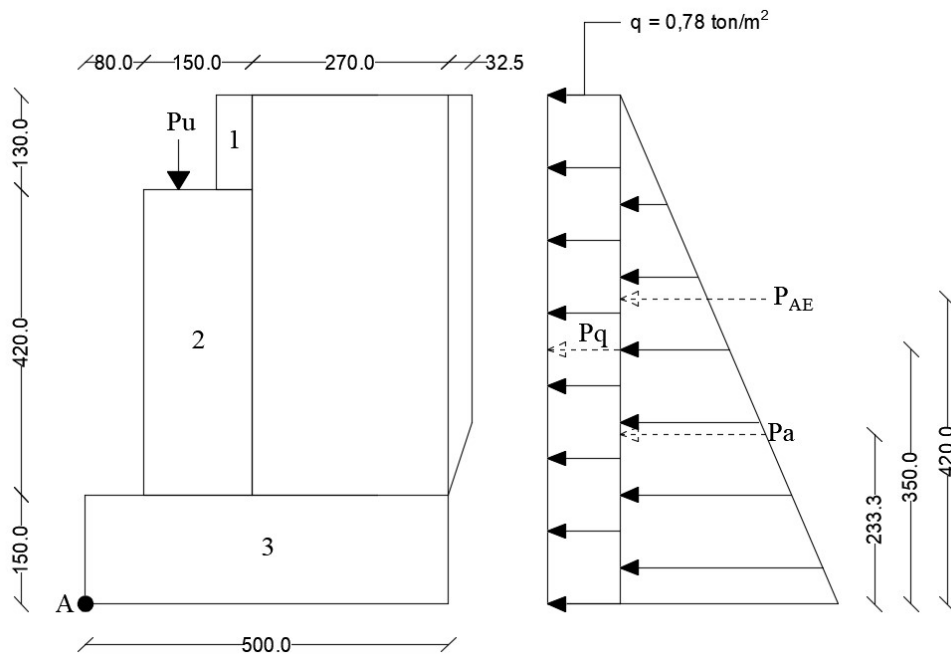


BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Pembebanan Pada Abutment

Perhitungan pembebanan dalam penelitian ini meninjau pada salah satu sisi abutment jembatan. Beban-beban yang diterima struktur abutment terdiri dari beban vertikal (struktur atas), beban horizontal dan beban gempa. Skema pembebanan dan dimensi abutment dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Skema pembebanan struktur (dalam satuan cm)

4.1.1 Beban struktur atas

Beban struktur atas diperoleh dari analisis jembatan menggunakan *SAP2000 V.20 (Structur Analisis Progam)* pada penelitian sebelumnya dengan bentang jembatan 42 m. Beban yang disalurkan menuju abutment antara lain:

- a. Kombinasi beban terbesar dari struktur atas (P_u)

Dari tumpuan : 242,78 ton

Perhitungan berat sendiri abutment dengan membagi masing-masing area untuk menentukan luasan dari bentuk abutment. Berdasarkan pada Gambar 3.3 diatas, area yang dibagi menjadi 6 bagian.

4.1.2 Beban Horizontal

$$\begin{aligned} K_a &= \operatorname{tg}^2 (45 - \phi/2) \\ &= \operatorname{tg}^2 (45 - 30/2) \\ &= 0,333 \\ P_a &= 0,5 H^2 \gamma K_a \\ &= 0,5 \times 7^2 \times 1,8 \times 0,333 \\ &= 14,685 \text{ Ton} \end{aligned}$$

4.1.3 Beban Vertikal

Beban vertikal dihitung dengan mengalikan luas penampang pada dimensi yang sudah ditandai dengan notasi angka, panjang bentang sehingga menghasilkan volume struktur. Dari nilai volume tersebut dikalikan dengan berat jenis material yang digunakan. Hasil perhitungan beban vertikal dapat dilihat dalam Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Beban vertikal struktur abutment dan tanah timbunan

No	Dimensi (m)		Luas Penampang (m ²)	Bentang (m)	Volume (m ³)	Berat Jenis (ton/m ³)	Berat (ton)
	Tinggi	Lebar					
1	1.3	0.5	0.65	6.4	4.16	2.4	9.98
2	4.2	1.5	6.3	6.4	40.32	2.4	96.76
3	1.5	5	7.5	15.4	115.5	2.4	277.2
4	5.5	1.25	6.87	5.6	38.5	1.8	69.3
5	5.5	1.25	6.87	0.8	5.5	2.4	13.2
6	3.5	1.78	6.23	0.8	4.98	2.4	11.96
Jumlah							478.41
Catatan :	- BJ beton	= 2.4 ton/m ³					
	- BJ tanah	= 1.8 ton/m ³					

4.1.4 Beban Gempa

Berdasarkan peta gempa pada Gambar 2.1, Gambar 2.2, dan Gambar 2.3 didapatkan nilai percepatan batuan dasar untuk daerah Propinsi Lampung sebagai berikut:

$$\begin{aligned} P_G A &= 0,4 \text{ g (Percepatan batuan dasar)} \\ S_s &= 0,7 \text{ g (Percepatan saat 0,2 detik)} \\ S_1 &= 0,3 \text{ g (Percepatan saat 1 detik)} \end{aligned}$$

Menentukan nilai faktor amplifikasi (F_a) pada percepatan saat 0,2 detik menggunakan interpolasi berdasarkan Tabel 2.1 dengan kelas situs tanah sedang (SD).

$$\frac{0,7 - 0,5}{0,75 - 0,5} = \frac{\chi - 1,4}{1,2 - 1,4}$$

$$\frac{0,2}{0,25} = \frac{\chi - 1,4}{-0,2}$$

$$0,25 \chi - 0,35 = -0,04$$

$$\chi (F_{PGA}/F_a) = \frac{-0,04 + 0,35}{0,25}$$

$$\chi (F_{PGA}/F_a) = 1,24$$

Nilai percepatan amplifikasi untuk periode 1 detik (F_v) ditentukan berdasarkan Tabel 2.2 dengan parameter kelas situs tanah sedang (SD) dan respon spektra 1 detik, kemudian didapatkan nilai faktor amplifikasinya sebesar 1,8. Pada Gambar 4.2 menunjukkan grafik respon spektrum.

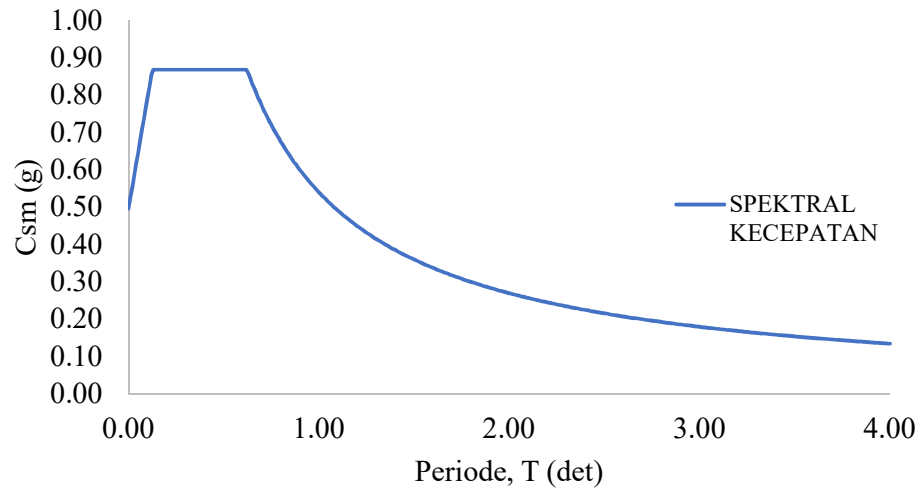
$$\begin{aligned} A_s &= F_{PGA} \times PGA \\ &= 1,24 \times 0,4 \\ &= 0,496 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_{DS} &= F_a \times S_s \\ &= 1,24 \times 0,7 \\ &= 0,868 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_{D1} &= F_v \times S1 \\ &= 1,8 \times 0,3 \\ &= 0,54 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_s &= \frac{SD1}{SDS} \\ &= \frac{0,54}{0,868} \\ &= 0,62 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_0 &= 0,2 \times T_s \\ &= 0,2 \times 0,62 \\ &= 0,12 \end{aligned}$$



Gambar 4.2 Grafik respon spektrum

Perhitungan tekanan tanah akibat gempa,

$$\begin{aligned} K_h &= 0,5 \times A_s \\ &= 0,5 \times 0,496 \\ &= 0,248 \end{aligned}$$

$$K_v = 0 \text{ (sesuai dengan SNI 2833:2016)}$$

$$\begin{aligned} \theta &= \text{atan} \left(\frac{K_h}{1 - K_v} \right) \\ &= \text{atan} \left(\frac{0,248}{1 - 0} \right) \\ &= 13,93^\circ \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} K_{AE} &= \frac{\cos^2(\phi - \theta - \beta)}{\cos \theta \cos^2 \beta \cos(\delta + \theta + \beta)} \times \left(1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta) \sin(\phi - \theta - i)}{\cos(\delta + \theta + \beta) \cos(i - \beta)}} \right)^{-2} \\ &= \frac{\cos^2(30 - 13,93 - 0)}{\cos 0 \cos^2 0 \cos(0 + 13,93 + 0)} \\ &\quad \times \left(1 + \sqrt{\frac{\sin(30 + 0) \sin(30 - 13,93 - 0)}{\cos(0 + 13,93 + 0) \cos(0 - 0)}} \right)^{-2} \\ &= 0,516 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{AE} &= 0,5 \gamma H^2 (1 - K_v) K_{AE} \\ &= 0,5 \times 1,8 \times 7^2 \times (1 - 0) \times 0,516 \end{aligned}$$

$$= 22,756 \text{ ton}$$

Nilai dari kedua tekanan tanah aktif tersebut dapat dijadikan tekanan aktif ekuivalen tunggal dengan *Thrust Factor* (FT').

$$\begin{aligned} FT &= \frac{PA \cdot \frac{H}{3} + [(PAE - PA) \cdot 0,6H]}{PA \cdot \frac{H}{3}} \\ &= \frac{14,685 \times \frac{7}{3} + [(22,756 - 14,685) \times 0,6 \times 7]}{14,685 \times \frac{7}{3}} \\ &= 1,989 \end{aligned}$$

Tekanan tanah ekuivalen menjadi,

$$\begin{aligned} P_{AE'} &= FT \times P_A \\ &= 1,989 \times 14,685 \\ &= 29,208 \text{ ton} \end{aligned}$$

4.1.5 Beban Tambahan

Perhitungan beban tambahan (q) diambil berdasarkan beban diatas tanah timbunan,

$$q = 0,78 \text{ ton/m}^2$$

Tekanan tanah akibat beban tambahan,

$$\begin{aligned} P_q &= q \times H \times K_a \\ &= 0,78 \times 7 \times 0,333 \\ &= 1,82 \text{ ton/m} \end{aligned}$$

4.2. Perhitungan Gaya Geser dan Momen Abutment

Hasil gaya geser dan momen diperhitungkan dari bagian abutment yang dipotong untuk mempermudah dalam perhitungan. Perhitungan gaya geser dengan menjumlahkan gaya horizontal yang bekerja dan momen merupakan jumlah perkalian gaya dengan jarak titik tinjauan yang ditetapkan dalam struktur abutment. Pada Gambar 4.1 menunjukkan notasi dari pembagian abutment.

Hitungan gaya geser dan momen dengan acuan jarak dari titik A dapat dilihat pada Tabel 4.2 dan Tabel 4.3.

Tabel 4.2 Gaya dan momen vertikal

Gaya vertikal (ton)	Jarak dengan A (m)	Momen (ton.m)
242,78	1,3	315,614
9,98	2,05	20,459
96,76	1,55	149,978
69,3	2,925	202,703
13,2	2,925	38,61
11,96	4,437	53,067
$\Sigma W = 443,98$		$\Sigma M_a = 780,43$

Tabel 4.3 Gaya dan momen horizontal

Gaya horizontal (ton)	Jarak dengan A (m)	Momen (ton.m)
1,82	3,5	6,37
14,685	2,333	34,260
22,756	4,2	95,575
$\Sigma P_a = 39,261$		$\Sigma M_b = 136,205$

4.3. Kontrol Stabilitas Abutment

4.3.1. Stabilitas penggeseran

Perhitungan tahanan geser abutment dengan lebar $B = 5$ m dan asumsi dasar dinding sangat kasar, maka sudut gesek internal tanah (ϕ) sama dengan sudut gesek tanah terhadap dinding (δ_b) dan nilai adhesi (c_d) sama dengan kohesi (c).

$$\begin{aligned} R_h &= c_d B + \Sigma W \operatorname{tg} \delta_b \\ &= 1,25 \times 5 + 443,98 \times \operatorname{tg} 30^\circ \\ &= 262,58 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_{gs} &= \frac{R_h}{\Sigma P_h} \geq 3 \\ &= \frac{262,58}{39,261} \geq 3 \\ &= 6,688 \geq 3 \quad (\text{aman}) \end{aligned}$$

4.3.2. Stabilitas penggulingan

Stabilitas dengan membandingkan jumlah momen gaya vertikal (ΣM_a) dengan momen gaya horizontal (ΣM_b),

$$\begin{aligned}
 F_{gl} &= \frac{\Sigma Ma}{\Sigma Mb} \geq 3 \\
 &= \frac{780,43}{136,205} \geq 3 \\
 &= 5,729 \geq 3 \quad (\text{aman})
 \end{aligned}$$

4.3.3. Daya Dukung Tanah

Perhitungan daya dukung tanah pada struktur ini menggunakan metode Hansen, dimana struktur tersebut dianggap berada pada permukaan tanah.

$$\begin{aligned}
 x_e &= \frac{\Sigma Mw - \Sigma Mgl}{\Sigma W} \\
 &= \frac{780,43 - 136,205}{443,98} \\
 &= 1,45 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 e &= \frac{B}{2} - x_e \\
 &= \frac{5}{2} - 1,45 \\
 &= 1,05 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \frac{B}{6} &= \frac{5}{6} \\
 &= 0,83 \quad ; \text{ maka nilai } e > \frac{B}{6}
 \end{aligned}$$

Mencari nilai lebar efektif,

$$\begin{aligned}
 B' &= B - 2e \\
 &= 5 - 2 \times 1,05 \\
 &= 2,9 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Mencari nilai luas efektif dengan tinjauan setiap 1 m,

$$\begin{aligned}
 A' &= B' \times 1 \\
 &= 2,9 \times 1 \\
 &= 2,9 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

Berdasarkan Tabel 3.1 nilai faktor kapasitas dukung untuk metode Hansen pada $\phi = 30^\circ$ ialah,

$$N_c = 30,14$$

$$Nq = 18,40$$

$$Ny = 15,07$$

Mencari nilai pengaruh kemiringan beban,

$$\begin{aligned} iq &= \left[1 - \frac{0,5 \times H}{V + A' \times c \times ctg \phi} \right]^5 \geq 0 \\ &= \left[1 - \frac{0,5 \times 39,261}{443,98 + 2,9 \times 1,25 \times ctg 30} \right]^5 \geq 0 \\ &= 0,8 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} ic &= iq - \frac{(1 - iq)}{Nc \times \tan \phi} \\ &= 0,8 - \frac{(1 - 0,8)}{30,14 \times \tan 30} \\ &= 0,79 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} iy &= \left[1 - \frac{0,7 \times H}{V + A' \times c \times ctg \phi} \right]^5 \\ &= \left[1 - \frac{0,7 \times 39,261}{443,98 + 2,9 \times 1,25 \times ctg 30} \right]^5 \\ &= 0,73 \end{aligned}$$

Nilai kapasitas ultimit pada metode Hensen dimana nilai $Df = 0$, nilai faktor bentuk $sc = sq = sy = 1$ dan nilai faktor kedalaman $dc = dq = dy = 1$. Rumus kapasitas ultimit menjadi,

$$\begin{aligned} qu &= ic \times c \times Nc + iy \times 0,5 B' \times \gamma_2 \times Ny \\ &= 0,79 \times 1,25 \times 30,14 + 0,73 \times 0,5 \times 2,9 \times 1,7 \times 15,07 \\ &= 56,88 \text{ ton/m}^2 \end{aligned}$$

Untuk nilai $e > \frac{B}{6}$, maka nilai q ,

$$\begin{aligned} q &= \frac{2V}{3(B - 2e)} \\ &= \frac{2 \times 443,98}{3(5 - 2 \times 1,05)} \\ &= 102,06 \text{ ton/m}^2 \end{aligned}$$

Nilai faktor aman,

$$\begin{aligned} F_s &= \frac{qu}{q} \\ &= \frac{56,88}{102,06} \\ &= 0,55 < 3 \quad (\text{Tidak aman}) \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan kontrol stabilitas terhadap penggeseran, penggulingan dan daya dukung tanah menunjukkan nilai yang berbeda. Stabilitas penggeseran dan penggulingan menunjukkan struktur aman, sedangkan pada daya dukung tanah menunjukkan struktur tidak aman terhadap perubahan gaya gempa dengan peta gempa 2017.