

TUGAS AKHIR

ANALISIS STABILITAS *ABUTMENT*

**(Studi Kasus: Jembatan Bandar Agung-Lawang Agung, Empat
Lawang, Sumatera Selatan)**

(*ABUTMENT STABILITY ANALYSIS*)

**(Case Study: Bandar Agung-Lawang Agung Bridge, Empat
Lawang, South Sumatra)**

**Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Yogyakarta Untuk Memenuhi
Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana Teknik Sipil**



MELINA GUSTIN PUTRI

15511113

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
2022**

ANALISIS STABILITAS ABUTMENT

(Studi Kasus: Jembatan Bandar Agung-Lawang Agung, Empat
Lawang, Sumatera Selatan)

(*ABUTMENT STABILITY ANALYSIS*)

(Case Study: Bandar Agung-Lawang Agung Bridge, Empat
Lawang, South Sumatra)

Disusun Oleh

Melina Gustin Putri

15511113

untuk memperoleh derajat Sarjana Teknik Sipil

Diuji pada tanggal 27 Juli 2022

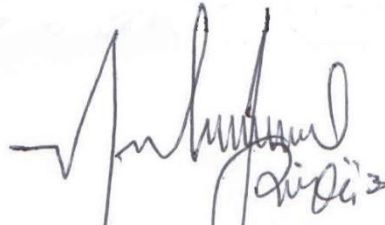
Oleh Dewan Penguji

Pembimbing



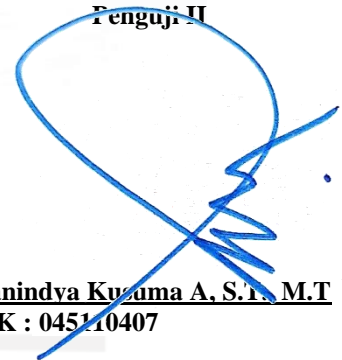
Dr. Ir. Edy Purwanto, CES., DEA
NIK : 855110101

Penguji I



Muhammad Rifqi A. S.T., M.Eng
NIK : 135111101

Penguji II



Hanindya Kusuma A. S.T., M.T
NIK : 045110407

Mengesahkan,

Ketua Program Studi Teknik Sipil



Dr. Ir. Sri Amini Yuni Astuti, M.T

NIK: 885110101

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tugas Akhir yang saya susun sebagai syarat untuk penyelesaian program Sarjana di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia merupakan hasil karya saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan Tugas Akhir yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan dalam sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan karya ilmiah. Apabila di kemudian hari ditemukan seluruh atau sebagian Tugas Akhir ini bukan hasil karya saya sendiri atau adanya plagiasi dalam bagian-bagian tertentu, saya bersedia menerima sanksi, termasuk pencabutan gelar akademik yang saya sandang sesuai dengan perundang-undangan yang berlaku.

Yogyakarta, 18 Juli 2022
Yang membuat pernyataan,



Melina Gustin Putri

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Melina Gustin Putri', with a horizontal line extending to the right.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul Analisis Stabilitas *Abutment* Pada Jembatan Bandar Agung - Lawang Agung, Empat Lawang, Sumatera Selatan. Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat akademik dalam menyelesaikan studi tingkat strata satu di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini banyak hambatan yang dihadapi penulis, namun berkat saran, kritik, serta dorongan semangat dari berbagai pihak, Alhamdulillah Tugas Akhir ini dapat diselesaikan. Berkaitan dengan ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sedalam-dalamnya kepada:

1. Bapak Dr. Ir. Edy Purwanto, CES., DEA selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang telah memberikan banyak masukan dan bimbingan selama mengerjakan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Muhammad Rifqi A, S.T., M.Eng. selaku Dosen Penguji 1 yang telah memberikan saran dan masukan kepada penulis.
3. Ibu Hanindya Kusuma A, S.T., M.T selaku Dosen Penguji 2 yang telah memberikan saran dan masukan kepada penulis.
4. Ibu Dr.Ir.Sri Amini, M.T selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
5. Bapak Drs.H.Imron Rozami., M.Si, dan Ibu Dra.Hj.Konatira., M.Pd selaku orangtua penulis yang selalu memberikan do'a dan dukungan yang tiada henti dalam menyelesaikan Tugas Akhir.
6. Kakak dan Adik penulis, Edvan Sapoetra, Ranti Yuliana Putri, Firanata, Rizky Ramsah Putra yang selalu memberi dukungan dan motivasi agar saya segera menyelesaikan masa studi.
7. Teman Penulis, Yanthika Esa Putri, Arista Adila, Alan Tri Wahyudi, Runi Chairunnisa, Muhammad Hadi, Imam Setiawan, Muhammad Zakki Rizal

Hidayat yang selalu menemani dan memberi semangat agar segera menyelesaikan tugas akhir ini.

Akhirnya penulis berharap agar Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi berbagai pihak yang membacanya.

Yogyakarta, 18 Juli 2022

Penulis,



Melina Gustin Putri

15511113



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	xi
ABSTRAKSI	xv
<i>ABSTRAK</i>	
xvi	
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan Penelitian	2
1.4. Manfaat Penelitian	3
1.5. Batasan Masalah	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1. Tinjauan Pustaka	4
2.2. Penelitian Sebelumnya	4
2.2.1. Perencanaan Ulang Struktur Bawah <i>Abutment</i> Menggunakan Pondasi Tiang Bor	4
2.2.2. Perencanaan <i>Abutment</i> Jembatan Pasca Longsor	5
2.2.3. Perencanaan Ulang Struktur Bawah <i>Abutment</i> dengan Pondasi <i>Bored Pile</i>	6
2.2.4. Analisis Kestabilan Pondasi	6
2.1.5. Kekuatan Stabilitas <i>Abutment</i> Terhadap Pengaruh Gempa Sesuai Dengan SNI 2833-2016	7

2.3.	Perbedaan Penelitian Terdahulu Dengan Penelitian Sekarang	8
BAB III LANDASAN TEORI		8
3.1.	Tanah	10
3.1.1.	Tinjauan Umum	10
3.1.2.	Properti Tanah	Error! Bookmark not defined.
3.1.3.	Sifat Mekanika Tanah	10
3.2.	<i>Abutment</i>	16
3.2.1.	Stabilitas <i>Abutment</i> Terhadap Geser	22
3.2.2.	Stabilitas <i>Abutment</i> Terhadap Guling	22
3.2.3.	Stabilitas <i>Abutment</i> Terhadap <i>Eksentrisitas</i>	23
3.2.4.	Stabilitas <i>Abutment</i> Terhadap Daya Dukung Tanah	24
BAB IV METODE PENELITIAN		26
4.1.	Subjek Penelitian	26
4.2.	Objek Penelitian	26
4.3.	Tahap Penelitian	29
4.3.1.	Studi Pustaka	29
4.3.2.	Pengumpulan Data	29
4.3.3.	Analisis Beban diatas <i>Abutment</i>	31
4.3.4.	Analisis Stabilitas Terhadap Geser	32
4.3.5.	Analisis Stabilitas Terhadap Guling	32
4.3.6.	Analisis Stabilitas Terhadap Daya Dukung	32
4.3.7.	Pembahasan	32
4.3.8.	Kesimpulan dan Saran	33
4.4.	Bagan Aliran	33
BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN		35
5.1.	Umum	35
5.2.	Analisis	37
5.2.1.	Analisis Pembebanan	37
5.2.2.	Analisis Stabilitas Dan Daya Dukung <i>Abutment</i>	42
5.3.	Pembahasan	76
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN		78

6.1. Kesimpulan	78
6.2. Saran	78
DAFTAR PUSTAKA	79
LAMPIRAN	81



DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Perbandingan Penelitian Terdahulu	8
Tabel 5.19 Rekap Perhitungan Beban Gempa	69
Tabel 5.20 Rekap Perhitungan Momen Penahan Pengaruh Beban Gempa	70



DAFTAR GAMBAR

Gambar 3. 1 Diagram Fase Tanah	11
Gambar 3. 2 Beban Lajur D	19
Gambar 3. 3 Faaktor Beban Dinamis Beban T untuk Pembebanan Lajur	23
Gambar 3. 4 Gaya Rem	20
Gambar 4. 1 Lokasi Penelitian	26
Gambar 4. 2 Peta Situasi Jembatan Bandar Agung	27
Gambar 4. 3 Potongan Memanjang Jembatan Bandar Agung	27
Gambar 4. 4 Bagan Aliran Penelitian	34
Gambar 5. 1 Tampak Memanjang dan Tampak Atas Jembatan Bandar Agung	36
Gambar 5. 2 Grafik Faktor Beban Dinamis/ FBD (sni 1725:2016)	39
Gambar 5. 3 Pembagian Luas Bangun Pada Kondisi Banjir (<i>Abutment</i> Sondir 1)	43
Gambar 5. 4 Diagram Distribusi Tegangan Tanah Lateral (Kondisi Banjir)	51
Gambar 5. 5 Diagram Distribusi Tegangan Tanah Lateral (Kondisi Banjir)	53
Gambar 5. 6 Pembagian Luas Bangun pada Kondisi Normal (<i>Abutment</i> Sondir 1)	55
Gambar 5. 7 Diagram Distribusi Tegangan Tanah Lateral (Kondisi Normal)	62
Gambar 5. 8 Diagram Distribusi Tegangan Tanah Lateral (Kondisi Normal)	63
Gambar 5. 9 Pembagian Luas Bangunan pada Kondisi Susut <i>Abutment</i> Sondir 1	65

Gambar 5. 10 Diagram Distribusi Tegangan Tanah Lateral

73

(Kondisi Susut)

Gambar 5.11 Diagram Distribusi Tegangan Tanah Lateral

75

(Kondisi Susut)



DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

B	= Lebar Jalan (m)
L	= Bentang <i>Abutment</i> ke Pilar (m)
H _{aspal}	= Genangan Air yang di Aspal (m)
γ_{aspal}	= Lapisan Permukaan Bersapal (kN/m^3)
W _{aspal}	= Beban Aspal (Kn)
Q _{aspal}	= Luasan Aspal (Kn/m^2)
H _{ahujan}	= Genangan Air Hujan (m)
γ_{air}	= Lapisan Permukaan Air (kN/m^3)
W _{ahujan}	= Beban Air Hujan (Kn)
Q _{ahujan}	= Luasan Air Hujan (Kn/m^2)
H _{tro}	= Genangan Air Trotoar (m)
γ_{beton}	= Lapisan Beton (kN/m^3)
W _{tro}	= Beban Trotoar (Kn)
Q _{tro}	= Luasan Trotoar (Kn/m^2)
Q _{dl}	= Beban Mati (Kn/m^2)
P _{BTR}	= Beban Terbagi Rata (Kn)
Q _{BTR}	= Luasan Beban Terbagi Rata (kN/m^2)
P _{BGT}	= Beban Terbagi Terpusat (Kn)
Q _{BGT}	= Luas Beban Terbagi Terpusat (kN/m^2)
Q _{BL}	= Beban Lajur (kN/m^2)
Q _{rem}	= Beban Rem (kN/m^2)
Q _{TP}	= Beban Pejalan Kaki (kN/m^2)
Q _{LL}	= Beban Hidup Total (kN/m^2)
T _{ew}	= Beban Angin yang Meniup Bidang Jembatan (kN/m)
C _w	= Koefisien Seret
V _w	= Koefisien Angin (m/s)
AB	= Luas Koefisien Bagian Samping Jembatan (m)
K _{UTW}	= Nilai Faktor Beban Angin
MO	= Momen Penahan (Kn.m)

H_O	= Tinggi Tekanan Aktif ke Guling (m)
K_a	= Tekanan Aktif
P_a	= Tekanan Aktif (Kn/m)
M_{gl}	= Momen guling (kN.m)
P_{hidro}	= Tekanan <i>Hidrolis</i> (Kn/m)
M_{hidro}	= Momen <i>Hidrolis</i> (Kn.m)
P_{uplift}	= Tekanan <i>Uplift</i> (kn/m)
M_{uplift}	= Momen <i>Uplift</i> (Kn.m)
K_p	= Tekanan Pasif
P_p	= Tekanan Pasif (Kn/m)
F_{gl}	= Stabilitas Guling
F_{gs}	= Stabilitas Geser
E	= <i>Eksentrisitas</i> (m)
Q_u	= Kapasitas Dukung Pondasi (kN/m^2)
S_F	= Stabilitas Kapasitas Dukung

ABSTRAKSI

Abutment adalah bangunan bawah jembatan yang terletak pada kedua ujung pilar - pilar Jembatan. *Abutment* mempunyai fungsi untuk memikul semua beban yang bekerja pada bangunan atas dasar dengan aman sekaligus sebagai bangunan penahan tanah serta menerima tekanan dan diteruskan ke pondasi. Jembatan Bandar Agung - Lawang Agung yang berada di Kabupaten Empat Lawang Sumatera Selatan. Masalah yang sering kita temui dalam konstruksi jembatan adalah terjadinya kegagalan strukturnya, seperti yang sering kita lihat pada kasus jembatan yang ambruk / runtuh. Dengan demikian, untuk menghindari hal - hal tersebut perlu untuk menganalisis stabilitas *abutment*nya.

Pada penelitian ini akan dilakukan analisis stabilitas terhadap geser pada kondisi banjir, susut, dan normal. Analisis stabilitas terhadap guling pada kondisi banjir, susut, normal. Analisis stabilitas terhadap daya dukung tanah pada kondisi banjir, susut, normal. Metode yang digunakan yaitu metode *rankine* dan metode *terzaghi*.

Hasil penelitian pada Jembatan Bandar Agung - Lawang Agung yaitu Angka aman geser untuk kondisi banjir didapat $SF = 1,509$. SF geser untuk kondisi susut didapat $SF = 1,677$. dan SF geser untuk kondisi normal didapat $SF = 3,198$. Berdasarkan nilai SF tersebut, *abutment* dapat dikatakan aman terhadap gaya geser. Angka aman guling untuk kondisi banjir didapat $SF = 1,798$. SF guling untuk kondisi susut didapat $SF = 1,8529$. dan SF guling untuk kondisi normal didapat $SF = 3,612$. Berdasarkan nilai SF tersebut, *abutment* dapat dikatakan aman terhadap gaya guling. Angka aman daya dukung untuk kondisi banjir didapat $SF = 4,495$. SF daya dukung untuk kondisi susut didapat $SF = 3,524$. dan SF daya dukung untuk kondisi normal didapat $SF = 15,573$. Berdasarkan nilai SF tersebut, *abutment* dapat dikatakan aman terhadap gaya daya dukung.

Kata kunci: *Abutment, Terzaghi, Rankine.*

ABSTRAK

Abutment is a building under a bridge located at both ends of the pillars - the pillars Bridge. Abutment has the function of carrying all the loads that work on the building on the basis safely as well as as a soil retaining building and receiving pressure and being passed on to the foundation. Bandar Agung - Lawang Agung Bridge located in the Regency of Empat Lawang, South Sumatra. The problem that we often encounter in bridge construction is the occurrence of structural failures, as we often see in the case of bridges that collapse. Thus, in order to avoid such things it is necessary to analyze the stability of its abutment.

In this study, a stability analysis of shear will be carried out in flood, shrinkage, and normal conditions. Analysis of stability to bolsters in flood conditions, shrinkage, normal. Analysis of stability to the carrying capacity of the soil in flood conditions, shrinkage, normal. The methods used are the rankine method and the terzaghi method.

The results of the study on the Bandar Agung - Lawang Agung Bridge, namely the shear safe number for flood conditions, obtained $SF = 1,509$. The shear SF for shrinkage conditions obtained $SF = 1.677$. and the shear SF for normal conditions obtained $SF = 3.198$. Based on the SF value, abutment can be said to be safe against shear forces. The roll-safe number for flood conditions was obtained $SF = 1,798$. SF roll for shrinkage condition obtained $SF = 1.8529$. and SF roll for normal conditions obtained $SF = 3.612$. Based on the SF value, abutment can be said to be safe against rolling force. The safe number of carrying capacity for flood conditions is obtained $SF = 4.495$. SF carrying capacity for shrinkage conditions obtained $SF = 3.524$. and SF carrying capacity for normal conditions obtained $SF = 15,573$. Based on the SF value, abutment can be said to be safe against the carrying capacity force.

Keywords: *Abutments, Terzaghi, Rankine.*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Secara geografis Kabupaten Empat Lawang berada diantara $3^{\circ} - 4^{\circ}$ Lintang Selatan dan $102^{\circ} - 103^{\circ}$ Bujur Timur. Kabupaten Empat Lawang ini memiliki 10 Kecamatan dengan kondisi topografi yang beragam. Jembatan yang akan di bangun ini merupakan akses utama Kecamatan Pesamah Air Keruh (Paiker), yang berfungsi untuk menghubungkan Kecamatan Lawang Agung dan Kecamatan Bandar Agung.

Jembatan merupakan salah satu contoh sarana yang dibuat oleh orang teknik sipil yang terletak di atas aliran sungai. Perbedaan suatu elevasi dari daratan yang akan dilewati sungai tersebut akan membentuk suatu lereng. Lereng merupakan permukaan tanah alam yang terlihat lebih menonjol karena adanya perbedaan tinggi pada kedua tempat dan lereng merupakan suatu kondisi topografi yang sering dijumpai pada pekerjaan sipil. Lereng tersebut dapat terjadi secara alami maupun sengaja dibuat manusia dengan tujuan tertentu.

Abutment adalah bangunan bawah jembatan yang terletak pada kedua ujung pilar-pilar jembatan. Pada jembatan ada yang disebut dengan kepala jembatan (*Abutment*) yang merupakan bagian dari bawah bangunan jembatan. *Abutment* mempunyai fungsi untuk memikul semua beban yang bekerja pada bangunan atas dasar dengan aman sekaligus sebagai bangunan penahan tanah serta menerima tekanan dan diteruskan ke pondasi (Wungo, 2010). Perencanaan *Abutment* jembatan didesain agar tahan terhadap bencana alam seperti gempa bumi, banjir, dan longsor. Ketinggian jembatan harus direncanakan agar tidak terjadi kerusakan pada struktur bawah jembatan terutama pada bagian *abutment* jembatan. Jika muka air sungai terus menggerus bagian *Abutment* jembatan mengakibatkan stabilitas struktur jembatan akan berkurang dan berakibat fatal bagi keseluruhan struktur jembatan. Kegagalan struktur tersebut tidak hanya berakibat pada kerugian material, namun dapat membahayakan bagi pengguna jembatan tersebut.

Penulis memilih proyek tersebut sebagai tugas akhir karena masalah yang sering kita temui dalam konstruksi jembatan adalah terjadinya kegagalan struktur, seperti yang sering kita lihat pada kasus jembatan yang ambruk/runtuh, dimana pada saat terjadi penurunan pada struktur bangunan bawah jembatan, walaupun tanpa ada kerusakan berarti pada struktur bangunan atas jembatan, secara keseluruhan struktur jembatan menjadi miring, tidak aman untuk dilalui, dan tidak menutup kemungkinan, jembatan akan runtuh secara total. Dengan demikian, untuk menghindari hal-hal tersebut perlu untuk menganalisis stabilitas *Abutment*-nya. Sesuai fungsinya, struktur bangunan bawah jembatan adalah untuk menopang dan meneruskan beban dari struktur bangunan atas jembatan dan beban-beban yang bekerja disekitarnya ke lapisan tanah yang kuat dan stabil/solid

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan di atas, maka dapat dikemukakan permasalahan yang akan diangkat pada penelitian ini sebagai berikut:

1. Bagaimana Keamanan Stabilitas *Abutment* terhadap Geser?
2. Bagaimana Keamanan Stabilitas *Abutment* terhadap Guling?
3. Bagaimana Keamanan Stabilitas *Abutment* terhadap Daya Dukung?

1.3. Tujuan Penelitian

Berdasarkan uraian rumusan masalah diatas, maka tujuan dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Menghitung angka aman *abutment* terhadap Geser pada kondisi Banjir, Susut, Normal.
2. Menghitung angka aman *abutment* terhadap Guling pada kondisi Banjir, Susut, Normal.
3. Menghitung angka aman *abutment* terhadap Daya Dukung pada kondisi Banjir, Susut, Normal.

1.4. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah untuk menghitung ulang stabilitas *Abutment*. Sehingga dapat diketahui kontrol desain khususnya mengenai ketahanan

terhadap penggeseran, penggulingan maupun kuat dukung tanah. Selain itu, diharapkan dapat digunakan sebagai referensi untuk analisis studi kasus lebih lanjut.

1.5. Batasan Masalah

Berdasarkan identifikasi masalah di atas, maka peneliti perlu membatasi masalah sebagai berikut:

1. Studi kasus proyek Jembatan Bandar Agung - Lawang Agung *Abutment* Titik S1
2. Data penyelidikan tanah dapat dari laporan *survey* Geoteknik CV Tri Hidayah Karya Engineering Tahun 2018.
3. Metode yang digunakan Metode *Terzaghi*, dan *Rankine*
4. Perhitungan dilakukan secara manual tanpa menggunakan perangkat lunak.
5. Analisis stabilitas *abutment* di hitung dengan kondisi banjir, susut, dan normal
6. Beban mati struktur dipakai SNI 1725:2016
7. Beban hidup dipakai RSNI T 02-2005
8. Beban angin RSNI T 02-2005
9. Beban gempa SNI 1725:2016

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pendahuluan

Pada BAB sebelumnya telah dibahas mengenai latar belakang, tujuan penelitian, serta batasan masalah dari tugas akhir yang akan dilakukan kali ini. Pada BAB ini akan dilanjutkan dengan pemaparan berupa hasil penelitian yang serupa dengan penelitian ini dengan tujuan sebagai referensi penelitian dan juga agar terhindar dari plagiasi penelitian.

Idealnya tinjauan pustaka penelitian adalah yang mencakup evaluasi dan kutipan bidang yang diteliti, hubungan hasil karya yang ditinjau dengan penelitian itu sendiri, baik secara langsung maupun tidak langsung. Tinjauan pustaka juga memuat perbedaan dari pustaka yang ditinjau.

2.2 Penelitian Sebelumnya

Tinjauan pustaka ini dimaksudkan untuk memahami kerangka atau latar belakang teoritis dari permasalahan yang diteliti dengan menyertakan penelitian-penelitian terdahulu yang sejenis dan memiliki hubungan dengan topik yang sedang diteliti pada penelitian ini

2.2.1 Perencanaan Ulang Struktur Bawah *Abutment* Menggunakan Pondasi Tiang Bor

Gilang (2018) Melakukan penelitian tentang Perencanaan Ulang Struktur Bawah *Abutment* Menggunakan Pondasi Tiang Bor *Abutment* A1 Jembatan Sei Siak II Kota Pekanbaru. Tujuan dari penelitian tersebut yaitu untuk Mengetahui kapasitas dukung, jumlah tiang dan diameter apabila menggunakan pondasi tiang bor. Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu RSNI T-02-2005, dan metode *statis*. Berdasarkan analisis kapasitas dukung *ultimate* tiang tunggal pada tiang *eksisting* diameter 0,60 m dengan metode *Terzaghi* sebesar 1650,648 kN dan

jumlah tiang sebanyak 28 tiang dengan SF sebesar 3,5. Kapasitas dukung *ultimite* pada tiang *eksisting* diameter 60 cm dengan metode *Terzaghi* sebesar 1650,648 kN lebih kecil dibanding hasil metode *Mayerhoff* pada tiang bor diameter 40 cm, 60 cm dan 80 cm yakni 2616,244 kN, 4321,651 kN, dan 6294,62 kN. Kapasitas dukung *ultimite* metode *Reese & Wright* pada tiang bor diameter 40 cm, 60 cm, dan 80 cm, yakni 5149,251 kN, 7928,607 kN, 9701,859 lebih besar dibanding dengan tiang *eksisting* diameter 60 cm dengan hasil metode *Terzaghi* sebesar 1650,648 kN. Kapasitas dukung tiang kelompok pada tiang diameter 40 cm, 60 cm, dan 80 cm menggunakan metode *Meyerhoff* sebesar 15697,46 kN, 15842,39 kN, dan 16785,653 kN. Sedangkan kapasitas dukung tiang kelompok pada tiang diameter 40 cm, 60 cm, dan 80 cm menggunakan metode *Reese and Wright* yakni sebesar 16631,754 kN, 17654,58 kN, dan 18122,528 kN.

2.2.2 Perencanaan *Abutment* Jembatan Pasca Longsor

Yuliage (2021) Melakukan penelitian mengenai Perencanaan *Abutment* Jembatan Jalur Lintas Selatan Pasca Longsor Desa Paseban Kecamatan Kencong Kabupaten Jember. Tujuan dari penelitian tersebut yaitu untuk Mengetahui perencanaan *Abutment* jembatan pasca longsor, dan untuk mengetahui kestabilan tanah didaerah jembatan Jalur Lintas Selatan di Desa Paseban, Kecamatan Kencong, Kabupaten Jember. Metode yang digunakan dalam penelitian tersebut yaitu dengan menggunakan program bantu *geoslope*. Dari hasil perhitungan perencanaan desain *abutment* jembatan diperoleh *control* stabilitas *Abutment* pada lokasi 1 yang ditinjau dalam tiga keadaan diantaranya saat keadaan normal SF geser $4,059 > 1,1$, SF guling $4,830 > 2,2$, dan SF DDT $3,167 > 3$. Saat beban atas belum bekerja diperoleh nilai SF geser $3,899 > 1,1$, SF guling $7,641 > 2,2$. Dan SF DDT $4,528 > 3$ serta saat keadaan gempa diperoleh SF geser $2,329 > 1,1$, SF guling $2,932 > 2,2$, dan SF DDT $3,252 > 3$. Untuk *control* stabilitas *Abutment* pada lokasi 2 saat keadaan normal diperoleh nilai SF geser $4,602 > 1,1$, SF guling $4,853 > 2,2$, dan SF DDT $3,924 > 3$. Saat beban atas belum bekerja dipeoleh nilai SF geser $4,667 > 1,1$, SF guling $7,699 > 2,2$, dan SF DDT $5,609 > 3$ dan SF DDT $4,029 > 3$.

2.2.3 Perencanaan Ulang Struktur Bawah *Abutment* dengan Pondasi *Bored Pile*

Fitri (2017) Melakukan penelitian mengenai Perencanaan Ulang Struktur Bawah *Abutment* dengan Pondasi *Bored Pile*. Tujuan dari penelitian tersebut yaitu untuk mengetahui besarnya kapasitas dukung pondasi, diameter dan jumlah tiang apabila menggunakan pondasi *bored pile*. Metode yang digunakan dalam penelitian tersebut yaitu RSNI T-02-2005 dan Metode *statis*. Dari hasil penelitian tersebut didapatkan bahwa hasil analisis kapasitas dukung kelompok tiang metode *Mayerhoff* diameter 40 cm diperoleh hasil 12756,173 kN lebih kecil dari nilai $P = 13784,9$ kN sedangkan diameter 60 cm dan 80 cm, diperoleh hasil 15452,069 kN dan 14648,798 kN lebih besar dari nilai $P = 13784,9$ kN, serta metode *Reese & Wright* diameter 40 cm, 60 cm, dan 80 cm, diperoleh masing-masing sebesar 14099,468 kN, 14804,441 kN, dan 15441,556 kN lebih besar dari nilai $P = 13784,9$ kN, sehingga pondasi *bored pile* dengan diameter 40 cm, 60 cm, dan 80 cm aman digunakan dalam pembangunan *Abutment* A1 RAMP 2 pada *Overpass* Sta 0+716,523 Junction Kartasura. Dengan berbagai alternatif, yakni diameter 40 cm, 60 cm, dan 80 cm, diambil alternatif ke-3 diameter 80 cm Metode *mayerhoff* dengan jumlah 12 tiang dalam satu kelompok tiang. Hal ini didasarkan jumlah tiang yang digunakan lebih sedikit, sehingga dapat menghemat waktu pekerjaan dan biaya konstruksi yang dikeluarkan. Selain itu, hasil kapasitas dukung kelompok tiang (Q_g) lebih besar daripada beban aksial (P) dan beban aksial total (P_t) yang diterima, yakni sebesar $15995,843 \text{ kN} > 13720,895 \text{ kN}$ dan $15995,843 \text{ kN} > 15140,794 \text{ kN}$, sehingga beban struktur gedung diatas pondasi mampu ditahan oleh kelompok pondasi tiang.

2.2.4 Analisis Kestabilan Pondasi

Lapis (2013) Melakukan penelitian mengenai Analisis Kestabilan Pondasi Jembatan Studi Kasus Jembatan Essang-Lalue. Tujuan dari penelitian tersebut yaitu Untuk menganalisis dan menghitung beban yang bekerja pada struktur jembatan, untuk merencanakan abutmen jembatan yang setabil, dan untuk mengetahui cara merencanakan pondasi jembatan yang stabil dan yang mampu memikul beban yang

bekerja di atasnya sesuai dengan kondisi tanah setempat. Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu Metode pendekatan berdasarkan IRC78/1983. Dari hasil penelitian tersebut didapatkan bahwa Tanah dapat menahan gaya geser, dan guling yang bekerja pada struktur, tetapi daya dukung tanah tidak dapat memikul struktur di atasnya, sehingga diperlukan pondasi yang berada di bawahnya. Pondasi yang dianalisis tersebut adalah pondasi kaisan diameter 2.0, 2.5, 3.0, 3.5, 4.0, 4.5, dan 5.0 m. Dari hasil, pondasi kaisan dengan diameter 4.0, 4.5, dan 5.0 m adalah pondasi yang bias menahan beban-beban struktur bangunan atas jembatan dan *abutment*.

2.2.5 Kekuatan Stabilitas *Abutment* Terhadap Pengaruh Gempa Sesuai Dengan SNI 2833-2016

Lilonna (2018) Melakukan penelitian mengenai Studi Kekuatan Stabilitas *Abutment* Pada Jalan Tol Pandaan-Malang STA 15 + 916 Terhadap Pengaruh Gempa Sesuai Dengan SNI 2833-2016. Tujuan dari penelitian tersebut yaitu untuk mengetahui perhitungan stabilitas geser dan guling pada *abutment*, dan untuk mengetahui kekuatan *bore pile* yang menahan beban keseluruhan akibat beban struktur jembatan jalan tol pandaan malang STA 15 + 916. Metode yang digunakan dalam penelitian tersebut yaitu pendekatan berdasarkan SNI 2833-2016 gempa jembatan. Dari hasil penelitian tersebut didapatkan bahwa analisis perhitungan stabilitas terhadap pengaruh gempa sesuai dengan SNI 2833-2016: 12343.8 KN, dan pada analisis nilai beban *ultimit* satu *bore pile*, P_u adalah 6564.5, sehingga geser pons menyisakan *ratio persentase* kekuatan sebesar 46,82%, dengan nilai *safety factor* (SF) adalah 2,5 dan pada analisis nilai *safety factor* (SF) maksimum adalah 2,7 yakni pada kombinasi I, sehingga stabilitas guling arah x menyisihkan *ratio persentase* kekuatan sebesar 7,41%. Dan analisis kekuatan *bore pile* dengan daya dukung *aksial bore pile*, P_{ijin} adalah 10015 KN, dan pada analisis nilai gaya aksial maksimum yang diderita satu *bore pile*. P_{maks} adalah 6564,5 KN yakni pada kombinasi V, sehingga kekuatan *bore pile* menyisihkan *ratio persentase* kekuatan sebesar 34,45%. Berdasarkan studi yang telah dilakukan pada stabilitas *abutment* jembatan pada jalan tol pandaan-malang Sta 15 + 916 terhadap

pengaruh gempa sesuai SNI 2833-2016 ini menyatakan bahwa stabilitas *Abutment* jembatan dalam kondisi aman.

2.3 Perbedaan Penelitian Terdahulu Dengan Penelitian Sekarang

Untuk memenuhi unsur orisinalitas penelitian, maka diperlukan *compare and contrast* dengan penelitian terdahulu dengan penelitian yang akan diteliti. Perbedaan penelitian terdahulu dengan beberapa penelitian yang akan diteliti disajikan dalam Tabel 2.1.



Tabel 2. 1 Perbandingan Penelitian Terdahulu

Penelitian	Gilang (2018)	Yuliage (2021)	Fitri (2017)	Lapis (2013)	Lilonna (2018)	Putri (2022)
Judul Penelitian	Perencanaan Ulang Struktur Bawah <i>Abutment</i> Menggunakan Pondasi Tiang Bor.	Perencanaan <i>Abutment</i> Jembatan Jalur Lintas Selatan Pasca Longsor	Perencanaan Ulang Struktur Bawah <i>Abutment</i> Dengan Pondasi <i>Bored Pile</i> .	Analisis Kestabilan Pondasi Jembatan Studi Kasus Jembatan Essang-Lalue.	Studi Kekuatan Stabilitas <i>Abutment</i> Terhadap Pengaruh Gempa Sesuai Dengan SNI 2833-2016.	Analisis Stabilitas <i>Abutment</i> S1
Tujuan Penelitian	Untuk mengetahui kapasitas dukung, jumlah tiang dan diameter pondasi tiang bor.	Untuk mengetahui perencanaan <i>Abutment</i> jembatan pasca longsor, dan untuk mengetahui kestabilan tanah di daerah jembatan Jalur Lintas Selatan	Untuk mengetahui besarnya kapasitas dukung pondasi, diameter dan jumlah tiang <i>bored pile</i> .	Untuk menganalisis dan menghitung beban, untuk merencanakan <i>Abutment</i> , dan untuk mengetahui cara merencanakan pondasi jembatan.	Untuk mengetahui stabilitas geser dan guling pada <i>abutment</i> , dan untuk mengetahui kekuatan <i>bore pile</i> .	Untuk menghitung stabilitas <i>Abutment</i> terhadap geser, guling, dan daya dukung tanah.
Lokasi Penelitian	Jembatan Sei Siak II Kota Pekanbaru.	Desa Paseban, Kabupaten Jember.	Proyek Jalan Tol Solo Kertosono	Jembatan Essang-Lalue.	Jalan Tol Pandaan-Malang	Jembatan Bandar Agung-Lawang

Penelitian	Gilang (2018)	Yuliage (2021)	Fitri (2017)	Lapis (2013)	Lilonna (2018)	Putri (2022)
						Agung, Empat Lawang, Sumatera Selatan.
Metode yang digunakan	RSNI T-02-2005, dan metode <i>statis</i>	<i>Geoslope</i> .	RSNI T-02-2005 dan Metode <i>statis</i> .	Metode pendekatan berdasarkan IRC78/1983.	SNI 2833-2016	Metode <i>Terzaghi</i>
Hasil Penelitian	Metode <i>terzaghi</i> lebih kecil dibanding hasil metode <i>mayerhoff</i> . Kapasitas dukung <i>ultimate</i> metode <i>reese & wright</i> pada tiang bor lebih besar dibandingkan dengan tiang <i>eksisting</i>	Abutment aman terhadap geser dan guling.	Hasil analisis metode Mayerhoff diameter 40 lebih kecil dari nilai P. Metode <i>Reese & Wright</i> diameter 40 cm, 60 cm, dan 80 cm, lebih besar dari nilai P sehingga aman digunakan dalam pembangunan	Tanah dapat menahan gaya geser, dan guling tetapi daya dukung tanah tidak dapat memikul struktur di atasnya,	Pada stabilitas <i>abutment</i> jembatan dalam kondisi aman	Pada kondisi banjir, susut, dan normal aman terhadap geser. Pada kondisi banjir, susut, dan normal aman terhadap guling. Pada kondisi banjir, susut, dan normal aman terhadap daya dukung.

(Sumber: Gilang 2018, Yuliage 2021, Fitri 2017, Lapis 2013, Lilonna 2018, Putri 2022)

BAB III

LANDASAN TEORI

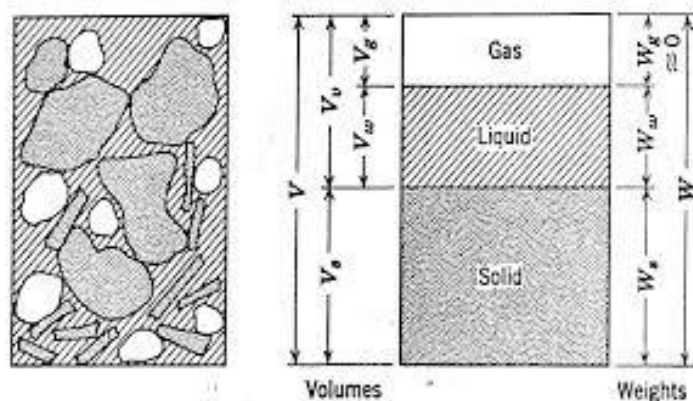
3.1. Tanah

3.1.1. Tinjauan Umum

Tanah merupakan kumpulan tubuh alam yang menduduki sebagian besar daratan planet bumi, istilah tubuh alam bebas yaitu hasil pelapukan batuan yang menduduki sebagian besar permukaan bumi dan mempunyai sifat yang mudah dipengaruhi oleh iklim (Surendro, 2015). Tanah berasal dari pelapukan batuan, yang prosesnya dapat secara fisik dan kimia. Sifat-sifat teknis tanah, kecuali dipengaruhi oleh sifat batuan induk, yang merupakan material asalnya, juga dipengaruhi oleh unsur-unsur luar yang menjadi penyebab terjadinya pelapukan tersebut (Hardiatmo, 2002). Dari penjelasan diatas dapat disimpulkan bahwa tanah berasal dari pelapukan batuan secara fisik dan kimia yang menduduki sebagian besar permukaan bumi. Tanah yang merupakan tempat tinggal dan tempat mendirikan bangunan bagi kepentingan manusia menjadikan penting untuk mengetahui sifat dari macam-macam tanah yang ada.

3.1.2. Properti Tanah

Tanah terdiri dari dua atau tiga bagian, yaitu butiran tanah, air dan udara. Tanah dalam keadaan kering hanya memiliki dua bagian tanah, yaitu butiran tanah dan pori-pori udara. Pada tanah dalam kondisi jenuh hanya terdapat dua bagian yaitu butiran tanah serta air pori. Sedangkan dalam kondisi tidak jenuh tanah terdiri dari tiga bagian, yaitu butiran tanah, pori-pori udara, dan air pori. Hubungan antara bagian-bagian tanah di Gambarkan dalam bentuk diagram fase yang dapat dilihat pada Gambar 3.1 berikut.



Gambar 3.1 Diagram Fase Tanah

(Sumber: Lambe dan Whitman, 1969)

Berdasarkan Gambar 3.1 diatas, suatu tanah memiliki tiga elemen dalam setiap butirnya. Ada udara, air dan padatan. Dalam setiap elemen tersebut memiliki volume dan berat masing - masing. Mengacu pada diagram fase tanah maka dapat diketahui pada Persamaan 3.1 sampai dengan Persamaan 3.3 sebagai berikut.

$$W = W_s + W_w \quad (3.1)$$

dan

$$V = V_s + V_w + V_a \quad (3.2)$$

$$V_v = V_w + V_a \quad (3.3)$$

Keterangan:

W = Berat total

W_s = Berat butiran padat

W_w = Berat air

V = Volume total

V_s = Volume butiran padat

V_w = Volume air

V_a = Volume udara

V_v = Volume rongga

1. Kadar Air Tanah

Perbandingan antara berat air (W_w) terhadap berat butiran padat (W_s) disebut kadar air (w) dapat dilihat pada Persamaan 3.4 dibawah ini, dan dinyatakan dalam persen.

$$w (\%) = \frac{W_w}{W_s} \times 100 \quad (3.4)$$

2. Angka Pori

Angka pori (e), dinyatakan sebagai perbandingan antara volume rongga (V_v) dengan volume butiran (V_s) dapat dilihat pada Persamaan 3.5 dibawah ini, dan dinyatakan dalam desimal.

$$e = \frac{V_v}{V_s} \quad (3.5)$$

4. Berat Volume Tanah

Berat volume lembab atau basah (γ), ialah perbandingan antara berat butiran tanah termasuk air dan udara (W) dengan volume total tanah (V), dapat dilihat pada Persamaan 3.6 di bawah ini.

$$\gamma = \frac{W}{V} \quad (3.6)$$

Apabila ruang udara terisi oleh air seluruhnya ($V_a = 0$) dengan $W = W_w + W_s + W_a$ ($W_a = 0$), maka tanah menjadi jenuh air.

Berat volume kering (γ_d) adalah perbandingan antara berat butiran (W_s) dengan volume total tanah (V), seperti dijabarkan dalam Persamaan 3.7 di bawah ini

$$\gamma_d = \frac{W_s}{V} \quad (3.7)$$

5. Berat Jenis Tanah

Berat *spesifik* atau berat jenis (*specific gravity*) (G_s) yaitu perbandingan antara berat volume butiran padat (γ_s), dengan berat volume air (γ_w), dapat dilihat pada Persamaan 3.8 di bawah ini, serta G_s tidak berdimensi.

$$G_s = \frac{\gamma_s}{\gamma_w} \quad (3.8)$$

G_s tidak berdimensi. Berat jenis dari berbagai jenis tanah berkisar antara 2,65 sampai 2,75. Nilai berat jenis $G_s = 2,67$ biasanya digunakan untuk tanah-tanah tak berkoheisi. Sedangkan untuk tanah kohesif tak organik berkisar di antara 2,68 sampai 2,72. Nilai-nilai berat jenis dari berbagai jenis tanah dapat diberikan dalam Tabel 3.1

Tabel 3.1 Berat Jenis Tanah (*Specific Gravity*)

Macam Tanah	Berat Jenis (G_s)
Kerikil	2,65 – 2,68
Pasir	2,65 – 2,68
Lanau anorganik	2,62 – 2,68
Lempung organik	2,58 -2,65
Lempung anorganik	2,68 – 2,75
Humus	1,37
Gambut	1,25 – 1,80

(Hardiyatmo, 2002)

Persamaan-persamaan tersebut di atas dapat dibentuk hubungan antara masing-masing persamaan sebagai berikut ini.

- a. Angka pori pada kondisi tertentu di lapangan (e) dapat dilihat pada Persamaan 3.9 di bawah ini

$$e = \frac{(G_s \gamma_w)}{\gamma_d} - 1 \quad (3.9)$$

- b. Jika tanah terendam oleh air seluruhnya, berat volume apung atau berat volume efektif dapat disebut sebagai (γ'), seperti dijabarkan dalam Persamaan 3.10 dan Persamaan 3.11 di bawah ini

$$\gamma' = \frac{(G_s - 1) \gamma_w}{1 + e} \quad (3.10)$$

$$\gamma' = \gamma_{\text{sat}} - \gamma_w \quad (3.11)$$

Keterangan:

$$\gamma_w = 1 \text{ t/m}^3 \text{ atau } 9,81 \text{ kN/m}^3.$$

- c. Berat volume kering (γ_d) dalam kaitannya dengan berat volume basah (γ_b) dan kadar air (w) seperti terlihat pada Persamaan 3.12.

$$\gamma_d = \frac{\gamma_b}{1 + w} \quad (3.12)$$

Nilai – nilai porositas, angka pori dan berat volume pada keadaan asli di alam dari berbagai jenis tanah yang disarankan oleh Terzaghi (1947) ditunjukkan dalam Tabel 3. 2

Tabel 3.2 Nilai n, e, w, γ_d , dan γ_b untuk Tanah Keadaan Asli di Lapangan

Macam Tanah	n (%)	e	W (%)	γ_d (kN/mm^3)	γ_b (kN/mm^3)
Pasir seragam, tidak padat	46	0,85	32	14,3	18,9
Pasir seragam, padat	34	0,51	19	17,5	20,9
Pasir berbutir campuran, tidak padat	40	0,67	25	15,9	19,9
Pasir berbutir campuran, padat	30	0,43	16	18,6	21,6
Lempung lunak sedikit organic	66	1,90	70	-	15,8
Lempung lunak sangat organic	75	3,00	110	-	14,3

(Hardiyatmo, 2002)

3.1.3. Sifat Mekanika Tanah

Sifat mekanik tanah adalah sifat-sifat tanah yang mengalami perubahan setelah diberikan gaya-gaya tambahan atau pembebanan dengan tujuan untuk memperbaiki sifat-sifat tanah.

1. Sudut Geser Dalam

Sudut geser dalam beserta kohesi merupakan parameter yang menentukan kekuatannya tanah terhadap deformasi akibat tegangan yang bekerja pada tanah. Nilai dari sudut geser dalam diperoleh dari *engineering properties* tanah, yaitu dengan *triaxial test* dan *direct shear test*. Nilai - nilai sudut geser dalam berdasarkan jenis tanah dapat dilihat pada Tabel 3.3

Tabel 3. 3 Nilai Sudut Geser Dalam Berdasarkan Jenis Tanah

Jenis Tanah	Sudut Geser Dalam (ϕ)
Kerikil Berpasir	35°-40°
Kerikil Kerakal	35°-40°
Pasir Padat	35°-40°
Pasir Lepas	30°
Lempung Kelanauan	25°-30°
Lempung	20°-25°

(Sumber: Das, 1995)

2. Kuat Geser

Menurut Craig (1989) dalam Ahmad (2014) mengatakan bahwa kohesi merupakan ukuran dari daya tarik antara partikel-partikel tanah kohesif yang disimbolkan dengan c . Kohesi bersama dengan sudut geser dalam merupakan parameter dari kekuatan geser pada tegangan efektif. Dengan demikian keruntuhan akan terjadi pada titik yang mengalami kritis yang disebabkan oleh kombinasi antara tegangan geser dan tegangan normal efektif.

3.2. *Abutment*

Abutment atau kepala jembatan yaitu bagian konstruksi yang berada di bawah jembatan yang terdapat pada kedua ujung pilar-pilar jembatan. Fungsi *Abutment* itu sendiri yaitu untuk mendukung atau memikul seluruh beban bangunan yang berada di atasnya. *Abutment* itu bekerja dengan menerima beban-beban yang ada di atasnya dan kemudian menyalurkan beban-beban yang diterimanya ke pondasi, selanjutnya pondasi tersebut akan meneruskan beban ke tanah dengan aman sehingga kestabilan tanah tersebut terjaga. Berikut ini yang termasuk ke dalam beban vertical sebagai berikut:

1. Beban Mati Struktur

Beban mati struktur terdiri dari beban struktur atas dan beban sendiri dari abutmen. Beban struktur atas merupakan beban dari jembatan itu sendiri. Berdasarkan berat isi untuk beban mati yang ditunjukkan pada Tabel 3.4 berikut ini.

Tabel 3. 4 Beban Mati Struktur

No.	Bahan	Berat isi (kN/m ³)	Kerapatan massa (kg/m ³)
1	Lapisan permukaan beraspal (<i>bituminous wearing surfaces</i>)	22,0	2245
2	Besi tuang (<i>cast iron</i>)	71,0	7240
3	Timbunan tanah dipadatkan (<i>compacted sand, silt or clay</i>)	17,2	1755
4	Kerikil dipadatkan (<i>rolled gravel, macadam or ballast</i>)	18,8-22,7	1920-2315
5	Beton aspal (<i>asphalt concrete</i>)	22,0	2245
6	Beton ringan (<i>low density</i>)	12,25 - 19,6	1250 - 2000
7	Beton $f'c < 35$ Mpa	22,0 - 25,0	2320
	$35 < f'c < 105$ Mpa	$22 + 0,022 f'c$	$2240 + 2,29 f'c$

Lanjutan Tabel 3. 4 Beban Mati Struktur

No.	Bahan	Berat isi (kN/m ³)	Kerapatan massa (kg/m ³)
8	Baja (<i>steel</i>)	78,5	7850
9	Kayu (ringan)	7,8	800
10	Kayu keras (<i>hard wood</i>)	11,0	1125

(Sumber: SNI 1725:2016)

Perhitungan struktur perkerasan dirumuskan dengan Persamaan 3.13 dan persamaan 3.14

$$W_{aspal} = B \times H \times L \times \gamma_{aspal}$$

(3.13)

$$Q_{aspal} = \frac{W_{aspal}}{(L \times B)} \quad (3.14)$$

Keterangan:

B = Lebar jalan

H = 0,05

L = Bentang abutmen ke pilar

 $\gamma_{aspal} = 22$

Perhitungan untuk mencari beban air hujan menggunakan persamaan 3.15 dan persamaan 3.16.

$$W_{airhujan} = B \times H \times L \times \gamma_{air} \times L \quad (3.15)$$

$$Q_{airhujan} = \frac{W_{airhujan}}{(L \times B)} \quad (3.16)$$

Keterangan:

B = Lebar jalan

H = 0,05

L = Bentang abutmen ke pilar

γ_{air} = 9,807

Perhitungan untuk mencari beban trotoar menggunakan persamaan 3.17 dan 3.18.

$$W_{trotoar} = B \times H \times L \times \gamma_{beton} \quad (3.17)$$

$$Q_{trotoar} = \frac{W_{trotoar}}{(L \times B)} \quad (3.18)$$

Keterangan:

B = Lebar trotoar

H = 0,05

L = Bentang abutmen ke pilar

γ_{beton} = 2,2

Perhitungan beban mati total dirumuskan dengan persamaan 3.19

$$Q_{dl} = q_{aspal} + q_{airhujan} + q_{trotoar} \quad (3.19)$$

2. Beban Hidup

Beban kendaraan yang berupa beban lajur D terdiri dari beban terbagi rata *Uniformly Distributed Load* (UDL) dan beban garis atau *Knife Edge Load* (KEL). UDL mempunyai intensitas q (kPa) yang besarnya tergantung pada panjang total (L) yang dibebani lalu-lintas seperti yang dirumuskan dengan Persamaan 3.20 dan persamaan 3.21.

$$\text{Jika } L \leq 30 \text{ m} : q = 9,0 \text{ kPa} \quad (3.20)$$

$$\text{Jika } L > 30 \text{ m} : q = 9,0 (0,5+15/L) \text{ kPa} \quad (3.21)$$

Keterangan:

Q = Intensitas beban terbagi rata (BTR) dalam arah memanjang jembatan (kPa)

L = Panjang total jembatan yang di bebani (meter)

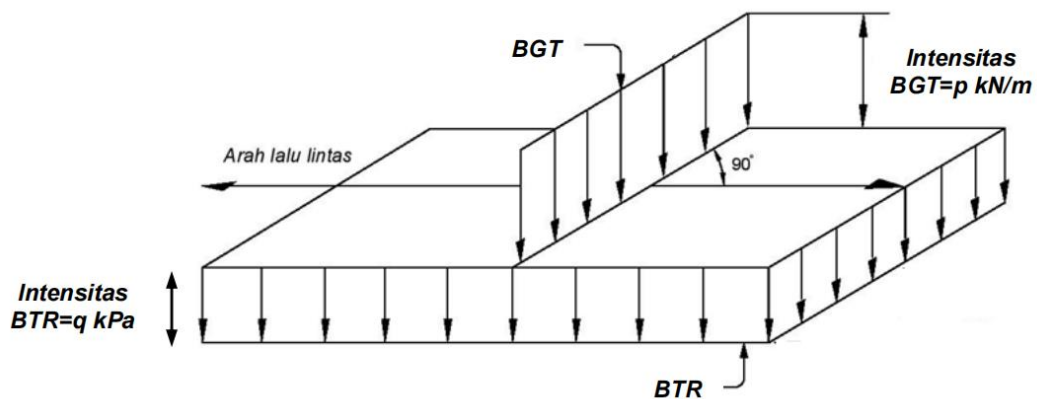
Perhitungan untuk mencari beban terbagi rata menggunakan Persamaan 3.22.

$$PBTR = 0,5 \times q \times \left(0,5 + \frac{15}{L}\right) \times (5,5 + B) \times \left(\frac{L}{2}\right) \quad (3.22)$$

Keterangan :

- Q = Intensitas
- L = Panjang Total
- B = Lebar Jalan

Pada gambar beban lajur D dapat dilihat pada Gambar 3.2 berikut ini:



Gambar 3.2 Beban Lajur D
(Sumber: SNI 1725 : 2016)

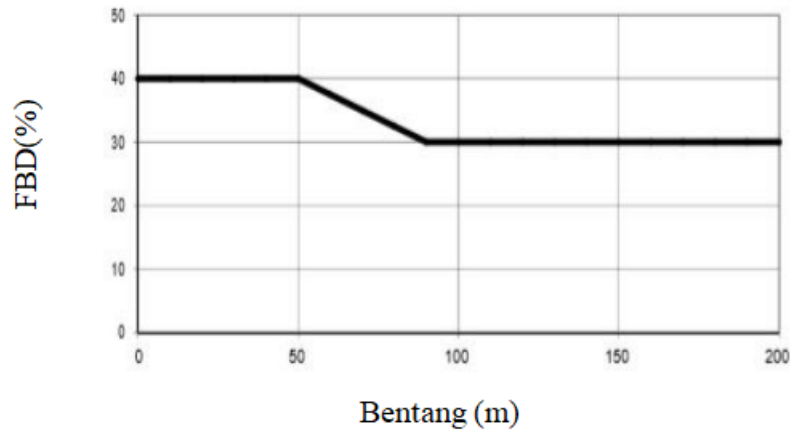
Perhitungan untuk mencari beban terbagi terpusat menggunakan Persamaan 3.23.

$$PBGT = 0,5 \times P \times (1 + FBD) \times (5,5 + B) \quad (3.23)$$

Keterangan:

- P = 49
- FBD = Faktor beban dinamis
- B = Lebar jalan

Pada gambar faktor beban dinamis untuk beban T untuk pembebanan lajur dapat dilihat pada Gambar 3.3 berikut ini:

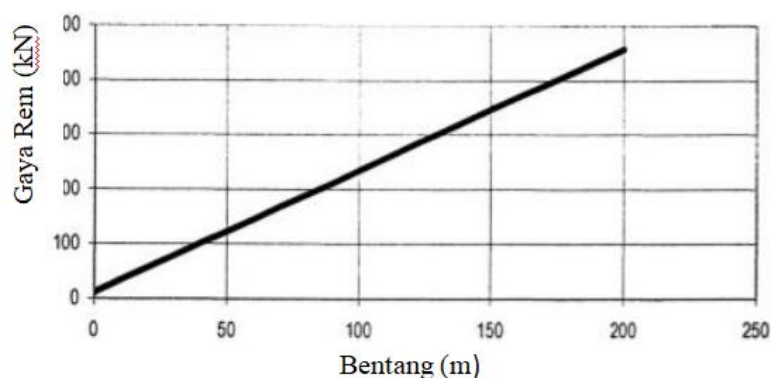


Gambar 3. 3 Faktor Beban Dinamis Beban T Untuk Pembebanan Lajur
(Sumber: RSNI T-02-2005)

Perhitungan untuk mencari beban rem menggunakan persamaan 3.24

$$Q_{\text{rem}} = \text{Gaya rem} \times q_{bl} \quad (3.24)$$

Pada gambar gaya rem dapat dilihat pada seperti sebagaimana pada Gambar 3.4.



Gambar 3. 4 Gaya rem
(Sumber: RSNI T-02-2005)

Perhitungan untuk mencari pejalan kaki menggunakan persamaan 3.25

$$Q_{tp} = 2 \times (5 - (0,033 \times (L-10))) \quad (3.25)$$

Keterangan:

L = Lebar bentang *abutment* ke pilar

Perhitungan untuk mencari beban hidup total menggunakan persamaan 3.26

$$Q_{LL} = Q_{BL}(\text{beban lajur}) + q_{rem} + Q_{TP}(\text{beban pejalan kaki}) \quad (3.26)$$

3. Beban Angin

Perhitungan untuk mencari gaya angin yang meniup bidang jembatan dapat menggunakan persamaan 3.27.

$$T_{ew1} = 0,0006 \times c_w \times v_w^2 \times AB \quad (3.27)$$

Keterangan:

C_w = Koefisien seret (Bangunan atas rangka)

V_w = Kecepatan angin

AB = Luas koefisien bagian samping jembatan

Perhitungan untuk mencari gaya angin yang meniup kendaraan dapat menggunakan persamaan 3.28.

$$T_{ew2} = 0,00012 \times c_w \times v_w^2 \times L/2 \quad (3.28)$$

C_w = Koefisien seret (Bangunan atas rangka)

V_w = Kecepatan angin

L = Panjang bentang abutmen ke pilar

Perhitungan untuk mencari beban angina total yang bekerja pada jembatan dapat menggunakan persamaan 3.29.

$$T_{ew} = (T_{ew1} + T_{ew2}) \times k_{uTW} \quad (3.29)$$

Keterangan:

T_{ew1} = Gaya angin yang meniup bidang jembatan

T_{ew2} = Gaya angin yang meniup kendaraan

k_{uTw} = Faktor beban akibat beban angin

Faktor beban akibat beban angin dapat dilihat pada Tabel 3.5

Tabel 3. 5 Faktor Beban Akibat Beban Angin

Jangka Waktu	Faktor beban	
Transien	$K_{S.EW}$	$K_{U.EW}$
	1,0	1,2

(Sumber: RSNI T-02-2005)

3.2.1. Stabilitas *Abutment* Terhadap Geser

Tekanan tanah akan menimbulkan terjadinya momen akibat gaya aktif tanah. Selain itu, tekanan tanah juga akan menimbulkan gaya dorong sehingga *abutment* akan mengalami geser. Gaya-gaya yang bekerja pada jembatan akan seimbang apabila *abutment* dalam keadaan stabil. Adapun faktor keamanan yang digunakan untuk memastikan keamanan struktur terhadap penggeseran dapat menggunakan persamaan 3.30.

$$SF = \frac{\Sigma V}{\Sigma H} > 1,5 \quad (3.30)$$

Keterangan:

ΣV = Total gaya yang menahan pergeseran

ΣH = Total gaya yang menyebabkan pergeseran

3.2.2. Stabilitas *Abutment* Terhadap Guling

Tekanan lateral yang diakibatkan oleh tanah urug di belakang dinding akan mengakibatkan dinding mengguling. Agar suatu bangunan aman terhadap kontrol guling, sebaiknya gaya yang bekerja pada bangunan di atasnya memotong bidang gelincir yang terjadi. Besarnya tegangan dalam perencanaan bangunan dan pondasi harus tetap mencapai nilai-nilai maksimum yang dianjurkan. Dalam perencanaan

abutment perlu diperhatikan terhadap gerusan yang diakibatkan oleh aliran air sehingga mengurangi besarnya tekanan pasir. Maka, berdasarkan hal tersebut perhitungan tekanan pasir dapat diabaikan (Roby, 2012).

Adapun syarat aman yang digunakan untuk memastikan keamanan dinding terhadap guling dapat dihitung dengan persamaan 3.31 berikut:

$$SF = \frac{\Sigma MT}{\Sigma MG} > 1,5 \quad (3.31)$$

Keterangan:

MT = Jumlah dari momen-momen yang menyebabkan struktur terguling dengan titik pusat putaran di titik O.

MG = Jumlah dari momen-momen yang mencegah struktur terguling dengan titik pusat putaran di titik O.

3.2.3. Stabilitas *Abutment* Terhadap *Eksentrisitas*

Resultan gaya yang bekerja pada konstruksi harus diusahakan terletak pada daerah inti (*Kern*), yaitu dari tengah, dan dasar dinding berjarak kiri dan kanan 1/6 lebar dasar. Hal ini dilakukan supaya tidak terjadi tegangan Tarik pada tanah. Untuk menghitung besarnya eksentrisitas dapat menggunakan persamaan 3.32.

$$e = \frac{B}{2} - \frac{MV - MH}{\Sigma V} \leq \frac{B}{6} \quad (3.32)$$

Keterangan:

E = *Eksentrisitas*

B = Lebar *abutment*

ΣMV = Jumlah momen akibat gaya *vertical*

ΣMH = Jumlah momen akibat gaya *horisontal*

ΣV = Jumlah gaya *vertical*

3.2.4. Stabilitas *Abutment* Terhadap Daya Dukung Tanah

Tekanan yang disebabkan oleh gaya-gaya yang terjadi pada dinding penahan ke tanah harus dipastikan lebih kecil dari daya dukung ijin tanah. Penentuan daya dukung ijin pada dasar dinding penahan/ *abutment* dilakukan seperti dalam perencanaan pondasi dangkal.

Untuk menghitung besarnya daya dukung tanah ultimate dapat menggunakan persamaan 3.33.

$$Q_{ult} = C \times N_c + q \times N_q + 0,5 \times \gamma \times B \times N_\gamma \quad (3.33)$$

Keterangan:

- C = Kohesi tanah (Kn/m²)
- γ = Berat Volume tanah (Kn/m²)
- B = Lebar pondasi (m)

Untuk menghitung besarnya daya dukung tanah ijin dapat menggunakan persamaan 3.34.

$$Q_{ijin} = \frac{q_{ult}}{SF} \quad (3.34)$$

Keterangan:

- Q_{ult} = Daya dukung *ultimit* tanah pondasi
- SF = Faktor keamanan

Nilai-nilai dari N_c , N_q , N_γ dalam bentuk tabel yang diberikan *Terzaghi* dapat dilihat pada Tabel 3.6.

Tabel 3. 6 Nilai-Nilai Factor Daya Dukung Terzaghi

ϕ	Keruntuhan Geser Umum			Keruntuhan Geser Lokal		
	N_c	N_q	N_γ	N_c'	N_q'	N_γ'
0	5,7	1,0	0,0	5.7	1,0	0,0
5	7,3	1,6	0,5	6,7	1,4	0,2

Lanjutan Tabel 3. 6 Nilai-Nilai Factor Daya Dukung Terzaghi

ϕ	Keruntuhan Gesr Umum			Keruntuhan Geser Lokal		
	N_c	N_q	N_γ	N_c'	N_q'	N_γ'
10	9,6	2,7	1,2	8,0	1,9	0,5
15	12,9	4,4	2,5	9,7	2,7	0,9
20	17,7	7,4	5,0	11,8	3,9	1,7
25	25,1	12,7	9,7	14,8	5,6	3,2
30	37,2	22,5	19,7	19,0	8,3	5,7
34	52,6	36,5	35,0	23,7	11,7	9,0
35	57,8	41,4	42,4	25,2	12,6	10,1
40	95,7	81,3	100,4	34,9	20,5	18,8
45	172,3	173,3	297,5	51,2	35,1	37,7
48	258,5	287,9	780,1	66,8	50,5	60,4
50	347,6	415,1	1153,1	81,3	65,6	87,1

BAB IV

METODE PENELITIAN

4.1. Subjek Penelitian

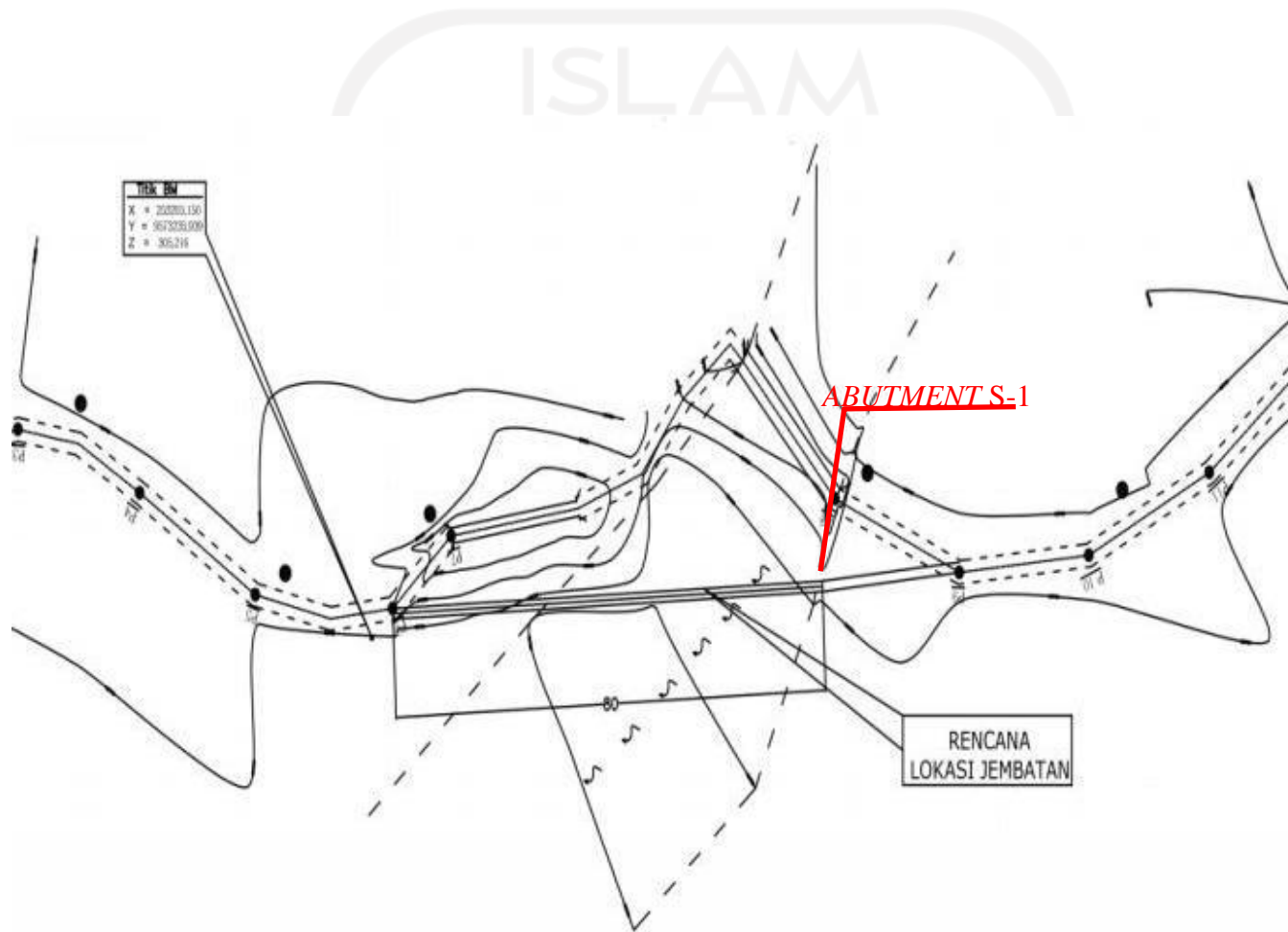
Subjek Penelitian merupakan orang, tempat, atau benda yang diamati dalam rangka penelitian sebagai sasaran (Azis, 2011). Pada penelitian ini yang menjadi subjek penelitian adalah Proyek Jembatan Bandar Agung – Lawang Agung, yang terletak di desa Lawang Agung Kecamatan Air Keruh, Kabupaten Empat Lawang, Sumatera Selatan.

Berikut ini adalah lokasi penelitian yang ditunjukkan pada Gambar 4.1, Gambar 4.2 dan Gambar 4.3



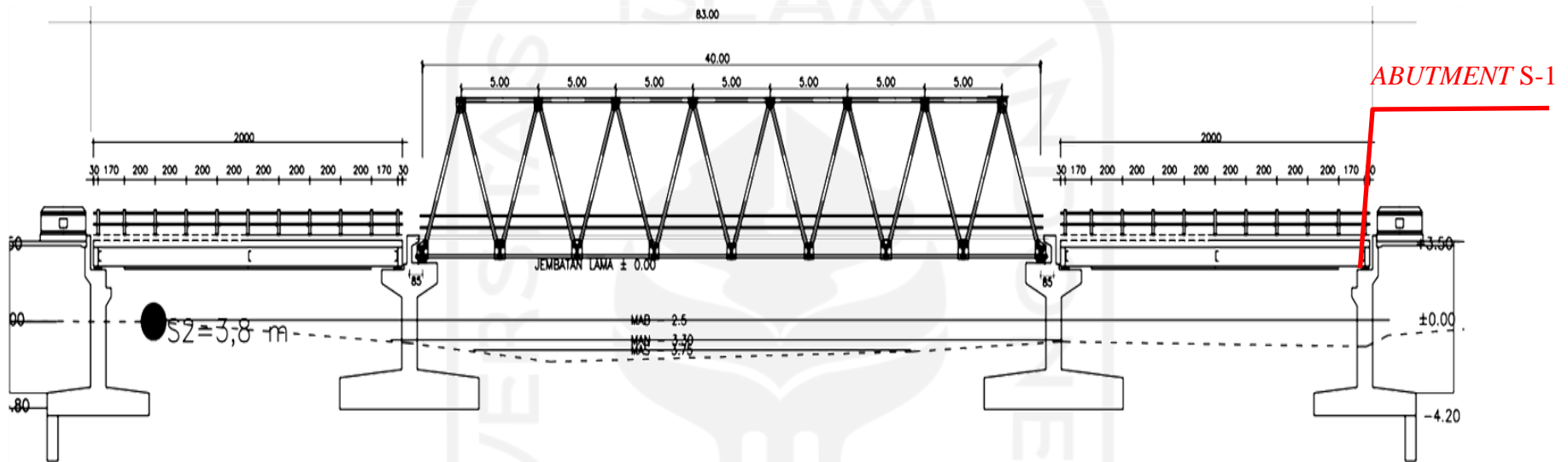
Gambar 4. 1 Lokasi Penelitian

(Sumber: Google maps, 2022)



Gambar 4. 2 Peta Situasi Jembatan Bandar Agung

(Sumber: Laporan survey geoteknik pekerjaan perencanaan teknis jembatan Empat Lawang, 2018)



Gambar 4. 3 Potongan Memanjang Jembatan Bandar Agung

(Sumber: Laporan survey geoteknik pekerjaan perencanaan teknis jembatan Empat Lawang, 2018)

4.2. Objek Penelitian

Objek penelitian adalah hal yang menjadi sasaran penelitian atau pokok persoalan yang hendak diteliti untuk mendapatkan data secara lebih terarah (Azis, 2011). Pada Penelitian ini yang menjadi objek penelitian ini adalah Stabilitas *Abutment* terhadap geser, guling dan daya dukung.

4.3. Tahap Penelitian

4.3.1. Studi Pustaka

Studi pustaka merupakan bagian integral dari setiap penelitian, baik yang dilakukan sebelum penelitian, pada waktu sedang melakukan penelitian atau dimungkinkan setelah melakukan penelitian dalam rangka pengembangan lebih lanjut (Mubtadi, 2011). Studi pustaka yang tepat akan memberikan kelancaran dalam proses penelitian dan penulisan karya ilmiah, karena studi pustaka mempunyai peran yang sangat penting untuk dimunculkan secara sistematis dan logis. Studi pustaka dilakukan terhadap penelitian yang serupa tentang keamanan bendungan serta studi pustaka juga dilakukan pada studi terdahulu yang berkaitan dengan stabilitas *abutment*.

4.3.2. Pengumpulan Data

Data sekunder merupakan data yang telah tersedia dalam berbagai bentuk yang didapatkan oleh pihak lain (Khadafi, 2015). Data sekunder yang diperoleh dari pihak konsultan perencana. Terdapat beberapa data sekunder yang diperlukan dalam penelitian ini diantaranya sebagai berikut.

Pelaksanaan geoteknik menggunakan metode penyondiran dan pemboran SPT (*Standart Penetration Test*), Sesuai dengan posisi lokasi bangunan bahwa dimasing-masing lokasi jumlah titik penyondiran dan pemboran SPT adalah sebagai berikut:

1. Penyondiran

Penyondiran dilakukan sebanyak 2 (dua) titik. Berdasarkan data hasil penyondiran akan dapat diidentifikasi jenis lapisan tanah bawah permukaan dan

besaran daya dukung tanah yang diizinkan, data dimaksud dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4. 1 Data Hasil Penyondiran

No Titik	Kedalaman (m)	qc (kg/cm ²)	JHP (kg/cm)
S.1	4,20	227,232	362,024
S.2	3,80	217,563	228,006

(Sumber: Laporan survey geoteknik pekerjaan perencanaan teknis jembatan Empat Lawang, 2018)

2. Pemboran dan Pengujian SPT

Pemboran dilakukan sebanyak 1 (satu) titik, jenis dan susunan lapisan tanah maksimum 40 meter atau hingga nilai SPT (*Standart Penetration Test*) seperti Tabel 4.2. Berdasarkan data pemboran, susunan lapisan tanah dilokasi dapat dilihat pada gambar penampang bor (*boring log*). Data deskripsi lapisan tanah dan nilai SPT

Tabel 4. 2 Lokasi Bor Dalam

Kode Titik	Kedalaman (meter)	Deskripsi	Tebal Lapisan (m)	Nilai SPT Blow/Feet
BH,1	0,00 – 2,25	Gravel/pasir, berukuran kecil hingga sedang	2,25	>60
	2,25–12,00	Lempung, berwarna abu-abu	9,75	>60

(Sumber: Laporan survey geoteknik pekerjaan perencanaan teknis jembatan Empat Lawang, 2018)

3. Hasil Pemeriksaan Laboratorium

Pelaksanaan pengujian laboratorium terhadap sample tanah yang diambil dari lapangan berupa sample tak terganggu (*Undisturbed Sample*), parameter yang diperiksa meliputi: Kadar air (W), Berat jenis (G_s), Batas konsistensi *atterberg*, Kuat tekan bebas (q_u), Kuat tekan geser (ϕ dan c), Analisa saringan dan konsolidasi (C_v dan C_c). Berikut ini hasil pengujian laboratorium dapat dilihat pada Tabel 4.3

Tabel 4. 3 Resume Hasil Pengujian Laboratorium

<i>Type of Analysis</i>	Unit	No Sampel	
Moisture Content	%	U1 1,75 – 2,25	U2 4,00 – 4,50
<i>Specific Gravity</i>		7,72	28,24
<i>Atterbeg Limits</i>		2,68	2,63
LL	%	Non Plastis	75,00
PL	%		32,51
PI	%		42,49
<i>Unconfined Straigh</i>	<i>Kg/cm²</i>	0	2,660
Berat isi	<i>Kg/cm³</i>	1,807	2,026
<i>Direct Shear</i>			
<i>Crush Angle</i>	0	0,00	28,07
<i>Cohesion</i>	<i>Kg/cm²</i>	0,00	0,350
<i>Sieve Analysis</i>			
No. 3/8	%	56,06	100
No. 4	%	40,90	100
No. 10	%	25,67	99,28
No.40	%	9,15	96,99
No. 200	%	2,95	96,53
<i>Consolidation</i>			
Cv		0,00000	0,00000
Cc		0,000	0,000

(Sumber: Laporan survey geoteknik pekerjaan perencanaan teknis jembatan Empat Lawang, 2018)

4.3.3. Analisis Beban diatas *Abutment*

Analisis dilakukan untuk mengetahui beban-beban yang bekerja di atas *abutment* seperti beban struktur perkerasan dan intensitas beban yang melewati lajur di atas *abutment*.

4.3.4. Analisis Stabilitas Terhadap Geser

Analisis stabilitas *abutment* terhadap geser dilakukan untuk mengetahui tekanan tanah akan menimbulkan terjadinya momen akibat gaya aktif tanah. Selain itu, tekanan tanah juga akan menimbulkan gaya dorong sehingga *abutment* akan mengalami geser. Gaya-gaya yang bekerja pada jembatan akan seimbang apabila *abutment* dalam keadaan stabil. Adapun faktor keamanan yang digunakan untuk memastikan keamanan struktur.

4.3.5. Analisis Stabilitas Terhadap Guling

Analisis stabilitas *abutment* terhadap guling dilakukan untuk mengetahui tekanan lateral yang diakibatkan oleh tanah urug di belakang dinding akan mengakibatkan dinding mengguling. Agar suatu bangunan aman terhadap kontrol guling, sebaiknya gaya yang bekerja pada bangunan di atasnya memotong bidang gelincir yang terjadi. Besarnya tegangan dalam perencanaan bangunan dan pondasi harus tetap mencapai nilai-nilai maksimum yang dianjurkan.

4.3.6. Analisis Stabilitas Terhadap Daya Dukung

Analisis stabilitas terhadap daya dukung dilakukan untuk mengetahui kemampuan tanah untuk menahan beban *abutment*. Daya dukung tanah dianalisis agar pondasi tidak mengalami keruntuhan geser (*shear failure*) dan penurunan berlebih.

4.3.7. Pembahasan

Pembahasan dilakukan disetiap hasil analisis mulai dari hasil analisis stabilitas terhadap geser, guling dan daya dukung. Pada pembahasan ini dilakukan dengan mengikuti syarat teknik yang berlaku di Indonesia sehingga setelah melakukan kajian secara detail pembahasan akan menghasilkan kesimpulan mengenai kondisi keamanan *abutment*.

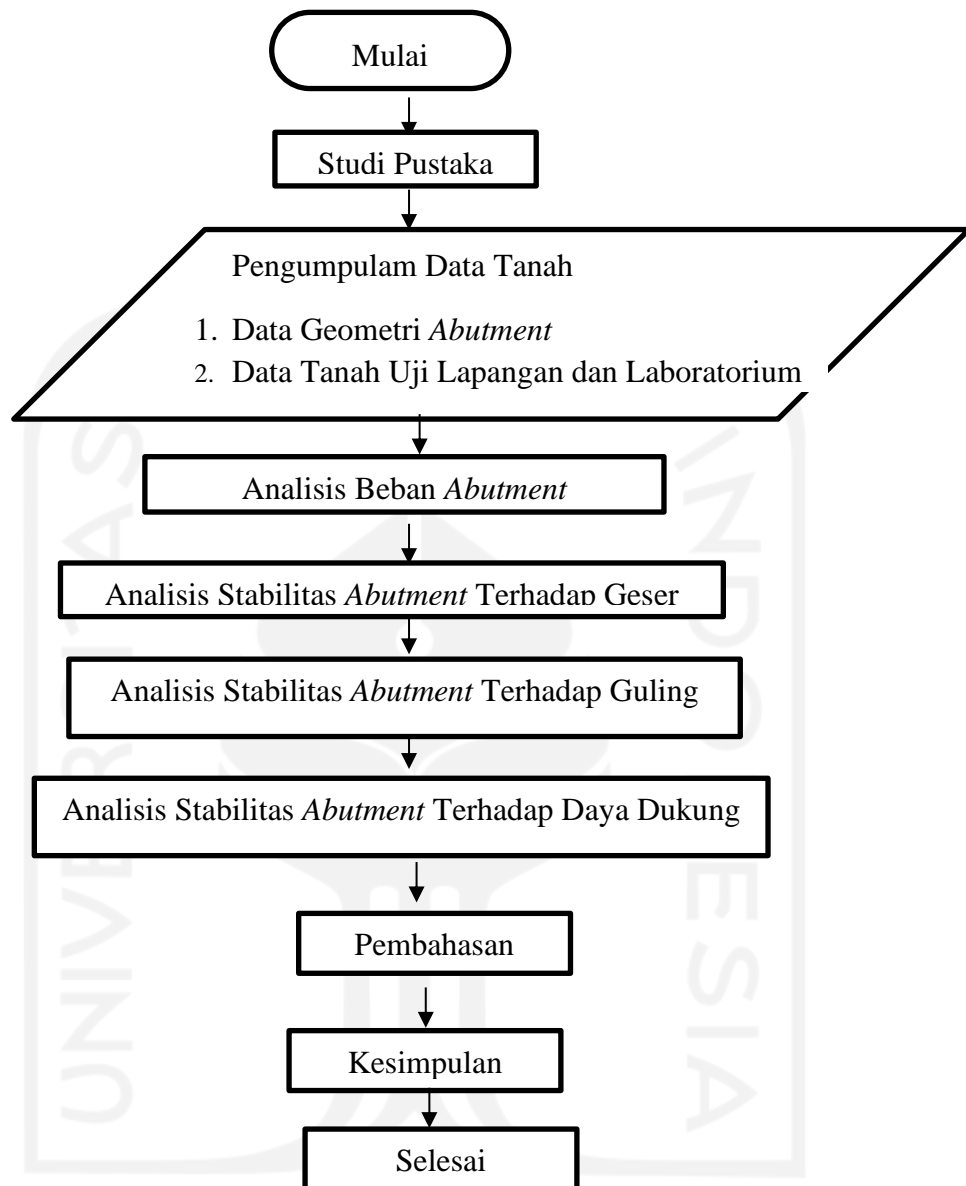
4.3.8. Kesimpulan dan Saran

Setelah dilakukan analisis dan pembahasan mengenai beberapa analisis yang di mulai hasil analisis stabilitas terhadap geser, guling dan daya dukung tahap selanjutnya yaitu menyimpulkan mengenai keadaan keamanan stabilitas *abutment*. Kesimpulan dilakukan dengan mempertimbangkan hasil pembahasan yang mengikuti aturan yang berlaku mengenai standar yang berlaku.

Saran pada penelitian ini yaitu berupa rekomendasi untuk penelitian selanjutnya ini berupa rekomendasi pengembangan atau lanjutan dari penelitian ini guna mempermudah penelitian selanjutnya oleh pihak lain.

4.4. Bagan Aliran

Penjelasan tahapan penelitian ini sudah dijelaskan di sub Bab 4.3 yang dimulai dari studi pustaka sampai kesimpulan dan saran dari penelitian ini. Tahapan penelitian secara singkat dan jelas setiap tahapan penelitian ini dapat dilihat pada bagan aliran penelitian pada Gambar 4.4 berikut ini.



Gambar 4. 4 Bagan Aliran Penelitian

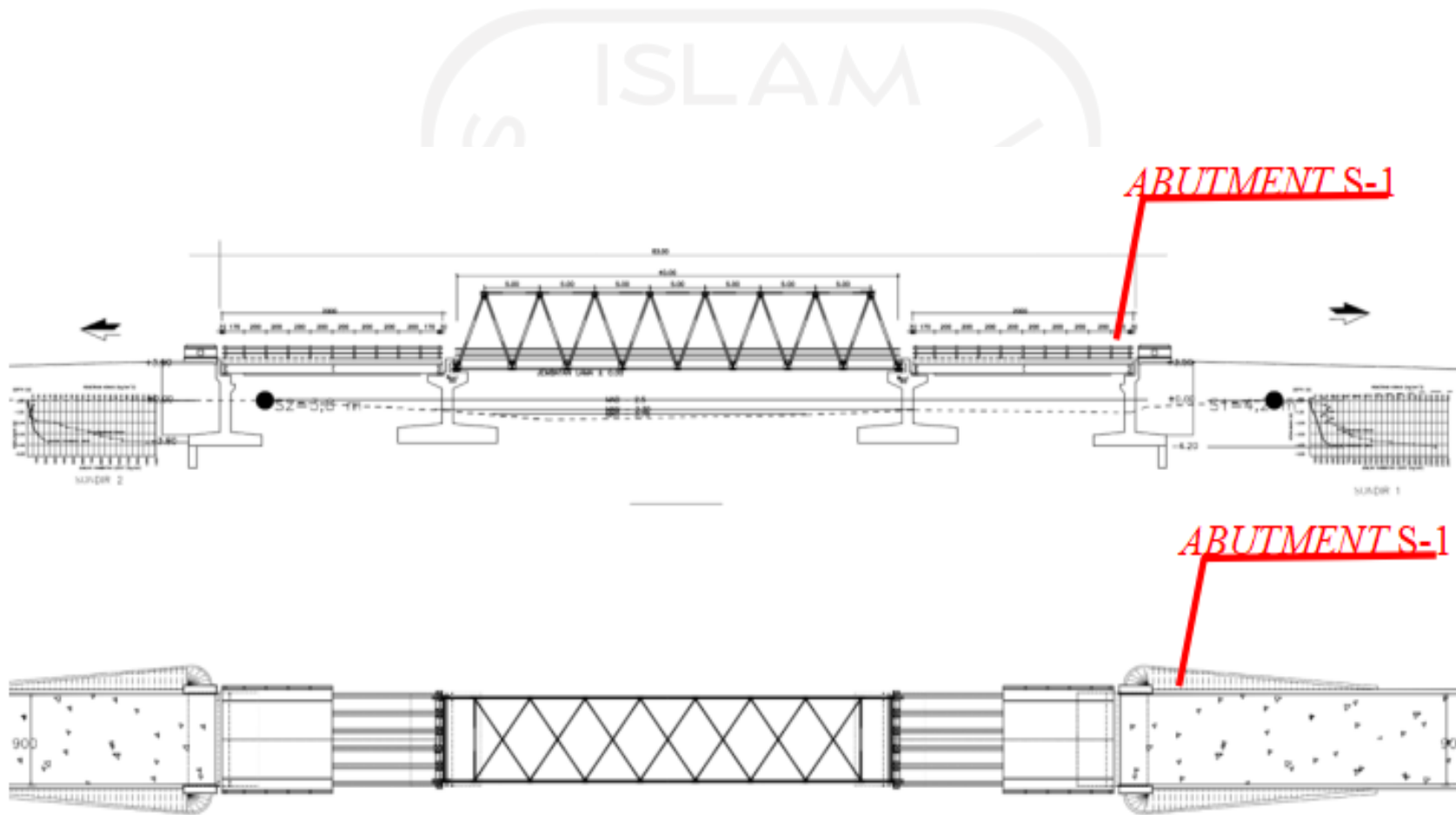
BAB V

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

5.1. Umum

Pada bab ini akan disajikan analisis stabilitas *abutment* untuk mengetahui stabilitas *abutment* terhadap geser, stabilitas *abutment* terhadap guling, stabilitas *abutment* terhadap daya dukung tanah. Analisis ini dilakukan dengan kondisi muka air banjir, kondisi muka air normal, muka air susut. Analisis akan dilakukan dengan cara manual menggunakan metode *Terzaghi*, dan metode *Rankine*, sesuai dengan SNI 1725:2016 untuk mencari beban mati, SNI 1725:2016 untuk mencari beban gempa, RSNI T-02-2005 untuk mencari beban hidup, dan RSNI T-02-2005 untuk mencari beban angin. Data tanah yang digunakan data sekunder yang didapat dari CV Tri Hidayah Karya Engineering yang terdapat pada sub bab 4.3.2.

Adapun gambar yang dilakukan kajian terlihat seperti sebagaimana pada Gambar 5.1.



Gambar 5.1 Tampak Memanjang dan Atas Jembatan Bandar Agung

5.2. Analisis

5.2.1. Analisis Pembebanan

Pada penelitian ini, beban-beban yang bekerja adalah pada jembatan berdasarkan peraturan SNI jembatan terkecuali berat jembatan dan debit air sungai. Berikut ini adalah rincian beban yang bekerja pada jembatan:

1. Beban mati

a. Beban struktur perkerasan

$$B = 7 \text{ m} ; L = 20 \text{ m} ; H_{\text{aspal}} = 0,05 \text{ m} ; \gamma_{\text{aspal}} = 22 \text{ kN/m}^3$$

$$W_{\text{aspal}} = B \times H \times L \times \gamma_{\text{aspal}}$$

$$W_{\text{aspal}} = 7 \times 0,05 \times 20 \times 22$$

$$W_{\text{aspal}} = 154 \text{ kN}$$

Kemudian konversikan beban kedalam luasan

$$q_{\text{aspal}} = 154 / (20 \times 7)$$

$$q_{\text{aspal}} = 1,1 \text{ kN/m}^2$$

b. Beban air hujan

$$B = 7 \text{ m} ; L = 20 \text{ m} ; H_{\text{hujan}} = 0,05 \text{ m} ; \gamma_{\text{air}} = 9,807 \text{ kN/m}^3$$

$$W_{\text{hujan}} = B \times H \times L \times \gamma_{\text{air}}$$

$$W_{\text{hujan}} = 7 \times 0,05 \times 20 \times 9,807$$

$$W_{\text{hujan}} = 68,649 \text{ kN}$$

Kemudian konversikan beban kedalam luasan

$$q_{\text{hujan}} = 68,649 / (20 \times 7)$$

$$q_{\text{hujan}} = 0,490 \text{ kN/m}^2$$

c. Beban trotoar

$$B = 1 \text{ m} ; L = 20 \text{ m} ; H_{\text{tro}} = 0,05 \text{ m} ; \gamma_{\text{beton}} = 22 \text{ kN/m}^3$$

$$W_{\text{tro}} = B \times H \times L \times \gamma_{\text{beton}}$$

$$W_{\text{tro}} = 1 \times 0,05 \times 20 \times 22$$

$$W_{\text{tro}} = 22 \text{ kN}$$

Kemudian konversikan beban kedalam luasan

$$q_{\text{tro}} = 22 / (20 \times 7)$$

$$q_{\text{tro}} = 1,1 \text{ kN/m}^2$$

Karena trotoar ada di dua sisi, maka beban trotoar menjadi 2 kali lipat:

$$q_{\text{tro}} = 2,2 \text{ kN/m}^2$$

d. Beban mati total

$$Q_{\text{DL}} = q_{\text{aspal}} + q_{\text{ahujan}} + q_{\text{tro}}$$

$$Q_{\text{DL}} = 1,1 + 0,490 + 2,2$$

$$Q_{\text{DL}} = 3,790 \text{ kN/m}^2$$

Hasil rekap beban mati keseluruhan (Q_{dl}) dapat dilihat pada Tabel 5.1.

Tabel 5.1 Rekap Beban Mati Keseluruhan (Q_{dl})

Beban Mati Keseluruhan			
q aspal (kN/m ²)	q air hujan (kN/m ²)	q trotoar (kN/m ²)	Q _{dl} (Beban mati total) (kN/m ²)
1,100	0,490	2,200	3,790

2. Beban hidup

a. Beban lajur / intensitas beban

Beban lajur dibagi menjadi 2 bagian yaitu beban terbagi rata dengan beban terbagi terpusat.

1) Beban terbagi rata

Berdasarkan SNI 1725:2016, Beban terbagi rata (BTR) mempunyai intensitas q kPa dengan besaran q tergantung pada panjang total yang dibebani L yaitu seperti berikut:

$$\text{Jika } L < 30 \text{ m} : q = 9,0 \text{ kPa}$$

Maka persamaan dalam mendapatkan beban intensitas beban:

Diketahui:

$$B = 10 \text{ m} ; L = 20 \text{ m}$$

$$PBTR = 0,5 \times q \times \left(0,5 + \frac{15}{L}\right) \times (5,5 + B) \times \left(\frac{L}{2}\right)$$

$$PBTR = 0,5 \times 9 \times \left(0,5 + \frac{15}{20}\right) \times (5,5 + 10) \times \left(\frac{20}{2}\right)$$

$$PBTR = 871,875 \text{ Kn}$$

Kemudian konversikan beban kedalam luasan

$$q_{\text{BTR}} = 871,875 / (10 \times 20)$$

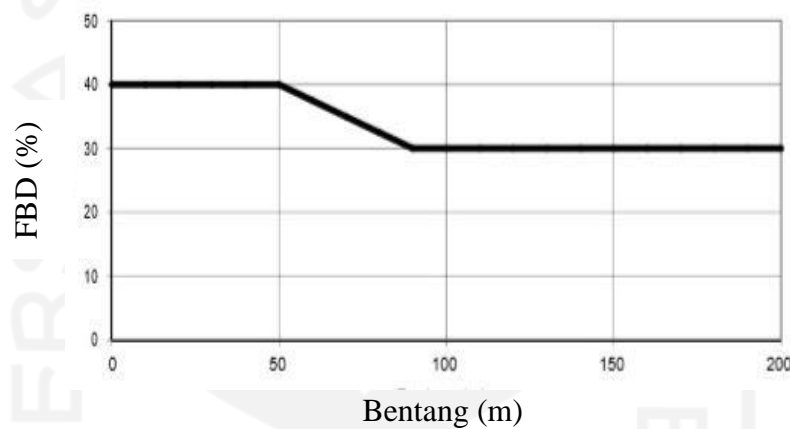
$$q_{\text{BTR}} = 4,359 \text{ kN/m}^2$$

2) Beban terbagi terpusat (Q_{bgt})

Berdasarkan RSNI T-02-2005, besarnya intensitas p pada beban terbagi terpusat adalah 49 kN/m. kemudian untuk faktor beban dinamis / FBD atau DLA diambil nilainya berdasarkan bentang panjang jembatan dari grafik dibawah ini:

Diketahui:

$$B = 10 \text{ m} ; L = 20 \text{ m}$$



Gambar 5. 2 Grafik Faktor Beban Dinamis / FBD (SNI 1725:2016)

Berdasarkan bentang yang diketahui, nilai FBD yang didapatkan adalah 40 % atau sama dengan 0,400. Besarnya beban garis terpusat dapat dilihat pada perhitungan dibawah ini:

$$PBGT = 0,5 \times P \times (1+DLA) \times (5,5 + B)$$

$$PBGT = 0,5 \times 49 \times (1+0,4) \times (5,5 + 10)$$

$$PBGT = 531,650 \text{ kN}$$

Kemudian konversikan beban kedalam luasan

$$qBGT = 531,650 / (10 \times 20)$$

$$qBGT = 2,658 \text{ kN/m}^2$$

Setelah didapatkan nilai beban BTR dan PBGT, maka nilai beban lajur adalah:

$$qBL = qBTR + qBGT$$

$$qBL = 4,359 + 2,658$$

$$qBL = 7,018 \text{ kN/m}^2$$

b. Beban rem

Beban rem dihitung sebesar 5 % dari beban lajur:

$$q_{\text{rem}} = 5 \% \times q_{\text{BL}}$$

$$q_{\text{rem}} = 5 \% \times 7,018$$

$$q_{\text{rem}} = 0,351 \text{ kN/m}^2$$

c. Beban pejalan kaki

$$B = 1 \text{ m} ; L = 20 \text{ m}$$

Trotoar pada jembatan terdapat disisi kiri dan kanan, maka nilai beban pejalan kaki:

$$q_{\text{TP}} = 2 \times (5 - (0.033 \times (L - 10)))$$

$$q_{\text{TP}} = 2 \times (5 - (0.033 \times (20 - 10)))$$

$$q_{\text{TP}} = 9,340 \text{ kN/m}^2$$

d. Beban hidup total

$$Q_{\text{LL}} = q_{\text{BL}} + q_{\text{rem}} + q_{\text{TP}}$$

$$Q_{\text{LL}} = 7,018 + 0,351 + 9,340$$

$$Q_{\text{LL}} = 16,709 \text{ kN/m}^2$$

Berikut ini adalah hasil rekap beban hidup keseluruhan (Q_{LL}) dapat dilihat pada Tabel 5.2.

Tabel 5.2 Rekap Beban Hidup Keseluruhan (Q_{LL})

Beban Hidup Keseluruhan			
Q_{bl} (Beban lajur) (kN/m^2)	Q_{rem} (kN^2)	q_{TP} (Beban pejalan kaki) (kN/m^2)	Q_{LL} (Beban hidup total) (kN/m^2)
7,018	0,351	9,340	16,709

3. Beban angin

Perhitungan beban angin mengacu pada RSNI T-02-2005 ps. 7.6, yaitu pada dua kondisi:

a. Gaya angin yang meniup bidang jembatan

$$T_{ew1} = 0,0006 \times C_w \times V_w^2 \times A_b$$

$$\text{Kecepatan angin rencana } (V_w) = 30 \text{ m/s}$$

koefisien beban angin (C_w) yang diambil = 1,2

$B = 9 \text{ m}$; $H_{\text{jembatan}} = 6 \text{ m}$

$$T_{ew1} = 0,0006 \times 1,2 \times 30^2 \times 9 \times 6$$

$$T_{ew1} = 34,992 \text{ kN/m}$$

b. Gaya angin yang meniup kendaraan

$$T_{ew2} = 0.0012 \times C_w \times V_w^2 \times L / 2$$

Kecepatan angin rencana (V_w) = 30 m/s

Koefisien beban angin (C_w) yang diambil = 1,2

$L_{\text{jembatan}} = 20 \text{ m}$

$$T_{ew2} = 0.0012 \cdot C_w \cdot V_w^2 \cdot 20 / 2$$

$$T_{ew2} = 0.0012 \times 1,2 \times 30^2 \times (20 / 2)$$

$$T_{ew2} = 12,960 \text{ kN/m}$$

c. Beban angin total yang bekerja pada jembatan

$$T_{ew} = (T_{ew1} + T_{ew2}) \times k_{uTW}$$

Nilai faktor beban angin (k_{uTW}) diambil sebesar 1,2

$$T_{ew} = (34,992 + 12,960) \times 1,2$$

$$T_{ew} = 57,542 \text{ kN/m}$$

Setelah didapatkan beban angin secara keseluruhan, maka beban tersebut dibagi dengan panjang jembatan:

$$T_{ew} = 57,542 / 20$$

$$T_{ew} = 2,877 \text{ kN/m}^2$$

Berikut ini hasil rekapan beban angin dapat dilihat pada Tabel 5.3.

Tabel 5.3 Rekap Beban Angin

Beban Angin					
T_{ew1} (kN/m)	T_{ew2} (kN/m)	K_{uTW}	T_{ew} (kN/m)	L (m)	T_{ew} (kN/m²)
34,992	12,960	1,200	57,542	20	2,877

4. Kombinasi beban

Berikut ini adalah kombinasi beban yang digunakan pada *abutment* berdasarkan kondisi yang direncanakan dapat dilihat pada Tabel 5.4 dan Tabel 5.5

Tabel 5.4 Rekap Kombinasi Kondisi Gempa

Q_{D1} (Beban Mati Keseluruhan) (kN/m²)	Q_{LL} (Beban Hidup Keseluruhan) (kN/m²)	Q_{tot} (kN/m²)
3,790	16,709	20,499

Tabel 5.5 Rekap Kombinasi Beban Untuk Kondisi Ekstrim

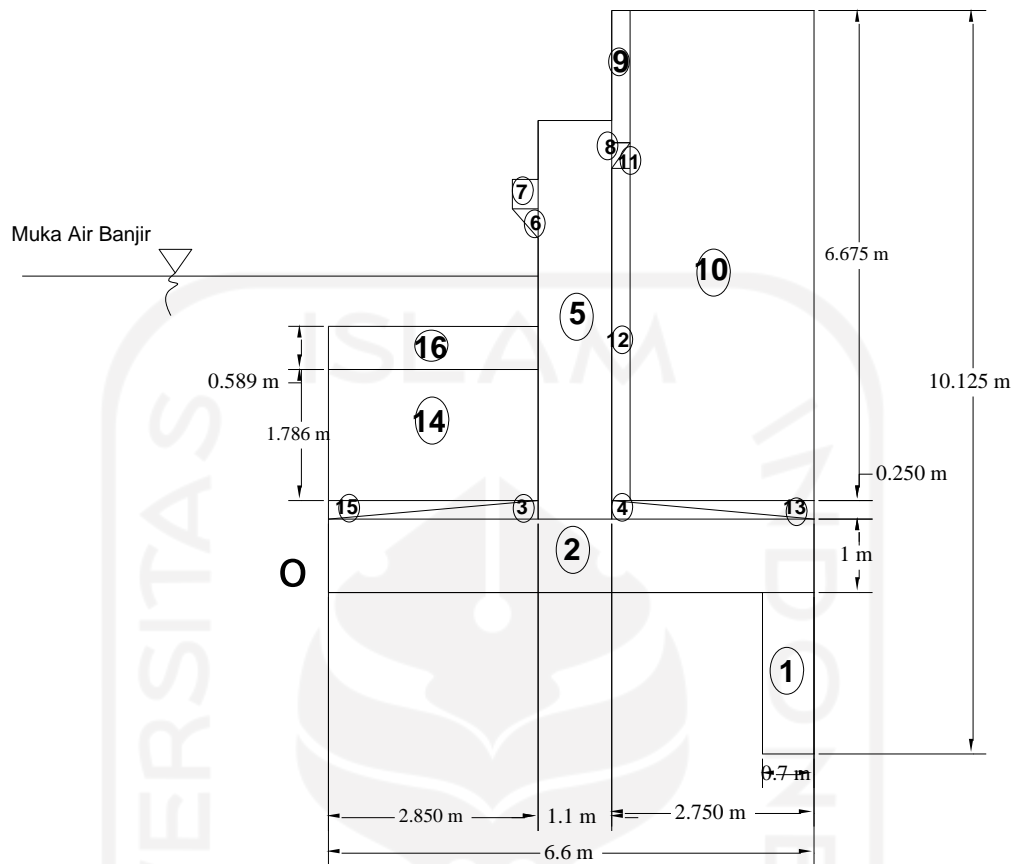
Q_{DL} (Beban Mati Keseluruhan) (kN/m²)	Q_{LL} (Beban Hidup Keseuruhan) (kN/m²)	T_{EW} (kN/m²)	qtot (kN/m²)
3,790	16,709	2,877	23,376

5.2.2. Analisis Stabilitas Dan Daya Dukung *Abutment*

1. Kondisi Muka Air Banjir

Pada kondisi ini, *abutment* diberikan beban tambahan seperti beban gempa, angin dan berat jembatan itu sendiri diabaikan. Namun muka air sungai yang diambil pada perhitungan ini saat kondisi banjir. Berikut adalah perhitungan stabilitas *abutment*:

- a. Hitung berat *abutment* beserta timbunan berdasarkan luasan yang telah dibagi seperti Gambar 5.3 dibawah ini:



**Gambar 5.3 Pembagian Luas Bangun Pada Kondisi Banjir
(Abutment Sondir 1)**

$$\begin{aligned}
 W_1 &= b \times h \times \gamma_{\text{beton}} \\
 &= 0,7 \times 2,2 \times 24 \\
 &= 36,960 \text{ kn/m}
 \end{aligned}$$

Berikut ini hasil perhitungan berat abutment sondir 1 dapat dilihat pada Tabel 5.6.

Tabel 5.6 Perhitungan Berat *Abutment* Sondir 1

Bangun	B(m)	H(m)	A	$\gamma_{\text{beton}}(\text{kn/m}^3)$	$W_{\text{dinding}}(\text{kn/m})$
1	0,7	2,2	1,540	24	36,960
2	6,6	1	6,600	24	158,400
3	2,85	0,25	0,356	24	8,550
4	2,75	0,25	0,344	24	8,250
5	1	5,425	5,425	24	130,200
6	0,35	0,4	0,070	24	1,680
7	0,35	0,4	0,070	24	1,680
8	0,25	0,35	0,044	24	1,050
9	0,25	1,8	0,450	24	10,800
10	2,5	6,675	16,688	24	400,500
11	0,25	0,35	0,088	24	2,100
12	0,25	4,525	1,131	24	27,150
13	2,75	0,25	0,344	24	8,250
14	2,85	1,786	5,090	24	122,162
15	2,85	0,25	0,356	24	8,550
16	2,85	0,589	1,679	24	40,288
Jumlah			40,274		966,57

- b. Setelah didapatkan nilai berat keseluruhan luasan, cari panjang lengan momen berdasarkan titik tinjauan yang diasumsikan menggunakan *software AutoCad*. Berikut ini adalah nilai lengan momen yang didapatkan dari luas bangun:

Tabel 5.7 Bentang Lengan Momen Abutment Sondir 1

Bangun	X ke 0	Bangun	X ke 0
1	6,25	9	3,98
2	3,3	10	5,35
3	1,9	11	4,02
4	4,77	12	3,98
5	3,35	13	5,68
6	2,73	14	1,42
7	2,68	15	0,95
8	4,03	16	1,42

- c. Setelah didapatkan nilai berat dan nilai lengan momen dari seluruh bangun luasan, hitung nilai momen penahannya:

$$MO_1 = W_1 \times l_1$$

$$MO_1 = 36,96 \times 6,25$$

$$MO_1 = 231 \text{ kN.m}$$

Tabel 5.8 Perhitungan Momen Penahan

Bangun	$W_{\text{dinding}}(\text{Kn/m})$	X ke 0 (m)	MO (kn.m)
1	36,96	6,25	231
2	158,4	3,3	522,72
3	8,55	1,9	16,245
4	8,25	4,77	39,3525
5	130,2	3,35	436,17
6	1,68	2,73	4,5864
7	1,68	2,68	4,5024

Lanjutan Tabel 5.8 Perhitungan Momen Penahan

Bangun	$W_{dinding}(Kn/m)$	X ke 0 (m)	MO (kn.m)
8	1,05	4,03	4,2315
9	10,8	3,98	42,984
10	400,5	5,35	2142,675
11	2,1	4,02	8,442
12	27,15	3,98	108,057
13	8,25	5,68	46,86
14	122,1624	1,42	173,470608
15	8,55	0,95	8,1225
16	40,2876	1,42	57,208392
JumLah	966,57		3846,6273

d. Hitung beban gempa pada *abutment*

Diketahui:

Koefisien tanah berdasarkan jenis tanah (S) = 1

Faktor modifikasi respons berdasarkan wilayah gempa (R_d) = 0,8

Percepatan/akselerasi puncak PGA berdasarkan batuan dasar wilayah gempa

1 (A) = 0,34

Koefisien respon gempa elastis (C_{sm}) = 0,2

$E_Q = (C_{sm} / R_d) \times W$

$E_Q = (0,2 / 0,8) \times 36,96$

$E_Q = 9,24 \text{ kN/m}$

Tabel 5.9 Rekap Perhitungan Beban Gempa

Bangun	$W_{dinding}$ (kn/m)	R_d	A	C_{sm}	E_Q (KN/M)
1	36,96	0,8	0,34	0,2	9,24
2	158,4	0,8	0,34	0,2	39,6
3	8,55	0,8	0,34	0,2	2,1375
4	8,25	0,8	0,34	0,2	2,0625
5	130,2	0,8	0,34	0,2	32,55
6	1,68	0,8	0,34	0,2	0,42
7	1,68	0,8	0,34	0,2	0,42
8	1,05	0,8	0,34	0,2	0,2625
9	10,8	0,8	0,34	0,2	2,7
10	400,5	0,8	0,34	0,2	100,125
11	2,1	0,8	0,34	0,2	0,525
12	27,15	0,8	0,34	0,2	6,7875
13	8,25	0,8	0,34	0,2	2,0625
14	122,1624	0,8	0,34	0,2	30,5406
15	8,55	0,8	0,34	0,2	2,1375
16	40,2876	0,8	0,34	0,2	10,0719

e. Hitung momen penahan akibat beban gempa

$$M_{OEQ} = E_Q \times l_1$$

$$M_{OEQ} = 8,442 \times 1,084$$

$$M_{OEQ} = 9,151 \text{ kN.m}$$

Tabel 5.10 Rekap Perhitungan Momen Penahan Pengaruh Beban Gempa

Bangun	E _Q (kn/m)	X ke 0 (m)	MOEQ (kn.m)
1	9,24	6,25	57,750
2	39,6	3,3	130,680
3	2,1375	1,9	4,061
4	2,0625	4,77	9,838
5	32,55	3,35	109,043
6	0,42	2,73	1,147
7	0,42	2,68	1,126
8	0,2625	4,03	1,058
9	2,7	3,98	10,746
10	100,125	5,35	535,669
11	0,525	4,02	2,111
12	6,7875	3,98	27,014
13	2,0625	5,68	11,715
14	30,5406	1,42	43,368
15	2,1375	0,95	2,031
16	10,0719	1,42	14,302

f. Hitung tekanan tanah aktif akibat beban gempa

$$\gamma_{\text{timb}} = 18 \text{ kN/m}^3 ; \varphi = 30^\circ ; \text{HO} = 10,125 \text{ m}$$

Faktor modifikasi respons berdasarkan wilayah gempa (R_d) = 0,8

Koefisien respon gempa *elastis* (C_{sm}) = 0,2

$$K_h = C_{sm} / R_d$$

$$K_h = 0,2 / 0,8$$

$$K_h = 0,25$$

$$\theta = \tan^{-1} K_h$$

$$\theta = \tan^{-1} 0,25$$

$$\theta = 14,025$$

$$K_{ag} = \frac{\cos^2(\varphi-\theta)}{\left[\cos^2 \left\{ 1 + \frac{\sqrt{\sin\varphi \cdot \sin(\varphi-\theta)}}{\cos\theta} \right\} \right]}$$

$$K_{ag} = \frac{\cos^2(30-14,036)}{\left[\cos^2 \left\{ 1 + \frac{\sqrt{\sin 30 \cdot \sin(30-14,036)}}{\cos 14,036} \right\} \right]}$$

$$K_{ag} = 0,689$$

$$K_a = \tan^2 (45 - \varphi/2)$$

$$K_a = \tan^2 (45 - 30/2)$$

$$K_a = 0,333$$

$$\Delta K_{ag} = K_{ag} - K_a$$

$$\Delta K_{ag} = 0,689 - 0,333$$

$$\Delta K_{ag} = 0,356$$

$$P_{ag1} = 0,5 \times H^2 \times \gamma_{timb} \times \Delta K_{ag}$$

$$P_{ag1} = 0,5 \times 10,125^2 \times 18 \times 0,356$$

$$P_{ag1} = 328,448 \text{ kN/m}$$

$$P_{ag2} = q \times H \times K_{ag}$$

$$P_{ag2} = 23,376 \times 10,125 \times 0,356$$

$$P_{ag2} = 84,259 \text{ kN/m}$$

$$P_{ag} = P_{ag1} + P_{ag2}$$

$$P_{ag} = 328,448 + 84,259$$

$$P_{ag} = 412,707 \text{ kN/m}$$

g. Hitung momen guling akibat beban gempa

$$M_{gl1} = 1/3 \times HO \times P_{ag1}$$

$$M_{gl1} = 1/3 \times 10,125 \times 328,448$$

$$M_{gl1} = 1108,512 \text{ kN.m}$$

$$M_{gl2} = 1/2 \times HO \times P_{ag2}$$

$$M_{gl2} = 1/2 \times 10,125 \times 84,259$$

$$M_{gl2} = 426,560 \text{ kN.m}$$

$$M_{gl} = M_{gl1} + M_{gl2}$$

$$M_{gl} = 1108,511 + 426,560$$

$$M_{gl} = 1535,072 \text{ kN.m}$$

h. Hitung tekanan dan momen *hidrostatik*

$$\gamma_{air} = 9,807 \text{ kN/m}^3 ; H_{air1} = 3,3097 \text{ m} ; H_{air2} = 3,2 \text{ m}$$

$$P_{hidro} = 0,5 \times H_{air}^2 \times \gamma_{air}$$

$$P_{hidro} = 0,5 \times (3,3097 + 3,2)^2 \times 9,807$$

$$P_{hidro} = 207,792 \text{ kN/m}$$

$$M_{hidro} = 1/3 \times H_{air} \times P_{hidro}$$

$$M_{hidro} = 1/3 \times (3,3097+3,2) \times 207,792$$

$$M_{hidro} = 450,8871 \text{ kN.m}$$

i. Hitung tekanan dan momen *uplift*

$$\gamma_{air} = 9,807 \text{ kN/m}^3 ; H_{air1} = 3,3097 \text{ m} ; H_{air2} = 3,2 \text{ m} ; B = 6,6 \text{ m}$$

$$P_{uplift} = 0,5 \times B \times H_{air} \times \gamma_{air}$$

$$P_{uplift} = 0,5 \times 6,6 \times (3,3097 + 3,2) \times 9,807$$

$$P_{uplift} = 210,674 \text{ kN/m}$$

$$M_{uplift} = 1/3 \times B \times P_{uplift}$$

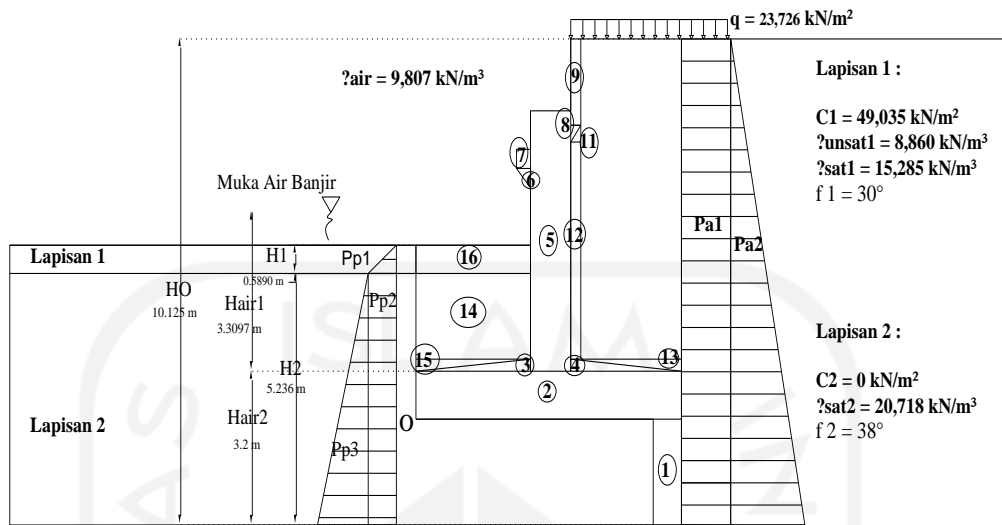
$$M_{uplift} = 1/3 \times 6,6 \times 210,674$$

$$M_{uplift} = 463,483 \text{ kN.m}$$

j. Hitung tekanan dan momen pasif

$$c_1 = 49,035 \text{ kN/m}^2 ; c_2 = 0 \text{ kN/m}^2 ; \varphi_1 = 30^\circ ; \varphi_2 = 38^\circ ; \gamma_{sat1} = 15,285 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma_{unsat1} = 8,860 \text{ kN/m}^3 ; \gamma_{sat2} = 20,718 \text{ kN/m}^3 ; \gamma_{air} = 9,807 \text{ kN/m}^3$$



**Gambar 5.4 Diagram Distribusi Tegangan Tanah Lateral
(Kondisi Banjir)**

$$K_{p1} = \tan^2 (45 + \phi/2)$$

$$K_{p1} = \tan^2 (45 + 30/2)$$

$$K_{p1} = 3$$

$$K_{p2} = \tan^2 (45 + 38/2)$$

$$K_{p2} = 4,204$$

$$P_{p1} = 0,5 \times H_1^2 \times (\gamma_{\text{sat}} - \gamma_{\text{air}}) \times K_p$$

$$P_{p1} = 0,5 \times 0,5890^2 \times (15,285 - 9,807) \times 3$$

$$P_{p1} = 2,851 \text{ kN/m}$$

$$P_{p2} = 2 \times c \times K_p^{0,5} \times H_2$$

$$P_{p2} = 2 \times 0 \times 4,024^{0,5} \times 5,2360$$

$$P_{p2} = 0 \text{ kN/m}$$

$$P_{p3} = 0,5 \times H_3^2 \times (\gamma_{\text{Sat}} - \gamma_{\text{air}}) \times K_p$$

$$P_{p3} = 0,5 \times 5,2360^2 \times (20,718 - 9,807) \times 4,024$$

$$P_{p3} = 601,855 \text{ kN/m}$$

$$P_{\text{ptot}} = P_{p1} + P_{p2} + P_{p3}$$

$$P_{\text{ptot}} = 2,851 + 0 + 601,855$$

$$P_{\text{ptot}} = 604,706 \text{ kN/m}$$

$$M_{pp1} = 1/3 \times P_{p1} \times H_1$$

$$M_{pp1} = 1/3 \times 2,85 \times 0,5890$$

$$M_{pp1} = 0,560 \text{ kN.m}$$

$$M_{pp2} = 1/2 \times P_{p2} \times H_2$$

$$M_{pp2} = 1/2 \times 0 \times 5,2360$$

$$M_{pp2} = 0 \text{ kN.m}$$

$$M_{pp3} = 1/3 \times P_{p3} \times H_3$$

$$M_{pp3} = 1/3 \times 601,855 \times 5,2360$$

$$M_{pp3} = 1050,438 \text{ kN.m}$$

$$M_{pptot} = M_{pp1} + M_{pp2} + M_{pp3}$$

$$M_{pptot} = 0,556 + 0 + 1050,438$$

$$M_{pptot} = 1050,994 \text{ kN.m}$$

k. Hitung stabilitas guling

$$SF_{guling} = (MO + M_{hidro} + M_{pp}) / (M_{gl} + M_{uplift} + MOEQ)$$

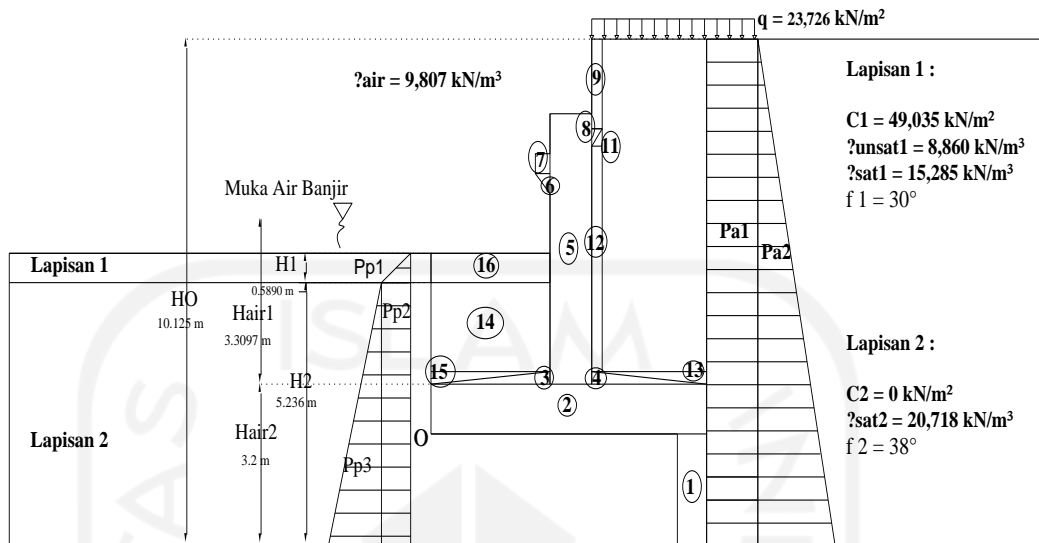
$$SF_{guling} = (3846,6273 + 425,665 + 1050,994) / (1535,055 + 463,4828 + 961,657)$$

$$SF_{guling} = 1,798$$

l. Hitung stabilitas geser

$$c_1 = 49,035 \text{ kN/m}^2 ; c_2 = 0 \text{ kN/m}^2 ; \varphi_2 = 38^\circ ;$$

$$\gamma_{sat2} = 20,718 \text{ kN/m}^3 ; \gamma_{air} = 9,807 \text{ kN/m}^3$$



**Gambar 5.5 Diagram Distribusi Tegangan Tanah Lateral
Kondisi Banjir)**

$$R_h = c \times B + \sum W \times \tan \delta_b$$

$$R_h = 0 \times 6,6 + ((966,57 + 23,379) - 210,674) \times \tan (1/3 \times 38)$$

$$R_h = 175,170 \text{ kN/m}$$

$$SF_{\text{geser}} = (R_h + P_p + P_{\text{hidro}}) / (P_{\text{ag}} + EQ)$$

$$SF_{\text{geser}} = (175,170 + 604,706 + 207,7916) / (412,703 + 241,6425)$$

$$SF_{\text{geser}} = 1,509$$

m. Hitung *eksentrisitas* akibat beban bekerja

$$x_e = (M_O - M_{gl} - M_{OEQ}) / \sum W$$

$$x_e = (3846,6273 - 1535,055 - 961,657) / 989,949$$

$$x_e = 1,364 \text{ m}$$

$$e = (B/2) - x_e$$

$$e = (6,6/2) - 1,364$$

$$e = 1,936 \text{ m}$$

n. Hitung tekanan pada dasar pondasi

$$q = (\sum W/B) \times (1 + (6e/B))$$

$$q = (990,079 / 6,6) \times (1 + (6 \times 1,936) / 6,6)$$

$$q = 414,086 \text{ kN/m}^2$$

o. Hitung lebar efektif pondasi akibat *eksentrisitas*

$$B' = B - 2e$$

$$B' = 6,6 - 2 \times 1,936$$

$$B' = 2,727 \text{ m}$$

p. Hitung kapasitas dukung pondasi

$$c_2 = 0 \text{ kN/m}^2; \varphi_2 = 38^\circ; \gamma_{\text{sat}2} = 20,718 \text{ kN/m}^3; \gamma_{\text{air}} = 9,807 \text{ kN/m}^3;$$

$$H/D_f = 1 \text{ m}; N_c = 80,540; N_q = 65,340; N_\gamma = 77,2$$

$$q_u = c \times N_c + q \times N_q + 0,5 \times \gamma \times B \times N_\gamma$$

$$q_u = 0 \times 80,540 + 1 \times (20,718 - 9,807) \times 65,340 + 0,5 \times (20,718 - 9,807) \times 2,726 \times 77,2$$

$$q_u = 1861,597 \text{ kN/m}^2$$

q. Hitung stabilitas kapasitas daya dukung

$$SF_{\text{dayadukung}} = q_u / q$$

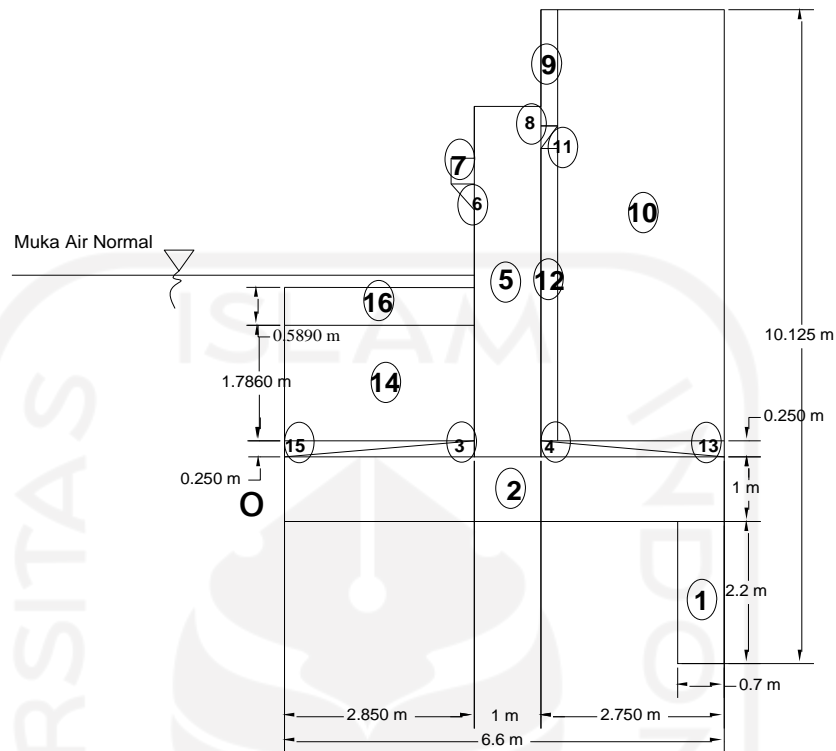
$$SF_{\text{dayadukung}} = 1861,597 / 414,086$$

$$SF_{\text{dayadukung}} = 4,496$$

2. Kondisi Muka Air Normal

Pada kondisi normal, *abutment* tidak diberikan beban atau mengabaikan beban baik beban luar maupun berat jembatan itu sendiri. Namun muka air sungai yang diambil pada saat kondisi normal. Berikut adalah perhitungan stabilitas abutmen pada kondisi normal.

a. Hitung berat *abutment* beserta timbunan berdasarkan luasan yang telah dibagi seperti gambar dibawah ini :



**Gambar 5. 6 Pembagian Luas Bangun Pada Kondisi Normal
(Abutment Sondir 1)**

$$\begin{aligned}
 W_1 &= b \times h \times \gamma_{\text{beton}} \\
 &= 0,7 \times 2,2 \times 24 \\
 &= 36,960 \text{ kn/m}
 \end{aligned}$$

Tabel 5.11 Perhitungan Berat Abutment Sondir 1

Bangun	B(m)	H(m)	A	$\gamma_{\text{beton}}(\text{kn/m}^3)$	$W_{\text{dinding}}(\text{kn/m})$
1	0,7	2,2	1,540	24	36,960
2	6,6	1	6,600	24	158,400
3	2,85	0,25	0,356	24	8,550
4	2,75	0,25	0,344	24	8,250
5	1	5,425	5,425	24	130,200

Lanjutan Tabel 5.11 Perhitungan Berat *Abutment* Sondir 1

Bangun	B(m)	H(m)	A	$\gamma_{\text{beton}}(\text{kn/m}^3)$	$W_{\text{dinding}}(\text{kn/m})$
6	0,35	0,4	0,070	24	1,680
7	0,35	0,4	0,070	24	1,680
8	0,25	0,35	0,044	24	1,050
9	0,25	1,8	0,450	24	10,800
10	2,5	6,675	16,688	24	400,500
11	0,25	0,35	0,088	24	2,100
12	0,25	4,525	1,131	24	27,150
13	2,75	0,25	0,344	24	8,250
14	2,85	1,786	5,090	24	122,162
15	2,85	0,25	0,356	24	8,550
16	2,85	0,589	1,679	24	40,288
Jumlah			40,274		966,57

- b. Setelah didapatkan nilai berat keseluruhan luasan, cari panjang lengan momen berdasarkan titik tinjauan yang diasumsikan menggunakan *software AutoCad*. Berikut ini adalah nilai lengan momen yang didapatkan dari luas bangun:

Tabel 5.12 Bentang Lengan Momen *Abutment* Sondir 1

Bangun	X ke 0	Bangun	X ke 0
1	6,25	9	3,98
2	3,3	10	5,35

Lanjutan Tabel 5.12 Bentang Lengan Momen *Abutment* Sondir 1

Bangun	X ke 0	Bangun	X ke 0
3	1,9	11	4,02
4	4,77	12	3,98
5	3,35	13	5,68
6	2,73	14	1,42
7	2,68	15	0,95
8	4,03	16	1,42

- c. Setelah didapatkan nilai berat dan nilai lengan momen dari seluruh bangun luasan, hitung nilai momen penahannya:

$$MO_1 = W_1 \times l_1$$

$$MO_1 = 36,96 \times 6,25$$

$$MO_1 = 231 \text{ kN.m}$$

Tabel 5.13 Perhitungan Momen Penahan

Bangun	Wdinding(Kn/m)	X ke 0 (m)	MO (kn.m)
1	36,96	6,25	231
2	158,4	3,3	522,72
3	8,55	1,9	16,245
4	8,25	4,77	39,3525
5	130,2	3,35	436,17
6	1,68	2,73	4,5864
7	1,68	2,68	4,5024
8	1,05	4,03	4,2315

Lanjutan Tabel 5.13 Perhitungan Momen Penahan

Bangun	Wdinding(Kn/m)	X ke 0 (m)	MO (kn.m)
9	10,8	3,98	42,984
10	400,5	5,35	2142,675
11	2,1	4,02	8,442
12	27,15	3,98	108,057
13	8,25	5,68	46,86
14	122,1624	1,42	173,470608
15	8,55	0,95	8,1225
16	40,2876	1,42	57,208392
JumLah	966,57		3846,6273

d. Hitung beban gempa pada *abutment*

Diketahui:

Koefisien tanah berdasarkan jenis tanah (S) = 1

Faktor modifikasi respons berdasarkan wilayah gempa (R_d) = 0,8

Percepatan/akselerasi puncak PGA berdasarkan batuan dasar wilayah gempa 1 (A) = 0,34

Koefisien respon gempa elastis (C_{sm}) = 0,2

$$E_Q = (C_{sm} / R_d) \times W$$

$$E_Q = (0,2 / 0,8) \times 36,96$$

$$E_Q = 231 \text{ kN/m}$$

Tabel 5.14 Rekap Perhitungan Beban Gempa

Bangun	W_{dinding} (kn/m)	R_d	A	C_{sm}	E_Q (KN/M)
1	36,96	0,8	0,34	0,2	9,24
2	158,4	0,8	0,34	0,2	39,6
3	8,55	0,8	0,34	0,2	2,1375
4	8,25	0,8	0,34	0,2	2,0625
5	130,2	0,8	0,34	0,2	32,55
6	1,68	0,8	0,34	0,2	0,42
7	1,68	0,8	0,34	0,2	0,42
8	1,05	0,8	0,34	0,2	0,2625
9	10,8	0,8	0,34	0,2	2,7
10	400,5	0,8	0,34	0,2	100,125
11	2,1	0,8	0,34	0,2	0,525
12	27,15	0,8	0,34	0,2	6,7875
13	8,25	0,8	0,34	0,2	2,0625
14	122,1624	0,8	0,34	0,2	30,5406
15	8,55	0,8	0,34	0,2	2,1375
16	40,2876	0,8	0,34	0,2	10,0719

e. Hitung momen penahan akibat beban gempa

$$MOEQ = E_Q \times l_1$$

$$MOEQ = 8,442 \times 1,084$$

$$MOEQ = 9,151 \text{ kN.m}$$

Tabel 5.15 Rekap Perhitungan Momen Penahan Pengaruh Beban Gempa

Bangun	E _Q (kn/m)	X ke 0 (m)	MOEQ (kn.m)
1	9,24	6,25	57,750
2	39,6	3,3	130,680
3	2,1375	1,9	4,061
4	2,0625	4,77	9,838
5	32,55	3,35	109,043
6	0,42	2,73	1,147
7	0,42	2,68	1,126
8	0,2625	4,03	1,058
9	2,7	3,98	10,746
10	100,125	5,35	535,669
11	0,525	4,02	2,111
12	6,7875	3,98	27,014
13	2,0625	5,68	11,715
14	30,5406	1,42	43,368
15	2,1375	0,95	2,031
16	10,0719	1,42	14,302

f. Hitung tekanan tanah aktif

$$\gamma_{\text{timb}} = 18 \text{ kN/m}^3 ; \varphi = 30^\circ ; \text{HO} = 10,125 \text{ m}$$

$$K_a = \tan^2 (45 - \varphi/2)$$

$$K_a = \tan^2 (45 - 30/2)$$

$$K_a = 0,333$$

$$P_a = 0,5 \times H^2 \times \gamma_{\text{timb}} \times K_a$$

$$P_a = 0,5 \times 10,125^2 \times 18 \times 0,333$$

$$P_a = 307,239 \text{ kN/m}$$

- g. Hitung momen guling akibat tekanan tanah aktif

$$M_{gl} = 1/3 \times HO \times P_a$$

$$M_{gl} = 1/3 \times 10,125 \times 307,239$$

$$M_{gl} = 1036,932 \text{ kN.m}$$

- h. Hitung tekanan dan momen *hidrostatik*

$$\gamma_{air} = 9,807 \text{ kN/m}^3 ; H_{air1} = 2,9061 \text{ m} ; H_{air2} = 3,2 \text{ m}$$

$$P_{hidro} = 0,5 \times H_{air}^2 \times \gamma_{air}$$

$$P_{hidro} = 0,5 \times (2,9061 + 3,2)^2 \times 9,807$$

$$P_{hidro} = 182,824 \text{ kN/m}$$

$$M_{hidro} = 1/3 \times H_{air} \times P_{hidro}$$

$$M_{hidro} = 1/3 \times (2,9861+3,2) \times 182,824$$

$$M_{hidro} = 372,115 \text{ kN.m}$$

- i. Hitung tekanan dan momen *uplift*

$$\gamma_{air} = 9,807 \text{ kN/m}^3 ; H_{air1} = 2,9061 \text{ m} ; H_{air2} = 3,2 \text{ m} ; B = 6,6 \text{ m}$$

$$P_{uplift} = 0,5 \times B \times H_{air} \times \gamma_{air}$$

$$P_{uplift} = 0,5 \times 6,6 \times (2,9061 + 3,2) \times 9,807$$

$$P_{uplift} = 197,612 \text{ kN/m}$$

$$M_{uplift} = 1/3 \times B \times P_{uplift}$$

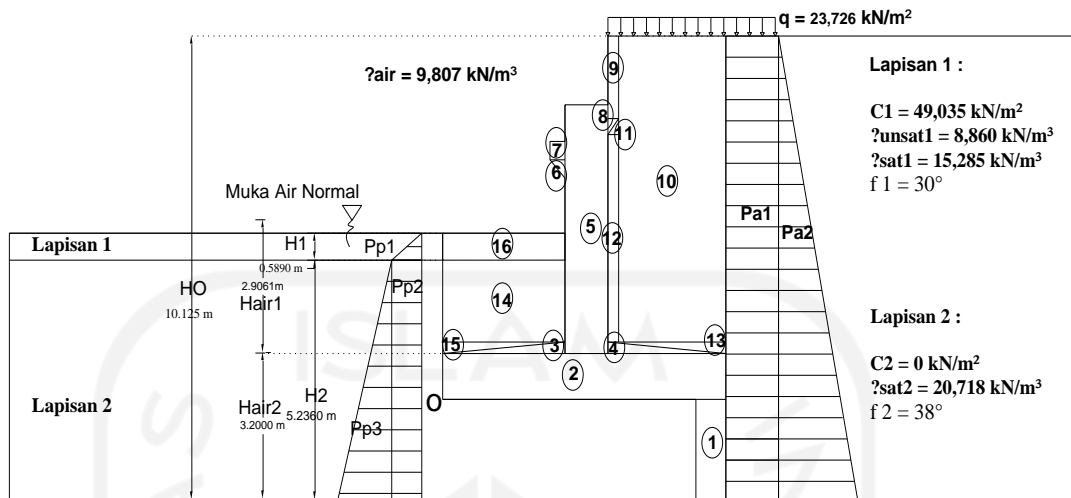
$$M_{uplift} = 1/3 \times 6,6 \times 197,612$$

$$M_{uplift} = 434,747 \text{ kN.m}$$

- j. Hitung tekanan dan momen pasif

$$c_1 = 49,035 \text{ kN/m}^2 ; c_2 = 0 \text{ kN/m}^2 ; \varphi_1 = 30^\circ ; \varphi_2 = 38^\circ ;$$

$$\gamma_{sat1} = 15,285 \text{ kN/m}^3 ; \gamma_{sat2} = 20,718 \text{ kN/m}^3 ; \gamma_{air} = 9,807 \text{ kN/m}^3$$



**Gambar 5.7 Diagram Distribusi Tegangan Tanah Lateral
(Kondisi Normal)**

$$K_{p1} = \tan^2 (45 + \phi/2)$$

$$K_{p1} = \tan^2 (45 + 30/2)$$

$$K_{p1} = 3$$

$$K_{p2} = \tan^2 (45 + 38/2)$$

$$K_{p2} = 4,204$$

$$P_{p1} = 0,5 \times H_1^2 \times (\gamma_{\text{sat}} - \gamma_{\text{air}}) \times K_p$$

$$P_{p1} = 0,5 \times 0,589^2 \times (15,285 - 9,807) \times 3$$

$$P_{p1} = 2,851 \text{ kN/m}$$

$$P_{p2} = 2 \times c \times K_p^2 \times H_2$$

$$P_{p2} = 2 \times 0 \times 4,204^2 \times 5,236$$

$$P_{p2} = 0 \text{ kN/m}$$

$$P_{p3} = 0,5 \times H_3^2 \times (\gamma_{\text{sat}} - \gamma_{\text{air}}) \times K_p$$

$$P_{p3} = 0,5 \times 5,236^2 \times (20,718 - 9,807) \times 4,204$$

$$P_{p3} = 628,777 \text{ kN/m}$$

$$P_{\text{ptot}} = P_{p1} + P_{p2} + P_{p3}$$

$$P_{\text{ptot}} = 2,851 + 0 + 628,777$$

$$P_{\text{ptot}} = 631,627 \text{ kN/m}$$

$$M_{Pp1} = 1/3 \times P_{p1} \times H_1$$

$$M_{Pp1} = 1/3 \times 2,850 \times 0,589$$

$$M_{Pp1} = 0,559 \text{ kN.m}$$

$$M_{Pp2} = 1/2 \times P_{p2} \times H_2$$

$$M_{Pp2} = 1/2 \times 0 \times 5,2360$$

$$M_{Pp2} = 0 \text{ kN.m}$$

$$M_{Pp3} = 1/3 \times P_{p3} \times H_3$$

$$M_{Pp3} = 1/3 \times 628,777 \times 5,236$$

$$M_{Pp3} = 1097,425 \text{ kN.m}$$

$$M_{pptot} = M_{Pp1} + M_{Pp2} + M_{Pp3}$$

$$M_{pptot} = 0,559 + 0 + 1097,425$$

$$M_{pptot} = 1097,984 \text{ kN.m}$$

k. Hitung stabilitas guling

$$SF_{guling} = (MO + M_{hidro} + M_{pp}) / (M_{gl} + M_{uplift})$$

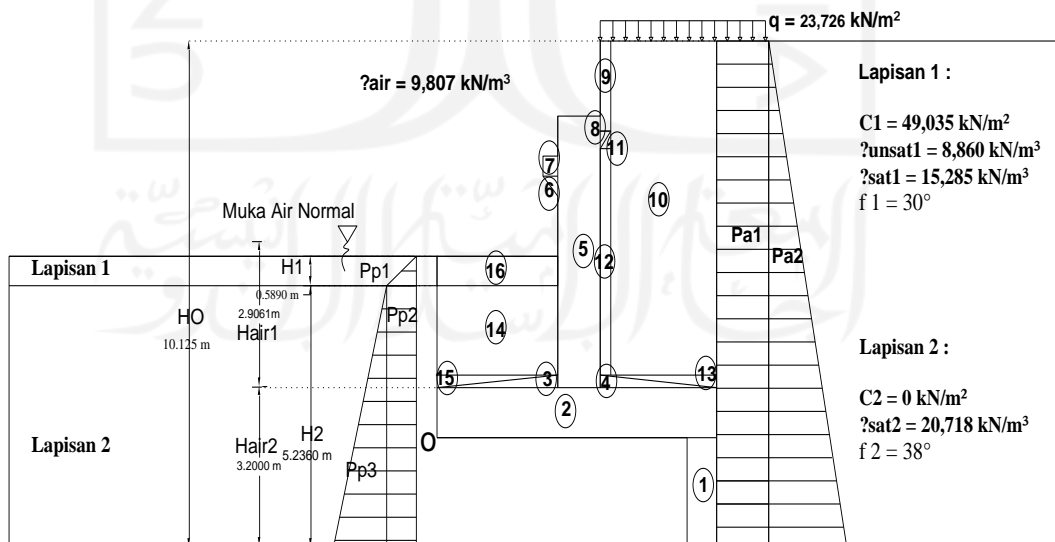
$$SF_{guling} = (3846,6273 + 372,115 + 1097,984) / (1036,932 + 434,747)$$

$$SF_{guling} = 3,612$$

l. Hitung stabilitas geser

$$c_1 = 49,035 \text{ kN/m}^2 ; c_2 = 0 \text{ kN/m}^2 ; \varphi_2 = 38^\circ ;$$

$$\gamma_{sat2} = 20,718 \text{ kN/m}^3 ; \gamma_{air} = 9,807 \text{ kN/m}^3$$



**Gambar 5.8 Diagram Distribusi Tegangan Tanah Lateral
(Kondisi Normal)**

$$R_h = c \times B + \Sigma W \times \tan \delta_b$$

$$R_h = 0 \times 6,6 + ((966,57+20,499)-197,612) \times \tan (1/3 \times 38)$$

$$R_h = 168,215 \text{ kN/m}$$

$$SF_{\text{geser}} = (R_h + P_p + P_{\text{hidro}}) / P_a$$

$$SF_{\text{geser}} = (168,215 + 631,627 + 182,824) / 307,239$$

$$SF_{\text{geser}} = 3,198$$

m. Hitung *eksentrisitas* akibat beban bekerja

$$x_e = (M_O - M_{gl}) / \Sigma W$$

$$x_e = (3846,6273 - 1036,932) / 987,069$$

$$x_e = 2,9068 \text{ m}$$

$$e = (B/2) - x_e$$

$$e = (6,6/2) - 2,9068$$

$$e = 0,393 \text{ m}$$

n. Hitung tekanan pada dasar pondasi

$$q = (\Sigma W/B) \times (1 + (6e/B))$$

$$q = (987,069/6,6) \times (1 + (6 \times 0,393) / 6,6)$$

$$q = 203,005 \text{ kN/m}^2$$

o. Hitung lebar efektif pondasi akibat *eksentrisitas*

$$B' = B - 2e$$

$$B' = 6,6 - 2 \times 0,393$$

$$B' = 5,8137 \text{ m}$$

p. Hitung kapasitas dukung pondasi

$$c_2 = 0 \text{ kN/m}^2; \phi_2 = 38^\circ; \gamma_{\text{sat}2} = 20,718 \text{ kN/m}^3; \gamma_{\text{air}} = 9,807 \text{ kN/m}^3;$$

$$H/D_f = 1 \text{ m}; N_c = 80,540; N_q = 65,340; N_\gamma = 77,2$$

$$q_u = c \times N_c + q \times N_q + 0,5 \times \gamma \times B \times N_\gamma$$

$$q_u = 0 \times 80,540 + 1 \times (20,718 - 9,807) \times 65,340 + 0,5 \times (20,718 - 9,807) \\ \times 5,8137 \times 77,2$$

$$q_u = 3161,4679 \text{ kN/m}^2$$

q. Hitung stabilitas kapasitas daya dukung

$$S_{F\text{dayadukung}} = q_u / q$$

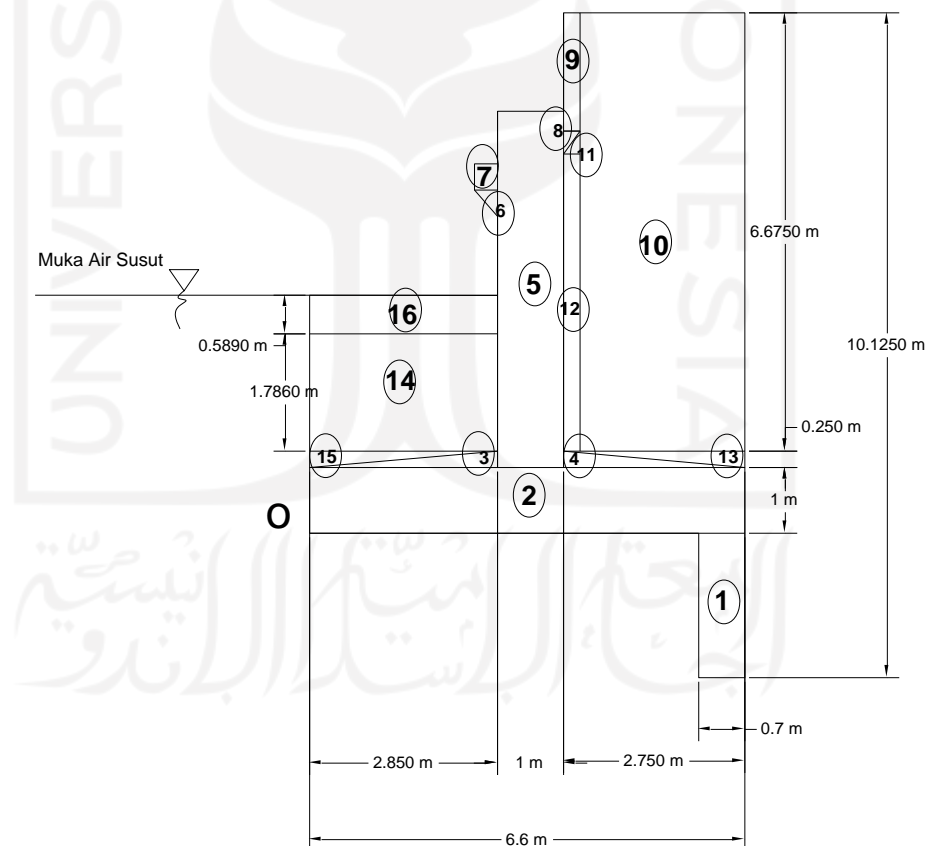
$$SF_{\text{dayadukung}} = 3161,4679 / 203,005$$

$$SF_{\text{dayadukung}} = 15,573$$

3. Kondisi Muka Air Susut

Pada kondisi ini, *abutment* diberikan beban namun berat jembatan itu sendiri diabaikan. Namun muka air sungai yang diambil pada perhitungan ini saat kondisi susut. Berikut adalah perhitungan stabilitas *abutment* pada kondisi terjadinya gempa.

- Hitung berat *abutment* beserta timbunan berdasarkan luasan yang telah dibagi seperti gambar dibawah ini



**Gambar 5. 9 Pembagian Luas Bangun Pada Kondisi Susut
(Abutment Sondir 1)**

$$\begin{aligned}
 W_1 &= b \times h \times \gamma_{\text{beton}} \\
 &= 0,7 \times 2,2 \times 2,4 \\
 &= 36,960 \text{ kn/m}
 \end{aligned}$$

Tabel 5.16 Perhitungan Berat Abutment Sondir 1

Bangun	B(m)	H(m)	A	$\gamma_{\text{beton}}(\text{kn/m}^3)$	$W_{\text{dinding}}(\text{kn/m})$
1	0,7	2,2	1,540	24	36,960
2	6,6	1	6,600	24	158,400
3	2,85	0,25	0,356	24	8,550
4	2,75	0,25	0,344	24	8,250
5	1	5,425	5,425	24	130,200
6	0,35	0,4	0,070	24	1,680
7	0,35	0,4	0,070	24	1,680
8	0,25	0,35	0,044	24	1,050
9	0,25	1,8	0,450	24	10,800
10	2,5	6,675	16,688	24	400,500
11	0,25	0,35	0,088	24	2,100
12	0,25	4,525	1,131	24	27,150
13	2,75	0,25	0,344	24	8,250
14	2,85	1,786	5,090	24	122,162
15	2,85	0,25	0,356	24	8,550
16	2,85	0,589	1,679	24	40,288
Jumlah			40,274		966,57

- b. Setelah didapatkan nilai berat keseluruhan luasan, cari panjang lengan momen berdasarkan titik tinjauan yang diasumsikan menggunakan *software AutoCad*. Berikut ini adalah nilai lengan momen yang didapatkan dari luas bangun:

Tabel 5.17 Bentang Lengan Momen Abutment Sondir 1

Bangun	X ke 0	Bangun	X ke 0
1	6,25	9	3,98
2	3,3	10	5,35
3	1,9	11	4,02
4	4,77	12	3,98
5	3,35	13	5,68
6	2,73	14	1,42
7	2,68	15	0,95
8	4,03	16	1,42

- c. Setelah didapatkan nilai berat dan nilai lengan momen dari seluruh bangun luasan, hitung nilai momen penahannya:

$$MO_1 = W_1 \times l_1$$

$$MO_1 = 36,96 \times 6,25$$

$$MO_1 = 231 \text{ kN.m}$$

Tabel 5.18 Perhitungan Momen Penahan

Bangun	$W_{dinding}(\text{Kn/m})$	X ke 0 (m)	MO (kn.m)
1	36,96	6,25	231
2	158,4	3,3	522,72
3	8,55	1,9	16,245

Lanjutan Tabel 5.18 Perhitungan Momen Penahan

Bangun	$W_{\text{dinding}}(\text{Kn/m})$	X ke 0 (m)	MO (kn.m)
4	8,25	4,77	39,3525
5	130,2	3,35	436,17
6	1,68	2,73	4,5864
7	1,68	2,68	4,5024
8	1,05	4,03	4,2315
9	10,8	3,98	42,984
10	400,5	5,35	2142,675
11	2,1	4,02	8,442
12	27,15	3,98	108,057
13	8,25	5,68	46,86
14	122,1624	1,42	173,470608
15	8,55	0,95	8,1225
16	40,2876	1,42	57,208392
JumLah	966,57		3846,6273

d. Hitung beban gempa pada *abutment*

Diketahui:

Koefisien tanah berdasarkan jenis tanah (S) = 1

Faktor modifikasi respons berdasarkan wilayah gempa (R_d) = 0,8

Percepatan/akselerasi puncak PGA berdasarkan batuan dasar wilayah gempa 1 (A) = 0,34

Koefisien respon gempa elastis (C_{sm}) = 0,2

$$E_Q = (C_{sm} / R_d) \times W$$

$$E_Q = (0,2 / 0,8) \times 36,96$$

$$E_Q = 231 \text{ kN/m}$$

Tabel 5.19 Rekap Perhitungan Beban Gempa

Bangun	W_{dinding} (kn/m)	R_d	A	C_{sm}	E_Q (KN/M)
1	36,96	0,8	0,34	0,2	9,24
2	158,4	0,8	0,34	0,2	39,6
3	8,55	0,8	0,34	0,2	2,1375
4	8,25	0,8	0,34	0,2	2,0625
5	130,2	0,8	0,34	0,2	32,55
6	1,68	0,8	0,34	0,2	0,42
7	1,68	0,8	0,34	0,2	0,42
8	1,05	0,8	0,34	0,2	0,2625
9	10,8	0,8	0,34	0,2	2,7
10	400,5	0,8	0,34	0,2	100,125
11	2,1	0,8	0,34	0,2	0,525
12	27,15	0,8	0,34	0,2	6,7875
13	8,25	0,8	0,34	0,2	2,0625
14	122,1624	0,8	0,34	0,2	30,5406
15	8,55	0,8	0,34	0,2	2,1375
16	40,2876	0,8	0,34	0,2	10,0719

e. Hitung momen penahan akibat beban gempa

$$MOEQ = E_Q \times l_1$$

$$MOEQ = 8,442 \times 1,084$$

$$MOEQ = 9,151 \text{ kN.m}$$

Tabel 5.20 Rekap Perhitungan Momen Penahan Pengaruh Beban Gempa

Bangun	E _Q (kn/m)	X ke 0 (m)	MOEQ (kn.m)
1	9,24	6,25	57,750
2	39,6	3,3	130,680
3	2,1375	1,9	4,061
4	2,0625	4,77	9,838
5	32,55	3,35	109,043
6	0,42	2,73	1,147
7	0,42	2,68	1,126
8	0,2625	4,03	1,058
9	2,7	3,98	10,746
10	100,125	5,35	535,669
11	0,525	4,02	2,111
12	6,7875	3,98	27,014
13	2,0625	5,68	11,715
14	30,5406	1,42	43,368
15	2,1375	0,95	2,031
16	10,0719	1,42	14,302

f. Hitung tekanan tanah aktif akibat beban gempa

$$\gamma_{\text{timb}} = 18 \text{ kN/m}^3 ; \varphi = 30^\circ ; \text{HO} = 10,125 \text{ m}$$

Faktor *modifikasi respons* berdasarkan wilayah gempa (R_d) = 0,8

Koefisien respon gempa elastis (C_{sm}) = 0,2

$$K_h = C_{sm} / R_d$$

$$K_h = 0,2 / 0,8$$

$$K_h = 0,25$$

$$\theta = \tan^{-1} K_h$$

$$\theta = \tan^{-1} 0,25$$

$$\theta = 14,036$$

$$K_{ag} = \frac{\cos^2(\varphi-\theta)}{\left[\cos^2 \left\{ 1 + \frac{\sqrt{\sin\varphi \cdot \sin(\varphi-\theta)}}{\cos\theta} \right\} \right]}$$

$$K_{ag} = \frac{\cos^2(30-14,036)}{\left[\cos^2 \left\{ 1 + \frac{\sqrt{\sin 30 \cdot \sin(30-14,036)}}{\cos 14,036} \right\} \right]}$$

$$K_{ag} = 0,689$$

$$K_a = \tan^2 (45 - \varphi/2)$$

$$K_a = \tan^2 (45 - 30/2)$$

$$K_a = 0,333$$

$$\Delta K_{ag} = K_{ag} - K_a$$

$$\Delta K_{ag} = 0,689 - 0,333$$

$$\Delta K_{ag} = 0,356$$

$$P_{ag1} = 0,5 \times H^2 \times \gamma_{timb} \times K_{ag}$$

$$P_{ag1} = 0,5 \times 10,125^2 \times 18 \times 0,356$$

$$P_{ag1} = 328,460 \text{ kN/m}$$

$$P_{ag2} = q \times H \times K_{ag}$$

$$P_{ag2} = 20,499 \times 10,125 \times 0,356$$

$$P_{ag2} = 73,888 \text{ kN/m}$$

$$P_{ag} = P_{ag1} + P_{ag2}$$

$$P_{ag} = 328,460 + 73,888$$

$$P_{ag} = 402,348 \text{ kN/m}$$

g. Hitung momen guling akibat beban gempa

$$M_{gl1} = 1/3 \times H \times P_{ag1}$$

$$M_{gl1} = 1/3 \times 10,125 \times 328,460$$

$$M_{gl1} = 1108,552 \text{ kN.m}$$

$$M_{gl2} = 1/2 \times H \times P_{ag2}$$

$$M_{gl2} = 1/2 \times 10,125 \times 73,888$$

$$M_{gl2} = 374,061 \text{ kN.m}$$

$$M_{gl} = M_{gl1} + M_{gl2}$$

$$M_{gl} = 1108,552 + 374,061$$

$$M_{gl} = 1482,613 \text{ kN.m}$$

h. Hitung tekanan dan momen *hidrostatik*

$$\gamma_{air} = 9,807 \text{ kN/m}^3 ; H_{air1} = 2,6250 \text{ m} ; H_{air2} = 3,2 \text{ m}$$

$$P_{hidro} = 0,5 \times H_{air}^2 \times \gamma_{air}$$

$$P_{hidro} = 0,5 \times (2,6250 + 3,2)^2 \times 9,807$$

$$P_{hidro} = 166,378 \text{ kN/m}$$

$$M_{hidro} = 1/3 \times H_{air} \times P_{hidro}$$

$$M_{hidro} = 1/3 \times (2,6250 + 3,2) \times 166,378$$

$$M_{hidro} = 323,0522 \text{ kN.m}$$

i. Hitung tekanan dan momen *uplift*

$$\gamma_{air} = 9,807 \text{ kN/m}^3 ; H_{air1} = 2,6250 \text{ m} ; H_{air2} = 3,2 \text{ m} ; B = 6,6 \text{ m}$$

$$P_{uplift} = 0,5 \times B \times H_{air} \times \gamma_{air}$$

$$P_{uplift} = 0,5 \times 6,6 \times (2,6250 + 3,2) \times 9,807$$

$$P_{uplift} = 188,5150 \text{ kN/m}$$

$$M_{uplift} = 1/3 \times B \times P_{uplift}$$

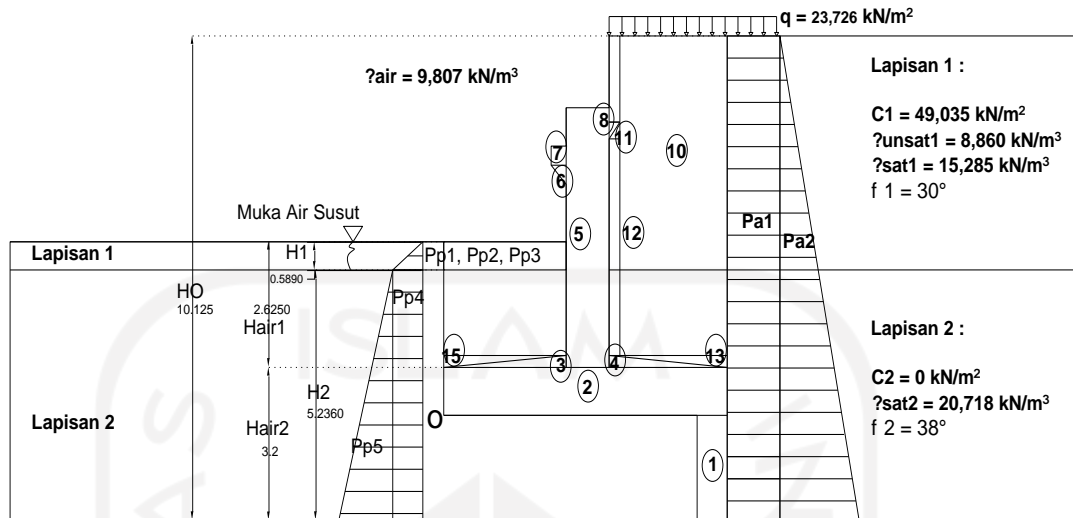
$$M_{uplift} = 1/3 \times 6,6 \times 188,5150$$

$$M_{uplift} = 414,733 \text{ kN.m}$$

j. Hitung tekanan dan momen pasif

$$c_1 = 49,035 \text{ kN/m}^2 ; c_2 = 0 \text{ kN/m}^2 ; \varphi_1 = 30^\circ ; \varphi_2 = 38^\circ ; \gamma_{sat1} = 15,285 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma_{unsat1} = 8,860 \text{ kN/m}^3 ; \gamma_{sat2} = 20,718 \text{ kN/m}^3 ; \gamma_{air} = 9,807 \text{ kN/m}^3$$



**Gambar 5.10 Diagram Distribusi Tegangan Tanah Lateral
(Kondisi Susut)**

$$K_{p1} = \tan^2 (45 + \phi/2)$$

$$K_{p1} = \tan^2 (45 + 30/2)$$

$$K_{p1} = 3$$

$$K_{p2} = \tan^2 (45 + 38/2)$$

$$K_{p2} = 4,204$$

$$P_{p1} = 0,5 \times H_1^2 \times (\gamma_{sat} - \gamma_{air}) \times K_p$$

$$P_{p1} = 0,5 \times 0,5890^2 \times (15,285 - 9,807) \times 3$$

$$P_{p1} = 2,850 \text{ kN/m}$$

$$P_{p2} = 2 \times c \times K_p^{0,5} \times H_2$$

$$P_{p2} = 2 \times 49,035 \times 3^{0,5} \times 0,5890$$

$$P_{p2} = 100,048 \text{ kN/m}$$

$$P_{p3} = 0,5 \times H_3^2 \times (\gamma_{sat} - \gamma_{air}) \times K_p$$

$$P_{p3} = 0,5 \times 0,5890^2 \times (15,285 - 9,807) \times 3$$

$$P_{p3} = 2,850 \text{ kN/m}$$

$$P_{p4} = 2 \times c \times K_p^{0,5} \times H_4$$

$$P_{p4} = 2 \times 0 \times 4,204^{0,5} \times 5,2360$$

$$P_{p4} = 0 \text{ kN/m}$$

$$P_{p5} = 0,5 \times H_5^2 \times (\gamma_{\text{sat}} - \gamma_{\text{air}}) \times K_p$$

$$P_{p5} = 0,5 \times 5,2360^2 \times (20,718 - 9,807) \times 4,204$$

$$P_{p5} = 628,7768 \text{ kN/m}$$

$$P_{\text{ptot}} = P_{p1} + P_{p2} + P_{p3} + P_{p4} + P_{p5}$$

$$P_{\text{ptot}} = 2,850 + 100,048 + 2,850 + 0 + 628,7768$$

$$P_{\text{ptot}} = 734,5269 \text{ kN/m}$$

$$M_{Pp1} = 1/3 \times P_{p1} \times H_1$$

$$M_{Pp1} = 1/3 \times 2,850 \times 0,5890$$

$$M_{Pp1} = 0,5596 \text{ kN.m}$$

$$M_{Pp2} = 1/2 \times P_{p2} \times H_2$$

$$M_{Pp2} = 1/2 \times 100,048 \times 0,5890$$

$$M_{Pp2} = 29,464 \text{ kN.m}$$

$$M_{Pp3} = 1/3 \times P_{p3} \times H_3$$

$$M_{Pp3} = 1/3 \times 2,850 \times 0,5890$$

$$M_{Pp3} = 0,5593 \text{ kN.m}$$

$$M_{Pp4} = 1/2 \times P_{p4} \times H_4$$

$$M_{Pp4} = 1/2 \times 0 \times 5,2360$$

$$M_{Pp4} = 0 \text{ kN.m}$$

$$M_{Pp5} = 1/3 \times P_{p5} \times H_5$$

$$M_{Pp5} = 1/3 \times 628,7768 \times 5,2360$$

$$M_{Pp5} = 1097,425 \text{ kN.m}$$

$$M_{\text{pptot}} = M_{Pp1} + M_{Pp2} + M_{Pp3} + M_{Pp4} + M_{Pp5}$$

$$M_{\text{pptot}} = 0,5596 + 29,464 + 0,5596 + 0 + 1097,425$$

$$M_{\text{pptot}} = 1128,0089 \text{ kN.m}$$

k. Hitung stabilitas guling

$$SF_{\text{guling}} = (M_O + M_{\text{hidro}} + M_{Pp}) / (M_{\text{gl}} + M_{\text{uplift}} + M_{\text{OEQ}})$$

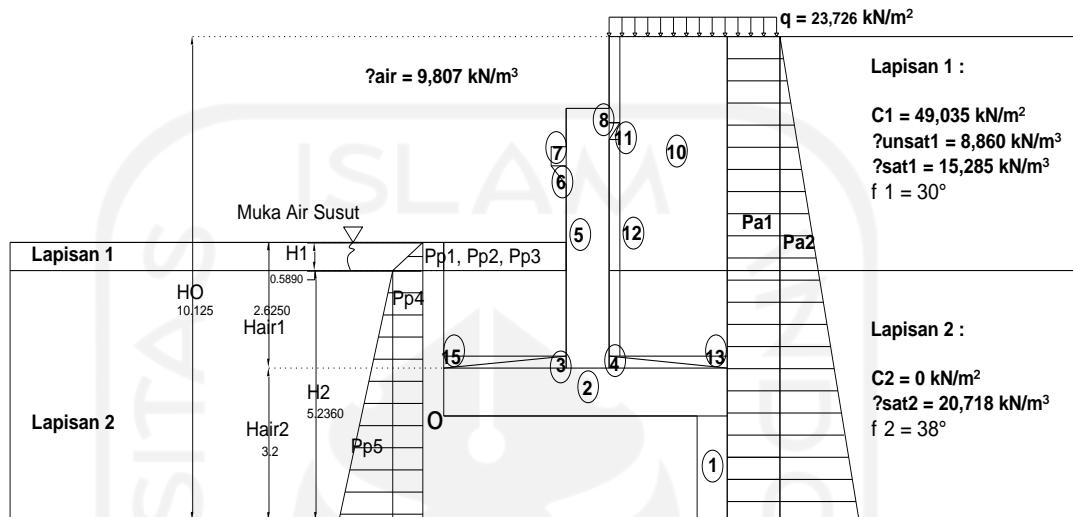
$$SF_{\text{guling}} = (3846,6273 + 323,0522 + 1128,008) / (1482,613 + 414,733 + 961,657)$$

$$SF_{\text{guling}} = 1,8529$$

l. Hitung stabilitas geser

$$c_1 = 49,035 \text{ kN/m}^2 ; c_2 = 0 \text{ kN/m}^2 ; \varphi_2 = 38^\circ ;$$

$$\gamma_{\text{sat}2} = 20,718 \text{ kN/m}^3 ; \gamma_{\text{air}} = 9,807 \text{ kN/m}^3$$



**Gambar 5.11 Diagram Distribusi Tegangan Tanah Lateral
(Kondisi Susut)**

$$R_h = c \times B + \Sigma W \times \tan \delta_b$$

$$R_h = 0 \times 6,6 + ((966,57 + 20,499) - 188,5150 \times \tan (1/3 \times 38)$$

$$R_h = 179,4738 \text{ kN/m}$$

$$SF_{\text{geser}} = (R_h + P_p + P_{\text{hidro}}) / (P_{\text{ag}} + EQ)$$

$$SF_{\text{geser}} = (179,4738 + 734,4798 + 166,378) / (402,33 + 241,6425)$$

$$SF_{\text{geser}} = 1,677$$

m. Hitung *eksentrisitas* akibat beban bekerja

$$x_e = (MO - M_{gl} - MOEQ) / \Sigma W$$

$$x_e = (3486,6273 - 1482,6139 - 961,657) / 987,069$$

$$x_e = 1,056 \text{ m}$$

$$e = (B/2) - x_e$$

$$e = (6,6/2) - 1,056$$

$$e = 2,244 \text{ m}$$

n. Hitung tekanan pada dasar pondasi

$$q = (\Sigma W/B) \times (1+(6e/B))$$

$$q = (987,069/6,6) \times (1+ (6 \times 1,056) / 6,6))$$

$$q = 454,7098 \text{ kN/m}^2$$

o. Hitung lebar efektif pondasi akibat *eksentrisitas*

$$B' = B - 2e$$

$$B' = 6,6 - 2 \times 2,244$$

$$B' = 2,112 \text{ m}$$

p. Hitung kapasitas dukung pondasi

$$c_2 = 0 \text{ kN/m}^2 ; \varphi_2 = 38^\circ ; \gamma_{\text{sat}2} = 20,718 \text{ kN/m}^3 ; \gamma_{\text{air}} = 9,807 \text{ kN/m}^3 ;$$

$$H/D_f = 1 \text{ m} ; N_c = 80,540 ; N_q = 65,340 ; N_\gamma = 77,2$$

$$q_u = c \times N_c + q \times N_q + 0,5 \times \gamma \times B \times N_\gamma$$

$$q_u = 0 \times 80,540 + 1 \times (20,718 - 9,807) \times 65,340 + 0,5 \times (20,718 - 9,807) \\ \times 2,112 \times 77,2$$

$$q_u = 1602,424 \text{ kN/m}^2$$

q. Hitung stabilitas kapasitas daya dukung

$$SF_{\text{dayadukung}} = q_u / q$$

$$SF_{\text{dayadukung}} = 1602,424/454,7098$$

$$SF_{\text{dayadukung}} = 3,524$$

5.3. Pembahasan

Proyek pembangunan jembatan Bandar Agung - Lawang Agung terletak di kecamatan Pasemah air keruh kabupaten Empat lawang provinsi Sumatera Selatan. Pada proyek pembangunan jembatan Bandar Agung - Lawang Agung mempunyai panjang jembatan 83 m dan lebar jembatan 9 m. Pada lokasi penelitian ini diketahui bahwa struktur berada di atas tanah lempung berpasir. Pondasi yang digunakan pada jembatan Bandar Agung - Lawang Agung ini adalah jenis pondasi dangkal. *Abutment* yang di pakai pada jembatan Bandar Agung - Lawang Agung ini yaitu jenis *abutment* T terbalik.

Analisis yang dipakai dalam perhitungan beban mati memakai SNI 1725 : 2016 yang terdiri dari beban struktur perkerasan, beban air hujan, dan beban trotoar. Analisis yang dipakai dalam perhitungan beban hidup memakai RSNI T 02 - 2005 yang terdiri dari beban lajur, beban rem, dan beban pejalan kaki. Analisis yang dipakai dalam perhitungan beban angin memakai RSNI T 02 - 2005 yang terdiri dari gaya angin yang meniup bidang jembatan, dan gaya angin yang meniup kendaraan. Analisis yang dipakai dalam perhitungan beban gempa memakai SNI 2847:2019

Stabilitas geser untuk kondisi banjir didapat sebesar 1,509, Stabilitas geser untuk kondisi susut didapat sebesar 1,677, dan Stabilitas geser untuk kondisi normal didapat sebesar 3,198 yang artinya pada ketiga kondisi tersebut aman terhadap geser. Stabilitas guling untuk kondisi banjir didapat sebesar 1,798, Stabilitas guling untuk kondisi susut didapat sebesar 1,8529, dan Stabilitas guling untuk kondisi normal didapat sebesar 3,612 yang artinya pada ketiga kondisi tersebut aman terhadap guling. Stabilitas daya dukung untuk kondisi banjir didapat sebesar 4,495, Stabilitas daya dukung untuk kondisi susut didapat sebesar 3,524, dan Stabilitas daya dukung untuk kondisi normal didapat sebesar 15,573 yang artinya pada ketiga kondisi tersebut aman terhadap daya dukung.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1. Kesimpulan

Dari hasil perhitungan dan pembahasan penurunan dan waktu konsolidasi dapat disimpulkan beberapa hal yaitu sebagai berikut ini.

1. Angka aman geser untuk kondisi banjir didapat $SF = 1,509$. SF geser untuk kondisi susut didapat $SF = 1,677$. dan SF geser untuk kondisi normal didapat $SF = 3,198$. Berdasarkan nilai SF tersebut, *abutment* dapat dikatakan aman terhadap gaya geser.
2. Angka aman guling untuk kondisi banjir didapat $SF = 1,798$. SF guling untuk kondisi susut didapat $SF = 1,8529$. dan SF guling untuk kondisi normal didapat $SF = 3,612$. Berdasarkan nilai SF tersebut, *abutment* dapat dikatakan aman terhadap gaya guling.
3. Angka aman daya dukung untuk kondisi banjir didapat $SF = 4,495$. SF daya dukung untuk kondisi susut didapat $SF = 3,524$. dan SF daya dukung untuk kondisi normal didapat $SF = 15,573$. Berdasarkan nilai SF tersebut, *abutment* dapat dikatakan aman terhadap gaya daya dukung.

6.2. Saran

Berdasarkan kesimpulan yang telah di paparkan diatas, maka dapat disarankan hal – hal sebagai berikut.

1. Pada penelitian berikutnya diharapkan analis dilakukan dengan metode elemen hingga yang dibantu dengan menggunakan *software* seperti plaxis , geo5, dan *software* geoteknik lainnya.
2. Pada penelitian selanjutnya diharapkan dilakukan penelitian dengan subjek penelitian jembatan untuk daerah lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

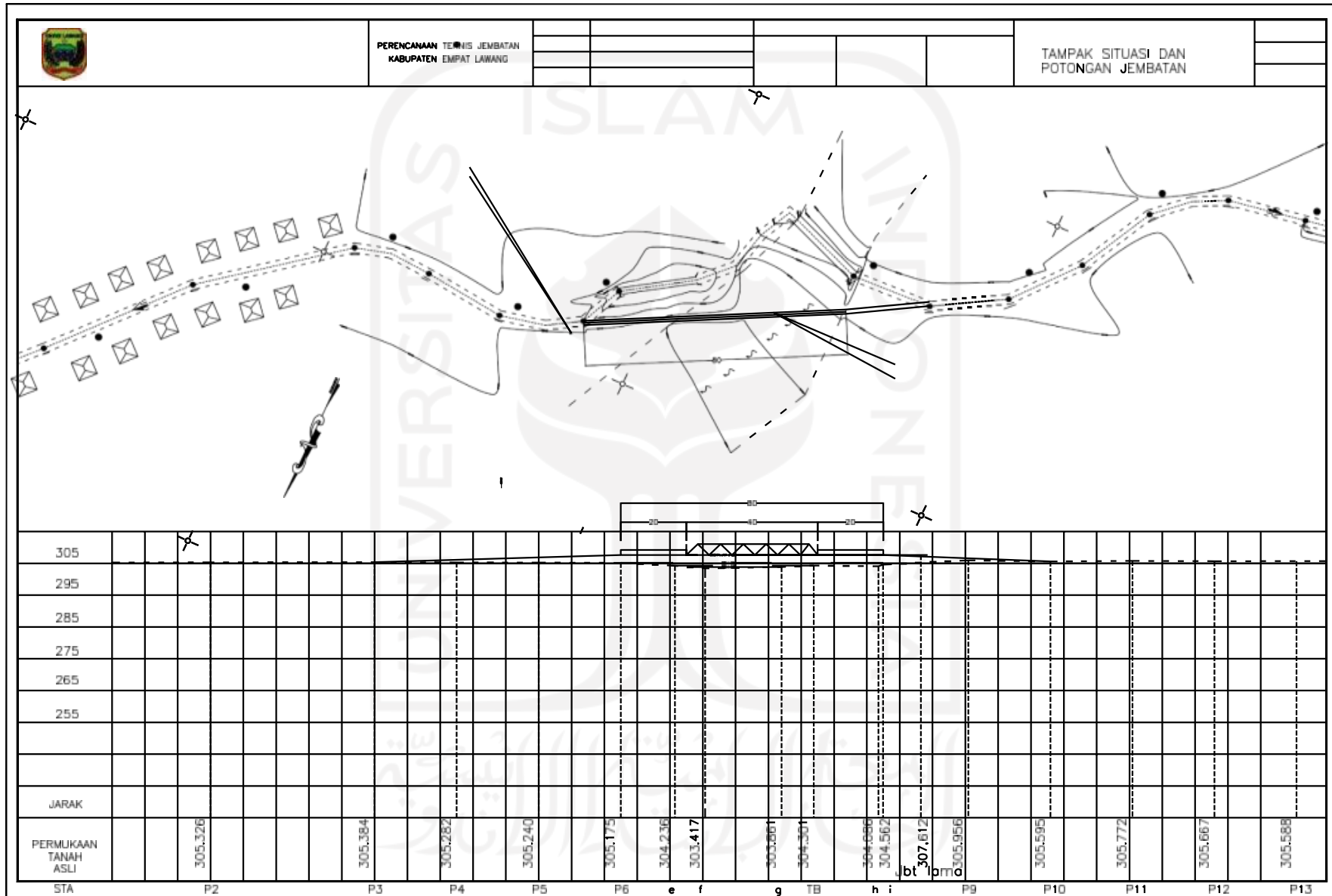
- Badan Standarisasi Nasional. 2016. *Perencanaan untuk Jembatan*. SNI 1725-2016, Jakarta
- Das, Braja M. 1995. *Mekanika Tanah 1*. Erlangga. Jakarta
- Direktorat Jenderal Bina Marga, 1992, *Peraturan Perencanaan Teknik Jembatan BMS 1992*, Badan Standarisasi Nasional.
- Direktorat Jenderal Bina Marga, 2005, *Standar Pembebanan Untuk Jembatan*, RSNI T-02-2005, Badan Standarisasi Nasional.
- Fitri, Amanda Aisyah. 2018. *Perencanaan Ulang Struktur Bawah Abutment dengan Pondasi Bored Pile*. Tugas Akhir (2018). Universitas Islam Indonesia.
- Gilang. 2018. *Perencanaan Ulang Struktur Bawah Abutment Menggunakan Pondasi Tiang Bor*. Tugas Akhir (2019). Universitas Islam Indonesia
- Hardiyatmo, H. C. 2002. *Mekanika Tanah 1*. Yogyakarta: Gajah Mada University Press.
- Hardiyatmo, H. C. 2014. *Mekanika Tanah 2*. Yogyakarta: Gajah Mada University Press.
- Heragita, L. A., Priyono, P., & Suhartinah, S. (2018). *Studi Kekuatan Stabilitas Abutment Pada Jalan Tol Pandaan–Malang STA 15+ 916 Terhadap Pengaruh Gempa Sesuai Dengan Sni 2833 – 2016*. *Jurnal Rekayasa Infrastruktur Hexagon*
- Lapis, J. O., Balamba, S., Sompie, O. B., & Sarajar, A. N. (2013). *Analisis Kestabilan Pondasi Jembatan Studi Kasus: Jembatan Essang-Lalue*. *Jurnal*

Sipil Statik.

- Lambe T.W. dan R.V. Whitman. 1969. *Soil Mechanics. John Wiley and Sons. New York*
- Lilionna (2018). *Studi Kekuatan Stabilitas Abutment Pada Jalan Tol Pandaan-Malang STA 15+916 Terhadap Pengaruh Gempa Sesuai Dengan SNI 2833-2016*. Jurnal Teknik. Universitas Muhammadiyah Jember.
- Maghfiroh, R. (2020). *Perencanaan Desain Pilar dan Abutment Pada Jembatan Sokong, Kecamatan Tanjung, Provinsi Lombok Utara*. Tugas akhir (2018) Universitas Muhammadiyah Malang.
- PUPR.2018.Jembatan Bandar Agung- Lawang Agung. *Pekerjaan Perencanaan Teknis Jembatan Kabupaten Empat Lawang, Empat Lawang*.
- Suntoso, Fajar. 2009. *Tinjauan Bangunan Bawah (Abutment) Jembatan Karang Kecamatan Karangpandan Kabupaten Karang Anyar*. Tugas Akhir (2009). Universitas Sebelas Maret.
- Tri Hartanto dan Achendri M. Kurniawan. 2018. *Perhitungan struktur dan volume bangunan abutment jembatan beton (Studi Kasus Jembatan Beton Bertulang di Desa Jolosutro Blitar)*. Jurnal Teknik. Universitas Blitar
- Yuliage, Uswatul Maulidah. 2021. *Perencanaan Abutment Jembatan Jalur Lintas Selatan Pasca Longsor Desa Paseban Kecamatan Kencong Kabupaten Jember*. Tugas Akhir. (2021). Universitas Jember.



LAMPIRAN



PERENCANAAN TEKNIS JEMBATAN
KABUPATEN EMPAT LAWANG

TAMPAK SITUASI DAN
POTONGAN JEMBATAN

