

EVALUASI KAPASITAS DAYA DUKUNG PONDASI BORED PILE TIANG TUNGGAL DAN KELOMPOK PADA PROYEK PEMBANGUNAN BOX CULVERT BH 14 A, 14 B LINTAS KERETA API MEDAN - BINJAI

Lamroy David M. Manurung, Jupriah Sarifah, Ronal H. T. Simbolon

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Islam Sumatera Utara

lamroymanroe@gmail.com; jupriah.sarifah@gmail.com; ronal.h.t.simbolon@ft.uisu.ac.id

Abstrak

Pondasi sebagai dasar konstruksi harus mampu memikul seluruh beban konstruksi dan beban lain yang ada di atasnya, untuk diteruskan sampai ke lapisan tanah atau batuan dibawahnya. Pembangunan Box Culvert BH 14A, 14B di lintas kereta api Medan - Binjai menggunakan pondasi utama yaitu pondasi bored pile. Jenis pondasi yang digunakan ini dipilih berdasarkan kondisi lapisan tanah yang ada di daerah tersebut. Pondasi bored pile yang digunakan untuk memikul bangunan Box Culvert perlu dilakukan Analisa kapasitasnya supaya dapat diketahui apakah pondasi tersebut aman untuk dilaksanakan. Data penyelidikan tanah yaitu sondir yang diperoleh dari lapangan dan data DED (Detail Engineering Design) / data perencanaan dipakai sebagai acuan untuk menghitung beban yang ada di atas pondasi bored pile yaitu Analisa beban Box Culvert, analisa kapasitas tiang tunggal, analisa kelompok tiang. Tujuan dari perhitungan analisa tersebut untuk mendapatkan hasil kapasitas bored pile. Analisa kapasitas bored pile yang diperoleh adalah beban maksimum Box Culvert sebesar 32.700 kg dan diketahui bahwa kapasitas tiang tunggal yang diijinkan pada pondasi bored pile sebesar 62.969 kg dinyatakan mampu menahan beban maksimum dari tembok penahan tanah dan analisa kapasitas tiang kelompok didapatkan sebesar 143.289 kg dan lebih tinggi dari pada beban total memakai kombinasi pembebanan sebesar 15.806 kg yang bekerja pada Box Culvert. Dengan demikian pondasi bored pile yang dilaksanakan dinyatakan aman.

Kata Kunci : Sondir, Bored Pile, Kapasitas, Box Culvert

I. PENDAHULUAN

Pembangunan dalam bidang transportasi darat baik konstruksi utama maupun sarana pendukung lainnya merupakan salah satu program utama pemerintah untuk mendorong pertumbuhan ekonomi suatu wilayah. Pertumbuhan ekonomiyang disertai peningkatan jumlah penduduk, peningkatan jumlah kendaraan, peningkatan lalu lintas angkutan barang/jasa dan sebagainya, perlu diimbangi dengan penambahan dan perbaikan sarana prasarana.

Kota Medan dan Kota Binjai dikenal sebagai dua dari 33 Daerah Kabupaten/Kota di Provinsi Sumatera Utara. Kondisi daerah perkotaan yang memiliki, tingginya jumlah penduduk, intensitas kendaraan yang tinggi (baik kendaraan roda dua maupun kendaraan roda empat), membuat daerah perkotaan memerlukan moda transportasi alternatif dah bersifat transportasi umum. Dengan adanya moda transportasi alternatif dan umum, nantinya diharapkan dapat mengurangi intensitas kendaraan yang padat, mengurangi pencemaran udara, suara, dan lingkungan. Salah satu dari banyaknya moda transportasi alternatif, ialah kereta api. Tahun 2020 akhir, pemerintah merealisasikan proyek paket peningkatan jalan kereta api lintas Kota Medan - Kota Binjai sepanjang 21 km. Diharapkan setelah rampungnya proyek, dapat menjadi jawaban akan

tingginya jumlah populasi penduduk baik di Kota Medan – Kota Binjai. Namun pada pertengahan perlintasan jalur kereta api lintas Kota Medan – Kota Binjai, diperlukan Box Culvert sebagai penopang kereta api untuk melewati parit besar dengan lebar 4 meter.

Box Culvert atau gorong-gorong adalah bangunan yang dibangun dibawah jalan atau jembatan yang dipergunakan sebagai jalur penghubung seperti jalan, saluran air (drainase), pipa gas, pipa kabel listrik, dan lain sebagainya. Pada dasarnya box culvert adalah sebuah konstruksi yang menyerupai “pipa” persegi atau persegi panjang yang terbuat dari beton bertulang untuk memperkuat konstruksi memikul beban yang diatasnya.

Dikarenakan topografi daerah yang akan dibangun box culvert ialah areal tanah yang dialiri oleh parit besar, maka perlu dilakukan penentuan pondasi guna memastikan beban yang bekerja diatasnya dapat aman. Penentuan tipe pondasi yang relevan dengan beban dan kondisi lapisan tanah di bawahnya. Pembangunan box culvert di di Jln. Asrama No.3, Helvetia, Kec. Medan Helvetia. Kota Medan. Provinsi Sumatera menggunakan pondasi utama yaitu pondasi bored pile. Jenis pondasi yang digunakan ini dipilih berdasarkan kondisi lapisan tanah yang ada di daerah tersebut. Pondasi bored

pile yang digunakan untuk memikul tembok penahan tanah perlu dilakukan Analisa kapasitasnya supaya dapat diketahui apakah pondasi tersebut aman untuk digunakan.

Analisis kapasitas pondasi yang aman terhadap beban-beban yang bekerja di atasnya. Pondasi merupakan struktur bagian bawah dari konstruksi bangunan yang berhubungan langsung dengan tanah dan berfungsi sebagai pemikul beban bangunan dari atas dan akan menyalurkannya ke dalam tanah. Pondasi yang kuat adalah pondasi yang mampu menahan beban di atasnya dan menyalurkan beban ke dalam tanah serta mampu untuk menahan gaya-gaya yang berasal dari luar seperti angin maupun gempa bumi (Hulu, 2015).

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pondasi

Menurut *Gunawan* (1983), pondasi adalah suatu bagian dari konstruksi bangunan yang berfungsi meletakkan bangunan dan meneruskan beban bangunan atas (*upper structure/super structure*) ke dasar tanah yang cukup kuat mendukungnya. Untuk tujuan itu pondasi bangunan harus diperhitungkan dapat menjamin kestabilan bangunan terhadap berat sendiri, beban-beban berguna dan gaya-gaya luar, seperti tekanan angin, gempa bumi dan lain-lain tanpa mengakibatkan terjadi keruntuhan geser tanah dan penurunan (*settlement*) tanah / pondasi yang berlebihan.

Menurut *Frick* (1980), menyatakan bahwa pondasi merupakan bagian bangunan yang menghubungkan bangunan dengan tanah yang menjamin kestabilan bangunan terhadap berat sendiri, beban hidup dan gaya – gaya luar terhadap gedung seperti tekanan angin, gempa bumi dan lain – lain.

Menurut *Bowles* (1997), pondasi merupakan bagian dari suatu sistem rekayasa yang meneruskan beban yang ditopang oleh pondasi dan beratnya sendiri kepada dan kedalam tanah atau bebatuan yang terletak dibawahnya.

Fungsi pondasi yaitu:

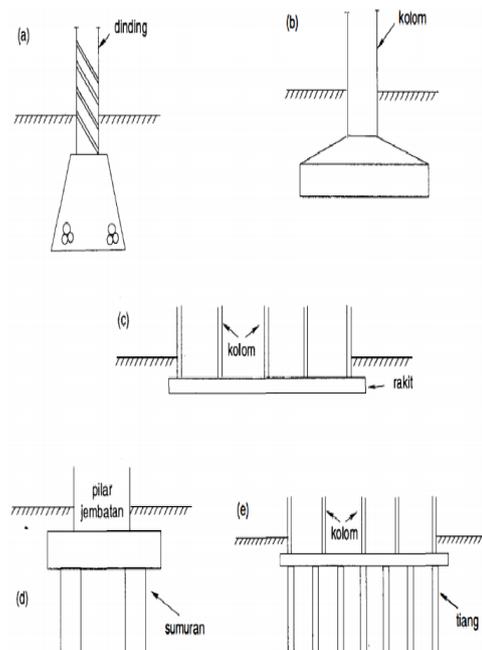
1. Sebagai kaki bangunan atau alas bangunan
2. Sebagai penahan bangunan dan meneruskan beban dari atas ke dasar tanah yang cukup kuat
3. Sebagai penjaga agar kedudukan bangunan tetap stabil (tetap)

2.1.1 Jenis-Jenis Pondasi

Menurut *Zainal & Respati* (1995), pondasi menerima beban vertikal dari bangunan di atasnya dan meneruskan ke tanah di bawahnya, maka fungsi dari pondasi adalah memindahkan atau membagi beban bangunan yang ada baik beban mati (beban sendiri dan beban tetap bangunan) maupun beban hidup (beban yang bergerak). Sehingga pondasi merupakan bagian konstruksi bangunan yang berfungsi sebagai penopang bangunan dan meneruskan beban di atasnya (*upper structure*) ke

lapisan tanah. Dengan memiliki daya dukung yang cukup yaitu lapisan tanah keras.

Menurut *Hardiyatmo* (2011), pondasi bangunan pada umumnya dibedakan menjadi dua yaitu pondasi dangkal (*Shallow Foundation*) dan pondasi dalam (*deep foundation*). Pondasi dangkal didefinisikan sebagai pondasi yang mendukung bebannya secara langsung, seperti: pondasi telapak, pondasi memanjang dan pondasi rakit. Pondasi dalam didefinisikan sebagai pondasi yang meneruskan beban bangunan ke tanah keras atau batu yang terletak relatif jauh dari permukaan, contohnya pondasi sumuran dan pondasi tiang, ditunjukkan dalam Gambar 1.



Gambar 1. Macam-macam tipe pondasi

Sumber: *Hardiyatmo, 1996*

- a. Pondasi telapak adalah pondasi yang berdiri sendiri dalam mendukung kolom.
- b. Pondasi memanjang adalah pondasi yang digunakan untuk mendukung dinding memanjang atau digunakan untuk mendukung sederetan kolom yang berjarak dekat, sehingga bila dipakai pondasi telapak sisi-sisinya akan berimpit satu sama lain.
- c. Pondasi rakit (*raft foundation/mat foundation*), adalah pondasi yang digunakan untuk mendukung bangunan yang terletak pada tanah lunak atau digunakan bila susunan kolom-kolom jaraknya sedemikian dekat di semua arah, sehingga bila dipakai pondasi telapak, sisi-sisinya akan berimpit satu sama lain.
- d. Pondasi sumuran (*pier foundation*) yang merupakan bentuk peralihan antara pondasi dangkal dan pondasi tiang, digunakan bila tanah dasar yang kuat terletak pada kedalaman yang relatif dalam.

e. Pondasi tiang (*pile foundation*), digunakan bila tanah pondasi pada kedalaman yang normal tidak mampu mendukung bebannya, dan tanah keras terletak pada kedalaman yang sangat dalam. Demikian pula, bila pondasi bangunan terletak pada tanah timbunan yang cukup tinggi, sehingga bila bangunan diletakkan pada timbunan akan dipengaruhi oleh penurunan yang besar. Bedanya dengan pondasi sumuran adalah pondasi tiang umumnya berdiameter lebih kecil dan lebih panjang.

Box Culvert

Box Culvert atau gorong-gorong adalah bangunan yang dibangun dibawah jalan atau jembatan yang dipergunakan sebagai jalur penghubung seperti jalan, saluran air (drainase), pipa gas, pipa kabel listrik, dan lain sebagainya. Pada dasarnya *box culvert* adalah sebuah konstruksi yang menyerupai “pipa” persegi atau persegi panjang yang terbuat dari beton bertulang untuk memperkuat konstruksi memikul beban yang di atasnya. Pengerjaannya dapat dilakukan dengan cor ditempat (*cast in site*) dan banyak juga terbuat dari beton pra cetak (*precast*). *Cast in site* adalah system pengecoran beton *cast in site* yang dilakukan di tempat. Sedangkan sistem pabrikasi *precast* (Cor Pabrik) suatu system dimana pengecoran dilakukan di pabrik yang bersifat permanen, dimana pembuatan komponen – komponen konstruksi dibuat secara masal terlebih dahulu di pabrik sehingga diperoleh komponen – komponen yang bermutu tinggi atau sesuai dengan yang direncanakan menjadi bangunan utuh dengan bantuan alat berat yaitu crane dan truck sebagai alat pengangkutan beton pracetak dari lokasi pabrik ke lokasi proyek. (<https://en.wikipedia.org/wiki/Culvert>)

2.3.1 Fungsi *Box Culvert*

Box Culvert sudah digunakan secara luas dalam hubungannya dengan jalan kereta api, jembatan, kanal, terowongan, dan lainnya. Aplikasi yang umum menggunakan tembok penahan tanah antara lain sebagai berikut:

- a. Saluran pembuangan drainase
- b. Mengalirkan limbah saniter, maupun limbah air kotor, untuk dialirkan ke sungai terdekat.
- c. Utilitas saluran air bersih, kabel PLN, kabel telepon, dan kabel Telkom
- d. Irigasi kawasan persawahan
- e. Mengalir aliran dibawah jalan raya, jalan tol, jalan kereta api, atau bendungan
- f. Akses lalu lintas, menghubungkan jalan lama yang telah dibuat namun jalan tersebut terhalang oleh struktur lainnya yang berada di atas jalan tersebut, biasanya status jalan tersebut adalah jalan kolektor yang dilalui kendaraan dengan jumlah yang besar, selain sebagai penghubung

box culvert juga sebagai jalur alternative untuk mengurangi kemacetan.

III. METODE PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Lokasi Proyek Pembangunan Box Culvert BH 14A, 14B berada di Jln. Asrama No.3, Helvetia, Kec. Medan Helvetia. Kota Medan. Provinsi Sumatera Utara dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Lokasi Pelaksanaan Proyek
Sumber: Google Map

3.2 Data Teknis Bored pile

Data ini diperoleh dari pihak kontraktor dengan data sebagai berikut:

1. Panjang *bored pile* (L) : 6,3 m
2. Diameter *bored pile* (d) : 50 cm
3. Mutu beton *bored pile* (f_c') : 24,9 Mpa

3.3 Metode Pengumpulan Data

Untuk menyelesaikan dan menyempurnakan penulisan tugas akhir ini dilakukan beberapa metode pengumpulan data antara lain:

a. Pengambilan Data

Pengambilan data diperoleh dari PT RAFARA TIGA UTAMA selaku penanggungjawab proyek, data yang diambil meliputi:

- a. Gambar lengkap (denah, layout rencana, potongan, detail – detail)
- b. Data penyelidikan tanah yaitu data sondir

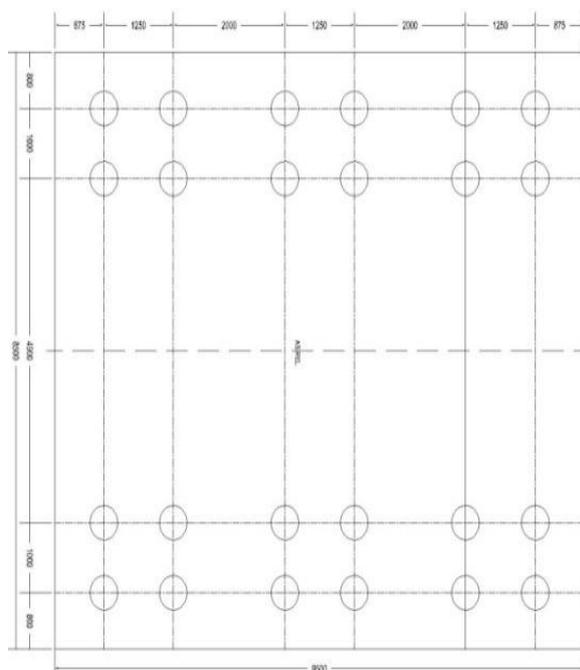
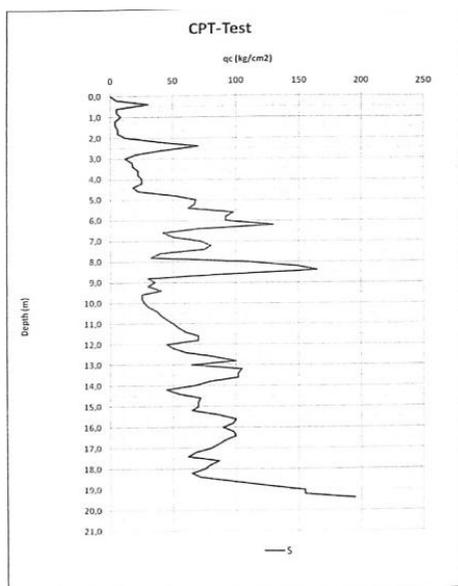
b. Studi kepustakaan

Melakukan *review* dan studi kepustakaan terhadap *text book* dan jurnal-jurnal yang terkait dengan pondasi *bored pile*, *box culvert*, daya dukung pondasi dan melakukan analisis antara data yang diperoleh dengan buku yang sesuai pembahasan tentang penggunaan teori dan persamaan yang sesuai dan jenis literatur lainnya yang berhubungan.

3.4 Data Sondir

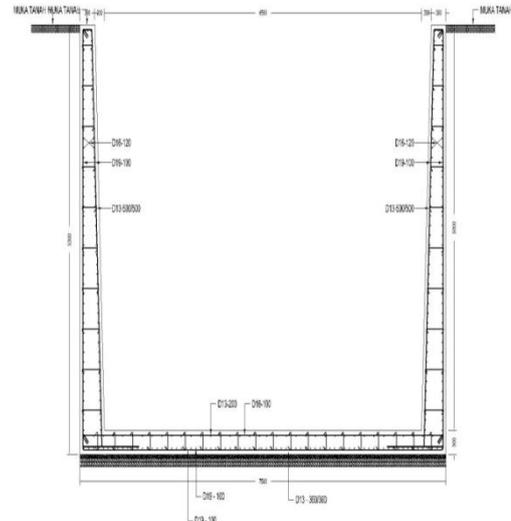
Dari hasil pengujian dengan alat sondir diperoleh data sebagai berikut:

Tabel 1. Data Pengujian



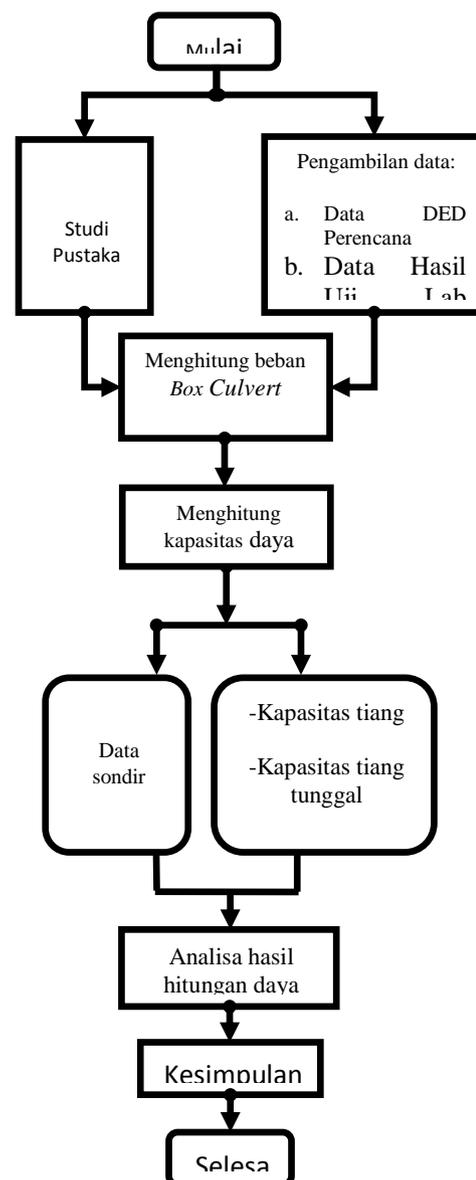
Gambar 3. Denah Titik Bored Pile .

Sumber: PT.RAFARA TIGA UTAMA



Gambar 4. Potongan Box Culvert.

Sumber: PT.RAFARA TIGA UTAMA



Gambar 5. Bagan alur analisis

IV. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1 Kapasitas Tiang Tunggal

Dari hasil uji yang didapatkan dilapangan dilakukan analisis kapasitas terhadap tiang tunggal sebagai berikut:

Data pondasi:

Perancangan pondasi *bored pile*
= diameter 50 cm

Kapasitas Ultimit *bored pile* (Q_u)

= menggunakan data sondir

Rencana kedalaman pondasi *bored pile* (L)
= 7 m

Berdasarkan data sondir dengan menggunakan metode Schmertmann mengajurkan perhitungan dukung ujung menurut cara Begemann, yaitu diambil dari nilai rata-rata perlawanan ujung sondir 8D diatas ujung tiang dan 0,7D dibawah ujung tiang dan D adalah diameter atau sising tiang *bored pile*.

Maka, didapatkan:

$$\begin{aligned} L_{qc1} &= 8 \times \text{diameter } \textit{bored pile} \\ &= 8 \times 0,5 \text{ m} \\ &= 4,0 \text{ m} \\ &= \text{kedalaman pondasi} - L_{qc1} \\ &= 7 \text{ m} - 4 \text{ m} \\ &= 3 \text{ m} \end{aligned}$$

Nilai rata-rata qc 1 dihitung dari kedalaman 3,00 m sampai kedalaman pondasi 7,00 m

Rata-rata qc1,

$$\begin{aligned} &= \frac{12 + 17 + 18 + 22 + 22 + 25 + 25 + 18 + 22 + 52 + 68}{+ 67 + 62 + 98 + 92 + 92 + 130 + 70 + 42 + 50 + 72} \\ &= \frac{1076}{21} \\ &= 51 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

L_{qc2} = 0,7 x diameter *bored pile*

$$\begin{aligned} &= 0,7 \times 0,5 \text{ m} \\ &= 0,35 \text{ m} \\ &= \text{kedalaman } \textit{bored pile} + L_{qc2} \\ &= 7,0 \text{ m} + 0,35 \text{ m} \\ &= 7,35 \text{ m} \end{aligned}$$

Nilai rata-rata qc 2 dihitung dari kedalaman 7,20 m sampai kedalaman pondasi 7,40 m

$$\begin{aligned} \text{Rata-rata qc 2} &= \frac{80 + 75}{2} \\ &= \frac{155}{2} \\ &= 78 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Rata-rata qc keseluruhan} = \frac{qc_1 + qc_2}{2}$$

$$\begin{aligned} &= \frac{129}{2} \\ &= 65 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

JHP adalah nilai TSF dari data sondir

$$= 496 \text{ kg/cm}$$

Diameter pondasi *bored pile*

$$\begin{aligned} d &= 0,5 \text{ m} \\ &= 0,5 \text{ m} \times 100 \\ d &= 50 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A &= \frac{1}{4} \times \pi \times (d)^2 \\ &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times (50)^2 \\ &= 1.963 \text{ cm}^2 \\ &= 0,1963 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Berat tiang = A . $L_{\text{bored pile}}$. berat volume beton

$$\begin{aligned} &= 0,1256 \text{ m}^2 \cdot 7 \text{ m} \cdot 2400 \text{ kg/m}^3 \\ &= 3298 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} K &= \pi \times d \\ &= 3,14 \times 50 \\ &= 157 \text{ cm} \end{aligned}$$

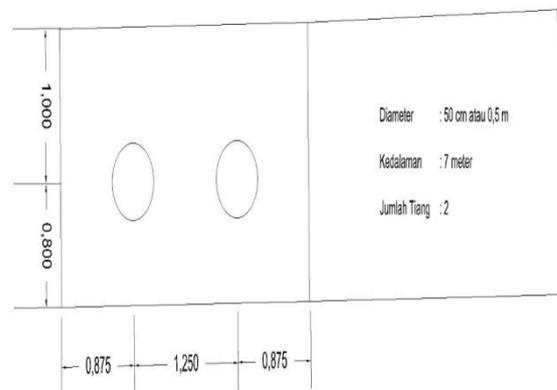
Syarat $\frac{L}{d} > 10$

$$\begin{aligned} \frac{L}{d} &= \frac{7}{0,5} \\ &= 14 > 10 \text{ (memenuhi syarat)} \end{aligned}$$

Maka kapasitas ultimit tiang adalah

$$\begin{aligned} Q_u &= \frac{1}{3} \times qc \times A + \frac{1}{5} \times K \times \text{JHP} \\ &= \frac{1}{3} \times 65 \text{ kg/cm}^2 \times 1.963 \text{ cm}^2 + \\ &\quad \frac{1}{5} \times 157 \text{ cm} \times 496 \text{ kg/cm} \\ &= 58106 \text{ kg} \end{aligned}$$

Kontrol akibat beban maksimum



Gambar 5. Kontrol akibat beban maksimum
Sumber: PT.RAFARA TIGA UTAMA

Lebar poer = 0,875 + 1,250 + 0,875
 = 3,0 m
 Panjang poer = 2 m
 Tinggi poer = 0,7 m
 $P_{poer} = \text{tinggi} \times \text{lebar} \times \text{panjang} \times \gamma_c$
 = 0,7 m x 3,0 m x 1,8 m x 2400 g/m³
 = 9072 kg
 $P_{total} = V + P_{poer}$
 = 15319 kg + 9072 kg
 = 24391 kg

My diambil dari data $\sum M$ Box Culvert

My = -51.244 kg.m

Jumlah tiang minimum

$n = \frac{V}{Q_a}$
 = $\frac{15319 \text{ kg}}{58106 \text{ kg}}$
 = 0,2636 tiang
 n_{rencana} = 2 tiang

x (letak pusat kelompok tiang) dari data Box Culvert
 = - 0,625 m

$\sum x^2 = 4 \times \left(\frac{1,250}{2}\right)^2$
 = 1,562 m
 $P_{max} = \frac{P_{total}}{n} + \frac{M_y \cdot X}{\sum x^2}$
 = $\frac{24391 \text{ kg}}{2} + \frac{-51244 \text{ kgm} \cdot -0,625 \text{ m}}{1,562 \text{ m}}$
 $P_{max} = 32.699,661 \text{ kg} \Rightarrow 32.700 \text{ kg}$

Jadi, Pmax < Pa
 32.700 kg < 62.969 kg (memenuhi)

4.2 Kapasitas Kelompok Tiang

Adapun sebelum mencari nilai keamanan beban yang bekerja pada box culvert, perlu dicari nilai Vtotal yang dapat diketahui dengan menggunakan kombinasi pembebanan sebagai berikut:

Kombinasi pembebanan

Meliputi, dari semua beban – beban yang bekerja pada Box Culvert. Baik aksi tetap, aksi transien, dan aksi lingkungan pada struktur bangunan Box Culvert.

Tabel 2. Kombinasi Pembebanan

No	Jenis Beban	Kombinasi -1	Kombinasi -2	Kombinasi -3
	Aksi Tetap			

1	Beban Sendiri (MS)	834,05 kN	834,05 kN	834,05 kN
2	Beban Mati Tambahan (MA)	18,53 kN	18,53 kN	18,53 kN
3	Beban Hidup (MH)	850 kN	850 kN	850 kN
4	Beban Kejut (MK)	647 kN	647 kN	647 kN
5	Tekanan Tanah (TA) Aksi Transien	139,19 kN	139,19 kN	139,19 kN
6	Beban Kereta Api (TKA) Aksi Lingkungan	56,66 kN	56,66 kN	
7	Beban Angin (EW)			7,28 kN
8	Beban Gempa (EQ)			129,88 kN

Sumber: Hasil Hitungan

Jadi,

Vtotal = Beban Sendiri (MS) + Beban Mati Tambahan (MA) + Beban Hidup (MH) + Beban Kejut (MK) + Beban Kereta Api (TKA) + Beban Angin (EW) + Beban Gempa (EQ)

Vtotal = 834,05 kN + 18,53 kN + 850 kN + 647 kN + 139,19 kN + 56,66 kN + 7,28 kN + 129,88 kN

Vtotal = 2.682,59 kN \Rightarrow 2.683 kN : 0,0098 , = 15.805,77 Kg

= 15.806 Kg

Kontrol Uplift (Dorong)

Q atau Pu = B . h . γ_w
 = 6 m . 1,5 m . 1 t/m²
 = 9

Safety Faktor, SF = W / Q \Rightarrow 2.683 Kn / 9
 = 298 < 1,25

Nilai keamanan beban yang bekerja pada box culvert dapat diketahui dalam analisa kapasitas kelompok tiang sebagai berikut:

Efisiensi kelompok tiang

Diketahui data

Eg = Efisiensi satu tiang dalam kelompok tiang

$\theta = \text{Arc tan } d/s = \frac{0,5}{1,250} = 21,80$

m = Jumlah baris = 6

n = Jumlah kolom = 4

d = Diameter tiang = 0,5 m

s = Jarak antara tiang = 1,250 m

Metode Converse-Labarre Formula

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

$E_g = 1 - 21,80 \times \frac{(4-1) \times 6 + (6-1) \times 4}{90 \times 6 \times 4} = 0,6165$

Maka kapasitas daya dukung ultimate kelompok tiang

$$\begin{aligned} Q_g &= E_g \times n \times Q_a \\ &= 0,6165 \times 2 \times 58106 \text{ kg} \\ &= 143.289,396 \text{ kg} \end{aligned}$$

Jadi,

$$V_{total} < Q_{group}$$

$$\begin{aligned} 15.806 \text{ kg} &< 143.289,396 \text{ kg} \\ &\text{(Memenuhi)} \end{aligned}$$

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis maka didapatkan beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Kapasitas tiang tunggal :
 $P_{max} = 32.700 \text{ kg}$
 $P_a = 62.969 \text{ kg}$
 Bahwasanya, nilai $P_{max} < P_a$, sehingga apabila beban maximal bekerja dapat dipikul oleh masing – masing tiang pondasi bored pile.
2. Kapasitas tiang kelompok :
 $V_{total} = 15806 \text{ kg}$ (menggunakan kombinasi pembebanan)
 $Q_{group} = 143.289 \text{ kg}$
 Bahwasanya, nilai $V_{total} < Q_{group}$, sehingga apabila beban keseluruhan/total Bekerja dapat dipikul oleh keseluruhan tiang kelompok pondasi bored pile.

5.2 Saran

Beberapa hal yang perlu dipertimbangkan dalam menganalisa kapasitas pondasi bored pile dengan beban box culvert yaitu:

1. Dalam melakukan perhitungan kapasitas tiang pondasi bored pile, baik tiang tunggal maupun kelompok perlu dibandingkan dengan data tanah lainnya berupa hasil parameter tanah laboratorium, dan nilai SPT.
2. Dalam analisis juga perlu dibandingkan dengan metode perhitungan lainnya, seperti : Metode Meyerhoff, Metode Terzaghi, Metode Thomlinson.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Bowles, J. E., 1997. *Analisis dan Desain Pondasi*. Jakarta: Erlangga.
- [2]. Bowles, J. E., 1984. *Analisa Dan Disain Pondasi Jilid 2*. Jakarta: Erlangga.
- [3]. Frick, H., 1980. *Ilmu Konstruksi Bangunan I*. Yogyakarta: Kanisius (Anggota IKAPI).
- [4]. Gunawan, R., 1983. *Pengantar Teknik Pondasi*. Yogyakarta: Kanisius (Anggota IKAPI).
- [5]. Hardiyatmo, H. C., 2010. *Analisa dan Perancangan Fondasi I*, Edisi kedua,. Yogyakarta: Gadjah Mada University..
- [6]. Hardiyatmo, H. C., 2011. *Analisis dan Perencanaan Fondasi II*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- [7]. Hulu, H. B., 2015. *Analisa Daya Dukung Pondasi Bored Pile Dengan Menggunakan Metode Analitis (Studi Kasus Proyek Manhattan Mall Dan Condominium)*. Jurnal Teknik Sipil Usu Vol. 4 NO. 1.
- [8]. Pamungkas, A. & Harianti, E., 2013. *Desain Pondasi Tahan Gempa*. Yogyakarta: s.n.
- [9]. S. 8., 2017. *Persyaratan Perancangan Geoteknik*. s.l.:s.n.
- [10]. Sosarodarsono, S. & Nakazawa, K., 1983. *Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi*. Jakarta: PT Pradnya Paramita.
- [11]. Suryolelono, K. B., 1994. *Teknik Pondasi II (Pondasi Tiang, Turap, Sumuran, dan Pondasi Spesial)*. Yogyakarta: Nafiri.
- [12]. Terzaghi, K. & Peck, R. B., 1948. *Soil Mechanics in Engineering Practice*. New York: John Wiley and Son.
- [13]. Tomlinson, M. J., 1963. *Pile Design and Construction Practice*. New York: The Garden City Press Limited, Lechworth, Hrtfordshire SG 6 US.
- [14]. Tomlinson, M. J., 1997. *Pile Design and Construction Practice*. New York: The Garden City Press Limited, Lechworth, Hrtfordshire SG 6 US.
- [15]. Waruwu, A., Hardiyatmo, H. C. & Rifa'i, A., 2019. *The Performance of the Nailed Slab System-Supported Embankment on Peat Soil*. International Review of Civil Engineering (I.RE.C.E.), 10(5), pp. 243-248.
- [16]. Whitaker, T., 1957. *Experiments With Model Piles in Groups*. s.l.:J Whitaker & Sons Ltd.