
ANALISIS STABILITAS BLOK ANGKUR/BACKSTAY JEMBATAN GANTUNG JURANGSARI KABUPATEN SEMARANG

A.Munif¹⁾, Hartopo²⁾, Totok Apriyanto³⁾

Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Darul Ulum Islamic Centre Sudirman

E-mail: munifmail2020@gmail.com¹⁾, hartopo_67@yahoo.com²⁾, apri.totok@gmail.com³⁾

ABSTRACT

The suspension bridge construction program is part of President Joko Widodo's Nawa Cita Program, namely developing Indonesia from the outskirts. The location of this research is the Jurangsari Suspension Bridge Construction Project, Semarang Regency, while the object of this research is the stability of the anchor blocks.

In this research, calculations were carried out on the stability of the anchor blocks. The data used includes design drawing data and soil investigation data at the location. The data was processed and analyzed using the Excel spreadsheet program.

The results of the analysis concluded that the stability of the anchor block at the service limit conditions was safe against shear with $SF=5.5 > 1.5$ and overturning $SF= 57.0 >1.5$ while under extreme conditions/seismic it was safe against shear with $SF= 6.81 >1.1$ and overturning $SF = 21.09 >1.1$. The bearing capacity of the soil to withstand its own weight and the forces acting on the anchor block in the conditions of safe service limits on the allowable bearing capacity with maximum $\sigma= 132.52$ kN/m² and σ minimum = 119.26 kN/m², σ maximum $< \sigma$ permit 292.137 kN/m² or 2.20 times greater than the σ maximum that occurs, whereas in extreme conditions the soil tension that occurs at σ maximum = 190.09 kN/m² and σ minimum = 142.74 kN/m², σ maximum $< \sigma$ permit 292.137 kN/m² or 1.54 greater than the maximum σ that occurs. Settlement that occurs in the anchor block under safe service limit conditions is $S_i = 0.441$ cm and in extreme conditions is $S_i = 0.633$ cm, both conditions the safety factor for the decrease is ≤ 1.0 cm.

Keywords: Anchor block, Backstay, Stability, Serviceability, Extreme.

ABSTRAK

Program pembangunan jembatan gantung merupakan bagian dari Program Nawa Cita Presiden Joko Widodo yaitu membangun Indonesia dari pinggiran. Lokasi penelitian ini adalah Proyek Pembangunan Jembatan Gantung Jurangsari Kabupaten Semarang sedangkan yang menjadi objek dari penelitian ini adalah stabilitas blok angkur

Dalam penelitian ini dilakukan perhitungan terhadap stabilitas blok angkur. Adapun data yang dipakai antara lain data gambar desain dan data penyelidikan tanah pada lokasi. Data tersebut diolah dan dianalisis dengan menggunakan program spreadsheet excel.

Hasil analisis disimpulkan stabilitas blok angkur pada kondisi batas layan aman terhadap geser dengan $SF=5.5 >1.5$ dan guling $SF= 57.0 >1.5$ sedangkan pada kondisi ekstrim/gempa aman terhadap geser dengan $SF= 6.81 >1.1$ dan guling $SF= 21.09 >1.1$. Kemampuan daya dukung tanah untuk menahan berat sendiri dan gaya-gaya yang bekerja di blok angkur pada kondisi batas layan aman terhadap kemampuan daya dukung ijin dengan σ maksimal = 132.52 kN/m² dan σ minimal = 119.26 kN/m², σ maksimal $< \sigma$ ijin 292.137 kN/m² atau 2.20 kali lebih besar dari σ maksimal yang terjadi, sedangkan dalam kondisi ekstrim tahanan tanah yang terjadi pada σ maksimal = 190.09 kN/m² dan σ minimal = 142.74 kN/m², σ maksimal $< \sigma$ ijin 292.137 kN/m² atau 1.54 lebih besar dari σ maksimal yang terjadi. Penurunan yang terjadi di blok angkur pada kondisi batas layan aman yaitu sebesar $S_i = 0.441$ cm dan pada kondisi ekstrim adalah sebesar $S_i= 0.633$ cm, kedua kondisi tersebut faktor keamanan untuk penurunan segera adalah ≤ 1.0 cm.

Kata kunci: Blok angkur, Backstay, Stabilitas, Layan, Ekstrim.

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Program pembangunan jembatan gantung merupakan bagian dari Program Nawa Cita Presiden Joko Widodo yaitu membangun Indonesia dari pinggiran dengan memperkuat daerah-daerah dan desa dalam kerangka Negara Kesatuan RI. Pembangunan jembatan gantung merupakan salah satu infrastruktur kerakyatan yang manfaatnya langsung dirasakan masyarakat selain infrastruktur berskala besar. Dengan adanya jembatan gantung akan mempermudah dan memperpendek akses warga masyarakat pedesaan, terutama dalam beraktivitas menuju sekolah, pasar, tempat kerja, mengurus administrasi ke kantor kelurahan atau kecamatan dan akses silaturahmi antar warga.

Jembatan gantung adalah sistem struktur jembatan yang menggunakan kabel sebagai pemikul utama beban lalu lintas di atasnya, kabel utama memikul beberapa kabel penggantung yang menghubungkan antara kabel utama dengan gelagar jembatan. Kabel utama dihubungkan pada kedua tower jembatan dan memanjang disepanjang jembatan yang berakhir pada blok angkur pada kedua ujung kabel utama jembatan. Blok angkur ini menggunakan tipe gravitasi untuk dapat menahan pergerakan vertikal dan horizontal akibat beban-beban yang bekerja.

Tujuan

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Menghitung blok angkur/*backstay* terhadap bahaya pergeseran,
- Menghitung blok angkur/*backstay* terhadap bahaya guling,
- Menghitung blok angkur/*backstay* terhadap kemampuan daya dukung tanah,
- Menghitung blok angkur/*backstay* terhadap penurunan segera yang terjadi,
- Melakukan desain dimensi bangunan blok angkur/*backstay* yang sudah terbangun.

LANDASAN TEORI

Tinjauan Stabilitas Blok Agkur

Stabilitas yang ditinjau berdasarkan kondisi layan dan kondisi ekstrim (gempa), nilai kestabilan struktur terhadap kemungkinan terguling, geser, daya dukung tanah dan penurunan dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

- a. Kestabilan struktur terhadap kemungkinan terguling.

$$F_s = \frac{\sum M_w}{\sum M_{guling}}$$

dengan,

$\sum M_w$ = jumlah momen melawan guling (kNm),

$\sum M_{gl}$ = jumlah momen yang menahan guling (kNm).

- b. Kestabilan struktur terhadap kemungkinan geser.

$$F_{gs} = \frac{\sum R_h}{\sum P_h}$$

dengan,

ΣR_h = Tahanan blok angkur terhadap pergeseran,

ΣP_h = Jumlah gaya-gaya horizontal.

c. Daya dukung tanah

Untuk lebar $B > 1.20$ m,

$$q_a = 12,5 \cdot N \cdot \left(\frac{B+0,30}{B} \right) \cdot K_d$$

dengan,

q_a = Kapasitas dukung ijin (kN/m^2),

$K_d = (1+0,33 \cdot D/B)$ = faktor kedalaman fondasi, dengan nilai maksimum

$$K_d = 1,33.$$

B = Lebar pondasi (m),

D = Kedalaman fondasi (m),

d. Penurunan Segera

Untuk $B > 1,2$ m,

$$S_i = \frac{4 \cdot q_n}{N} \left(\frac{B}{B+1} \right)^2$$

dengan,

B = Lebar fondasi (ft)

q_n = Tekanan fondasi Netto (k/ft^2)

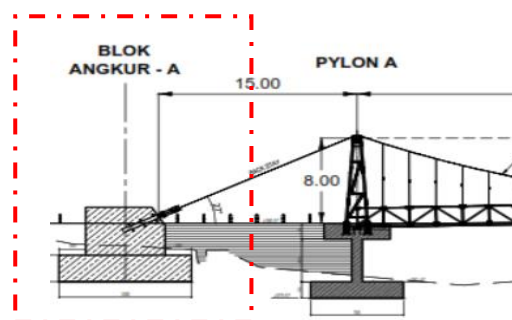
S_i = Penurunan Segera (inci)

- Penurunan maksimum diijinkan 1 cm.

METODOLOGI PENELITIAN

Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian adalah Proyek Pembangunan Jembatan Gantung Jurangsari Kabupaten Semarang di Desa Doplang Kelurahan Baran Kecamatan Ambarawa Kabupaten Semarang Provinsi Jawa Tengah. Sedangkan yang menjadi objek dari penelitian ini adalah stabilitas Blok Angkur A, seperti gambar dbawah ini.



Gambar 1. Lokasi Penelitian

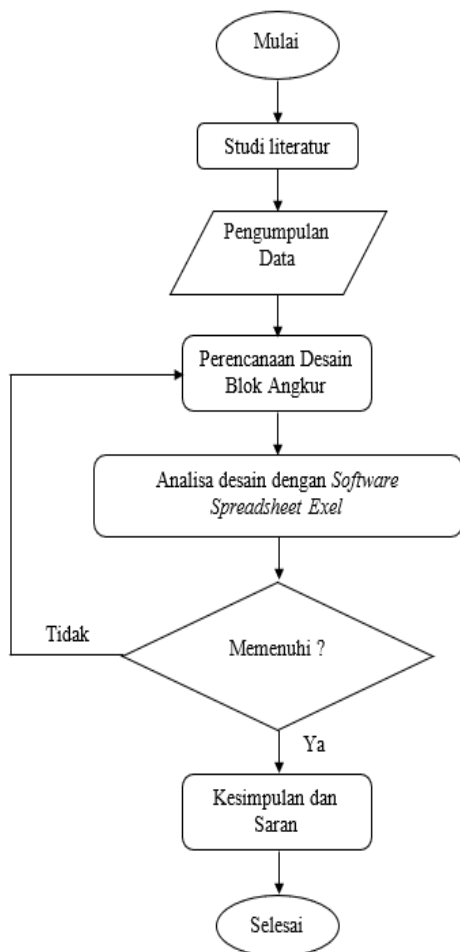
Faktor Keamanan (*Safety Factor*)

Faktor keamanan adalah faktor yang menunjukkan tingkat kemampuan suatu bahan teknik menerima beban dari luar.

Faktor keamanan berdasarkan kriteria tersebut untuk fondasi langsung dengan telapak adalah:

- SF daya dukung tanah = 2,0,
- SF untuk stabilitas geser = 1,50,
- SF untuk stabilitas Guling = 1,50,

Bagan Alir Penelitian



Tabel 1. Dimensi Blok Angkur

Notasi	Dimensi (m)	Notasi	Dimensi (m)
$b_1 =$	2,00	$b_6 =$	1,50
$b_2 =$	3,00	$b_7 =$	2,00
$b_3 =$	2,00	$b_8 =$	1,50
$b_4 =$	1,00	$b_9 =$	1,50
$b_5 =$	2,00	$b_{10} =$	2,00
$h_1 =$	1,70	$b_{11} =$	1,50
$h_2 =$	2,80		
$h_3 =$	2,50	$B_y =$	10,00
$H =$	7,00	$B_x =$	10,00

(Sumber: Hasil Analisis 2023)

Tabel 2. Analisa Berat Struktur

No	Parameter b (m)	Parameter h (m)	Panjang (m)	Berat (kN)
1	3.0	4.5	4.00	1350.00
2	3.0	1.7	4.00	510.00
3	1.0	1.7	4.00	85.00
4	3.0	2.8	4.00	840.00
5	10.0	2.5		6250.00
				= 9035.00

$\gamma_c = 25 \text{ kN/m}^3$.

(Sumber: Hasil Analisis 2023)

Tabel 3. Analisa Berat Tanah

No	Parameter b (m)	Parameter h(m)	Panjang (m)	Berat (kN)
6	2	2.8	10	952.00
7	2	2.8	10	952.00
8	2	2.8	3.0	856.80
9	2	2.8	3.0	856.80
10	6	2.8	6.0	856.80
				= 4,474.40

(Sumber: Hasil Analisis 2023), $\gamma_s = 17 \text{ kN/m}^3$.

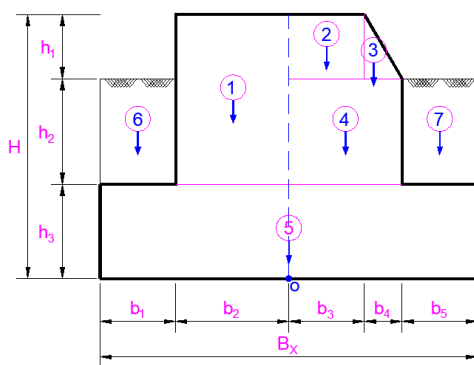
Tabel 4. Analisa Momen Struktur

No	Berat (kN)	Lengan titik O (m)	Momen (kN.m)
1	1350	1.50	-2025.00
2	510	1.00	510.00
3	85	0.33	28.33
4	840	1.50	1260.00
5	6250	0.00	0.00
			= -226.67

(Sumber: Hasil Analisis 2023)

ANALISIS DAN PERHITUNGAN

Dimensi Blok Angkur



Gambar 3. Blok Angkur A

Tabel 5. Analisa Momen Tanah

No	Berat (kN)	Lengan titik O (m)	Momen (kN.m)
6	952.00	4.00	-3808.00
7	952.00	4.00	3808.00
8	856.80	1.50	-
9	856.80	1.50	65545.20
10	856.80	0.00	0.00
$\Sigma_{MW} =$			0.00

(Sumber: Hasil Analisis 2023)

Tekanan Tanah Lateral

Tekanan Tanah Aktif

Data tanah timbunan,

Berat volue tanah (γ_s) : 17.0 kN/m³.

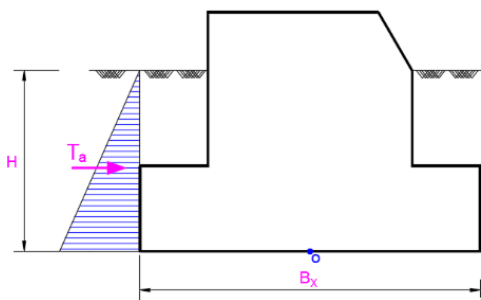
Sudut geser dalam (ϕ) : 30°.

Tinggi tanah aktif (Ha) : 5.30 m.

Lebar arah Y (By) : 10.0 m

Koefisien tanah aktif

$$K_a = \text{tg}^2 \left(45 - \frac{\phi}{2} \right) = \text{tg}^2 \left(45 - \frac{30^\circ}{2} \right) = 0.333$$



Gambar 4. Diagram Tekanan Tanah Aktif

Gaya tekanan tanah aktif (Ta) =

$$T_a = \frac{1}{2} \cdot H^2 \cdot \gamma_s \cdot K_a \cdot B_Y$$

Tabel 6. Analisa Gaya dan Momen Tekanan Tanah Aktif

No	Ta (kN)	Lengan thd. O (m)	M _{TA} (kNm)
1	-795.883	1.767	-1406.061

(Sumber: Hasil Analisis 2023)

Tekanan Tanah Pasif

Data tanah timbunan :

Berat volume tanah (γ_s) : 17.0 kN/m³.

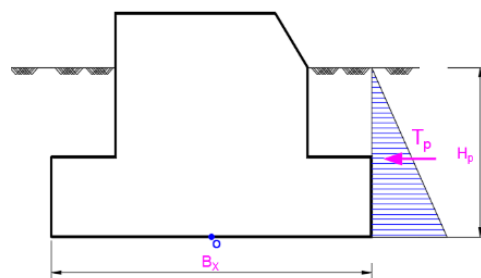
Sudut geser dalam (ϕ) : 30°.

Tinggi tanah aktif (Hp) : 5.30 m.

Lebar arah Y (By) : 10.0 m

Koefisien tanah pasif,

$$K_a = \text{tg}^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right) = \text{tg}^2 \left(45 + \frac{30^\circ}{2} \right) = 3.0$$



Gambar 5. Diagram Tekanan Tanah Pasif

Gaya tekanan tanah pasif =

$$T_p = \frac{1}{2} \cdot H^2 \cdot \gamma_s \cdot K_p \cdot B_Y$$

Tabel 7. Analisa Gaya dan Momen Tekanan Tanah Pasif

No	Ta (kN)	Lengan thd. O (m)	M _{TA} (kNm)
1	7162.95	1.767	12654.55

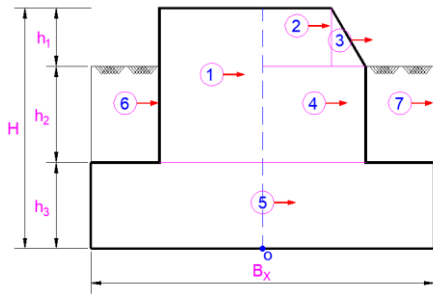
(Sumber: Hasil Analisis 2023)

Beban Gempa (EQ)

Faktor modifikasi respon ditentukan dengan R=1.5 sehingga beban gempa dapat diperoleh sebagai berikut.

$$EQ = \frac{C_{sm}}{R} = \frac{0.50}{1.5} \times W_t = 0.34 \cdot W_t$$

Analisa beban gempa (EQ) dapat dilihat pada gambar dan tabel berikut ini.



Gambar 6. Distribusi Beban Gempa Pada Blok Angkur

Tabel 8. Analisa Beban Gempa

No	T _{EQ} (kN)	Lengan thd O y (m)	M _{EQ} (kN.m)
1	459.00	4.75	-2180.25
2	173.40	6.28	-1088.95
3	28.90	6.28	-181.49
4	285.60	3.90	-1113.84
5	2125.00	1.25	-2656.25
	3071.9	M _{EQ} =	-7220.78

(Sumber: Hasil Analisis 2023)

Tekanan Tanah Lateral Akibat Gempa

Tekanan tanah aktif menurut *Mononobe-Okabe*:

Dari data dapat diketahui,

$$H = 5.3 \text{ m}, \gamma = 17.0 \text{ kN/m}^3,$$

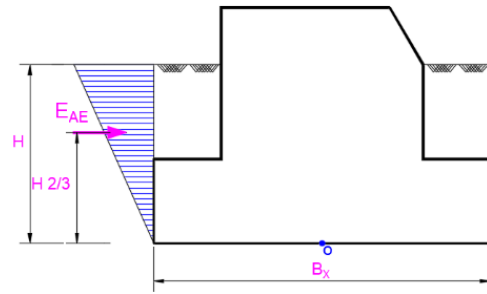
$$k_v = 0, \theta = \text{arc. tan} \left(\frac{k_h}{1-k_v} \right) = 9.559^\circ,$$

$$\beta_a = 0, \delta = 0, i = 18^\circ, k_v = 0.5.A_s,$$

maka K_{AE} adalah:

$$K_{AE} = \frac{\cos^2(\phi - \theta - \beta_a)}{\cos \theta \cos^2 \beta_a \cos(\delta + \theta + \beta_a)} \times \left(1 + \frac{\sin(\delta + \phi) \sin(\phi - \theta - i)}{\cos(\delta + \theta + \beta_a) \cos(i - \beta_a)} \right)^{-2}$$

$$K_{AE} = 0.87$$



Gambar 7. Distribusi Tekanan Tanah Aktif Akibat Gempa

$$E_{AE} = \frac{1}{2} \times \gamma \times (H_t)^2 \times (1 - k_v) \times K_{AE}$$

$$E_{AE} = \frac{1}{2} \times 17.0 \times 5.30^2 \times (1-0) \times 0.87 \times 10 = 2,065.67 \text{ kN.}$$

$$M_{AE} = \frac{2}{3} \times H \times E_{AE}$$

$$= \frac{2}{3} \times 5.30 \times 2,065.67 = 7,298.69 \text{ kNm.}$$

Tekanan tanah pasif menurut *Mononobe-Okabe*:

Dari data dapat diketahui,

$$H = 5.3 \text{ m}, \gamma = 17.0 \text{ kN/m}^3, k_v = 0,$$

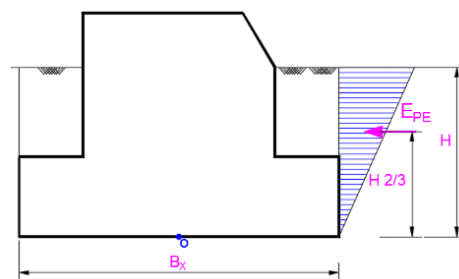
$$\theta = \text{arc. tan} \left(\frac{k_h}{1-k_v} \right) = 9.559^\circ,$$

$$\beta_a = 0, \delta = 0, i = 0, k_v = 0.5.A_s,$$

maka K_{PE} adalah:

$$K_{PE} = \frac{\cos^2(\phi - \theta - \beta_a)}{\cos \theta \cos^2 \beta_a \cos(\delta + \theta + \beta_a)} \times \left(1 + \frac{\sin(\delta + \phi) \sin(\phi - \theta - i)}{\cos(\delta + \theta + \beta_a) \cos(i - \beta_a)} \right)^{-2}$$

$$K_{PE} = 0.65$$



Gambar 8. Distribusi Tekanan Tanah Pasif Akibat Gempa

$$E_{PE} = \frac{1}{2} \times \gamma \times (H_t)^2 \times (1 - k_v) \times K_{PE}$$

$$E_{PE} = \frac{1}{2} \times 17.0 \times 5.30^2 \times (1-0) \times 0.65 \times 10$$

$$= 1,555.99 \text{ kN}$$

$$M_{PE} = \frac{2}{3} \times H \times E_{PE} = \frac{2}{3} \times 5.30 \times 1,555.99 = 5,497.83 \text{ kNm.}$$

Beban Akibat Bangunan Atas

Gaya-gaya yang bekerja pada blok angkur berdasarkan kriteria yang sudah ditentukan dan di jembatan gantung direncanakan dengan sudut $\alpha = 27^\circ$ atau direncanakan dengan kondisi 1 sesuai dengan kriteria.

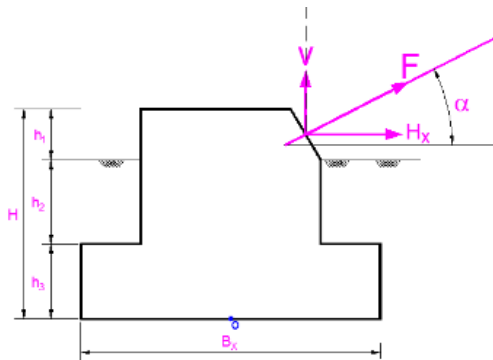
Data,

Panjang Jembatan : 60.0 m,

Panjang Backstay (B_s) : 15.0 m,

Sudut (α) : 27° ,

Tinggi Pilon (T_p) : 8.0 m,



Gambar 9. Diagram Gaya Akibat Bangunan Atas

Gaya (V) : $2 \times 216.11 \text{ kN}, = 920.40 \text{ kN}$

Gaya (F) : $2 \times 460,20 \text{ kN.} = 432.22 \text{ kN}$

Gaya (H_x) : $2 \times 406.32 \text{ kN.} = 812.64 \text{ kN}$

Gaya (H_y) : 0.00 kN.

Tabel 9. Analisa Beban Akibat Bangunan Atas

Uraian	Berat (kN)	x (m)	y (m)	Momen (kNm)
V	-920.4	2.50		2301.00
H_x	812.64		6.15	-997.74

(Sumber: Hasil Analisis 2023)

Rekapitulasi Beban

Dari perhitungan diatas analisa beban dapat direkap berdasarkan gaya-gaya yang bekerja dan dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 10. Rekapitulasi Beban Kondisi Layan

No	Aksi / Beban	Vertikal P_u (kN)	Horisontal T_{ux} (kN)	Momen M_{ux} (kNm)
A. Gaya-gaya akibat bangunan bawah				
1.	Beban Mati sendiri (struktur)	9,035.00		-226.67
2.	Beban Mati sendiri (Tanah)	4,474.40		0.00
3.	Tekanan Tanah Akhif		-795.88	-1406.06
4.	Tekanan Tanah Pasif		7,162.95	12654.55
5.	Beban Gempa		-3,071.90	-7220.78
6.	Tekanan Tanah Aktif Dinamis		0.00	0.00
7.	Tekanan Tanah Pasif Dinamis		0.00	0.00

No	Aksi / Beban	Vertikal P _u (kN)	Horisontal T _{ux} (kN)	Momen M _{ux} (kNm)
B. Gaya-gaya akibat bangunan atas				
1.	Gaya Vertikal	-920.40		2301.00
2.	Gaya Horizontal		812.64	-4997.74
		12,589.00	4107.81	1104.30

(Sumber: Hasil Analisis 2023)

Tabel 11. Rekapitulasi Beban Kondisi Ekstrim (Gempa)

No	Aksi / Beban	Faktor Beban	Vertikal P _u (kN)	Horisontal T _{ux} (kN)	Momen M _{ux} (kNm)
A. Gaya-gaya akibat bangunan bawah					
1.	Beban Mati sendiri (struktur)	1.30	11745.50		-294.67
2.	Beban Mati sendiri (Tanah)	1.30	5816.72		0.00
3.	Tekanan Tanah Aktif	1.25		-994.85	-1757.58
4.	Tekanan Tanah Pasif	1.40		10028.13	17716.36
5.	Beban Gempa	1.00		-3071.90	-7220.78
6.	Tekanan Tanah Aktif Dinamis	1.00		-2065.67	-7298.69
7.	Tekanan Tanah Pasif Dinamis	1.00		1800.86	5497.83
B. Gaya-gaya akibat bangunan atas					
1.	Gaya Vertikal	1.00	-920.40		2301.00
2.	Gaya Horizontal	1.00		812.64	-4997.74
			16641.82	6509.21	3945.74

(Sumber: Hasil Analisis 2023)

T_x = Gaya penyebab geser,

H = Gaya penahan geser,

ΔP = Gaya berat sendiri struktur – Gaya vertikal akibat bangunan atas.

maka, untuk kondisi Layan,

$$T_x = T_A + H_x = 795.88 + 812.64 = 1,608.52 \text{ kN.}$$

$$H = \left(\frac{2}{3} \cdot c \cdot B_x \cdot B_y\right) + \Delta P \cdot \tan\left(\frac{2}{3} \cdot \phi\right) + T_p$$

$$= \left(\frac{2}{3} \cdot 2.216 \cdot 10 \cdot 10\right) + (12,589 \cdot \tan\left(\frac{2}{3} \cdot 11^\circ\right)) + 7,162.95$$

$$= 8,930.84 \text{ kN.}$$

$$F_{gs} = \frac{\Sigma R_h}{\Sigma P_{ah}} = \frac{H}{T_x}$$

$$= \frac{8,930.84}{1,608.52} = 5.55 \geq 1.5 \text{ (OK)}$$

untuk kondisi ekstrim (gempa),

$$T_x = T_A + H_x = 994.85 + 812.64 = 3,945.74 \text{ kN.}$$

$$H = \left(\frac{2}{3} \cdot c \cdot B_x \cdot B_y\right) + (\Delta P \cdot \tan\left(\frac{2}{3} \cdot \phi\right)) + T_p$$

$$H = \left(\frac{2}{3} \cdot 2.216 \cdot 10 \cdot 10\right) + (16,641.82 \cdot \tan\left(\frac{2}{3} \cdot 11^\circ\right))$$

$$+ 10,028.13 = 8,930.84 \text{ kN.}$$

$$F_{gs} = \frac{\Sigma R_h}{\Sigma P_{ah}} = \frac{H}{T_x}$$

$$= \frac{10,028.13}{3,945.74} = 6.81 \geq 1.5 \text{ (aman)}$$

Check daya dukung tanah

Parameter tanah dasar blok angkur,

Berat volume tanah : 18.30 kN/m³,

Sudut geser dalam, ϕ : 11°,

Kohesi, c : 0.0226 kg/cm² = 2.216 kN/m²,

Ukuran dasar blok angkur : $B_x = 10.0 \text{ m}$,

$B_y = 10.0 \text{ m}$.

Kedalaman fondasi (D_f) : 5.30 m.

Daya dukung ijin tanah,

$$q_a = 12,5 \cdot N \cdot \left(\frac{B + 0,30}{B} \right) \cdot K_d$$

$$K_d = 1 + 0,33 \cdot \frac{5,30}{10,0} = 1,175 < 1,3$$

Maka,

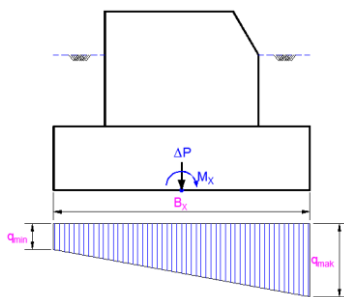
Nilai SPT pada dasar fondasi = 60.

Nilai SPT terkoreksi,

$$N' = 15 + 1/2 \cdot (N - 15) = 15 + 1/2 \cdot (60 - 15) = 37,5$$

$$q_a = 12,5 \cdot 37,5 \cdot \left(\frac{10 + 0,30}{10} \right) \cdot 1,175 = 584,274 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_{ijin} = \frac{q_a}{SF} = \frac{584,274}{2} = 292,137 \text{ kN/m}^2$$



Gambar 12. Diagram tekanan tanah

Tegangan tanah yang terjadi pada dasar fondasi :

Kondisi layan,

Untuk nilai $e = M_x / P \leq B_x / 6$:

$$\sigma = \frac{P}{(B_x \cdot B_y)} \pm \frac{6 \cdot M_x}{(B_y \cdot B_x^2)}$$

$$e = \frac{M_x}{P} = \frac{1,104,30}{12,589,00}$$

$$= 0,088 \leq 1,667 \text{ (OK)}$$

Maka,

$$\sigma_{maks} = \frac{12,389,00}{(10 \times 10)} + \frac{6 \times 1,104,30}{(10 \times 10^2)}$$

$$= 132,52 \leq 467,42 \text{ kN/m}^2 \text{ (aman)}$$

$$\sigma_{min} = \frac{12,389,00}{(10 \times 10)} - \frac{6 \times 1,104,30}{(10 \times 10^2)}$$

$$= 119,26 \leq 467,42 \text{ kN/m}^2 \text{ (Ok)}$$

Kondisi ekstrim (gempa),

Untuk nilai $e = M_x / P \leq B_x / 6$:

$$\sigma = \frac{P}{(B_x \cdot B_y)} + \frac{6 \cdot M_x}{(B_y \cdot B_x^2)}$$

$$e = \frac{M_x}{P} = \frac{3,945,74}{16,641,82} = 0,237$$

$$\leq 1,667 \text{ (Ok)}$$

Maka,

$$\sigma_{maks} = \frac{16,641,82}{(10 \times 10)} + \frac{6 \times 3,945,74}{(10 \times 10^2)}$$

$$= 190,09 \leq 467,42 \text{ kN/m}^2 \text{ (OK)}$$

$$\sigma_{min} = \frac{16,641,82}{(10 \times 10)} - \frac{6 \times 3,945,74}{(10 \times 10^2)}$$

$$= 142,74 \leq 467,42 \text{ kN/m}^2 \text{ (Ok)}$$

Penurunan segera

Kondisi layan

$$q_n = 132,52 \text{ kN/m}^2 = 2,768 \text{ k/ft}^2$$

$$B = 10 \text{ m} = 32,81 \text{ ft}$$

$N = 60$, Maka,

$$S_i = \frac{4 \cdot q_n}{N} \left(\frac{B}{B + 1} \right)^2$$

$$S_i = \frac{4 \times 2,768}{60} \left(\frac{32,81}{32,81 + 1} \right)^2$$

$$= 0,173 \text{ inci}$$

$$= 0,441 \text{ cm} \leq 1 \text{ cm (Ok)}$$

Kondisi Ekstrim (gempa),

$$q_n = 190,09 \text{ kN/m}^2 = 3,970 \text{ k/ft}^2$$

$$B = 10 \text{ m} = 32,81 \text{ ft}$$

$N = 60$, Maka:

$$S_i = \frac{4 \cdot q_n}{N} \left(\frac{B}{B + 1} \right)^2$$

$$S_i = \frac{4 \times 3.970}{60} \left(\frac{32.81}{32.81+1} \right)^2 = 0.249 \text{ inci}$$

$$= 0.633 \text{ cm} \leq 1 \text{ cm (Ok).}$$

PENUTUP

Kesimpulan

1. Stabilitas blok angkur/*backstay* pada kondisi batas layan (*serviceability limit state*) aman terhadap geser dengan $SF = 5.5 > 1.5$ dan guling $SF = 57.0 > 1.5$ sedangkan pada kondisi ekstrim/gempa aman terhadap geser dengan $SF = 6.81 > 1.1$ dan guling $SF = 21.09 > 1.1$.
2. Kemampuan daya dukung tanah untuk menahan berat sendiri dan gaya-gaya yang bekerja di blok angkur pada kondisi batas layan (*serviceability limit state*) aman terhadap kemampuan daya dukung ijin dengan σ maksimal = 132.52 kN/m^2 dan σ minimal = 119.26 kN/m^2 , σ maksimal $< \sigma$ ijin 292.137 kN/m^2 atau 2.20 kali lebih besar dari σ maksimal yang terjadi, sedangkan dalam kondisi ekstrim (gempa) tenggangan tanah yang terjadi pada σ maksimal = 190.09 kN/m^2 dan σ minimal = 142.74 kN/m^2 , σ maksimal $< \sigma$ ijin 292.137 kN/m^2 atau 1.54 lebih besar dari σ maksimal yang terjadi.
3. Penurunan yang terjadi di blok angkur/*backstay* pada kondisi batas layan (*serviceability limit state*) aman yaitu sebesar $S_i = 0.441 \text{ cm}$ dan pada kondisi ekstrim (gempa) adalah sebesar $S_i = 0.633$

cm, dari kedua kondisi tersebut faktor keamanan untuk penurunan adalah ≤ 1.0 cm.

Saran

Untuk penelitian selanjutnya, analisa perbandingan blok angkur/*backstay* untuk sudut angkur utama 35° dan 45° untuk mendapatkan dimensi yang optimal dalam proyek tersebut.

1. Analisa kabel utama yang menuju ke blok angkur/*backstay* sebagai perbandingan dari gaya-gaya yang bekerja pada blok angkur yang berasal dari struktur bangunan atas yang sifatnya sudah "given",
2. Analisa tulangan blok angkur/*backstay* serta kebutuhan biayanya.
3. Analisa menggunakan bantuan aplikasi dalam mendesain blok angkur/*backstay* agar mendapatkan hasil yang lebih spesifik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Aco Wahyudi Efendi dkk 2019., Analisa perubahan jarak blok angkur jembatan gantung terhadap gaya yang terjadi, Vol.2, No.1, Maret, Halaman 4-7.
- [2]. Bangun Pasaribu dkk, 2022, Analisa Daya Dukung Pondasi Alam Pada Proyek Pembangunan Jembatan Gantung Kabupaten Toba Samosir Provinsi Sumatera Utara, Vol.1, No.2, Desember, Halaman 143-149.
- [3]. Das, Braja M. 1995, Mekanika Tanah Jilid 1, Erlangga, Jakarta.
- [4]. Das, Braja M. 1995, Mekanika Tanah Jilid 2, Erlangga, Jakarta.

- [5]. Hardiyatmo, Hary C., 2006, Teknik Pondasi I, Cetakan ke 3, Yogyakarta.
- [6]. Hardiyatmo, Hary C., 2006, Teknik Pondasi II", Cetakan ke 3, Yogyakarta.
- [7]. Bowles. J.E,1988, Analisis dan Desain Fondasi Jilid 1, Erlangga, Jakarta.
- [8]. Das, Braja M. 2007, Principles of Foundation Engineering Seventh Edition, USA Cengage Learning
- [9]. Satker P2JN Provinsi Jawa Tengah 2022, Gambar Perencanaan Teknik Pembangunan Jembatan Gantung Jurangsari Kabupaten Semarang, Jawa Tengah.
- [10]. PT. Morang Rekayasa Geoteknik 2021, Laporan Penyelidikan Tanah Pembangunan Jembatan Gantung Ds. Dopleng Kec. Bawen. Kab. Semarang, Jawa Tengah.
- [11]. Kemen PUPR 2022, Kriteria Desain Bangunan Bawah Jembatan Gantung Pejalan Kaki Simetris Pengadaan Tahun 2022, Jakarta.
- [12]. Kemen PUPR 2019, Kumpulan Korelasi Parameter Geoteknik dan Fondasi, Jakarta.
- [13]. SNI 1725:2016, Pembebanan untuk Jembatan, Badan Standarisasi Nasional BSN, Jakarta.
- [14]. SNI 2833:2016, Perencanaan Jembatan Terhadap Beban Gempa, Badan Standarisasi Nasional BSN, Jakarta.