

## **EVALUASI STRUKTUR PONDASI PADA PROYEK PEMBANGUNAN JEMBATAN GEBANG PANGKALAN BERANDAN SUMATERA UTARA**

Oleh :

Zainal Arifin Sinaga <sup>1</sup>

Masriani Endayanti <sup>2</sup>

Adventus Gultom <sup>3</sup>

E-mail :

Universitas Darma Agung <sup>1,2,3)</sup>

[zasinaga15@gmail.com](mailto:zasinaga15@gmail.com)

### **ABSTRACT**

*The Gebang Bridge is on the Gebang River, Teluk Meku Village, Babalan District, Langkat Regency, North Sumatra Province. This bridge is transportation infrastructure created by PT Pertamina EP for the company's needs and can ultimately be used jointly by the community. Even though it is in a rural area, this bridge is expected to be able to withstand heavy vehicle loads. The Gebang bridge is designed with a maximum vehicle load of up to 40 tons. The data collection methodology is by observation method, data from projects and conducting library studies. The bearing capacity of the foundation at a depth of 30 m using the Mayerhoff method is  $Q_g > P = 1620,458$  tonnes  $> 516,517$  tonnes. The bridge is declared safe.*

**Keywords:** *Bearing Capacity of Foundations, Bridges, Abutments*

### **ABSTRAK**

*Jembatan Gebang berada di Sungai Gebang Desa Teluk Meku Kecamatan Babalan, Kabupaten Langkat, Provinsi Sumatera Utara. Jembatan ini merupakan prasarana transportasi yang dibuat oleh PT.Pertamina EP untuk kebutuhan perusahaan dan pada akhirnya dapat digunakan bersama oleh masyarakat. Meskipun di daerah pedesaan jembatan ini diharapkan mampu menahan beban kendaraan berat. Jembatan gebang di desain dengan beban maksimum kendaraan mencapai 40 ton. Metode pengumpulan data adalah dengan metode pengamatan, data dari proyek dan melakukan studi keperustakaan. Daya dukung pondasi pada kedalaman 30 m dengan metode Mayerhoff sebesar  $Q_g > P = 1620,458$  ton  $> 516,517$  ton. Jembatan dinyatakan aman.*

**Kata Kunci :** *Daya Dukung Pondasi, Jembatan, Abutment*

## **1. PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Jembatan Gebang merupakan prasarana transportasi yang dibuat oleh PT.Pertamina untuk kebutuhan perusahaan dan pada akhirnya dapat digunakan bersama oleh masyarakat. Perhitungan daya dukung pondasi

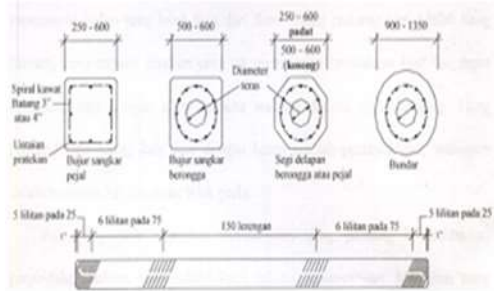
menggunakan penyelidikan tanah dengan Uji Sondir. Pondasi berada di tanah keras pada kedalaman 30 meter, diameter tiang adalah 0,60 meter.

### **2 Tiang Pancang Prestressed Concrete Pile**

#### **2.1 Pengertian Prestressed Concrete Pile**

*Prestressed concrete pile* merupakan tiang pancang pancang dengan bahan beton bertulang yang di cetak dengan menarik besi tulangan beton ketika di cetak. *Prestressed concrete pile* dapat di

cetak sesuai dengan kebutuhan kekuatan beton yang diinginkan

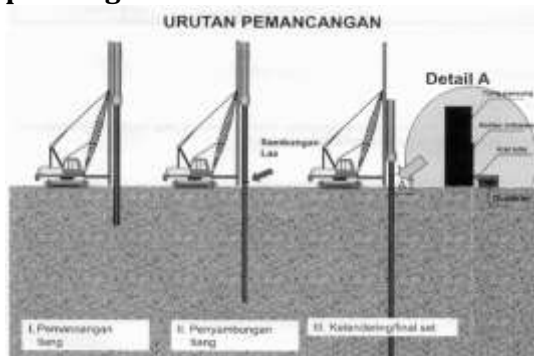


Gambar 1.2.a Tiang pancang *Precast Prestressed Concrete Pile*



Gambar 1.2.b Tiang pancang *Precast Prestressed Concrete Pile*

## 2.2 Metode pelaksanaan pondasi tiang pancang



Gambar 2.2 urutan pemancangan

## 3. METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Lokasi Penelitian

Jembatan Gebang berada di Sungai Gebang Desa Teluk Meku Kecamatan Babalan, Kabupaten Langkat, Provinsi Sumatera Utara

### 3.2 Data teknis

- Panjang tiang = 30 m
- Diameter tiang = 0,6 m
- Mutu Tiang =  $K 550/f'c = 44.78 \text{ Mpa}$

### 3.3 Data Tanah dari Uji Sondir

Depth (m)	D (cm)	CR (kg/cm <sup>2</sup> )	TSF (kg/cm)
-----------	--------	--------------------------	-------------

0,20	60	12	6
0,40	60	18	14
0,60	60	19	32
1,00	60	10	40
1,20	60	14	42
1,40	60	16	52
1,60	60	15	56
1,80	60	25	62
2,00	60	25	72
3,00	60	23	116
4,00	60	32	166
5,00	60	28	216
6,00	60	28	266
7,00	60	41	310
8,00	60	42	368
9,00	60	45	420
10,00	60	43	470
11,00	60	68	520
13,00	60	75	650
15,00	60	145	822
30,00	60	215	1012

## 4. ANALISA PEMBAHASAN

Analisa digunakan dengan menggunakan metode mayerhof

- Panjang tiang = 30 m
- Diameter tiang = 0,6 m
- Mencari nilai  $A_p$   

$$= \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 = \frac{1}{4} \times \pi \times 0,6^2$$

$$= 0,282 \text{ m}^2$$

$$= 2826 \text{ cm}^2$$
- Mencari nilai  $A_k$   

$$= \pi \times d = 3,14 \times 0,6$$

$$= 1,884 \text{ m}$$

$$= 188,4 \text{ cm}$$
- $Q_p = A_p \times CR-r$   

$$= 2826 \text{ cm}^2 \times 195 \text{ kg/}$$

$$= 512.070 \text{ kg}$$

$$= 512,070 \text{ t}$$
- $Q_s = A_k \cdot TSF$   

$$= 188,4 \text{ cm} \times 1012 \text{ kg/cm}$$

$$= 190.660,80 \text{ kg}$$

$$= 190,660 \text{ t}$$

- $$Q_u = Q_p + Q_s$$

$$= 512,070 \text{ t} + 190,660 \text{ t}$$

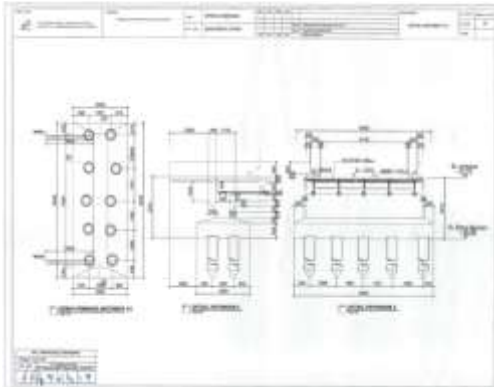
$$= 702,730 \text{ t}$$

- $$Q_{izin} = \frac{Q_p}{3} + \frac{Q_s}{5}$$

$$= 170,690 + 38,132$$

$$= 208,822 \text{ t}$$

- Efisiensi kelompok tiang menggunakan rumus *converse Labarre*.



$$n = 5$$

$$m = 2$$

$$d = 60 \text{ cm}$$

$$s = 200 \text{ cm}$$

$$\theta = \arcsin \left( \frac{d}{s} \right)$$

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

$$E_g = 0,776$$

Secara tabulasi, perhitungan daya dukung tanah pada masing-masing kedalaman sebagai berikut :

Depth [m]	D [mm]	CS [kg/cm <sup>3</sup> ]	TSP [kg/m <sup>3</sup> ]	Sp [mm]	Ab [mm <sup>2</sup> ]	Qp = CRp [ton]	Qs = TSFp / Ab [ton]	Qult [ton]	Qizin [ton]	Qg [ton]
0,20	80	12	0	2020	100,0	33,912	1,130	35,042	11,333	69,473
0,40	80	10	14	2020	100,0	38,808	2,677	53,503	17,481	113,672
0,60	80	10	12	2020	100,0	53,094	4,038	58,712	19,183	148,245
1,00	80	10	40	2020	100,0	28,208	7,536	35,796	10,927	84,795
1,20	80	14	42	2020	100,0	39,504	7,912	47,878	14,779	114,619
1,40	80	16	32	2020	100,0	45,216	9,796	55,012	17,031	132,169
1,60	80	18	34	2020	100,0	42,396	10,350	52,946	16,249	128,622
1,80	80	20	42	2020	100,0	50,658	11,880	62,538	18,849	148,678
2,00	80	20	32	2020	100,0	56,628	14,564	71,192	21,343	166,600
2,20	80	22	116	2020	100,0	64,944	21,874	86,822	26,624	202,046
4,00	80	32	306	2020	100,0	98,432	31,274	131,706	39,388	282,455
5,00	80	38	216	2020	100,0	78,128	46,894	118,822	34,514	287,825
6,00	80	38	306	2020	100,0	78,128	58,214	136,242	39,389	282,455
7,00	80	41	316	2020	100,0	115,886	58,804	174,270	50,382	398,349
8,00	80	42	306	2020	100,0	118,642	64,374	186,213	53,449	414,618
9,00	80	45	430	2020	100,0	127,170	74,138	206,308	59,123	451,733
10,00	80	41	470	2020	100,0	121,518	88,348	218,866	64,215	451,733
11,00	80	60	520	2020	100,0	181,188	97,988	296,136	83,649	649,129
13,00	80	75	450	2020	100,0	231,958	122,460	334,410	95,142	738,163
15,00	80	145	822	2020	100,0	489,370	154,884	594,634	187,562	1308,289
30,00	80	210	1022	2020	100,0	912,870	190,660	700,730	208,822	1816,458

#### 4.1 Perhitungan Daya Dukung Kelompok Tiang

$$(E_g) = 0,776 :$$

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

$$= 0,776 \times 208,822 \times 10$$

$$Q_g = 1620,458 \text{ ton}$$

#### 4.2 Perhitungan Pembebanan Beban Mati Jembatan (QMS)

##### 1. Plat Lantai (W x T x Y x L)

$$w = 12,70 \text{ m}$$

$$t = 0,25 \text{ m}$$

$$\gamma = 2,50 \text{ t/m}$$

$$L = 30 \text{ m}$$

$$\text{Total berat Pelat Lantai}$$

$$= 12,70 \times 0,25 \times 2,50 \times 30$$

$$= 238,125 \text{ t}$$

$$= 2336,006 \text{ kN}$$

##### 2. Berat Trotoar

$$\text{Lebar} = 1,00 \text{ m}$$

$$\text{Tebal} = 0,30 \text{ m}$$

$$\text{BJ } (\gamma) = 2,5 \text{ t/m}$$

$$\text{Panjang} = 30 \text{ m}$$

$$\text{Total berat Trotoar}$$

$$= 1,00 \times 0,30 \times 2,5 \times 30$$

$$= 22,500 \times 2$$

$$= 45 \text{ ton}$$

$$= 441,45 \text{ kN}$$

##### 3. Maka total berat sendiri struktur atas

$$= (2336,006 \text{ kN} + 441,45 \text{ kN}) \cdot 2,5$$

$$= 6943,64 \text{ kN}$$

##### 4. Beban mati pada 1 Abutment (PMS)

$$= 6943,64 \text{ kN} : 2$$

= **3471,82 kN**

5. Beban Mati Tambahan (PMA)

Berat W Lapisan Aspal

= 2,200 kN/m<sup>2</sup>

Berat W genangan air hujan

= 0,490 kN/m<sup>2</sup>

QMa total = 2,690 kN/m<sup>2</sup>

PMA = QM x Luas jalur

= (2,690 kN/m<sup>2</sup>) x (30 m x 12,70 m)

= 1024,890 kN

Per- abutment

= 1024,890 : 2

**PMA= 512,445 kN**

Total berat struktur atas :

P<sub>MS</sub> = 3471,82 x 1,3 (faktor beban kms)

= 4513,366 kN

P<sub>MA</sub> = 512,445 kN

Total = 4513,366 kN + 512,445 kN

= **5025,811 kN**

**Berat sendiri struktur bawah :**

A. Abutment :

L<sub>x</sub> = 26,90 m

t<sub>w</sub> = 26,90 m

n = 2

Tebal wingwall = 0,80 m

segmen 1:

Luas segmen 1 = 7,45 x 1,6 = 11,92 m<sup>2</sup>

L<sub>x</sub> = 26,90 m

Volume segmen 1 = 11,92 x 26,90

= 320,65 m<sup>3</sup>

Weight segmen 1 = 24 kN/m<sup>3</sup> x 320,65 m<sup>3</sup>

= 7695,60 kN

X = 1/2 x 7,45 = 3,73 m

Y = 1/2 x 1,30 = 0,65 m

(Area segmen 1) x X

= (9,69 x 3,75 = 36,08 m<sup>3</sup>)

(Area Section 1) x Y

= (9,69 x 0,65 = 6,30 m<sup>3</sup>)

Selanjutnya perhitungan ditabelkan.

Seg	P	A	X	Y	A.X	A.Y	Volume	Berat
mm	(m)	(m <sup>2</sup> )	(m)	(m)	(m <sup>3</sup> )	(m <sup>3</sup> )	(m <sup>3</sup> )	(kN)
1	26,90	9,69	3,73	0,65	36,144	6,299	260,651	6252,720
2	26,90	8,70	0,72	0,00	6,351	26,100	234,030	5616,720
3	26,90	0,20	0,10	0,10	0,020	0,020	5,380	129,120
4	26,90	1,04	0,34	1,15	0,524	1,771	41,425	994,224
5	26,90	0,14	0,15	0,20	0,021	0,028	3,746	90,384
Σ		20,37			43,060	34,218		13083,168

Mencari letak Eksentrisitas :

$$X = \frac{\sum(A.X)}{\sum A} = \frac{43,060}{20,270} = 2,124 \text{ m}$$

Berat sendiri abutment

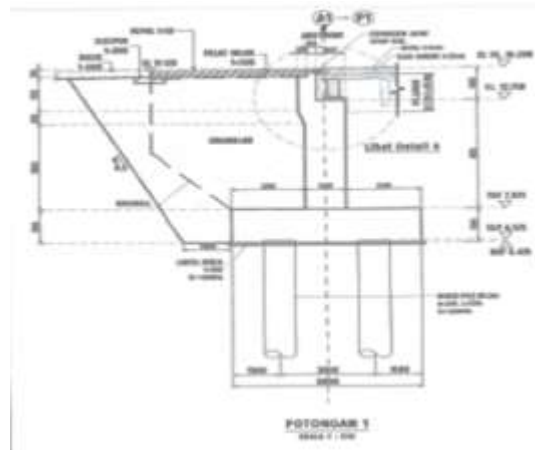
= **Q<sub>bs</sub> = 13083,168 kN**

Momen Eksentrisitas pancang :

$$M_{bs} = Q_{bs} \times e_x$$

$$= 13083,168 \text{ kN} \times 2,124 \text{ m}$$

$$= \mathbf{27788,649 \text{ kN m}}$$



Gambar potongan abutment jembatan

B. Wingwall :

P = 26,90 m

Area 1 wingwall = 43,45 m<sup>2</sup>

V = 26,90 x 43,45 = 1168,805 m<sup>3</sup>

Berat 1 wingwall

= 24 kN/m<sup>3</sup> x 1168,805 m<sup>3</sup> = 28051,320 kN

Untuk 2 wingwall

= 2 x 28051,320 kN = 56102,640 kN.

C. Berat Timbunan

Segmen 1 : P = 26,900 kN

A = 0,748 m<sup>2</sup>

Lengan X = 1,630 m

Lengan Y = 2,53 m

A.X = 26,792 m<sup>3</sup>

A.Y = 41,586 m<sup>3</sup>

Volume = P x A = 442,155 m<sup>3</sup>

Berat = Volume x 2,4

= 10611,727 kN

Segmen 2 : P = 26,900 kN

A = 16,437 m<sup>2</sup>

Lengan X = 0,38 m

Lengan Y = 0,38 m

A.X = 0,284 m<sup>3</sup>

A.Y = 0,284 m<sup>3</sup>

Volume = P x A = 20,121 m<sup>3</sup>  
 Berat = Volume x 2,4 = 482,909 kN

Selanjutnya dibuat dalam tabel

Segmen	P	A	X	Y	AX	AY	VOLUME	BERAT
1	26,90	16,437	1,63	2,53	26,792	-41,586	442,155	10611,727
2	26,90	9,748	0,38	0,38	0,284	0,284	20,121	482,909
3	26,90	6,064	0,75	2,03	4,548	12,309	163,122	391,492
4	26,90	0,200	0,10	0,10	0,020	0,020	5,380	129,120
5	26,90	10,208	1,76	1,45	17,966	14,802	274,595	6590,285
6	26,90	1,769	2,21	0,20	3,912	0,354	47,586	1142,420
Σ		35,426			53,522	69,355		19347,953

Mencari letak Eksentrisitas :

$$X = \frac{\sum(A.X)}{\sum A} = \frac{53,522}{35,426} = 1,511 \text{ m}$$

Eksentrisitas sumbu X : e<sub>x</sub>

$$= 16,46 - 1,511 = 14,949 \text{ m}$$

Berat sendiri timbunan

$$= Q_{bs} = 19347,953 \text{ kN}$$

Momen eksentrisitas pancang :

$$M_{bs} = Q_{bs} \times e_x = 19347,953 \text{ kN} \times 14,949 \text{ m} = 289232,549 \text{ kN m}$$

D. Beban Mati Horizontal

$$H = 9,86 \text{ m}$$

$$P = 26,90 \text{ m}$$

$$\gamma = 17,84 \text{ kN/m}^3$$

$$\text{Sudut Geser} = 30^\circ$$

$$c = 3,2 \text{ kPa}$$

$$K_a = \tan^2(45 - \phi/2) = 0,333$$

Berdasarkan RSNI T-02-2005 :

$$q = 0,6 \times \gamma = 0,6 \times 17,84 = 10,704 \text{ kN/m}$$

Rekapitulasi beban horizontal dibuat dalam tabel berikut :

No	Gaya Akibat Tekanan Tanah	TTA (kN)	Lengan terhadap O	MTA (kN.m)
1	$T_{111} = q \cdot K_a \cdot H \cdot B_y$ $= 10,704 \times 0,333 \times 9,86 \times 26,90$	936,891	3,25	3044,897
2	$T_{112} = \frac{1}{2} \gamma \cdot K_a \cdot H^2 \cdot B_y$ $= \frac{1}{2} \times 17,84 \times 0,333 \times (9,86)^2 \times 26,9$	7698,124	2,16	16627,948
	Σ T <sub>11</sub>	8635,015	Σ M <sub>11</sub>	19672,845

**Beban Lalu Lintas**

1. Beban Lajur Lalu Lintas atau Beban "D"

a. (UDL)

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

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

Panjang jembatan 45 m :

$$q = 9,0 (0,5 + 15/L) \text{ kPa}$$

$$= 9,0 (0,5 + 15/30) \text{ kPa}$$

$$= 9,00 \text{ kPa}$$

(UDL) :

$$QTD = (3,5 \cdot q \cdot 100\%) + [(b-3,5) q 50\%]$$

$$= (3,5 \times 9 \times 100\%) + [(6,6 - 3,5) \times 9 \times 50\%]$$

$$= 22,35 \text{ kPa}$$

$$QTD = 30 \times 22,35 = 670,500 \text{ kN}$$

b. Beban Garis (KEL), Beban P.

FBD = DLA

$$P' = (49 \text{ t} \times 100\%) = 4,9 \text{ t/m}$$

$$P' = (3,5 \cdot p \cdot 100\%) + [(b-3,5) p 50\%]$$

$$= (3,5 \times 49 \times 100\%) + [(6,6 - 3,5) \times 49 \times 50\%]$$

$$= 92,35 \text{ kN}$$

$$PTD = 1 + DLA \times P'$$

$$= (1 + 0,4) \times 92,35$$

$$= 37,94 \text{ kN}$$

Live Load total :

$$= QTD + PTD$$

$$= 670,5 \text{ kN} + 37,94 \text{ kN}$$

$$= 708,44 \text{ kN}$$

P 1 abutment

$$= \frac{1}{2} \times 708,44$$

$$= 354,22 \text{ kN}$$

**Gaya Rem**

Berdasarkan BMS 1992. Berlaku ketentuan sebagai berikut :

$$K_{TB} = 1,8$$

$$T_{TB} = 250 \text{ t}$$

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

$$T_{TB} = 500 \text{ t}$$

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

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

Gaya Rem = 250 kN

$$H = 9,86 \text{ m}$$

Momen akibat gaya rem, M<sub>TB</sub>

$$= T_{TB} \times H = 250 \times 9,86 = 2465 \text{ kN.m}$$

**Beban Angin**

a. Beban angin:

$$\text{Faktor beban ultimit : } K_{EW} = 1,2$$

$$T_{EW} = 0,0006 \times C_w \times V_{w^2} \times A_b$$

$$C_w = 1,2$$

$$V_w = 50 \text{ m/det}$$

$$A_b = \left( \frac{b_o + b_a}{2} \right) \times h$$

$$b_o = 35 \text{ m}$$

$$b_a = 30 \text{ m}$$

$$h = 2,5 \text{ m}$$

$$\text{Maka luas} = \left( \frac{30 \text{ m} + 35 \text{ m}}{2} \right) \times 2,5 \text{ m}$$

$$= 81,25 \text{ m}^2$$

Luasan yang diperhitungkan adalah



sebesar 30%

$$= 30\% \times (81,25\text{m}^2) \\ = 24,375 \text{ m}^2$$

$$\text{Maka : } T_{EW1} = 0,0006 \times 1,2 \times 35^2 \times 24,375 \\ = \mathbf{21,498 \text{ kN}}$$

$$Y_{EW} = 9,86 \text{ m}$$

Momen akibat gaya angin :

$$M_{EW1} = T_{EW} \times Y_{EW} \\ = 21,4983 \times 9,86 \\ = \mathbf{211,977 \text{ kN.m}}$$

$$\text{b. } T_{EW2} = 0,0012 \times C_w \times V_w^2 \times L = 0,0012 \times (0,12) \times (35)^2 \times (30) = \mathbf{5,292 \text{ kN}}$$

Bidang vertical h = 2 m.

Lengan terhadap pondasi :

$$Y_{EW2} = 9,86 + 2/2 = 10,86 \text{ m}$$

Momen akibat gaya angin :

$$M_{EW2} = T_{EW2} \times Y_{EW2} = 5,292 \times 10,86 = \mathbf{57,471 \text{ kN.m}}$$

c. Beban angin abutment

$$T_{EW} = T_{EW1} + T_{EW2} = 57,471 + 5,292 = \mathbf{62,763 \text{ kN}}$$

Momen pada pondasi :

$$M_{EW} = M_{EW1} + M_{EW2} = 211,977 + 57,471 = \mathbf{269,448 \text{ kN.m}}$$

### Beban Gempa

$$T_{EQ} = K_h \times I \times W_T \quad \text{dan}$$

$$K_h = C \times S$$

Dengan :

$$C = 0,17$$

$$S = 1,3$$

$$K_h = C \times S = 0,17 \times 1,3 = 0,221$$

$$I = 1,2$$

$$W_T = 3471,82 \text{ kN} + 512,445 \text{ kN}$$

$$= 3984,265 \text{ kN}$$

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

$$= 0,221 \times 1,2 \times 3984,265$$

$$= \mathbf{1056,627 \text{ kN}}$$

Jarak titik tangkap gaya horizontal gempa 4.43 m

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

$$= 1056,627 \times 4,43$$

$$= \mathbf{4680,858 \text{ kN.m}}$$

### Kombinasi Pembebanan

No	Beban	V (T)	H (T)	MV (T.m)	MH (T.m)
1	Abutment	430.8316		277.8649	
2	Beban Mati	50.2581		-	
3	Beban Hidup	35.4220		-	
4	Tekanan Tanah		86.3501		196.7284
5	Rem dan Traksi		25.0000		24.6500
6	Angin		6.2763		26.9448
7	Gempa		105.6627		46.8085
	$\Sigma$	516.517	223.2891	277.8649	295.1281

Dari Tabel hasil perhitungan diperoleh:

1. P Vertikal = 516,517 t
2. P Horizontal = 223,289 t
3. M Vertikal = 277,8649 t.m
4. M Horizontal = 295,1281 t.m

Daya dukung tanah  $Q_g > P = 1620,458 \text{ t} > 516,517 \text{ t}$

Jembatan dinyatakan aman.

### KESIMPULAN

1. Beban terbesar Beban Vertikal = 516,517 t
2. Daya dukung tanah  $Q_g > P = 1620,458 \text{ t} > 516,517 \text{ t}$ .  
Pondasi dinyatakan aman

### SARAN

1. Untuk menghitung Daya dukung akibat friction pada tanah kohesif dibutuhkan nilai kohesi undrained ( $C_u$ ). Agar hasil hitungan lebih akurat disarankan untuk melakukan uji laboratorium yang terkait dengan parameter desain pondasi dalam.
2. Di sarankan pengujian tidak hanya Uji Sondir tetapi juga Uji laboratorium.

### DAFTAR PUSTAKA

- Das, Braja M, (1990), "Principles Of Foundation Engineering, second edition", Boston, Pws-kent Publishing Company.
- Das, Braja M., (1984), "Fundamentals of Soil Dynamics", Elsevier Science Publishing Co. Inc., New York.
- Bowles, Joseph (translated by Sinaban Pantur), (1999), "Analisis dan Disain Pondasi" edisi ketiga jilid 2. Jakarta. Penerbit Erlangga
- Das, Braja M (translated by Mochtar. N. E and Mochtar I.B.), (1995), "Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa

- Geoteknis)" Jilid 2, Jakarta, Penerbit Erlangga.
- Das, Braja M, (1990), "Principles Of Foundation Engineering, second edition", Boston, Pws-kent Publishing Company.
- Das, Braja M., (1984), "Fundamentals of Soil Dynamics", Elsevier Science Publishing Co. Inc., New York.
- Guy Sangrelat, Gilbert Olivari dan Bernard Cambou (1989), Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi, Bagian I & II, Airlangga.
- James K. Mitchell (2002), Fundamentals of Soil Behavior, University of California, Berkeley, Jhon Wiley & Sons, Inc.
- Joseph E Bowles dan Johan K. Hainim (1989), Sifat - Sifat Fisis dan Geoteknis Tanah (Mekanika Tanah), Cetakan II, Erlangga.
- Mario Paz, „Dinamika Struktur, Teori dan Perhitungan“, Penerbit Erlangga Jakarta, Edisi Kedua
- Suranta dan J. Sutarjono, 2001, " Studi Gerakan Tanah dan Kebencanaan Beraspek Geologi Lainnya ", Direktorat Tata Lingkungan Geologi dan Kawasan Pertambangan.