

ANALISA PERHITUNGAN STRUKTUR PONDASI TIANG PANCANG ABUTMENT JEMBATAN UNDERPASS JALAN TOL (STA 6+850) PADA PROYEK JALAN TOL LANGKAT SUMATERA UTARA

Oleh:

Edoardo Lumban Raja ¹⁾

Endayanti ^{2)s}

N.Hutahean ³⁾

Universitas Darma Agung, Medan ^{1,2,3)}

E-mail:

lumbanrajaedoardo82@gmail.com ¹⁾

endayanti22@gmail.com ²⁾

nhutahaeen.14@gmail.com ³⁾

ABSTRACT

This study contains an analysis of the calculation of the structure of the pile foundation abutment of the underpass bridge on the toll road. The bridge is a construction that functions to continue the road from one place to another that is blocked by obstacles. The foundation structure on the bridge must be strong and safe so that construction failure does not occur. This study aims to calculate the bearing capacity of the pile foundation. The bearing capacity of the foundation was analyzed manually based on N-SPT data and using the Mayerhoff method. Based on the results of the analysis with a standard penetration test, the bearing capacity of the drill hole. The loading on the bridge uses the SNI-2003-2005 regulations. From the calculation results table, it is obtained the combination that produces the largest value for each loading, namely, vertical abutment loading 41.727.55kN. Calculation of the bearing capacity of abutment pile foundations (Q_{ijin}) = 246.24 tons, (E_g) = 0.650, (Q_g) = 100455.32 kN, this shows that the abutment pile foundation on the bridge is declared safe.

Keywords : *Pile Pile, Pile Bearing Capacity*

ABSTRAK

Studi ini berisikan analisa perhitungan struktur pondasi tiang pancang abutment jembatan underpass pada jalan toll, Jembatan merupakan konstruksi yang berfungsi untuk meneruskan jalan dari satu tempat ketempat yang lain yang terhalang oleh rintangan. Struktur pondasi pada jembatan harus kuat dan aman agar tidak terjadi kegagalan konstruksi. Penelitian ini bertujuan untuk menghitung daya dukung pondasi tiang pancang. Daya dukung pondasi dianalisis secara manual berdasarkan data N-SPT dan menggunakan metode Mayerhoff. Berdasarkan hasil analisis dengan standard penetration test kapasitas daya dukung padabor hole Pembebanan pada jembatan menggunakan peraturan SNI-2003-2005. Dari Tabel hasil perhitungan diperoleh kombinasi yang menghasilkan nilai terbesar untuk masing-masing pembebanan yaitu, Pembebanan Abutment vertical 41.727,55kN, Berdasarkan hasil perhitungan daya dukung tiang pancang dari data SPT, makadiperoleh daya dukung ijin pondasitiang pancangpadake dalam an 20 m dengan metode Mayer hoff, Perhitungan Dayadukung pondasitiang pancang abutment (Q_{ijin}) = 246,24 ton, (E_g) = 0,650, (Q_g) = 100455,32 kN, Hal ini menunjukkan pondasitiang pancangabutmen pada jembatan dinyatakan aman.

Kata kunci : *Pondasitiang Pancang, Daya Dukung Tiang Pancang*

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Kabupaten Langkat merupakan daerah dengan pertumbuhan ekonomi baik, terletak di Sumatera Utara. Dengan berkembangnya perekonomian daerah tersebut, dibutuhkan sarana transportasi berupa jalan tol. Pembangunan jalan tol ditingkatkan untuk mempercepat arus pergerakan transportasi. Salah satu langkah nyata yang dilakukan pemerintah saat ini adalah dengan pembangunan Jalan Tol Langkat yang nantinya akan mampu mempercepat pertumbuhan ekonomi di Kabupaten Langkat Sumatera Utara.

Salah satu prasarana jalan tol adalah Jembatan Underpass, jembatan ini berada di Jalan Tol Langkat pada STA 6+850. Perhitungan beban pada Jembatan Underpass merupakan input untuk perhitungan pondasi. Pondasi yang digunakan untuk menyokong Abutment Jembatan Underpass tersebut yaitu pondasi tiang pancang. Pekerjaan pondasi merupakan tahapan pekerjaan yang sangat penting dan menentukan keamanan serta kelancaran proses pekerjaan selanjutnya. Pondasi berfungsi sebagai pemikul dan menahan beban-beban yang bekerja di atasnya. Pondasi akan menyalurkan tegangan-tegangan yang dipikulnya ke tanah keras. Tanah keras pada proyek jembatan underpass jalan tol Langkat berada pada kedalaman 19 m. Untuk mengetahui besarnya tegangan pada tanah dilakukan uji lapangan dengan N-SPT (Standart Penetration Test). Diameter tiang pancang yang digunakan sebesar 60 cm.

1.2. Rumusan Masalah Penelitian

Rumusan masalah yang akan dibahas pada tugas akhir ini adalah:

1. Berapa besar daya dukung tanah yang diperoleh pada abutment jembatan.
2. Berapa kapasitas daya dukung kelompok tiang dalam memikul beban.
3. Beban-beban apa saja dan berapa total beban yang dipikul oleh pondasi abutment jembatan.

4. Bagaimana stabilitas abutment pada jembatan tersebut.

1.3. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian pada tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Menghitung daya dukung pondasi tiang tunggal dan kelompok tiang dari data N-SPT.
2. Menghitung total beban yang dipikul oleh pondasi abutment jembatan underpass.
3. Mengevaluasi stabilitas abutment jembatan.

1.4. Pembatasan Masalah

Mengingat begitu kompleksnya masalah yang dihadapi dalam perencanaan sebuah jembatan, maka tulisan ini membatasi masalah yang dibahas pada :

1. Penelitian dilakukan pada Proyek Pembangunan Jembatan Underpass Jalan Tol (Sta 6+850 Kab Langkat Provinsi Sumatera Utara).
2. Struktur bawah yang ditinjau adalah pondasi tiang pancang pada abutment jembatan.
3. Perhitungan daya dukung menggunakan NSPT.
4. Peraturan pembebanan yang digunakan adalah Peraturan SNI-03-2005.

1.5. Manfaat Penelitian

Tulisan pada tugas akhir ini diharapkan bermanfaat bagi :

1. Bagi diri sendiri mampu menghitung daya dukung pondasi dalam, beban-beban yang dipikul dan stabilitas abutmen pada jembatan underpass.
2. Sebagai bahan referensi bagi siapa saja yang membacanya khususnya bagi mahasiswa yang menghadapi masalah yang sama.
3. Diharapkan bermanfaat bagi pihak lain yang membutuhkannya.

2. TINJAUAN PUSTAKA

1.1. Struktur Tanah Pada Jalan Tol Langkat.

Berdasarkan data SPT (Standar Penetration Test) di daerah Jalan Tol Langkat Sumatera Utara diketahui jenis tanah pada kedalaman 19 m.

1.2. Pengertian Jembatan

Terdapat beberapa bagian utama dari struktur jembatan yaitu; bagian struktur atas yang merupakan struktur utama dan terdiri dari beban-beban luar seperti beban kendaraan, beban angin, beban rem dan juga beban bangunan itu sendiri. Untuk itu setelah bangunan atas, terdapat struktur bangunan bawah meliputi antara lain: pilar jembatan, abutment, pondasi. Untuk struktur bawah dibutuhkan data-data antara lain: data tanah dari lokasi bangunan, data beban dari struktur bangunan diatas yang seharusnya di dukung sepenuhnya oleh struktur bawah agar beban-beban yang terdapat diatas dapat diteruskan ke tanah dengan baik dan stabilitas terjaga sehingga tidak terjadi keruntuhan dalam jangka waktu yang lama. Pemilihan pondasi juga perlu perhatian agar dapat mendukung beban diatasnya serta spesifikasi tanah dimana pondasi akan di pasang.

Menurut H.J Struyk, jembatan merupakan suatu bangunan structural yang berfungsi untuk meneruskan arus lalu lintas dari satu sisi lain melalui rintangan baik itu sungai, lembah-lembah yang dalam, perlintasan kereta api, teluk, selat atau laut bahkan jalan raya dll., Bina Marga menggolongkan jembatan atas 3 (tiga) kelas yaitu :

- 1) Jembatan kelas A, lebar lantai jembatan (1.0 + 7.0 + 1.0) meter, dengan beban 100% dari loading Bina Marga.
- 2) Jembatan kelas B, lebar lantai jembatan (0.50 + 6.0 + 0.50), dengan beban 70% dari loading Bina Marga
- Jembatan kelas C, lebar lantai jembatan (0.25 + 5.5 + 0.25) meter, dengan beban 50% dari loading Bina Marga

2.3. Pembebanan Jembatan

Dalam perencanaan pembebanan sebaiknya berdasarkan peraturan yang dikeluarkan Dirjen Bina Marga Departemen Pekerjaan Umum yaitu *RSNI T - 02 - 2005* standart pembebanan untuk jembatan. Standar ini menetapkan ketentuan pembebanan dan aksi-aksi dan metoda penerapannya boleh dimodifikasi dalam kondisi tertentu, dengan seijin pejabat yang berwenang. Butir-butir tersebut diatas harus digunakan untuk perencanaan seluruh jembatan termasuk jembatan bentang panjang dengan bentang utama $>RSNI T - 02 - 2005$ standart pembebanan untuk jembatan. Standar ini menetapkan ketentuan pembebanan dan aksi-aksi dan metoda penerapannya boleh dimodifikasi dalam kondisi tertentu, dengan seijin pejabat yang berwenang. Butir-butir tersebut diatas harus digunakan untuk perencanaan seluruh jembatan termasuk jembatan bentang panjang dengan bentang utama >200 m.

3. METODE PELAKSANAAN

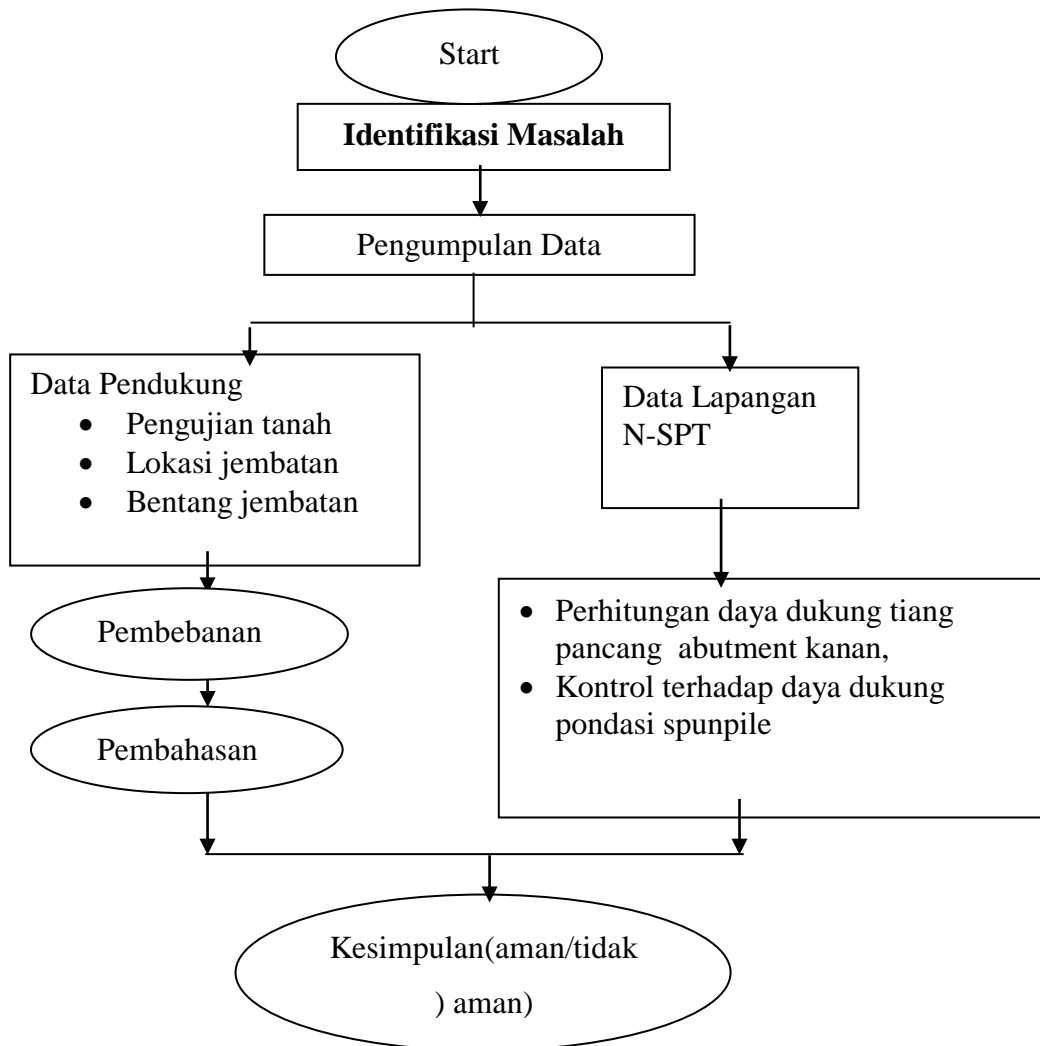
3.1. Data Teknis

Kedalaman tiang	= 20 m
Diameter tiang	= 60 cm
Tipe pondasi	= spun pile D 60

3.2. Metodologi Penelitian

Penelitian ini menggunakan data sekunder berupa data yang didapatkan melalui konsultan perencana pembangunan Jembatan Underpass. Data yang didapatkan berupa data lapangan yaitu: data SPT.

3.3. Diagram Alir Perencanaan (flow chart)



Gambar 3.2 Diagram Alir/Flowchart

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Perhitungan Pembebanan Jembatan.

Pembebanan Jembatan sesuai dengan peraturan RSNI - 02 - 2005 adalah sebagai berikut:

1. Aksi dan Beban Tetap :
Terdiri dari berat sendiri jembatan, beban mati tambahan dan tekanan tanah
2. Beban Lalu Lintas.
Terdiri dari : Beban Lajur "D" dan beban Truk "T".
3. Aksi Lingkungan

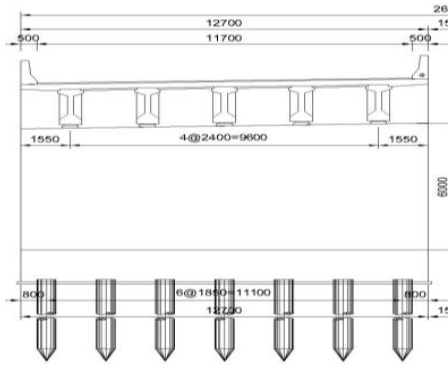
Terdiri dari : Beban angin, beban gempa, beban rem, tekanan tanah, gaya akibat tumbukan, gaya akibat perbedaan suhu, dll.

4. Aksi Lainnya.

4.1.1. Beban Mati Jembatan (QMS)

Berat sendiri (Self Weight) adalah berat bahan dan bagian jembatan yang merupakan elemen structural, ditambah dengan elemen non structural yang dipikulnya dan bersifat tetap. Berat sendiri dibedakan menjadi 2 macam, yaitu berat sendiri struktur atas, dan berat sendiri struktur bawah :

1. Berat sendiri struktur atas



Gambar 4.1 Potongan Melintang
Sumber : Kontraktor Pelaksana

- a. Berat Plat Lantai ($W \times T \times Y \times L$)
 Lebar (w) = 12,70 m
 Tebal (t) = 0,25 m
 Berat Jenis(γ) = 2,50 ton/m
 Panjang (L) = 30 m
 Total berat Pelat Lantai
 = 12,70 x 0,25 x 2,50 x 30
 = 238,130 ton
 = 2335,26 kN

Beban mati pada 1 abutment
 = 2335,26Kn : 2
 $P_{MS} = 1167,63\text{kN}$

- b. Beban Mati Tambahan (P_{MA})

Tabel 4.1. Berat Sendiri Struktur Atas

No	Nama Beban Tambahan	Tebal (m)	W (kN/m ²)
1	Lapisan aspal + overlay	0.1	2.200
2	Genangan air hujan	0.05	0.490
	QMatotal		2.690

Beban mati tambahan, $P_{MA} = Q_M \times \text{Luas jalur lalu lintas}$
 = (2,690 kN/m²) x (30 m x 12,70 m)
 = 1024,89kN

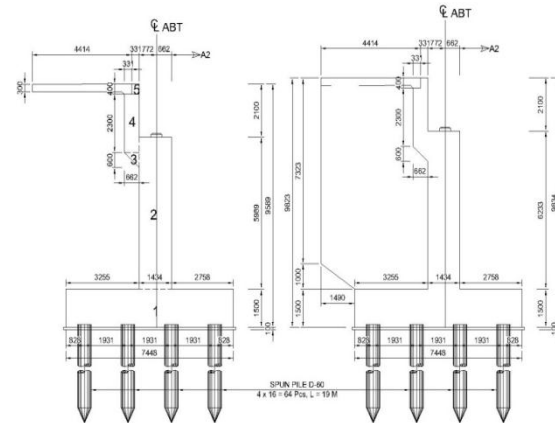
Untuk 1 buah abutment = 1024,89 / 2
 $P_{MA} = 512,445\text{kN}$

Maka Total berat struktur atas :
 $P_{MS} = 1167,63 \text{ kN} \times 1,3$ (faktor beban kms)
 = 1517,920kN
 $P_{MA} = 512,445\text{kN}$

Total = 1517,920 + 512,445kN
 = 2030,365kN

- c. Berat sendiri struktur bawah

Berat sendiri struktur bawah terdiri dari abutment, wingwall dan tekanan tanah baik aktif maupun pasif. Berat sendiri yang bekerja pada abutment jembatan dibagi dalam beberapa segmen seperti segmen seperti disajikan pada gambar di bawah ini :



Gambar. 4.2 Tampak Depan Jembatan
(Sumber: Perencanaan Konsultan)

- Panjang abutment, $L_x = 26,90 \text{ m}$
 Panjang wingwall, $t_w = 26,90 \text{ m}$
 Jumlah wingwall, $n = 2$
 Total tebal wingwal, = 0.80 m

Berat bagian 1 :
 Luasan bag. 1 = 7,45 m x 1,60 m = 11,92 m²

Panjang abutment = 26,90 m
 Volume bag. 1 = 11,92 m x 26,90 m
 = 320,65 m³

Berat 1 = 24 kN/m³ x 320,65 m³
 = 7695,60 kN

Lengan X = $\frac{1}{2} \times 7,45 \text{ m}$
 = 3,73 m

Lengan Y = $\frac{1}{2} \times 1,30 \text{ m}$
 = 0,65 m

Luas A.X = 9,69m² x 3,73 m
 = 36,08 m³

Luas A.Y = 9,69 m² x 0,65 m
 = 6,30 m³

Untuk perhitungan selanjutnya dibuat dalam Tabel 4.2 di bawah
 Berat dan titik abutment

Tabel 4.2 Berat dan titik berat abutment

Segmen	P (m')	A (m2)	X (m)	Y (m)	A.X (m3)	A.Y (m3)	Volume (m3)	Berat (kN)
1	26.90	9.69	3.73	0.65	36.08	6.30	260.53	6252.64
2	26.90	8.70	0.73	3.00	6.31	26.10	234.03	5616.72
3	26.90	0.20	0.10	0.10	0.02	0.02	5.38	129.12
4	26.90	1.54	0.34	1.15	0.52	1.77	41.45	994.87
5	26.90	0.14	0.15	0.20	0.02	0.03	3.66	87.80
?		20.26			42.94	34.21		13081.15

Mencari letak eksentrisitas :

$$X = \frac{\sum(A.X)}{\sum A} = \frac{42,94}{20,26} = 2,12 \text{ m}$$

Eksentrisitas arah sumbu x :

$$e_x = 2.00 \text{ m} - 2,12 \text{ m} = 4,24 \text{ m}$$

Berat sendiri abutment, Q_{bs} 13081,15 kN

Momen akibat berat sendiri abutment terhadap centrissitas pancang :

$$M_{bs} = Q_{bs} \times e_x = 13081,15 \text{ kN} \times 4,24 \text{ m} = 55464,08 \text{ kN m}$$

Wingwall

Panjang wingwall adalah 26,90 m

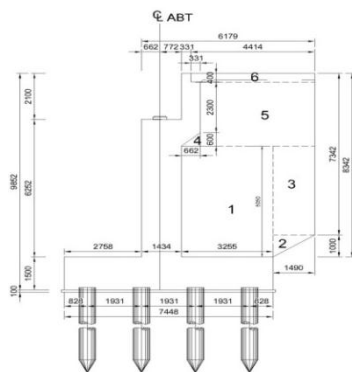
Total Luasan 1 buah wingwall = 43,45 m²

Volume = 26,90 m x 43,45 m² = 1168,805 m³

Berat 1 buah wingwall = 24 kN/m³ x 1168,805 m³ = 28051,32 kN

Untuk 2 buah wingwall = 2 x 28051,32 kN = 56102,64 kN

a. Berat Timbunan



Gambar. 4.3 Timbunan tanah (Sumber: Perencanaan Konsultan)

Tabel 4.3 Berat dan titik berat timbunan

Segmen	P (m')	A (m2)	X (m)	Y (m)	A.X (m3)	A.Y (m3)	Volume (m3)	Berat (kN)
1	26.90	16.46	1.63	2.53	26.83	41.57	442.85	10628.51
2	26.90	0.75	0.38	0.38	0.28	0.28	20.18	484.20
3	26.90	6.08	0.75	2.03	4.56	12.30	163.42	3922.02
4	26.90	0.20	0.10	0.10	0.02	0.02	3.38	129.12
5	26.90	10.21	1.76	1.45	17.97	14.80	274.60	6590.28
6	26.90	1.77	2.21	0.20	3.91	0.35	47.56	1141.42
?		35.46			53.57	69.33		22895.56

Mencari letak eksentrisitas :

$$X = \frac{\sum(A.X)}{\sum A} = \frac{53,57}{35,46} = 1,52 \text{ m}$$

Eksentrisitas arah sumbu x :

$$e_x = 16,46 \text{ m} - 1,52 \text{ m} = 14,94 \text{ m}$$

Berat sendiri timbunan, Q_{bs} 22895,56 kN

Momen akibat berat sendiri abutment terhadap centrissitas pancang :

$$M_{bs} = Q_{bs} \times e_x = 22895,56 \text{ kN} \times 14,94 \text{ m} = 342059,67 \text{ kN m}$$

Beban mati horizontal akibat tekanan tanah aktif

Tekanan tanah aktif yang bekerja pada abutment akan menyebabkan momen guling pada abutment. Besarnya tekanan tanah aktif yang bekerja pada abutment.

Tinggi total abutment, H = 9,86 m

Panjang abutment, B_y = 26,90 m

Tanah yang digali saat pengerjaan abutment akan ditimbun dengan tanah timbunan, data tanah timbunan yang digunakan diasumsikan memiliki propertis sebagai berikut :

Berat volume, γ = 17,27 kN/m³

Sudut gesek dalam, ϕ = 35°

Kohesi, c = 3 kPa

Koefisien tekanan tanah aktif (K_a) :

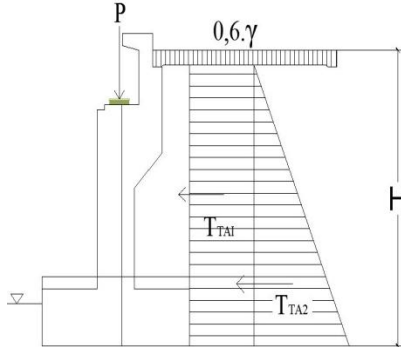
$$K_a = \tan^2 \left(45 - \frac{\phi}{2} \right) = \tan^2 \left(45 - \frac{35}{2} \right) = 0,271$$

Berdasarkan RSNI T-02-2005 tanah dibelakang dinding penahan biasanya mendapatkan beban tambahan yang bekerja apabila beban lalu lintas bekerja pada bagian daerah keruntuhan aktif teroris. Besarnya beban tambahan

tersebut setara dengan tanah setebal 0,6 m yang bekerja secara merata pada bagian tanah yang dilewati oleh beban lalu lintas tersebut.

$$\begin{aligned} q &= 0,6 \times \gamma \\ &= 0,6 \times 17,27 \\ &= 10,36 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

Diagram tekanan tanah aktif yang bekerja pada abutment disajikan pada gambar.



Gambar. 4.4. Ilustrasi tekanan tanah aktif pada abutment
(Sumber: Perencanaan Konsultan)

Rekapitulasi total beban horizontal yang bekerja pada abutment disajikan pada table di bawah ini :

Tabel 4.4 Berat horizontal akibat tekanan tanah aktif

No	Gaya akibat tekanan tanah	TTA (kN)	Lengan terhadap O	MTA (kNm)
1	$T_{TA1} = q \cdot Ka \cdot H \cdot B \cdot \gamma$	744.660	3.25	2420.146
2	$T_{TA2} = 1/2 \cdot \gamma \cdot Ka \cdot H^2 \cdot B \cdot \gamma$	6097.225	2.16	13170.01
	? TTA	6841.885	? Mra	15590.2

4.1.2. Beban Lalu Lintas

Beban Lajur Lalu Lintas atau Beban "D"

Beban Terbagi Rata (UDL)

$$\begin{aligned} q &= 9.0 \text{ kPa (untuk } L \leq 30 \text{ m)} \\ q &= 9.0 (0.5 + 15/L) \text{ kPa (untuk } L > 30 \text{ m)} \end{aligned}$$

Panjang jembatan adalah 30 m :

$$\begin{aligned} q &= 9.0 (0.5 + 15 / L) \text{ kPa} \\ &= 9.0 (0.5 + 15 / 30) \text{ kPa} \\ &= 9,0 \text{ kPa} \end{aligned}$$

Beban merata pada balok (UDL) :

$$\begin{aligned} Q_{TD} &= [3,5 \cdot q \cdot 100\%] + [(b- 3,5) \cdot q \cdot 50 \%] \\ &= [3,5 \cdot (9,0) \cdot 100\%] + [(6,6- 3,5) \cdot (9,0) \cdot 50 \%] \\ &= 22,35 \text{ kPa} \end{aligned}$$

Untuk bentang sepanjang 30 m,

$$\begin{aligned} Q_{TD} &= 30 \times 22,35 \\ &= 670,5 \text{ kN} \end{aligned}$$

Beban Garis (KEL), Beban P.

Dengan panjang jembatan 30 m maka DLA 40% maka :

$$\begin{aligned} \text{FBD} &= \text{DLA} \\ P' &= (49 \times 100\%) \\ &= 4,9 \text{ T/m} \end{aligned}$$

Ekivalen beban garis

$$\begin{aligned} P' &= [3,5 \cdot p \cdot 100\%] + [(b- 3,5) \cdot p \cdot 50 \%] \\ &= [3,5 \cdot (49) \cdot 100\%] + [(6,6 - 3,5) \cdot (49) \cdot 50 \%] \\ &= 92,35 \text{ kN} \end{aligned}$$

Beban Terpusat pada balok :

$$\begin{aligned} P_{TD} &= 1 + \text{DLA} \times P' \\ &= (1 + 0,4) 92,35 \text{ kN} \\ &= 37,94 \text{ kN} \end{aligned}$$

Maka beban hidup total :

$$\begin{aligned} &= Q_{TD} + P_{TD} \\ &= 670,5 + 37,94 \\ &= 708,44 \text{ kN} \end{aligned}$$

Beban lajur pada 1 abutment

$$\begin{aligned} &= 1/2 \times 708,44 \\ &= \mathbf{354,22 \text{ kN}} \end{aligned}$$

4.1.3. Gaya Rem

Gaya rem terjadi akibat adanya pengereman yang dilakukan oleh kendaraan yang berjalan pada permukaan jembatan diperhitungkan sebagai gaya dalam searah memanjang jembatan. Besarnya gaya rem arah memanjang jembatan tergantung panjang total jembatan (Lt). Berdasarkan BMS 1992. Beraku ketentuan sebagai berikut :

Faktor beban ultimit : $K_{TB} = 1,8$

Gaya rem : $T_{TB} = 250 \text{ kN}$

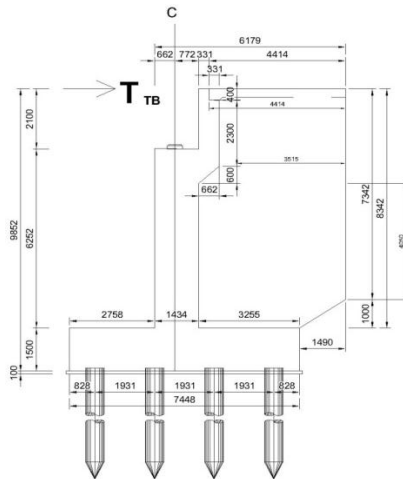
Gaya rem : $T_{TB} = 250 + 2,5 (Lt - 80) \text{ kN}$

Gaya rem : $T_{TB} = 500 \text{ kN}$

$T_{TB} = 250 + 2,5 (Lt-80) \text{ kN}$

= 250 kN (Karena $L = 30 \text{ m} < 80 \text{ m}$)

Jadi, Gaya Rem pada jembatan yang bentangnya 30 m = **250 kN**



Gambar. 4.5. Titik tangkap gaya rem
(Sumber: Perencanaan Konsultan)

Lengan terhadap abutment, $H = 9,86 \text{ m}$
Momen akibat gaya rem, M_{TB}
 $= T_{TB} \times H$
 $= 250 \times 9,86$
 $= 2465 \text{ kNm}$

4.1.4. Beban Gempa

Besarnya beban gempa ditentukan oleh koefisien gempa rencana dan berat total struktur jembatan. Berat total struktur terdiri dari berat sendiri struktur jembatan, beban mati, dan beban hidup yang bekerja. Besarnya beban gempa dapat dinyatakan dalam :

$$T_{EQ} = K_H \times I \times W_T$$

$$K_H = C \times S$$

Dengan :

T_{EQ} = Gaya geser dasar total pada arah yang ditinjau (kN).

K_H = Koefisien gempa horizontal.

C = Koefisien dasar gempa, tergantung wilayah gempa dan jenis tanah = 0,17

S = factor tipe struktur yang berhubungan penyerapan gempa = 1,3

$$K_h = C \times S$$

$$= 0,17 \times 1,3$$

$$= 0,221$$

I = Factor kepentingan bangunan = 1,2

W_T = Berat total struktur, beban mati ditambah beban mati tambahan
 $= 1167,63 \text{ kN} + 512,445 \text{ kN}$
 $= 1680,075 \text{ kN}$

Besar beban gempa :

$$T_{EQ} = K_h \times I \times W_T$$

$$= 0,221 \times 1,2 \times 1680,075$$

$$= 443,540 \text{ kN}$$

Jarak titik tangkap gaya horizontal gempa adalah 4,43 m

Momen akibat gempa ke abutment :

$$M_{EQ} = T_{EQ} \times Y$$

$$= 443,540 \times 4,43$$

$$= 1964,890 \text{ kNm}$$

4.1.5. Kombinasi Pembebanan

Konstruksi jembatan ditinjau terhadap pembebanan dan gaya yang mungkin bekerja, sesuai dengan sifat-sifat kemungkinan-kemungkinan setiap beban.

Tabel 4.5 Kombinasi Pembebanan

No	Kombinasi Pembebanan	Tegangan yang digunakan dalam dan pada tegangan ijin keadaan elastis
I	Abutment + Struktur atas + Tekanan tanah	100%
II	Abutment + Tekanan tanah + Tanah urugan	125%
III	Abutment + Struktur atas + Tekanan tanah + Tanah urugan + Rem dan Traksi	140%
IV	Abutment + Beban mati + Tanah urugan + Gempa	150%

Hasil untuk Kombinasi Pembebanan III yaitu beban-beban akibat berat abutment, beban mati, beban hidup, tanah urugan dan gaya rem dapat dilihat pada table 4.6 di bawah ini :

Tabel 4.6 Kombinasi Pembebanan

No	Beban	V	H	MV	Mh
1	Abutment	13,081.15		55,464.08	
2	Beban Mati	2,030.37		-	
3	Beban Hidup	354,22		-	
4	Tekanan Tanah		6,841.89		15,590.15
5	Tanah Urugan	13,081.15		342,059.67	
6	Rem dan Traksi		250.000		2.47
	?	28,449.67	7,091.89	397,523.75	15,592.62
	x 140 %	39,965.65	9,928.64	556,533	21,829

Dari Tabel hasil perhitungan diperoleh kombinasi yang menghasilkan nilai terbesar untuk masing-masing pembebanan :

Beban Vertikal = **39,965.65kN**

Beban Horizontal = **9.928,64kN**

Momen Vertikal = **556,533 kN**

Momen Horizontal = **21,829kN**

4.2. Perhitungan Pondasi

Daya dukung tiang akan di hitung dengan menggunakan data standard Penetration Test (SPT).

Daya dukung ujung tiang

Panjang tiang pancang : 20 m

Diameter tiang : 60 cm = 0,6 m

$$\begin{aligned} \text{Luas tiang (Ap)} &: \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \\ &= \frac{1}{4} \times \pi \times 0,6^2 \\ &= 0,2826 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Keliling tiang (Ak)} &= \pi \times d \\ &= 3,14 \times 0,6 \text{ m} \\ &= 1,884 \text{ m} \end{aligned}$$

Daya dukung ujung tiang untuk tanah non kohesif:

Pada kedalaman 0,00m – 10,00 m. (Tanah Lempung)

Daya Dukung Ujung Tiang :

-Pada kedalaman 20,00 m

$$\begin{aligned} Q_p &= 9 \cdot C_u \cdot A_p & C_u &= N \cdot \text{SPT} \cdot \frac{2}{3} \cdot 10 \\ &= 9 \cdot 40,00 \cdot 1,884 & &= 60,00 \cdot \frac{2}{3} \cdot 10 \\ &= 678,24 \text{ ton} & &= 400 \text{ kN} \\ & & &= 40,00 \text{ Ton} \end{aligned}$$

Untuk tahanan geser selimut tiang pada kedalaman 20 m :

$$\begin{aligned} Q_s &= 0,2 \times N_k \times A_k \times L_i \\ N_k &= \frac{0+8+10+15+9+20+30+40+52+55+60}{20} \\ &= 14,59 \end{aligned}$$

Panjang lapisan tanah terhadap tiang pancang

$$\begin{aligned} L_i &= 20 \text{ m} \\ Q_s &= 0,2 \times 14,59 \times 0,2826 \times 20 \\ &= 16,90 \text{ Ton} \end{aligned}$$

Daya dukung ultimate

$$\begin{aligned} Q_u &= Q_p + Q_s \\ &= 678,24 \text{ Ton} + 16,90 \text{ Ton} \\ &= 695,14 \text{ Ton} \end{aligned}$$

Daya dukung ijin tiang

$$\begin{aligned} Q_{ijin} &= \frac{Q_p}{3} + \frac{Q_s}{5} \\ &= \frac{678,24}{3} + \frac{16,90}{5} \\ &= 229,46 \text{ Ton} \end{aligned}$$

Pada kedalaman 20 m tanah non kohesif:

Daya dukung ujung tiang :

$$Q_p = 40 \times N_r \times A_p$$

dimana :

Q_p = tahanan ujung ultimit (ton)

A_p = luas penampang tiang pancang

N_r = data nilai SPT 4D ke atas dan 4D ke bawah

$$N_r = \frac{N_1 + N_2}{2}$$

N_1 = harga rata-rata dari atas ke 4D ke atas

N_2 = harga rata-rata dari dasar ke 4D ke bawah

Sesuai dengan N rata-rata pada kedalaman 20 meter tiang pancang

$$N_1 = \frac{60+55}{2} = 57,5$$

$$N_2 = \frac{60+62}{2} = 61$$

$$N_r = \frac{57,5+61}{2} = 58,75$$

Daya dukung ujung tiang pada kedalaman 20 m :

$$\begin{aligned} Q_p &= 40 \times N_r \times A_k \\ &= 40 \times 58,75 \times 0,2826 \\ &= 664,11 \text{ ton.} \end{aligned}$$

Untuk tahanan geser selimut tiang pada tanah kohesif :

$$\begin{aligned} Q_s &= \alpha \cdot C_u \cdot A_k \cdot L_i \\ &= 0,55 \cdot 40,00 \cdot 1,884 \cdot 20 \\ &= 124,34 \text{ Ton} \end{aligned}$$

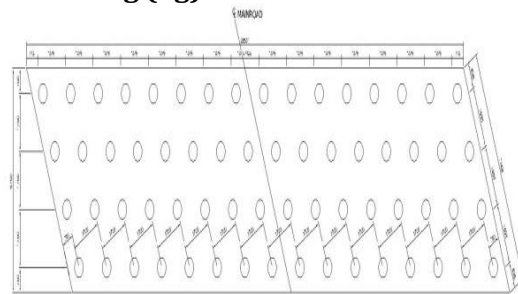
Daya dukung ultimit

$$\begin{aligned} Q_u &= Q_p + Q_s \\ &= 664,11 \text{ Ton} + 124,34 \text{ Ton} \\ &= 788,45 \text{ Ton} \end{aligned}$$

Daya dukung ijin tiang

$$\begin{aligned} Q_{ijin} &= \frac{Q_p}{3} + \frac{Q_s}{5} \\ &= \frac{664,11}{3} + \frac{124,34}{5} \\ &= 246,24 \text{ Ton} \end{aligned}$$

4.2.1. Perhitungan Efisiensi Kelompok Tiang (Eg) Metode Convers Labare



Gambar 4.6 Foundation

Efisiensi kelompok tiang dihitung dengan menggunakan rumus converse labarre :

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

Dimana :

E_g = Efisiensi kelompok tiang

m = Jumlah baris tiang

n = Jumlah tiang dalam satu baris

θ = Arc tg d/s, dalam derajat

s = Jarak tiang

d = Diameter tiang

Untuk grup tiang dengan 64 tiang pancang :

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

$n = 4$; $m = 16$

$d = 60$

$s = 175$

$$\theta = \arctan(d/s)$$

$$= \arctan(60/175)$$

$$= 18,94^\circ$$

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

$$= 1 - 18,94^\circ \frac{(4-1)16 + (16-1)4}{90 \cdot 16 \cdot 4}$$

$$E_g = 0,650$$

4.2.2. Perhitungan Daya Dukung Kelompok Tiang

Perhitungan tiang pancang pada kedalaman 20 m dengan efisiensi kelompok tiang (Qg) dari data SPT :

Converse - Labarre

$$Q_g = E_g \cdot Q_i \cdot N$$

$$= 0,650 \cdot 246,24 \cdot 64$$

$$= \mathbf{10243,59 \text{ ton}}$$

$$= \mathbf{100455,32 \text{ kN}}$$

Evaluasi daya dukung Vertikal kelompok tiang :

$$\text{Beban Vertikal} = 39,829.54 \text{ kN}$$

Daya Dukung Qg

$$= \mathbf{100.455,32 \text{ kN} > 39,965.65 \text{ kN} \dots \dots \text{ok}}$$

5. SIMPULAN

Simpulan

Berdasarkan hasil perhitungan analisa perhitungan struktur pondasi tiang pancang abutment jembatan underpass jalan tol (sta 6+850) pada proyek jalan tol langkat sumatera utara. Maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil perhitungan daya dukung tiang pancang dari data SPT, maka diperoleh daya dukung ijin pondasi tiang pancang pada kedalaman 20 m dengan metode Mayerhoff (Qijin) = 246,24 ton.
2. Perhitungan efisiensi kelompok tiang yang paling efisien dengan menggunakan metode *Converse-Labarre* adalah sebagai berikut :
 - a. Untuk pondasi Abutment didapat efisiensi kelompok tiang dengan menggunakan metode *Converse-Labarre* sebesar (Eg) = 0,650
3. Dari hasil perhitungan pembebanan
 - a. Perhitungan pembebanan Abutment = 39,965,65 kN
4. Dari hasil perhitungan didapat kapasitas daya dukung total kelompok

tiang dan kombinasi pembebanan pada tiang pancang adalah sebagai berikut :

- a. Untuk satu tiang mampu menahan beban sebesar 246,24 ton. Sehingga digunakan 64 Titik.
- b. Pondasi pada kedalaman 20 m dengan menggunakan metode *Converse-Labarre* sebesar (Qg) = 100455,32 kN

Saran

Dari hasil perhitungan dan kesimpulan diatas maka disarankan beberapa hal berikut :

1. Dalam perencanaan pondasi terutama Jembatan, penggunaan data N-SPT memiliki keakuratan lebih baik.
2. Laporan ini juga dilengkapi dengan perhitungan daya dukung pondasi tiang pancang baik dari nilai uji Sondir, maupun dari nilai uji SPT. Perencanaan pondasi selanjutnya harus menyesuaikan dengan syarat kondisi pembebanan dan stabilitas struktur dari bangunan yang direncanakan.
3. Data ini sangat berguna buat mahasiswa.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Bowles, J. E., 1991, *Analisis dan Desain Pondasi*, Edisi keempat Jilid 1, Erlangga, Jakarta.
- Hardiyatmo, H. C., 1996, *Teknik Pondasi 1*, PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Hardiyatmo, H. C., 2002, *Teknik Pondasi 2*, Edisi Kedua, Beta Offset, Yogyakarta.
- Hardiyatmo, Hary Christady. 2011. *Analisis dan Perancangan Fondasi II*. Yogyakarta: Gajah Mada University Press
- Hardiyatmo, Hary Christady. 2011. *Analisis dan Perancangan Fondasi II*. Yogyakarta: Gajah Mada University Press
- Peraturan pembebanan Indonesia untuk gedung (PPIUG 1983).
- Sardjono, H.S, 1988, *Pondasi tiang pancang*, jilid 1, penerbit Sinar Jaya Wijaya, Surabaya.

Sardjono, H.S, 1988, Pondasitiangpancang,
jilid 2, penerbitSinar Jaya Wijaya,
Surabaya.