analisis yang lain.



Gambar 4 Bidang gelincir dan Nilai SF lereng sungai

Sumber : (Calgary dan Alberta, 2012)

H. Tahanan Lateral

Dalam analisis gaya lateral, tiang dibedakan menurut model ikatannya dengan pelat penutup tiang yaitu tiang ujung jepit (fixed end pile) dan tiang ujung bebas (free end pile).

I. Penelitian Terdahulu

Dalam perencanaan abutment dilakukan dengan menggunakan program bantu geo slope dan plaxis oleh Siti Hiraini, dkk (2013). Hasil dari penelitian terdahulu menunjukkan adanya penurunan nilai faktor keamanan dari kondisi tanah asli, menurun setelah ditambah tanah timbunan, dan menurun setelah adanya penambahan abutment dan pondasi. Setelah adanya penambahan beban alat berat dan beban tambahan struktur jembatan nilai faktor

keamanan semakin menurun, dimana hasil nilai faktor keamanan tersebut kurang dari 1,25.

3. METODOLOGI PENELITIAN

A. Persiapan Penelitian

Studi kasus pada penelitian ini tentang perencanaan abutment jembatan Jalan Rabat pada Desa Besuk, Kecamatan Kelabang, Kabupaten Bondowoso, Jawa Timur. Jembatan tersebut memiliki panjang 17,2 meter dan lebar 4 meter, serta terletak di aliran sungai sampean baru. Penelitian ini digolongkan sebagai penelitian Studi Kasus (case study) yang menggunakan metode deskriptif.

B. Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan di suatu proyek yaitu jembatan Jalan Rabat pada Desa Besuk, Kecamatan Kelabang, Kabupaten Bondowoso, Jawa Timur. Lokasi penelitian terletak di pesisir aliran sungai sampean baru yang menghubungkan antar Rukun Tetangga (RT) dan Rukun Tetangga (RW) Khususnya RT 03/RW 01 dan RT 02/RW 01. Berikut lokasi penelitian yang dapat dilihat pada gambar 3.1 sebagai berikut:



Gambar 5 Lokasi Penelitian
 (Sumber :Google Earth, 2022)

C. Survei dan Pengumpulan Data

Dalam merencanakan abutment jembatan Jalan Rabat pada Desa Besuk diperlukan sejumlah data berupa:

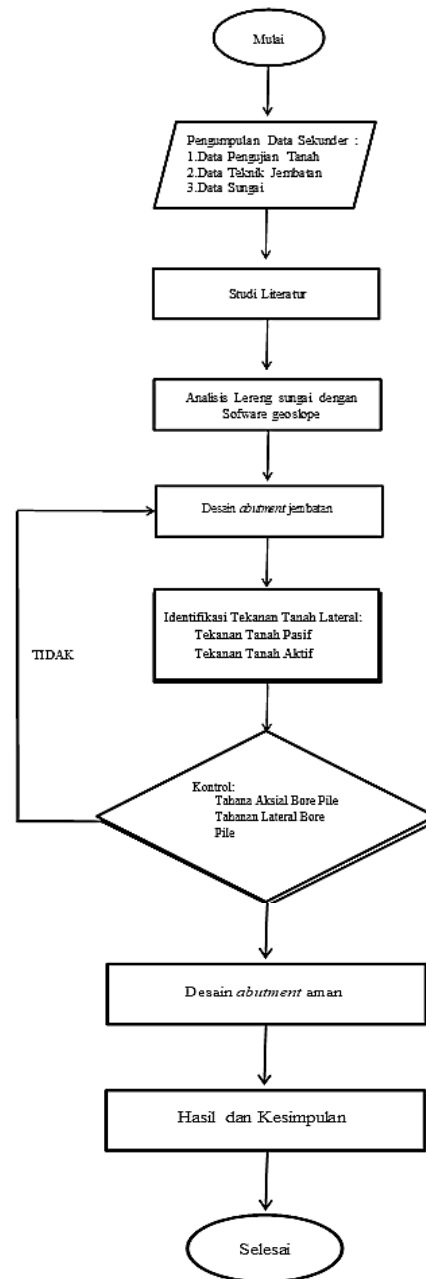
- Data Topografi berupa situasi sungai di sekitar.
- Data sungai
- Data karakteristik tanah berupa hasil uji SPT, dan uji laboratorium
- Data teknik jembatan

Sedangkan data penunjang lainnya berupa data kejadian yang menunjukkan kerusakan abutment meliputi data pengamatan langsung seperti

dokumentasi foto-foto di lapangan dan wawancara secara langsung.

D. Prosedur Penelitian

Prosedur pada penelitian ini dapat digambarkan bagan alir (flow chart) sebagai berikut:



Gambar 6 Bagan Alir (Flow Chart)
 (Sumber : Hasil Gambar, 2024)

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Data Tanah

a. Pengujian Fisis

Berdasarkan USCS, sample - sampel tanah diklasifikasikan sebagai tanah pasir bergradasi buruk (poorly graded sand, SP) dapat dilihat pada tabel 1

b. Pengujian Mekanis

Pengujian mekanis tanah terdiri dari pengujian kuat geser tanah.

Table 2 Parameter Kuat Geser dan Sudut Geser dalam

Titik	Depth	Strength Test	ϕ
		C (Kg/cm ²)	(^o)

		m			
# DB-1	1.50 - 2.00	-	2.00	0.20	23
	3.50 - 4.00	-	4.00	Batu	Batu
	5.50 - 6.00	-	6.00	0.17	23
	7.50 - 8.00	-	8.00	0.22	22
	9.50 - 10.00	-	10.00	0.22	19
# DB-2	1.50 - 2.00	-	2.00	0.24	17
	3.50 - 4.00	-	4.00	0.35	8
	5.50 - 6.00	-	6.00	Batu	Batu
	7.50 - 8.00	-	8.00	Batu	Batu
	9.50 - 10.00	-	10.00	Batu	Batu

(Sumber: Sumber:Laporan Hasil Tanah & Pengelolaan data ,2022)

c. Pengujian Lapangan

Pengujian pengeboran dilakukan memakai mesin bor bersistem BorLog menggunakan alat bor yang dilakukan di 2 titik pengeboran dengan kedalaman 10 m. Parameter hasil korelasi data tanah pada #DB-1 & #DB-2 dapat dilihat pada tabel 3

Tabel 1 Hasil Uji Laboratorium #DB-1 dan #DB-2

Titik	Depth	COLOUR	Yt (t/m ³)	Gs	eo	Index Propertis			Grain Size Distribution			
						PL (%)	PI (%)	LL (%)	Gravel (Krikil) %	Sand (Lanau) %	Slit (Pasir) %	Clay (Tanah Liat) %
# DB-1	1.50 - 2.00	Coklat	2.081	2.756	0.390	NON PLASTIS			40.07	21.78	38.14	0.00
	2.00 - 2.45											
	3.50 - 4.00	Abu-Abu	BATU	BATU	BATU	BATU			BATU			
	4.00 - 4.45											
	5.50 - 6.00	Coklat	2.142	2.771	0.595	NON PLASTIS			9.26	37.97	52.77	0.00
	6.00 - 6.45											
	7.50 - 8.00		2.067	2.747	0.497	NON PLASTIS			20.97	48.50	30.53	0.00
	8.00 - 8.45											
9.50 - 10.00		1.84	2.772	0.446	NON PLASTIS			23.95	58.14	17.92	0.00	
10.00 - 10.45												
# DB-2	1.50 - 2.00	Coklat	2.162	2.819	0.510	NON PLASTIS			19.51	37.30	43.19	0.00
	2.00 - 2.45											
	3.50 - 4.00	Abu-Abu	1.847	3.490	1.783	33.27	39.06	72.32	14.61	14.36	41.02	30.01
	4.00 - 4.45											
	5.50 - 6.00	Coklat	BATU	BATU	BATU	BATU			BATU			
	6.00 - 6.45											
	7.50 - 8.00		BATU	BATU	BATU	BATU			BATU			
	8.00 - 8.45											
9.50 - 10.00		BATU	BATU	BATU	BATU			BATU				
10.00 - 10.45												

(Sumber: Sumber: Laporan Hasil Tanah & Pengelolaan data ,2022)

Table 3 Parameter hasil korelasi data tanah pada #DB-1 & #DB-2

DB-1	Depth	Jenis tanah	N-SPT	N-SPT Terkoreksi	Y	Dr	Sudut Geser	Ysat	Angka Pori	γ_1	z'e	Cn
	(m)				g/cm ³			gr/cm ³	e			
	2	Slit Sand	60	37.50	18.91			23	0.390			
	4	Slit Sand	42	28.50	Batu	Batu	Batu	Batu	Batu	Batu	Batu	Batu
	6	Slit Sand	35	25.00	12.83			23	0.595			
	8	Slit Sand	40	27.50	14.70			22	0.497			
	10	Slit Sand	49	32.00	14.71			19	0.446			
DB-2	2	Slit Sand	3	9.00	15.37			17	0.510			
	4	Slit Sand	9	12.00	4.65			8	1.783			

	6	Slit Sand	60	37.50	Batu	Batu	Batu	Batu	Batu	Batu	Batu
	8	Slit Sand	60	37.50	Batu	Batu	Batu	Batu	Batu	Batu	Batu
	10	Slit Sand	60	37.50	Batu	Batu	Batu	Batu	Batu	Batu	Batu

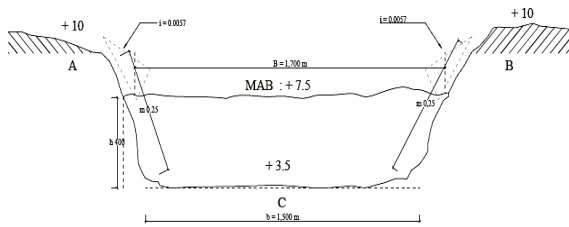
(Sumber: Sumber:Laporan Hasil Tanah & Pengelolahan data ,2022)

Berdasarkan hasil pengujian lapangan, stratifikasi tanah bawah pada lokasi tersebut didapatkan oleh keberadaan tanah pasir berkepadatan 4 meter. Lapisan selanjutnya hingga kedalaman akhir pengeboran yaitu kedalaman 10 meter mendapatkan sebagai tanah pasir padat.

B Analisa Lereng Sungai

a. Gerusan Sungai

Data yang dibutuhkan dalam menentukan grusan dalam struktur bangunan bawah jembatan :



Gambar 7 Potongan sungai ,2024

(Sumber : Hasil Gambar, 2024)

Data sungai untuk mendapatkan nilai gerusan sungai pada abutment jembatan yaitu sebagai berikut :

Diketahui :

- Lebar rata-rata (b) = 15 Meter
- Lebar muka air banjir (B) = 17 Meter
- Tinggi muka air banjir (h) = 4 Meter
- Kemiringan rata-rata (m) = 0.25 Meter
- Kemiringan muka air = 0.0057 Meter

Berdasarkan data yang diperlukan diatas maka untuk perhitungan manual, selanjutnya dilakukan Perhitungan kecepatan aliran , debit banjir (Q),menentukan nilai gerusan(d).

$$A = (b + m \times h) h$$

$$= (15 + 0.25 \times 4) 4$$

$$= 64m^2$$

$$K = b + 2 \times h \sqrt{1 + m^2}$$

$$= 15 + 2 \times 4 \sqrt{1 + 0.25^2}$$

$$= 23.70786 \text{ m}$$

Jadi nilai R bisa dihitung menggunakan rumus

$$R = A/K$$

$$R = 64/23.70786$$

$$= 2.69953 \text{ m}$$

$$Q = 64 \times 5.874355$$

$$= 375.9587 \text{ m}^3/\text{dt}$$

Hasil yang didapat dari uji laboratorium untuk mendapatkan matrial tanah Pasir Halus maka daripada itu nilai f sudah menemukan nilainya dengan diameter rata-rata 0.505 dan Faktor (f) 1.250

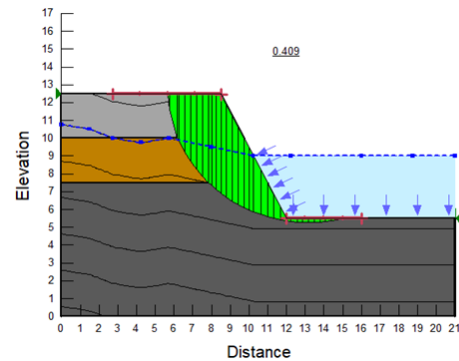
$$d = 0.473 \times \frac{Q}{f}^{0.0.333}$$

$$= 0.473 \frac{375.9587}{1.25}^{0.0.333}$$

$$= 3.163 \text{ Meter}$$

C. Analisis Lereng

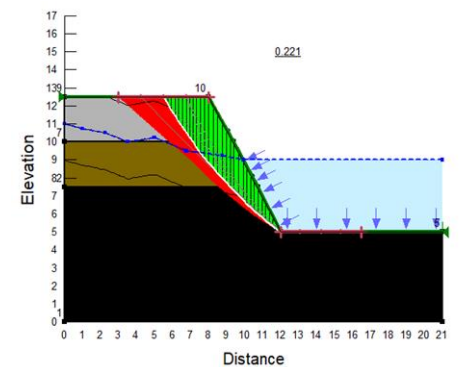
Berdasarkan hasil geometri lereng sungai dengan menggunakan software geoslope, pada titik lokasi DB- 1 diperoleh nilai faktor keamanan sebesar 0.409.



Gambar 8 Hasil geometri lereng DB-1

(Sumber : Hasil Analisis Geoslope, 2024)

DB2 diperoleh nilai faktor keamanan sebesar 0.221.



Gambar 9 Hasil geometri lereng DB-2

(Sumber : Hasil Analisis Geoslope, 2024)

Berdasarkan hasil analisis stabilitas lereng sesuai dengan menggunakan software geoslope diatas, dimana untuk faktor

keamanan minimum sebesar 1,25. Sehingga dapat disimpulkan bahwa lereng tersebut memungkinkan untuk terjadinya kelongsoran dan dapat dikatakan bahwa kondisi tanah di daerah jembatan Besuk tidak stabil karena kecilnya keamanan pada analisis tersebut dan untuk nilai debit banjir sebesar 375.9587 m³/dt serta nilai gerusan pada jembatan tersebut sebesar 3.163 Meter.

D. Desain Abutment Jembatan

Tabel 4 Data Struktur Atas

URAIAN DIMENSI	NOTASI	DIMENSI	SATUAN
Lebar jalan (jalur lalu lintas)	b ₁	5.00	m
Lebar trotoar	b ₂	-	m
Lebar median	b ₃	-	m
Lebar total jembatan	b	5.00	m
Tebal slab lantai jembatan	t _s	0.30	m
Tebal lapisan aspal + overlay	ta	0.05	m
Tebal trotoar / median	t _t	-	m
Tebal genangan air hujan	th	0.05	m
Tinggi profil baja	h _b	1.50	m
Tinggi bidang samping jembatan	h _a	3.93	m
Jumlah girder baja	n	6.00	buah
Jarak antar balok baja	s	0.83	m
Panjang bentang jembatan	L	17.00	m

(Sumber : Perhitungan, 2024)

Tabel 5 Rencana Desain Abutment 1

Notasi	Panjang (m)	Notasi	Panjang (m)
h1	0.7	b1	0.4
h2	1.3	b2	0.7
h3	0.7	b3	1.6
h4	0.3	b4	2.2
h5	0.3	b5	2.2
h6	1.0	Bx	6.0
h7	1.0	1/2 Bx	3.0
h8	6.8	H Total	8.3
C	4.4		
D	5.5		
By	6.0		

(sumber : hasil analisis, 2024)

Tabel 6 Rencana Desain Abutment 2

Notasi	Panjang (m)	Notasi	Panjang (m)
h1	0.7	b1	0.4
h2	1.3	b2	0.7
h3	0.7	b3	1.6
h4	0.3	b4	2.2
h5	0.3	b5	2.2
h6	1.0	Bx	6.0
h7	1.0	1/2 Bx	3.0
h8	7.3	H Total	8.9
C	4.9		
D	6.0		
By	6.0		

(sumber : hasil analisis, 2024)

a. Beban Vertikal

Tabel 7 Berat sendiri Struktur Atas

No	Jenis Beban Berat sendiri	Parameter Volume			Bentang (m)	Berat jenis (kN/m ³)	Beban Bekerja (kN)
		Lebar (m)	Tebal (m)	Jumlah			
1	Plat Jembatan	5.00	0.30	1.00	17.00	24.00	612.00
2	Deck Slab			1.00	17.00	24.00	408.00
3	Trotoar			-	17.00	-	-
4	Balok Baja			6.00	17.00	0.32	32.64
5	Diafragma baja			11.00	17.00	0.13	24.31
Total Berat Sendiri Struktur Atas (Pms)							1076.95

(Sumber : Hasil perhitungan manual,2024)

Beban sendiri struktur atas yaitu :

$$Pms = \frac{1}{2} \cdot Pms$$

$$= \frac{1}{2} \cdot 109.82$$

$$= 54.91 \text{ ton}$$

b. Berat Sendiri Struktur Bawah DB#1

Table 8 Perhitungan Gaya dan Momen Pada Abutment DB#1

No	Parameter Berat Bagian		Luas m ²	Berat Jenis ton/m ³	Bentang m	Berat ton	Lengan X m	Momen Y ton/m ²
	B (m)	H (m)						
Abutmen								
1	0.4	0.7	0.28	2.4	17.00	11.65	2.80	32.62
2	0.7	1.3	0.91	2.4	17.00	37.86	3.40	128.72
3	1.6	0.7	1.12	2.4	17.00	46.60	4.10	191.05
4	2.2	0.3	0.66	2.4	17.00	27.46	2.11	58.03
5	2.2	0.3	0.66	2.4	17.00	27.46	4.10	112.58
6	2.2	1.0	2.2	2.4	17.00	91.53	4.53	414.93
7	2.2	1.0	2.2	2.4	17.00	91.53	1.47	134.24
8	2.2	6.8	14.96	2.4	17.00	622.40	4.10	2551.85
Wingwell								
9	2.2	0.7	1.0	2.4	1.54	3.77	6.00	5.80
10	4.8	0.9	1.0	2.4	4.32	10.57	6.00	45.67
11	2.2	0.7	1.0	2.4	1.54	3.77	6.00	5.80
12	2.2	0.7	1.0	2.4	1.54	3.77	6.00	5.80
13	2.6	4.4	1.0	2.4	11.44	28.00	6.00	320.29
14	1.1	0.4	1.0	2.4	0.44	1.08	6.00	0.47
15	1.1	0.3	1.0	2.4	0.33	0.81	6.00	0.27
Tanah								
16	2.8	0.7	5.0	1.5001	1.96	14.70	6.00	17.64
17	1.5	1.3	5.0	1.5001	1.95	14.63	6.00	17.55
18	1.5	0.7	5.0	1.5001	1.05	7.88	6.00	9.45
19	0.5	0.7	5.0	1.5001	0.35	2.63	6.00	3.15
20	2.2	4.4	5.0	1.5001	9.68	72.61	6.00	87.13
21	1.1	1.0	5.0	1.5001	1.10	8.25	6.00	9.90
Total Berat Struktur Bawah (Pms)						1,128.93	Mms	4152.96203

(Sumber : Hasil perhitungan manual,2024)

Table 9 Berat mati tambahan akibat utilitas

No	Beban	Tebal m	Lebar m	Panjang m	Jumlah	Berat Jenis tom/m ³	Berat ton
1	Lapisan Aspal Overlay	0.10	5.00	17.00	1.00	22.00	187.00
2	Penerangan	-	-	-	-	-	-
3	Instalasi MEP	-	-	-	-	-	-
4	Air Hujan	0.05	5.00	17.00	1.00	5.00	21.25
Total Berat Mati Tambahan (Wma)						0.00	208.25

(Sumber : Hasil perhitungan manual,2024)

$$PMA = \frac{1}{2} \times WMA$$

$$= \frac{1}{2} \times 208.25$$

$$= 104.13 \text{ ton}$$

$$q = 9 \text{ kPa} \text{ Untuk } L < 17 \text{ m}$$

$$q = 9x (0.5x 1.5 / L) \text{ Untuk } L > 17 \text{ m}$$

KEL memiliki intensitas

$$p = 49 \text{ KN / m}$$

$$= 4.997 \text{ ton/m}$$

$$\begin{aligned}
 &\text{Beban UDL (Uniformly Distributed Load)} &&= 2.70 \times 17.00 / 2 \\
 q &= 9 \times (0.5 \times 1.5 / L) &&= 23 \text{ m}^2 \\
 &= 9 \times (0.5 \times 1.5 / 17) &&\text{Tew1} = 0.0006 \times Cw \times VW^2 \times Ab \\
 &= 9.0 \text{ Kpa} &&= 0.0006 \times 1.25 \times 35^2 \times 23 \\
 &= 0.9177 \text{ ton/m}^2 &&= 21 \text{ Kn} \\
 &&&= 2.1501 \text{ ton} \\
 \text{Beban merata pada UDL :} &&&\text{Lengan terhadap pondasi,} \\
 R \text{ UDL} &= q \times L \times (5,5 + b / 2) &&\text{YEW 1} = \frac{1}{2} \times ha \times h8 \\
 &= 0.9177 \times 17.00 \times (5,5 + 5 / 2) &&= 0.5 \times 2.70 \times 6.8 \\
 &= 124.811 \text{ ton} &&= 9.2 \text{ m} \\
 P &= p \times (1 + DLA) &&\text{Lengan terhadap pondasi,} \\
 &= 4.997 \times (1 + 0.3) &&\text{YEW2} = \text{YEW1} \times \text{Tew1} \\
 &= 6.4956 \text{ ton/m} &&= 9.2 \times 2.1501 \\
 R \text{ KELLY} &= P \times DLA \times (5,5+b/2) &&= 19.7 \text{ ton.m} \\
 &= 15.5894 \text{ ton} &&\text{Tew2} = 0.0012 \times Cw \times Vw^2 \times Ab \\
 \text{Beban Hidup + DLA} &= R \text{ UDL} + R \text{ KEL} &&\text{Diketahui :} \\
 &= 124.811 + 15.589 &&Cw = 1.25 \\
 &= 140.401 \text{ ton} &&Vw^2 = 35 \text{ m/det} \\
 \text{Beban Lajur "D"} &= 1/2 \times 140.401 &&= 1225 \text{ m/det} \\
 &= 70.20 \text{ ton} &&Ab = 11.36 \text{ kN} = 1.16 \text{ ton/m} \\
 \text{c. Beban Horizontal DB\#1} &&&\text{Tinggi bidang samping struktur bawah} \\
 \text{Gaya rem TB} &= 250 \text{ kN untuk } Lt \leq 80 \text{ m} &&\text{Rumus} = C + h1 + h2 + h3 \\
 \text{Gaya rem TB} &= 250 + 2.5 \times (Lt - 80) \text{ kN} &&= 4.4 + 0.7 + 1.3 + 0.7 \\
 \text{untuk } 80 \text{ m} < Lt < 180 \text{ m} &&&= 7.10 \text{ m} \\
 \text{Gaya rem TB} &= 500 \text{ kN untuk } Lt \geq 180 \text{ m} &&\text{Ab} = 2 \times h \times (C + h1 + h2 + h3) \\
 \text{Untuk } Lt = L = 17.00 \text{ m} &&&= 2 \times 0.80 \times 7.10 \\
 \text{Beban rem yang bekerja pada abutment,} &&&= 11.36 \text{ m}^2 \\
 Ttb &= 250 \text{ k} &&= 1.16 \\
 &= 25.5 \text{ ton} &&\text{Tew2} = 0.0012 \times Cw \times Vw^2 \times Ab \\
 \text{Gaya rem} &= Ttb \times 2 &&= 0.0012 \times 35 \times 11.36 \times 11.36 \\
 &= 500 \text{ kN} &&= 61.57 \text{ kN} \\
 &= 50.99 \text{ ton} &&= 6.280 \text{ ton} \\
 \text{Lengan terhadap abutment H Total} &= 8.3 \text{ m} &&\text{Lengan terhadap pondasi,} \\
 \text{Momen akibat gaya rem, Mtb} &= 165.75 \text{ m} &&\text{Yew2} = h6 + \text{Tinggi bidang sampingstr} \\
 \text{Lengan terhadap breaswall,} &&&\text{uktur bawah} / 2 \\
 Ytb &= h1 + h2 + h3 + h4 + C &&= 1.0 + 7.10 / 2 \\
 &= 7.40 \text{ m} &&= 4.6 \text{ m} \\
 \text{Momen KIBt breaswall,} &&&\text{Momen akibat gaya angin,} \\
 M'tb &= Ttb \times Yt &&\text{Mew2} = \text{Yew2} \times \text{Tew 2} \\
 &= 25.49 \times 7.40 &&= 4.6 \times 6.280 \\
 &= 188.64 \text{ ton/m} &&= 28.576 \text{ ton.m} \\
 \text{Lebar total Jembatan, By} &= 6.00 \text{ m} &&\text{PT} = Pms + Pma \\
 \text{Tinggi bidang samping, ha} &= 2.70 \text{ m} &&= 1128.93 + 104.13 \\
 L / ha &= 17.00 / 2.70 &&= 1233.055 \text{ ton} \\
 &= 6.296 \text{ m} &&\text{Lengan terhadap gaya gesek,} \\
 \text{Berdasarkan T- 02 - 2005} &&&\text{YFB} = h8 \\
 \text{diperoleh :} &&&= 6.8 \text{ m} \\
 \text{Koefisien seret, Cw} &= 1.25 &&\text{Momen pada pondasi akibat Gaya gesek,} \\
 \text{Kecepatan angin rencana, VW} &= 35 \text{ m/det} &&\text{MFB} = \text{YFB} \times \text{TFB} \\
 \text{Luas bidang samping jembatan,} &&&= 6.8 \times 221.950 \\
 Ab &= ha \times L / 2
 \end{aligned}$$

$$= 1509.259 \text{ ton.m}$$

Data tanah titik lokasi #DB-1

Sudut geser dalam = 19.0 °

Kohesi, c = 2.1653 ton/m²

Berat isi tanah, γ = 1.5001 t/m³

Ke Dalam tanah = 10.0 m

Hitung koefisien tekanan tanah aktif

$$K_a = \text{tg}^2 (45 - \phi/2)$$

$$= \text{tg}^2 (45 - 19/2)$$

$$= 1.240$$

$$q = 0.6 \times \gamma$$

$$= 0.6 \times 1.5001$$

$$= 0.9001 \text{ ton/m}$$

Tekanan Tanah Aktif

$$P_{a1} = q \times K_a \times H_{\text{Total}} \times B_y$$

$$= 0.9001 \times 1.240 \times 8.3 \times 6$$

$$= 55.567 \text{ ton}$$

$$P_{a2} = \frac{1}{2} H_{\text{Total}}^2 \times K_a \times \gamma \times B_y$$

$$= \frac{1}{2} \times 8.3^2 \times 1.240 \times 1.5001 \times 6$$

$$= 384.3360 \text{ ton}$$

$$\text{TEQ 1} = K_h \times I \times W_t$$

$$= 0.3 \times 1 \times 159.03$$

$$= 47.7102 \text{ ton}$$

Gaya gempa akibat bangunan atas

$$\text{TEQ 1} = 47.7102 \text{ ton}$$

Gaya gempa pada abutment

$$\text{TEQ 2} = K_h \times W_{\text{ant}}$$

Dimana :

$$W_c = \text{Luas} \times \text{Lebar} \times H_{\text{Total}}$$

$$= 956.4855 \text{ ton}$$

$$\text{TEQ 2} = K_h \times W_{\text{ant}}$$

$$= 0.3 \times 956.49$$

$$= 286.9456 \text{ ton}$$

d. Berat Sendiri Struktur Bawah DB#2

Table 10 Perhitungan Gaya dan Momen Pada Abutment DB#2

No	Parameter Berat Bagian		Luas m ²	Berat Jenis ton/m ³	Bentang m	Berat ton	Lengan X m	Momen Y ton/m ²
	B m	H m						
Abutmen								
1	0.4	0.7	0.28	2.4	17.00	11.65	5.00	58.25
2	0.7	1.3	0.91	2.4	17.00	37.86	3.40	128.72
3	1.6	0.7	1.12	2.4	17.00	46.60	3.00	139.79
4	2.2	0.3	0.66	2.4	17.00	27.46	2.11	58.03
5	2.2	0.3	0.66	2.4	17.00	27.46	3.00	82.38
6	2.2	1.0	2.2	2.4	17.00	91.53	4.53	414.93
7	2.2	1.0	2.2	2.4	17.00	91.53	1.47	134.24
Wingwell								
9	2.2	0.7	1.0	2.4	1.54	3.77	6.00	5.80
10	2.9	0.9	1.0	2.4	2.61	6.39	6.00	16.67
11	2.2	0.7	1.0	2.4	1.54	3.77	6.00	5.80
12	2.2	0.7	1.0	2.4	1.54	3.77	6.00	5.80
13	2.6	4.9	1.0	2.4	12.74	31.18	6.00	397.22
14	1.1	0.4	1.0	2.4	0.44	1.08	6.00	0.47
Tanah								
16	1.9	0.7	5.0	1.5001	1.33	9.98	6.00	11.97
17	1.5	1.3	5.0	1.5001	1.95	14.63	6.00	17.55
18	1.5	0.7	5.0	1.5001	1.05	7.88	6.00	9.45

19	0.35	0.7	5.0	1.5001	0.25	1.84	6.00	2.21	
20	2.2	4.9	5.0	1.5001	10.78	80.86	6.00	97.03	
21	1.1	1.0	5.0	1.5001	1.10	8.25	6.00	9.90	
Total Berat Struktur Bawah (Pms)							1,176.43	Mms	3600.99403

(Sumber : hasil analisis, 2024)

$$P_{ma} = \frac{1}{2} \times W_{ma}$$

$$= \frac{1}{2} \times 208.25$$

$$= 104.13 \text{ ton}$$

Beban Lajur "D"

$$Q = 9 \text{ kPa} \text{ Untuk } L < 17 \text{ m}$$

$$Q = 9 \times (0.5 \times 1.5 / L) \text{ Untuk } L > 17 \text{ m}$$

KEL memiliki intensitas

$$p = 49 \text{ KN / m}$$

$$= 4.997 \text{ ton/m}$$

$$q = 9 \times (0.5 \times 1.5 / L)$$

$$= 9 \times (0.5 \times 1.5 / 17)$$

$$= 9.0 \text{ Kpa}$$

$$= 0.9177 \text{ ton/m}^2$$

Beban merata pada UDL :

$$R_{\text{UDL}} = q \times L \times (5.5 + b/2)$$

$$= 0.9177 \times 17.00 \times (5.5 + b/2)$$

$$= 124.811 \text{ ton}$$

Beban garis terpusat KEL (knife Eigel Load) mempunyai Intensitas 49 kN/m = 4,997 ton/m. Sehingga beban garis Terpusat dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$P = p \times (1 + DLA)$$

$$= 4.997 \times (1 + 0.3)$$

$$= 6.4956 \text{ ton/m}$$

$$R_{\text{KELLY}} = P \times DLA \times$$

$$= 6.4956 \times 0.3 \times$$

$$= 15.5894 \text{ ton}$$

$$\text{Beban Hidup} + \text{DLA} = R_{\text{UDL}} + R_{\text{KEL}}$$

$$= 124.811 + 15.589$$

$$= 140.401 \text{ ton}$$

$$\text{Beban Lajur "D"} = \frac{1}{2} \times 140.401$$

$$= 70.20 \text{ ton}$$

e. Beban Horizontal DB#2

Berdasarkan SNI T - 02 - 2005 gaya rem dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$\text{Gaya rem TB} = 250 \text{ kN untuk } L_t \leq 80 \text{ m}$$

$$\text{Gaya rem TB} = 250 + 2.5 \times (L_t - 80) \text{ kN}$$

untuk 80 m < L_t < 180 m

$$\text{Gaya rem TB} = 500 \text{ kN untuk } L_t \geq 180 \text{ m}$$

Untuk L_t = L = 17.00 m

Beban rem yang bekerja pada abutment,

$$T_{tb} = 250 \text{ kN}$$

$$= 25.5 \text{ ton}$$

$$\text{Gaya rem pada 2 jalur} = T_{tb} \times 2$$

$$= 500 \text{ kN}$$

$$= 50.99 \text{ ton}$$

Angin rencana, $VW = 35$ m/det
 Luas bidang samping jembatan,
 $Ab = ha \times L / 2$
 $= 2.70 \times 17.00 / 2$
 $= 23$ m²
 $Tew1 = 0.0006 \times Cw \times VW^2 \times Ab$
 $= 0.0006 \times 1.25 \times 35^2 \times 23$
 $= 21$ Kn
 $= 2.1501$ ton
 Lengan terhadap pondasi,
 $YEW1 = \frac{1}{2} \times ha \times h8$
 $= 0.5 \times 2.7 \times 7.3$
 $= 9.9$ m
 Lengan terhadap pondasi,
 $YEW2 = YEW1 \times Tew1$
 $= 9.9 \times 2.1501$
 $= 21.2$ ton.m
 $Tew2 = 0.0012 \times Cw \times Vw^2 \times Ab$
 Diketahui :
 $Cw = 1.25$
 $Vw^2 = 35$ m/det
 $= 1225$ m/det²
 $Ab = 12.16$ kN
 $= 1.24$ ton/m
 Lengan terhadap abutment,
 $H\ Total = 8.9$ m
 Momen akibat gaya rem,
 $Mtb = 165.75$ m
 Lengan terhadap breaswall,
 $Ytb = h1 + h2 + h3 + h4$
 $C = 7.90$ m
 Momen KIBt breakwall,
 $Mtb = Ttb \times Y\ Tb$
 $= 25.49 \times 7.90$
 $= 201.39$ ton/m
 Lebar total Jembatan,
 $By = 6.00$ m
 Tinggi bidang samping,
 $ha = 2.70$ m
 $L / ha = 17.00 / 2.7$
 $= 6.296$ m
 Berdasarkan T- 02 - 2005 diperoleh :
 Koefesien seret, $Cw = 1.25$
 $Tew2 = 0.0012 \times Cw \times Vw^2 \times Ab$
 $= 0.0012 \times 35 \times 12.16 \times 12.16$
 $= 75.52$ kN
 $= 7.703$ ton
 Lengan terhadap fondasi,
 $Yew2 = h6 +$ Tinggi bidang samping
 struktur bawah /2

$= 1.0 + 7.60 / 2 = 4.8$ m
 Momen akibat gaya angin,
 $Mew2 = Yew2 \times Tew2$
 $= 4.8 \times 7.703$
 $= 36.974$ ton.m
 Gaya gesek yang timbul hanya ditinjau pada beban mati struktur atas dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:
 $PT = Pms + Pma$
 $= 1176.43 + 104.13$
 $= 1280.554$ ton
 Gaya gesek pada perletakan,
 $TFB = \mu \times PT$
 $= 0.18 \times 1280.554$
 $= 230.500$ ton
 Lengan terhadap gaya gesek,
 $YFB = h8 = 7.3$ m
 Momen pada pondasi akibat Gaya gesek,
 $MFB = YFB \times TFB$
 $= 7.3 \times 230.500$
 $= 1682.648$ ton.m
 Data tanah titik lokasi #DB-2
 sudut geser dalam $= 8.0^\circ$
 Kohesi, $c = 3.4447$ ton/m²
 Berat isi tanah $\gamma = 0.4741$ t/m³
 Ke Dalam tanah $= 10.0$ m
 Hitung koefisien tekanan tanah aktif
 $Ka = tg^2 (45 - \phi / 2)$
 $= tg^2 (45 - 8 / 2)$
 $= 1.4318$
 $q = 0.6 \times \gamma$
 $= 0.6 \times 1.4318$
 $= 0.8591$ ton/m
 Tekanan Tanah Aktif
 $Pa1 = q \times Ka \times H\ Total \times By$
 $= 0.8591 \times 1.432 \times 8.9 \times 6$
 $= 65.679$ ton
 $Pa2 = 1/2 H\ Total^2 \times Ka \times \gamma \times By$
 $= 1/2 \times 8.9^2 \times 1.432 \times 0.4741 \times 6$
 $= 161.3099$ ton
 $TEQ1 = Kh \times I \times Wt$
 $= 0.3 \times 1 \times 159.03$
 $= 47.7102$ ton
 Gaya gempa akibat bangunan atas
 $TEQ1 = 47.7102$ ton
 Gaya gempa pada abutment
 $TEQ2 = Kh \times Want$
 $= 0.3 \times 1002.25$
 $= 300.6751$ ton

E. Pembebanan Abutment Jembatan

a. Titik lokasi #DB-1
 $RV = Wt + \text{Berat total akibat beban lajur } D$
 $= 159.03 + 70.20$
 $= 229.2345 \text{ ton}$
 $Wc = 956.49 \text{ ton}$
 Berat tanah di belakang abutment,
 $Wt1 = 384.11 \text{ ton}$
 Berat tanah di depan abutment,
 $Wt2 = 144.82 \text{ ton}$
 Gaya akibat rem dan traksi ,
 $Rrt = 25.50$
 Gaya tumbuk = 50 ton (PPPJJR 1987:16)
 Gaya Gesek, $Gg = 64.19394$
 Beban angin yang bekerja :
 $Tew1 = 2.1501 \text{ ton}$
 $Tew2 = 6.2804 \text{ ton}$
 Saat Keadaan Gempa
 Gaya gempa akibat bangunan atas,
 $TEQ1/E1 = 47.710 \text{ ton}$
 Gaya gempa akibat bangunan bawah,
 $TEQ2/E2 = 286.946 \text{ ton}$
 Perhitungan Daya Dukung Tanah dasar
 Pondasi
 Data tanah pada lapisan dasar pondasi Pile
 Cap titi lokasi DB-1
 Sudut geser dalam = 19°
 $\arg \text{tg} (Kr \times \tan \phi) = \arg \text{tg} (0.7 \times \tan 19)$
 $= \arg \text{tg} \times 0.241029329$
 $= 12.712^\circ$
 Dari nilai = 12.712
 Berdasarkan tabel pada SNI 03 = 3446 - 1994
 diperoleh faktor daya dukung berdasarkan
 tabel terzaghi sebagai berikut:
 $Nc = 11.41$
 $Nq = 3.63$
 $Ny = 1.04$
 Data pondasi yang digunakan yaitu
 kedalaman pile cap
 $D = 2.00 \text{ m}$
 Lebar , $B = 2.50 \text{ m}$
 Kondisi tanah
 $c = 2.165 \text{ ton/m}^2$
 $Qult = cxNc + D \times Yx Nq + 0.5xBxYxNy$
 $= 37.546 \text{ ton/m}^2$
 Diameter = 0,6 m
 $Ap = 1/4 \times 3,14 \times D^2$
 $= 0,25 \times 3,14 \times 0,6^2$
 $= 0,2826 \text{ m}^2$
 $Qu = 40 \times Nspt \times Ap$
 $= 40 \times 51 \times 0,2826$

$= 576,504 \text{ T}$
 $Qs = qs \times Asp$
 $qs \text{ Pasir} = 0,2 \times Nspt = 12$
 $qs \text{ Lempung} = 0,5 \times$
 $Nspt = 30$
 $Nspt = 60$
 $Asp = 3,14 \times D \times H$
 $= 3,14 \times 0,6 \times 6$
 $= 11,304$
 $Qs = qs \times Asp$
 $= 12 \times 11,304$
 $= 135,648$
 $Q = \frac{Qs + Qu}{3}$
 $= \frac{135,648 + 576,50}{3}$
 $= 237,384 \text{ Ton}$
 $f = \frac{\tan^{-1} B}{S}$
 $= \tan^{-1} 0,6$
 $1,25$
 $= \tan^{-1} 0,48$
 $= 8,378 \text{ Derajat}$
 $h = 1 - f/90 \left(\frac{(n-1)m + (m-1)n}{(n \cdot m)} \right)$
 $= \frac{1 - 8,378 \times 14}{90 \times 8}$
 $= 1 - 0,09309 \times 1,75$
 $= 0,84$
 $Q_{kel} = h \times Q$
 $= 0,84 \times 237,384$
 $Q_{all} = 376,752 \text{ T/m}^2$

F. Stabilitas Abutment Jembatan

a. Saat Keadaan Normal

Tabel 12 stabilitas abutment saat keadaan normal

Gaya	V (ton)	H ton	Lengan X	Momen Y	Mx ton.m	My ton.m
Rv	229,2		2,45		561,0	
Wc	956,4		5,32		5091,1	
Wt1	768,2		8,40		6453,1	
Wt2	144,8		6,00		868,9	
Te 1		2,15		117,46		252,5
Te 2		6,28		1,10		6,91
Rrt		25,5		8,80		224,4
Gg		64,1		2,50		160,4
Pa1		55,5		6,75		375,1
Pa2		384,34		7,66		2944,75
Horizontal		153,69				
Tb		50		3,8		
Vertikal	2098,77				12974,1	3964,20

(Sumber : hasil analisis, 2024)

b. Saat Beban Atas Belum bekerja

Tabel 13 stabilitas abutment saat beban atas belum bekerja

Gaya	V	H	Lengan	Momen	Mx	My
	(ton)	(ton)	X	Y	ton.m	ton.m
Wc	956.49		5.32		5091.1	
Wt1	768.23		8.40		6453.1	
Wt2	144.82		6.00		868.9	
Te 1		2.15		117.46		252.55
Te 2		6.28		1.10		6.91
Pa1		55.57		6.75		375.10
Pa2		384.34		7.66		2944.75
Horizontal		448.33				
Tb		50		3.8		
Vertikal	1869.53				12413.1	3579.31

(Sumber : hasil analisis, 2024)

c. Saat Keadaan Gempa

Tabel 14 stabilitas abutment saat keadaan gempa

Gaya	V	H	Lengan	Momen	Mx	My
	(ton)	(ton)	X	Y	ton.m	ton.m
Rv	229.23		2.45		561.0	
Wc	956.49		5.32		5091.1	
Wt1	1536.46		8.40		12906.3	
Wt2	724.10		6.00		4344.6	
Te 1		2.15		58.73		126.28
Te 2		6.28		25.93		162.87
Rrt		25.50		8.80		224.40
Gg		64.19		2.50		160.48
Pa1		55.57		6.75		375.10
Pa2		384.34		7.66		2944.7
E1		47.71		8.50		405.54
E2		286.95		2.51		721.38
Horizontal		872.68				
Tb		50		3.8		
Vertikal	3446.28				22902.9	5120.7

(Sumber : hasil analisis, 2024)

F. Perencanaan Pondasi Bore Pile

Perhitungan daya dukung tanah pondasi disesuaikan dengan kondisi tanah di daerah tersebut. Pada perencanaan pondasi bore pile, persamaan yang digunakan adalah metode luciano decourt. Bentuk pondasi bore pile adalah

0.6 m = Daya dukung batas/daya dukung ultimate (ton)

5.5 m = Daya dukung batas/daya dukung ultimate (ton)

Berikut data perencanaan pondasi bore pile pada lokasi 1

Titik Lokasi 1

$$\phi = 19.00$$

$$c = 2.17$$

$$Y = 1.50$$

$$K_0 = 1 + \tan(19.00)$$

$$= 1 + 0.344$$

$$= 1.344$$

Sedangkan untuk data perencanaan pondasi bore pile pada lokasi 2 adalah sebagai berikut :

Titik Lokasi 2

$$\phi = 17.00$$

$$c = 3.44$$

$$Y = 0.47$$

$$K_0 = 1 + \tan(17.00)$$

$$= 1 + 0.306$$

$$= 1.306$$

Perhitungan metode Luciano Decourt dengan menggunakan persamaan berikut:

$$Q_{ult} = Q_p + Q_s$$

$$= \alpha (N_p \times K) A_p + \beta (N_s / 3 + 1) A_s$$

Daya dukung pondasi pada lokasi 1

Daya Dukung Ujung Tiang

$$Q_p = \alpha (N_p \times K) A_p$$

$$= 0.2 (15.29 \times 40) 0.503$$

$$= 61.52$$

$$= 603.28 \text{ kN}$$

Daya Dukung Selimut Tiang

$$Q_s = \beta (N_s / 3 + 1) A_s$$

$$= 0.2 (31.71261158 / 3 + 1) 18.15$$

$$= 42.00$$

$$= 411.91 \text{ kN}$$

Sehingga, daya dukung tanah maksimum :

$$Q_{ult} = Q_p + Q_s$$

$$= 603.28 + 411.91$$

$$= 1015.19 \text{ kN}$$

$$= 103.52 \text{ Ton}$$

Daya dukung tiang tunggal sebesar = 103.52 dari hasil perhitungan tersebut diperoleh nilai

$$Q_{alt} = 122.74$$

Beban vertikal yang digunakan yaitu =

$$988.61 \text{ (Diambil yang terbesar)}$$

Maka jumlah pile yang diperlukan sebagai berikut :

$$n \text{ pile} = P_u / Q_{alt}$$

$$= 2471,53 / 298,07$$

$$= 8.29 = 9.00$$

Data dari perhitungan sebelumnya :

$$\begin{aligned} \Delta V &= 1308,67 \text{ ton} \\ M_y &= 3579,31 \text{ ton m} \\ M_x &= 12413,10 \text{ ton m} \\ X_{mak} &= 1,65 \\ Y_{mak} &= 3,30 \\ P^0 &= \frac{\sum V}{n} + \frac{M_y X_{mak}}{n_y \sum x^2} + \frac{M_x Y_{mak}}{n_x \sum y^2} \\ &= 163,58 + 103,3 + 5,05 \\ &= 266,88 \\ P_{mak} &= 266,88 < Q_{all} \text{ 298,07 OKK} \end{aligned}$$

Menghitung Daya dukung Pondasi Lateral Metode Blows

Spesifikasi pondasi bore pile:
 Dimensi pile cap = 60 x 60 cm
 = 0,6 x 0,6 m
 Panjang Pile cap = 550 cm
 F'c = 24,9 Mpa
 = 300 Kg/Cm²
 Jenis Tanah = Pasir
 Modulus Elastis Tiang Pancang
 (E_p) = 23452,95 Mpa
 = 234529,52 Kg/Cm²
 Momen Inersia tiang Pancang
 (I_p) = 1080000 cm⁴
 Modulus Subgrade Horizontal
 (k_h) = $\frac{k_1}{1,5 \cdot 1,5} = 1,8$

nilai k₁ didapat dari tabel hubungan terzaghi
 K = 1,8 x b
 = 1,8 x 60
 = 108 kg/cm²
 Modulus Tanah Konstan (R)
 R = $\frac{\text{akar}^4 \text{ 25329189138}}{108}$
 = 123,7511897 cm

Menghitung Kohesi (c_u)
 C_u = 5/2,5
 = 2,5
 N-SPT rata-rata = 35,2
 C_u = 35,2 / 2,5 = 17,6

Pengkaitan Tipe Tiang
 Untuk tiang pendek (L/T ≤ 2 atau R/T ≤ 2) dengan kondisi kepala tiang bebas (free head), pola keruntuhan yang

$$P = \frac{k \times h^{0,25}}{4 \times E_p \times I_p}$$

$$= \frac{108^{0,25}}{1,01317E+11}$$

$$= 0,0057$$

Asumsi tiang ujung, jepit
 - Tiang Pendek

$$\begin{aligned} PL &< 0,5 \text{ cm} \\ PL &= 0,00571 \times 1700 \text{ cm} \\ &= 9,713 \text{ cm} > 0,5 \text{ cm} \end{aligned}$$

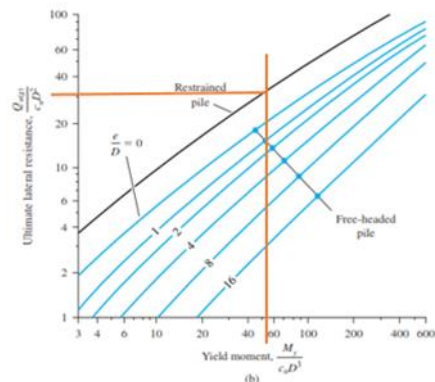
(tidak memenuhi Syarat)
 - Tiang Panjang
 PL > 1,5 cm
 PL = 0,0057 x 1700 cm
 = 9,71369 cm > 1,5 cm
 (Memenuhi Syarat)

Tahanan Momen
 (W) = I_p / (b/2)
 = 1080000 / 30
 = 36000 cm³
 Momen maksimum tiang
 (M_y) = F_b x W
 = 100 x 36000
 = 3600000 Kg.cm
 Menggunakan Grafik

$$\frac{M_y}{Cub^3} = \frac{3600000}{2 \times 3600}$$

$$= \frac{3600000}{63360}$$

$$= 56,82$$



Gambar 10 Grafik

Sumber : Penulis, 2024

maka besarnya gaya lateral ijin tiang ujung jepit adalah :

$$\begin{aligned} \text{Hall Izin} &= H_u / FS \times 2 \\ &= 1964160 / 6 \\ &= 327360 \text{ Kg} \\ &= 360,85 \text{ Ton} \\ &= 3273,6 \text{ kN} \end{aligned}$$

Kontrol gaya lateral ijin DB1

Beban yang bekerja saat keadaan normal adalah 153,69 ton / 8 = 19,211 ton < 360,85 Ton OK!

Beban yang bekerja saat beban atas belum bekerja adalah 448,33 Ton / 8 = 56,04 Ton OK!

Beban yang bekerja saat keadaan gempa adalah $872.68 \text{ ton} / 8 = 109 \text{ ton} < 360,85 \text{ Ton}$ OK!

5. PENUTUP

a. Kesimpulan

Beberapa kesimpulan yang bisa diungkapkan adalah:

1. Berdasarkan perhitungan manual menggunakan rumus Lacey tentang gerusan sungai Besuk di Desa Kecamatan Kelabang Kabupaten Bondowoso mendapatkan nilai debit dengan nilai $375.9587 \text{ m}^3/\text{dt}$ untuk hasil yang didapatkan nilai gerusan pada lokasi jembatan Besuk di Desa Kecamatan Kelabang Kabupaten Bondowoso sebesar nilai 3.163 Meter dengan tinggi permukaan air pada ketinggian 4 meter.
2. Berdasarkan analisa lereng sungai menggunakan software, diperoleh nilai keamanan SF #DB 1 sebesar 0.409 dan nilai SF #DB 2 sebesar 0.221 untuk nilai SF yang terdapat pada DB 1 dan DB 2 termasuk kelongsoran pernah terjadi pada table Bowles, J.E. untuk hasil kestabilan lereng nilai faktor keamanan minimum sebesar 1,25. Sehingga lereng tersebut dapat dinyatakan tidak stabil dan memungkinkan untuk terjadi longsor karena nilai faktor keamanan lereng sungai lebih kecil dari nilai faktor keamanan minimum. Sehingga, abutment perlu konstruksi tambahan serta perbaikan pada abutment dengan pondasi bore pile dengan diameter 0.6 meter dan kedalaman 5.5 meter. Pondasi bore pile yang diperlukan agar memenuhi syarat yaitu 9 pile.
3. Berdasarkan hasil perhitungan daya dukung pondasi didapatkan daya dukung tanah sebesar $376,75 \text{ Ton m}^2$ sedangkan beban yang bekerja $229,234 \text{ Ton}$ sehingga hingga struktur pondasi bawah masih aman. Berdasarkan daya

dukung lateral pondasi $3273,6 \text{ kN}$ sedangkan beban lateral yang bekerja adalah $153.69 \text{ Ton} = 1507.18 \text{ KN}$ sehingga struktur pondasi aman.

b. Saran

1. Sebaiknya pada penelitian perlu adanya perhatian khusus DPT untuk mengamankan kondisi lereng pada Sungai.
2. Sebaiknya abutment jembatan tidak ditempatkan diatas bidang gelincir lereng sungai. Abutment bisa ditempatkan berpotongan dengan bidang gelincir lereng tersebut agar terhindar dari yang terjadi.
3. Untuk penggunaan pondasi yang ujung bawah tiang sebaiknya di tumpukan / dijepitkan pada lapisan tanah keras untuk menghindarkan gerusan/bahkan kegagalan struktur jembatan tersebut.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Bowles, J.E. (1996). "Foundation Analysis and Design", 5th ed., Mc. Graw Hill, Inc., New York
- Fergusson, P. (1973). "Reinforced Concrete Fundamentals", 3rd ed., John Wiley & Sons Inc., New York
- McCormac, J.C and R.H. Brown (2016). "Design of Reinforced Concrete, 10th ed., John Wiley & Sons Inc., New York
- Nasution, A. (2009). "Analisis dan Desain Struktur Beton Bertulang". ITB. Bandung.
- Nawy, E.G. (1985). "Reinforced Concrete-A Fundamental Approach". Prentice-Hall, Inc, New Jersey.
- Park, R. and T. Paulay (1975). "Reinforced Concrete Structures". John Wiley & Sons, New York.
- Priyono, P. (2019). "Buku Ajar Struktur Beton Bertulang I (Berdasarkan SNI 2847:2013)". Pustaka Abadi, Jember

Setiawan,A.(2016). “Perancangan Struktur Beton Bertulang (Berdasarkan SNI 2847:2013)”. Erlangga, Jakarta.

“Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung (SNI 03-2847-2002)”. Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.

“Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung (SNI 2847:2013)”. Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.

“Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung (SNI 2847:2019)”.

Anonim, 2005. Perencanaan Struktur Baja Untuk Jembatan. Rsn T-03-2005. Jakarta : Standar Nasional Indonesia.

A Alihudien - Jurnal Rekayasa Infrastruktur Hexagon, 2020 Tinjauan Kapasitas Abutmen Jembatan Sengkaling Malang Dengan Beban Gempa.

Muhtar (2009), Buku Panduan Tugas Struktur Baja Versi SNI-2002.

IC Dewi- Jurnal Rekayasa Infrastruktur Hexagon, 2018 Analisa Desain Fly Over Dan Slab on Pile Pada Perencanaan Jalan Lingkar Barat Kota Surabaya

M Muhtar, A Gunasti, AS Manggala, 2020 Jembatan Pracetak Beton Bertulang Bambu Untuk Meningkatkan Roda Perekonomian Masyarakat Desa Sukogidri Ledokombo Jember.