

PERANCANGAN ALTERNATIF FONDASI PADA JEMBATAN BUSANGA KABUPATEN MOROWALI UTARA PROVINSI SULAWESI TENGAH

Indah Fajar Rahmadani¹ dan Martini²

^{1,2}*Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Tadulako*

Jalan Soekarno Hatta Km. 8 Palu 94118

Email : indahfajar992@gmail.com

Abstrak

Fondasi dapat didefinisikan sebagai bagian sub struktur yang berada di dalam tanah yang akan mendukung segala beban yang diterima dari bangunan di atasnya dan meneruskannya ke dalam lapisan tanah pendukung yang telah diperhitungkan kekuatannya untuk menerima beban, sehingga struktur di atasnya tidak berubah kedudukannya. Dalam proyek pembangunan Jembatan Busanga dengan bentang 63 m diperlukan penyelidikan tanah, berupa Pengujian Boring atau *Standard Penetration Test* (SPT). Tujuan dari perancangan ini ialah memberikan alternatif fondasi di abutmen dan di pier pada jembatan Busanga dengan menganalisis/mengkaji kembali beban yang bekerja pada jembatan, merencanakan kembali fondasi jembatan Busanga dengan menggunakan fondasi bor pile berdasarkan hasil pengujian Boring dan SPT pada jembatan Busanga. Untuk perhitungan penurunan pada tiang tunggal di abutmen sebesar $S = 58,380$ mm dan Penurunan tiang tunggal di pier sebesar $S = 56,807$ mm dan penurunan tiang kelompok di abutmen sebesar $S_g = 229,278$ mm dan penurunan tiang kelompok di pier sebesar $S_g = 250,208$ mm. Penurunan yang terjadi baik pada tiang tunggal / kelompok di abutmen dan Pier, memenuhi syarat $< S_{ijin}$ yaitu 300 mm. Tulangan pokok yang diperoleh yaitu $\emptyset 16 - 25$ mm sedangkan tulangan melingkar yaitu $\emptyset 12 - 68$ mm pada fondasi bor pile di abutmen dan di pier.

Kata kunci: Fondasi Bor pile, SPT, Daya Dukung, Penurunan.

Abstract

A foundation can be defined as a sub-structure that is in the ground that will support all the loads received from the building above it and pass it into the supporting soil layer whose strength has been calculated to accept the load, so that the structure above does not change its position. In the Busanga Bridge construction project with a span of 63 m, a soil investigation is required, in the form of a Boring Test or Standard Penetration Test (SPT). The purpose of this design is to provide an alternatif foundation in the abutment and pier on the Busanga bridge by analyzing/reviewing the loads that work on the bridge, re- planning the Busanga bridge foundation using a pile drill foundation based on the results of the Boring and SPT tests on the Busanga bridge. For the calculation of the settlement of the single pile in the abutment is $S = 58.380$ mm and the reduction of the single pile in the pier is $S = 56.807$ mm and the settlement of the group pile in the abutment is $S_g = 229.278$ mm and the settlement of the group pile in the pier is $S_g = 250.208$ mm. The settlement that occurs in both the single pile / group at the abutment and Pier, meets the requirements $< S_{ijin}$, namely 300 mm. The main reinforcement obtained is $\emptyset 16-25$ mm while the circular reinforcement is $\emptyset 12-68$ mm on the drill pile foundation in the abutment and pier.

Key words: Pile Drill Foundation, SPT, Bearing Capacity, Reduction.

1. Pendahuluan

Jembatan merupakan struktur yang dibuat untuk menyeberangi jurang atau rintangan seperti sungai, rel kereta api ataupun jalan raya. Jembatan dibangun untuk penyeberangan pejalan kaki, kendaraan atau kereta api di atas halangan. Jembatan juga merupakan bagian dari infrastruktur transportasi darat yang sangat vital dalam aliran perjalanan (*traffic flows*). Jembatan sering menjadi komponen kritis dari suatu ruas jalan, karena sebagai penentu beban maksimum kendaraan yang melewati ruas jalan tersebut. Proyek pembangunan jembatan Busanga terletak di Kabupaten Morowali Utara, Provinsi Sulawesi Tengah. Bentangan jembatan mencapai 63m dan terdiri dari dua segmen masing-masing 31,5m. Dalam pelaksanaannya, digunakan jembatan gelagar untuk material bangunan atas jembatan, untuk bangunan bawah jembatan yaitu *abutment* dan *pier* digunakan konstruksi beton bertulang sedangkan untuk fondasi pada *abutment* menggunakan fondasi sumuran dan fondasi pada *pier* menggunakan fondasi tiang pancang. Adapun jenis penyelidikan tanah yang dilakukan pada proyek tersebut ialah pengujian lapangan yakni pengujian SPT. Dari hasil pengujian SPT di lapangan, didapatkan pada kedalaman 3,00 m sudah mendapatkan tanah berpasir yang dimana jumlah pukulan yang didapat sebanyak 61 kali. Data yang didapatkan dari pengujian SPT digunakan untuk menentukan fondasi yang digunakan untuk *abutmen* dan *pier*. Data tersebut didapatkan dari PT. Multi Karsa Madatama. Apabila dalam perencanaannya dimana fondasi yang digunakan untuk *abutment* dan *pier* yakni fondasi bor pile. Karena pada saat pelaksanaan yang mudah dan menghemat biaya pelaksanaan.

1.1. Rumusan Masalah

- Menganalisis kembali beban yang bekerja pada bangunan atas jembatan Busanga.
- Merencanakan fondasi Bor Pile yang mampu memikul beban jembatan Busanga dengan menggunakan kedalaman Bor Pile berdasarkan hasil pengujian boring dan spt pada jembatan Busanga Kabupaten morowali utara.

Merancang kembali dimensi fondasi *abutment* dan *pier* menggunakan fondasi bor pile pada kedalaman saat mencapai batas ultimitnya berdasarkan data pengujian Boring dan SPT.

Dari penelitian tugas akhir ini penulis berharap dapat memberikan alternatif lain dari perancangan fondasi khususnya pada jembatan Busanga.

1.2. Lingkup Perancangan

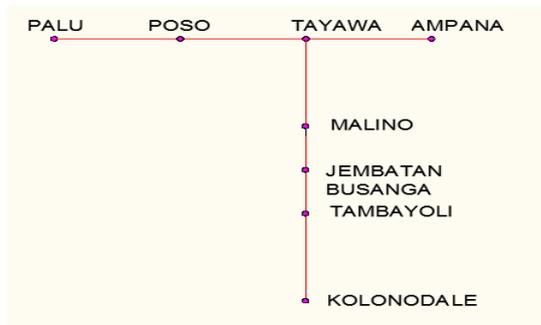
Adapun lingkup Perancangan dalam penyusunan tugas akhir ini meliputi:

- a) Data beban bangunan atas jembatan berdasarkan data sekunder (desain yang sudah ada).
- b) Fondasi yang akan direncanakan yaitu pada bagian *abutment* dan *pier* menggunakan fondasi bor pile.
- c) Menganalisis kembali pembebanan bangunan atas jembatan.
- d) Data yang digunakan dalam perancangan fondasi merupakan data SPT (*Standar Penetration Test*).

2. Lokasi dan Data Perancangan

2.1. Lokasi Perancangan

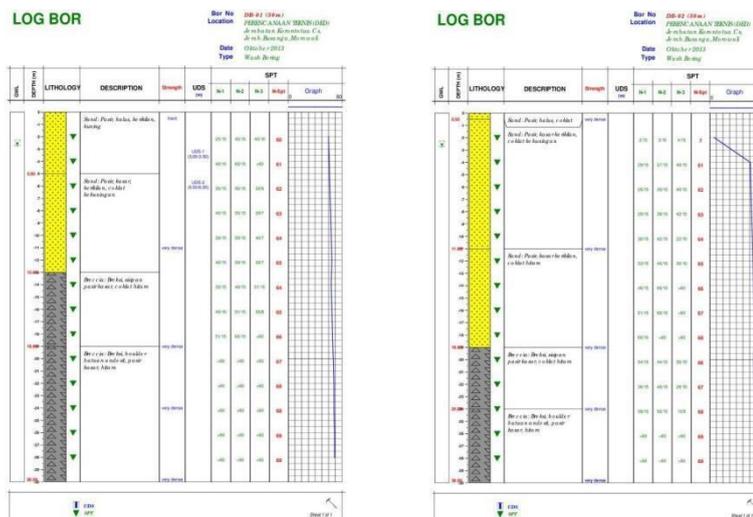
Lokasi Jembatan Busanga terletak di Desa Soyo jaya, Kabupaten Morowali utara dimana jarak tempuh yang dilalui sekitar 298,5 km dari Kota Palu, Sulawesi Tengah. Bentang jembatan mencapai 63 m terdiri dari 2 (dua) buah segmen, masing-masing sepanjang 31,50 m dengan koordinat - 1,6257188 121,1612559.



Gambar 1. Sketsa Lokasi Jembatan Busanga dan Peta lokasi Malino dan Tambayoli

2.2. Data Perancangan

Data-data yang digunakan dalam perencanaan jembatan Busanga yaitu data sekunder yang sudah ada, berupa data tanah hasil pengujian lapangan, yaitu hasil uji bor dan hasil uji SPT pada Gambar 2.



Gambar 2. Data Tanah

3. Tinjauan Pustaka Dan Landasan Teori

3.1. Tinjauan Pustaka

1. Definisi Fondasi

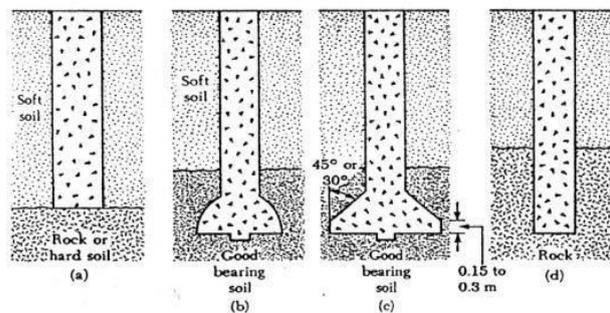
Fondasi dapat didefinisikan sebagai bagian substruktur yang berada di dalam tanah yang akan mendukung segala beban yang diterima dari bangunan di atasnya dan meneruskannya ke dalam lapisan tanah pendukung yang telah di perhitungkan kekuatannya untuk menerima beban, sehingga struktur di atasnya tidak berubah kedudukannya (Hardiyatmo, 2002).

2. Jenis-jenis Fondasi

Pemilihan jenis fondasi yang akan digunakan sebagai struktur bawah (*substructure*) dipengaruhi oleh berbagai faktor antara lain kondisi tanah, beban yang diterima oleh fondasi, biaya dan metode pelaksanaan. Secara umum fondasi dapat dibagi menjadi 2 (dua) macam yaitu fondasi dangkal (*shallow foundation*) dan fondasi dalam (*deep foundation*).

- a. Fondasi Dangkal (*Shallow foundation*)
- b. Fondasi Dalam (*Deep foundation*)
- c. Fondasi Tiang Bor

Hardiyatmo (2018) menyatakan bahwa tiang bor adalah fondasi tiang yang pemasangannya dilakukan dengan mengebor tanah lebih dulu, kemudian tulangan baja dimasukkan dalam lubang bor dan kemudian diisi/dicor dengan beton. Ada beberapa alasan dalam pemakaian tiang bor dibandingkan dengan tiang pancang adalah:



Gambar 3. Jenis-Jenis *Bored Pile*, Das 2014 Metode Pelaksanaan Tiang Bor

Prinsip-prinsip pelaksanaan tiang bor pada tanah yang tidak mudah longsor adalah sebagai berikut :

1. Tanah digali dengan mesin bor sampai kedalaman yang dikehendaki
2. Dasar lubang bor dibersihkan
3. Tulangan yang dirakit dimasukkan ke dalam lubang bor dan lubang bor diisi/dicor dengan beton.

3.2. Landasan Teori

3.2.1. Pembebanan pada Jembatan

- a. Beban Mati

Beban mati adalah berat semua bahan dan bagian jembatan yang berasal dari berat sendiri jembatan.

- b. Beban Hidup

Sesuai dengan perencanaan jembatan BM 100%, di dalam penggunaan beban hidup tak penuh yang dikarenakan perhitungan- perhitungan khusus (misalnya jembatan semi permanen, jembatan dibawah standar, jembatan sementara), penggunaan beban 100% yaitu 100% beban “T” dan 100% beban “D”, adapun beban lainnya dapat dilihat pada Tabel 1 dibawah ini:

Tabel 1. Beban Sekunder dan Beban Khusus yang Bekerja Pada *Abutment* dan *Pier*

Beban Sekunder	Gaya khusus yang bekerja	
	<i>abutment</i>	<i>pier</i>
1) Gaya rem	1) Gaya akibat tekanan tanah vertikal	1) Aliran air/sungai
2) Gaya angin	2) Gaya akibat tekanan tanah aktif	2) Gaya hanyutan
3) Gaya Gempa	(tekanan tanah lateral)	3) Gaya tumbukan
4) Beban khusus		

Perencanaan Fondasi Busanga

1. Kapasitas daya dukung fondasi Busanga
 - a. Kapasitas dukung fondasi Busanga menggunakan data N-SPT
 - b. Menghitung kapasitas dukung fondasi sumuran menggunakan parameter tanah kohesi dan sudut gesek dalam (c & ϕ).
 - c. Menghitung kapasitas dukung ijin tiang (Qall)
2. Penurunan fondasi Busanga
 - a. Penurunan tiang tunggal
 - b. Penurunan kelompok tiang
 - c. Penurunan yang diizinkan

Tabel 2. Penurunan Izin Rata-Rata untuk Berbagai Bangunan

Jenis Bangunan	Penurunan izin rata-rata (mm)
Bangunan dengan dinding bata sederhana $L/H \geq 2,5$ $L/H \leq 2,5$	80 100
Bangunan dengan dinding bata yang diperkuat dengan beton	150
Bangunan rangka	100
Fondasi beton bertulang kokoh, menara atau cerobong asap	300

Sumber: Das, 1999

4. Metode Perancangan

4.1. Pengumpulan Data

1. Data Tanah

Data tanah yang didapatkan merupakan data sekunder dari hasil pengujian SPT dan Boring yang dilakukan oleh PT. Multi Karsa Madatama. Pada proyek jembatan Busanga yang dilakukan pada tahun 2013 yang dimana pengujian dilakukan pada dua titik pengujian masing-masing pada fondasi untuk *abutment* dan *pier* dengan nomor pengujian DB-1 dan DB-2.

Berdasarkan hasil data geoteknik pada DB-1 dengan kedalaman 30 m, pada kedalaman 3 m didapatkan nilai N-SPT yaitu $60 > 45$ dan pada kedalaman 13,00 m didapatkan nilai N-SPT yaitu $65 > 45$ yang merupakan jenis tanah pasir sedangkan DB-2 dengan kedalaman 30 m, pada kedalaman 3 m didapatkan nilai N-SPT $61 > 45$ dan pada kedalaman 24 m didapatkan $68 > 45$ sehingga jenis tanah yang didapatkan jenis tanah pasir.

2. Data Bangunan Atas

Data bangunan atas jembatan Busanga diperoleh dari hasil perencanaan teknik jembatan. Data bangunan atas yang digunakan adalah data yang berkaitan dengan pembangunan jembatan Busanga yang diperoleh dari Bina Marga Sulawesi Tengah dengan pekerjaan pembangunan jembatan Busanga (balok girder) oleh PT. Multi Karsa Madatama pada tahun 2013. Kemudian dilakukan analisis kembali beban yang bekerja berdasarkan dimensi bangunan atas yang sudah ada, (gambar rencana jembatan dapat dilihat pada lampiran).

4.2 Prosedur Perancangan

Adapun prosedur dari perancangan alternatif ini meliputi:

a) Analisis Pembebanan Bangunan Jembatan

Berdasarkan gambar rencana dilakukan perhitungan pembebanan bangunan atas jembatan dengan menganalisis gambar perencanaan teknis jembatan Busanga yang merupakan data sekunder. Tujuan untuk memperoleh beban yang terjadi / bekerja pada abutmen dan pilar.

b) Perhitungan Pondasi

Setelah semua data-data yang dibutuhkan telah lengkap maka selanjutnya ke proses perhitungan mulai dari perencanaan pondasi bor pile. Untuk perencanaan pondasi bor pile untuk bagian abutment dan pier, dihitung sebagai kelompok bor pile. Adapun langkah-langkah menghitung pondasi bor pile adalah sebagai berikut:

1. Menghitung kapasitas daya dukung pondasi bor pile menggunakan data N-SPT

a) Menghitung kapasitas ultimit bor pile dan tiang tunggal

$$Q_p = A_p (38. N) (L_b/d) \leq 380 N (A_p) \quad (1)$$

b) Menghitung kapasitas dukung pondasi bor pile menggunakan parameter tanah kohesi dan sudut gesek dalam (c & ϕ).

- Menentukan nilai kohesi (c) Secara umum nilai kohesi (c) dapat diambil sebesar 0,6 kali nilai N-SPT dimana nilai c dalam satuan ton/m² (Terzaghi, 1943).

- Menentukan nilai sudut gesek dalam (ϕ)

$$\phi = \sqrt{20 N + 15} \quad (2)$$

- Menghitung tahanan ujung Bor pile (Q_p)

$$Q_p = Q_p = A_p q_p = A_p \times q' \times N_q \leq A_p \times q_1 \quad (3)$$

- Menghitung tahanan gesek Bor pile (Q_s):

$$Q_s = \sum p \times \Delta L \times N_{60} \quad (4)$$

c) Menghitung Kapasitas Ultimit Tiang (Qu)

Digunakan nilai Qp dan Qs yang terkecil dari kapasitas dukung pondasi sumuran menggunakan data N –SPT dan kapasitas dukung pondasi sumuran menggunakan parameter tanah kohesi (c) dan sudut gesek dalam (ϕ).

Sehingga:

$$Q_u = Q_p + Q_s \quad (5)$$

a) Menghitung kapasitas daya dukung yang diizinkan.

$$Q_{all} = Q_u / SF \quad (6)$$

b) Menentukan jumlah tiang yang diperlukan:

$$n = \frac{P}{Q_{all}} \quad (7)$$

c) Daya dukung untuk pondasi Busanga kelompok:

$$Q_g = n \cdot Q_{all} \quad (8)$$

d) Kontrol stabilitas pondasi terhadap beban vertikal (Pv) dan momen (M) yang bekerja.

$$P_v = \frac{P \times B_y}{n} \pm \frac{M \times B_y}{m(Sn)} + W_p \quad (9)$$

e) Kontrol stabilitas pondasi terhadap beban horizontal

$$H = \frac{K \times D}{\beta} \delta a \quad (10)$$

f) Efisiensi Tiang Bor pile

$$E_g = 1 - \theta \frac{(n-1)m + (m-1)n}{90 mn} \quad (11)$$

g) Penurunan pondasi Busanga pada *abutment*

Menghitung penurunan pada pondasi untuk tiang tunggal menggunakan metode semi-empiris.

- Penurunan karena tiang tunggal, S_1

$$S_1 = \frac{(Q_{wp} + \xi Q_{ws}) L}{A_p E_p} \quad (12)$$

- Penurunan karena beban ujung, S_2

$$S_2 = \frac{(Q_{wp} C_p)}{D q_p} \quad (13)$$

- Penurunan karena beban friksi, S_3

$$S_3 = \frac{(Q_{wp} C_s)}{L q_p} \quad (14)$$

- Maka, penurunan total (S):

$$S = S_1 + S_2 + S_3 \quad (15)$$

- Menghitung penurunan pondasi untuk tiang kelompok.

$$S_g = S \sqrt{\frac{B_g}{D}} \quad (16)$$

- Kontrol penurunan yang terjadi terhadap penurunan izin.

$$S_g \leq S_{izin} \quad (17)$$

h) Penulangan pondasi Busanga pada *abutment*

- Menghitung tulangan pokok
- Menentukan ρ_t ($1\% (1\% < \rho_g < 8\%)$)
- Menentukan diameter tulangan pokok (D)
- Menghitung luas tulangan pokok yang dibutuhkan (A_s):

$$A_s = \rho_t \times A_c \quad (18)$$

Dengan:

$$A_c = K \times t \quad (19)$$

- i) Menghitung luas tulangan pokok

$$A_{sD16} = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \quad (20)$$

- j) Menghitung jumlah tulangan (n):

$$n = \frac{A_s}{A_{sD16}} \quad (21)$$

- k) Menghitung keliling penempatan tulangan pokok:

$$b = \pi \times D_1 \quad (22)$$

- l) Menghitung jarak tulangan pokok (S):

$$S = \frac{b_1}{\left(\frac{n}{2}\right) - 1} \quad (23)$$

- Menghitung tulangan melingkar
- Merencanakan diameter tulangan melingkar
- Menentukan selimut beton (d_s)
- Menentukan mutu baja tulangan (f_y)
- Menentukan mutu beton (f_c)
- Menghitung luas tulangan melingkar

$$A_s = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \quad (24)$$

- Menghitung Diameter pondasi dikurangi selimut beton.

$$D_c = D - (2 \times d_s) \quad (25)$$

- Luas dari inti ke tulangan melingkar:

$$A_c = \frac{1}{4} \times \pi \times D_c^2 \quad (26)$$

- Menghitung luas pondasi Busanga

$$A_g = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \quad (27)$$

- Menghitung rasio penulangan

$$\rho_s = 0,45 \left(\left(\frac{A_g}{A_c} \right) - 1 \right) \times \left(\frac{f_c'}{f_y} \right) \quad (28)$$

- Menghitung jarak tulangan melingkar

$$S = \frac{4 \times A_s (D_c - d_s)}{D_c^2 \times \rho_s} \quad (29)$$

2. Perencanaan pondasi Busanga pada pier dilakukan sesuai prosedur perhitungan perencanaan pondasi sumuran pada *abutment*

- d) Gambar hasil perancangan

5. Hasil dan Pembahasan

5.1. Analisa Pembebanan Bangunan Atas (*Superstructure*) Jembatan

Perhitungan beban mati

Rekapitulasi beban mati bangunan atas jembatan:

Total = 2293,186 kN

Perhitungan beban hidup

Rekapitulasi beban hidup bangunan atas jembatan:

Beban P:

Total = 2101,858 kN

Beban Horizontal:

Total = 256,417 kN

5.2. Pembebanan pada *Abutment* Jembatan

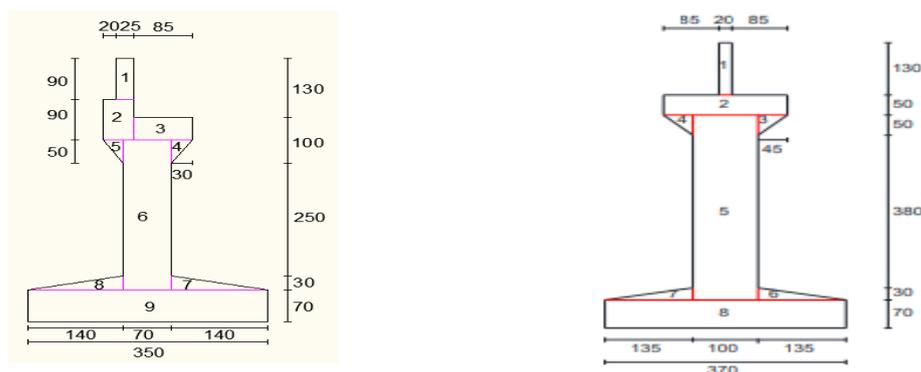
Gaya-gaya yang bekerja pada *abutment* antara lain:

Beban mati:

- a) Berat sendiri abutment = 153,240 kN/m'
- b) Beban mati bangunan atas = 124,467 kN/m'
- c) Gaya akibat beban tanah di belakang abutment = 128,807 kN/m'

Beban hidup yang diperhitungkan adalah:

- a) Beban hidup bangunan atas = 114,083 kN/m'
- b) Gaya rem = 27,138 kN/m'
- c) Gaya akibat tekanan tanah aktif = 214,785 kN/m'
- d) Gaya gempa = 18,910 kN
- e) Beban angin = 7,426 kN



Gambar 3. Dimensi *Abutment* Pier pada Jembatan Busanga

Tabel 3. Total Pembebanan *Abutment*

Aksi	P (kN/m)	Tx (kN/m)	Ty (kN/m)	Mx (kN.m)	My (kN.m)
Beban mati:					
Akibat berat sendiri	153,240				7,752
Akibat bangunan atas	124,467				6,225
Akibat beban vertikal tanah	120,807				6,403
Beban hidup:					
Beban hidup bangunan atas	209,805				5,705
Akibat gaya rem		27,138		157,403	
Akibat tekanan tanah		112,406		224,866	
Beban gempa		315,859		580,864	
Beban angin			7,426		34,716
Jumlah : Σ	608,319	475,322	7,426	953,052	60,801

Tabel 4. Rekapitulasi Gaya-gaya yang Bekerja Per Meter Lebar *Abutment*

Kombinasi	P (kN/m)	Tx (kN/m)	Ty (kN/m)	Mx (kN)	My (kN)
Komb.1	746,232	140,508	0	595,889	37,584
Komb.2	518,068	140,508	0	281,083	26,174
Komb.3	518,068	140,508	0	281,083	26,174
Komb.4	518,068	140,508	7,426	281,083	60,801
Komb.5	518,068	456,357	0	861,947	26,174
Komb.6	518,068	140,508	0	281,083	26,174

5.3. Perhitungan Pembebanan Pada *Pier* Jembatan

Gaya-gaya yang bekerja pada *pier* antara lain: Beban mati :

- a. Berat sendiri *pier* = 216,720 kN/m'
- b. Beban mati bangunan atas = 118,205 kN/m' Beban hidup :
 - a. Beban hidup bangunan atas = 108,343 kN/m'
 - b. Gaya rem (gaya horizontal) = 25,773 kN/m'
 - c. Gaya gempa = 334,908 kN
 - d. Beban angin = 7,814kN
 - e. Aliran air = 7,508 kN.m
 - f. Benda hanyutan = 204,569 kN
 - g. Tumbukan = 80 kN.m

Tabel 5. Total Pembebanan Pier

Aksi	P (kN/m)	T _x (kN/m)	T _y (kN/m)	M _x (kN.m)	M _y (kN.m)
Beban mati:					
Akibat berat sendiri	216,720				10,836
Akibat bangunan atas	118,205				7,078
Beban hidup:					
Beban hidup bangunan atas	108,343				6,487
Akibat gaya rem		25,773		182,989	
Beban gempa		334,908		840,953	
Beban angin			7,814		36,921
Aliran air / hanyutan / tumbukan			204,569		1097,104

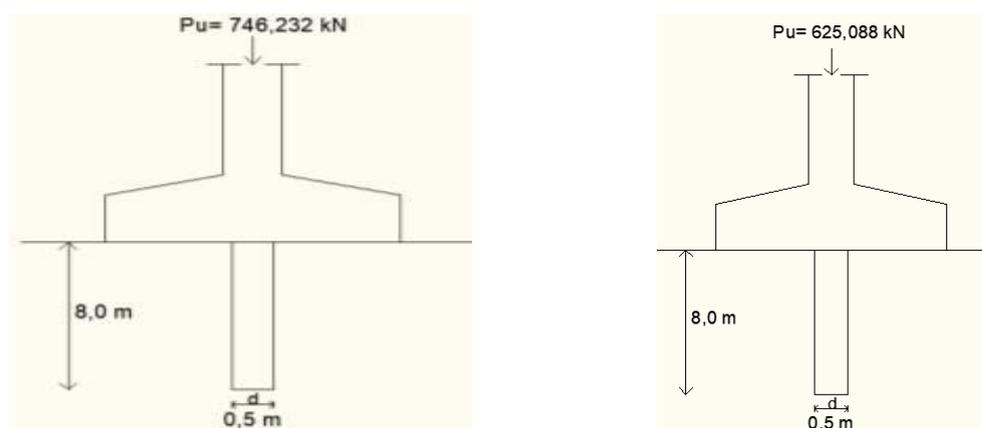
Tabel 6. Rekapitulasi Gaya-gaya yang Bekerja Per Meter Lebar Abutment

Kombinasi	P (kN/m)	T _x (kN/m)	T _y (kN/m)	M _x (kN)	M _y (kN)
Komb.1	625,088	51,546	0,000	365,978	36,262
Komb.2	435,402	0,000	0,000	0,000	23,288
Komb.3	435,402	0,000	204,169	0,000	1120,392
Komb.4	435,402	0,000	9,377	0,000	67,142
Komb.5	435,402	51,546	0,000	365,978	23,288
Komb.6	435,402	0,000	0,000	0,000	23,288

5.4. Perencanaan fondasi

5.4.1. Perencanaan Fondasi pada Abutment dan Pier

Menentukan dimensi penampang fondasi Busanga



Gambar 4. Rencana Fondasi Busanga pada Abutment dan Pier

Kapasitas dukung fondasi Busanga menggunakan data N -SPT:

Tahanan ujung fondasi Busanga (Qp):

88 Jurnal Sains dan Teknologi Tadulako

Rahmadani, I., F. dan Martini.

$$Q_p (\text{abutment}) = 4317,978 \text{ kN}$$

$$Q_p (\text{pier}) = 5853,595 \text{ kN}$$

Tahanan gesek tiang (Q_s):

$$Q_s (\text{abutment}) = 78,000 \text{ kN}$$

$$Q_s (\text{pier}) = 78,000 \text{ kN}$$

Kapasitas dukung fondasi sumuran menggunakan parameter tanah kohesi (c) dan sudut gesek dalam (ϕ):

Tahanan ujung tiang (Q_p):

$$Q_p (\text{abutment}) = 20853,956 \text{ kN}$$

$$Q_p (\text{pier}) = 20853,956 \text{ kN}$$

Tahanan gesek tiang (Q_s):

$$Q_s (\text{abutment}) = 1156,173 \text{ kN}$$

$$Q_s (\text{pier}) = 1156,173 \text{ kN}$$

Kapasitas ultimit tiang (Q_u):

Digunakan nilai Q_p dan Q_s yang terkecil dari kapasitas dukung fondasi Busanga menggunakan data $N-SPT$ dan kapasitas dukung fondasi Busanga menggunakan parameter tanah kohesi (c) dan sudut gesek dalam (ϕ). Maka,

$$Q_u (\text{abutment}) = 5474,151 \text{ kN}$$

$$Q_u (\text{pier}) = 5951,595 \text{ kN}$$

Menghitung Kapasitas dukung izin tiang (Q_{all}):

$$Q_{all} (\text{abutment}) = 31824,717 \text{ kN}$$

$$Q_{all} (\text{pier}) = 1310,531 \text{ kN}$$

Beban yang bekerja disepanjang *abutment*:

$$P (\text{abutment}) = 6874,289 \text{ kN}$$

$$P (\text{pier}) = 6063,354 \text{ kN}$$

Menentukan jumlah tiang yang diperlukan:

$$n (\text{abutment}) = \frac{P}{Q_{all}} = \frac{6874,289 \text{ kN}}{31824,717 \text{ kN}} = 4,286 \approx 5 \text{ buah}$$

$$n (\text{pier}) = \frac{P}{Q_{all}} = \frac{6874,289 \text{ kN}}{1310,531 \text{ kN}} = 4,286 \approx 5 \text{ buah}$$

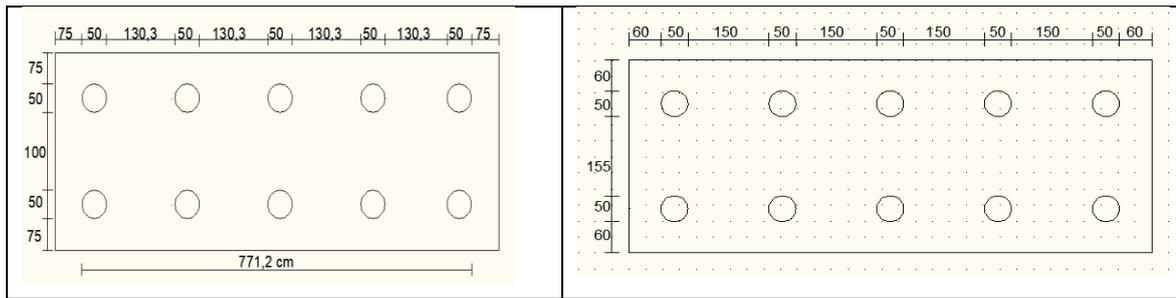
Daya dukung untuk pondasi Busanga kelompok:

$$Q_g (\text{abutment}) = 18247,170 \text{ kN} > P = 6874,289 \text{ kN}$$

$$Q_g (\text{pier}) = 13105,310 \text{ kN} > P = 6063,354 \text{ kN}$$

$$Q_g (\text{abutment dan pier}) > P \dots (\text{aman})$$

Adapun konfigurasi pondasi rencana sebagai berikut :



Gambar 5. Sketsa Konfigurasi Fondasi pada Abutment dan Sketsa Konfigurasi pada Pier

Kontrol stabilitas pondasi terhadap beban vertikal (P_v) dan momen (M) yang bekerja:

Pada *abutment*:

$$P_v \text{ max} = 4025,313 \text{ kN}$$

$$P_v \text{ min} = 2848,975 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} \text{Syarat} & : 0 < P_v \text{ min} < P_v \text{ max} < Q_u \\ & : 0 < 2848,975 \text{ kN} < 4025,313 \text{ kN} < \\ & \quad 5474,151 \text{ kN} \dots (\text{aman}) \end{aligned}$$

Pada *Pier*:

$$P_v \text{ max} = 29500,413 \text{ kN}$$

$$P_v \text{ min} = 29314,117 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} \text{Syarat} & : 0 < P_v \text{ min} < P_v \text{ max} < Q_u \\ & : 0 < 29314,117 \text{ kN} < 29500,413 \text{ kN} < \\ & \quad 3931,595 \text{ kN} \dots (\text{aman}) \end{aligned}$$

Kontrol stabilitas pondasi terhadap beban horizontal:

$$\Sigma H (\text{abutment}) = 82235,480 \text{ kN}$$

$$\Sigma T_y (\text{abutment}) = 1980,439 \text{ kN}$$

$$\Sigma H (\text{pier}) = 82236,480 \text{ kN}$$

$$\Sigma T_y (\text{pier}) = 1980,439 \text{ kN}$$

Kontrol:

$$\Sigma H (\text{abutment}) > \Sigma T_y (\text{abutment}) \dots \text{aman}$$

$$\Sigma H (\text{pier}) > \Sigma T_y (\text{pier}) \dots (\text{aman})$$

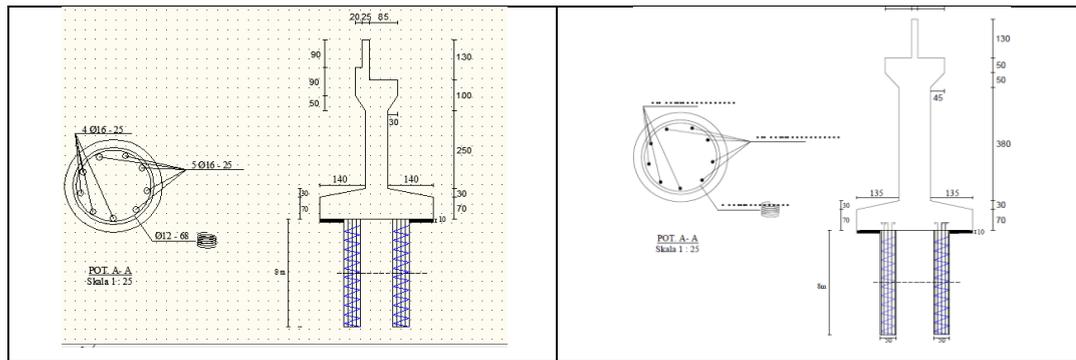
Penurunan pondasi sumuran pada *abutment* dan *pier*:

$$S (\text{abutment}) = 58,380 \text{ mm}$$

$$S (\text{pier}) = 56,807 \text{ mm}$$

$$S_g (\text{abutment}) = 229,278 \text{ mm}$$

$$S_g (\text{pier}) = 250,208 \text{ mm}$$



Gambar 6. Penulangan Fondasi Busanga pada Abutmen dan Pier

Tulangan pokok pada pier:

9Ø16 - 25 mm

Tulangan melingkar pada pier:

Ø12 - 68 mm

6. Kesimpulan Dan Saran

6.1. Kesimpulan

1. Dari hasil perhitungan kapasitas ultimit tiang (Q_u) pada *abutment* yaitu sebesar 5474,151 kN, sedangkan kapasitas ultimit tiang (Q_u) pada *pier* sebesar 3931,595 kN dan dari hasil perhitungan beban yang bekerja di sepanjang *abutment* (P) yaitu sebesar 6874,289 kN dan beban yang bekerja di sepanjang *pier* sebesar 6063,354 kN.
2. Daya dukung fondasi bor pile kelompok (Q_g) dengan sepuluh fondasi bor pile pada *abutment* dengan diameter bor pile 50 cm dan kedalaman 8 m didapatkan $Q_g = 18247,170 \text{ kN} > P = 6874,289 \text{ kN}$, sedangkan daya dukung fondasi bor pile kelompok dengan sepuluh fondasi bore pile pada *pier* dengan diameter bor pile 50 cm dan kedalaman 8 m didapatkan $Q_g = 13105,310 \text{ kN} > P = 6874,289 \text{ kN}$.
3. Dari hasil perhitungan Stabilitas fondasi terhadap beban vertikal (P_v) dan momen (M) pada *abutment* didapatkan $P_v \text{ max} = 4025,313 \text{ kN}$ dan $P_v \text{ min} = 2848,975 \text{ kN}$, sedangkan pada *pier* didapatkan $P_v \text{ max} = 29500,413 \text{ kN}$ dan $P_v \text{ min} = 29314,117 \text{ kN}$. Dengan syarat $0 < P_v \text{ min} < P_v \text{ max} < Q_u$ maka, fondasi pada *abutment* dan *pier* stabil terhadap beban vertikal dan momen.
4. Dari hasil perhitungan stabilitas fondasi terhadap beban horizontal (H) pada *abutment* didapatkan $\Sigma H = 82236,480 \text{ kN} > \text{Beban } H \text{ yang bekerja di sepanjang } abutment (\Sigma T_y) = 1980,439 \text{ kN}$, sedangkan pada *pier* didapatkan $\Sigma H = 82236,480 \text{ kN} > \text{Beban } H \text{ yang bekerja di sepanjang } pier (\Sigma T_y) = 1980,439 \text{ kN}$. Sehingga, fondasi pada *abutment* dan *pier* aman terhadap beban horizontal.
5. Penurunan tiang tunggal pada *abutment* sebesar $S = 58,380 \text{ mm}$ dan penurunan tiang tunggal pada *pier* sebesar $S = 56,807 \text{ mm}$ dan penurunan tiang kelompok pada *abutment* $S_g = 229,278 \text{ mm} < \text{penurunan izin rata-rata } 300 \text{ mm}$ dan penurunan tiang kelompok pada *pier* $S_g = 250,208 \text{ mm} < \text{penurunan izin rata-rata } 300 \text{ mm}$.
6. Dari hasil perhitungan diperoleh tulangan pokok Ø16-25 mm sedangkan tulangan melingkar Ø12-

68 mm pada fondasi bor pile di *abutment* dan di *pier*.

6.2. Saran

1. Perlu adanya data tanah hasil pengujian CPT sehingga dapat dilakukan perbandingan dengan daya dukung tanah yang diperoleh dari hasil pengujian SPT.
2. Perlu adanya ketelitian dalam menganalisa pembebanan jembatan yang dimaksud ialah dalam memperhitungkan beban-beban yang bisa saja/mungkin terjadi.

7. Daftar Pustaka

- Anonim. (2013). Dinas Bina Marga Kementerian Pekerjaan Umum: Pekerjaan Pembangunan Jembatan Busanga, Sulawesi Tengah.
- Anonim. (2013) Data Laporan Geoteknik Perencanaan Teknis (DED) Jembatan Korontotua Cs, Kab Morowali, Sulawesi Tengah
- ASTM, D1586 , *Test Method for Penetration Test and Splitbarrel Sampling of Soil*
- Bridge Management System. Peraturan Perencanaan Teknik Jembatan. BMS 1992.
- Badan Standarisasi Nasional, 2008. *Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Jembatan (SNI 2833:2008)*. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional, 2016. *Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Jembatan (SNI 1725; 2016)*. Jakarta.
- Terzaghi, K. And Peck, R.B. (1967), *Soil Mechanics in Engineering Practice*, John Wiley and Sons, Inc, USA.2nd Edition.
- Mansur, C.I. and Hunter, A.A. (1970). *Pile Test – Arkansas River Project*, JSMFD, ASCE, Vol.96, SM5, Sept., pp.1521-1541.
- Vis, W.C dan Kusuma, Gideon H. 1997. *Dasar-dasar Perencanaan Beton Bertulang*. Jakarta: Google Earth. (2018). Google Map. <http://www.googleearth.com> (diakses tanggal 26 September 2018)
- Basah, Suryolelono, 1994. *Teknik Fondasi Bagian II*. Nafiri, Yogyakarta.
- Das, Braja M., Endah, Noor, Mochtar, Indrasurya B. 1985. *Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip.Rekayasa Geoteknis)* Jilid 1. Erlangga, Jakarta.
- Das, 1990. *Mekanika Tanah. Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknik*. Erlangga, Jakarta.
- Hardiyatmo, H.C.2002.*Mekanika Tanah I*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Hardiyatmo, H.C, 2008. *Teknik Fondasi I Edisi Keempat*. PT. Gramedia, Jakarta.
- Hardiyatmo, H.C. 2011. *Analisis dan Perancangan Fondasi I*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Manu, A.I. (1995). *Dasar-Dasar Perencanaan Jembatan Beton Bertulang*. PT. Mediatama Saptakarya. DPU.
- Sosaradarsono, S. dan Nakazawa, K., 1994. *Mekanika Tanah dan Teknik Fondasi*. PT. PradyaParamita. Jakarta.
- Sardjono, H. S., 1988, *Fondasi Tiang Pancang Jilid 1*,. Sinar Wijaya, Surabaya.
- Sardjono, 1988.*Rekayasa Fondasi II Fondasi Dangkal dan Fondasi Dalam*. Guna Dharma, Jakarta.
- Struyk, H.J, Van der Veen, K.H.C.W, Soemargono, 1995. *Jembatan*. PT. Pradnya Paramita. Jakarta.
- Vesic A.S (1967). *A study of Bearing Capacity of deep Foundation, Final Rep. Praj. B-189, School of civil Eng Georgia Atlanta*