

PERENCANAAN STRUKTUR ABUTMENT DAN PONDASI JEMBATAN PANOSOGAN KECAMATAN CIKEUSAL KABUPATEN SERANG

Bambang Hariyanto¹, Samudin², Telly Rosdiyani³, Ma'ulfi Kharis Abadi

^{1,2,3}Program Studi Teknik Sipil Universitas Banten Jaya Jalan Raya Ciwaru II No. 73

Kota Serang, Banten

Email: jos.bambang@gmail.com

Email : sham.streetteam@gmail.com

Email: tellyrosdiyani004@gmail.com

Email: maulfikharisabadi@unbaja.ac.id

ABSTRAK

Jembatan merupakan bagian dari infrastruktur transportasi darat dimana berperan penting sebagai penghubung dan mempermudah, memperlancar berlalu lintas. Dengan demikian jembatan dibangun harus kuat dan tahan lama sesuai umur kelas jembatan. Seiring perkembangan zaman lalu lintas kendaraan yang semakin padat kendaraan yang bermuatan besar sudah banyak melintas, beban bertambah mengakibatkan penurunan daya dukung jembatan. Jembatan Panosogan lebar jembatan hanya 3 m sudah tidak cukup untuk dua lajur kendaraan roda empat. Penulis ingin merencanakan dengan bentang jembatan 24 m, lebar jembatan 7 m yang terdiri dari 2 lajur. Tujuan penelitian mengetahui pondasi yang cocok untuk jembatan Panosogan, mengetahui stabilitas abutment, serta mengetahui volume beton yang dibutuhkan. Kebutuhan data yang diperlukan data primer dan sekunder dengan teknik pengambilan data ini penulis melakukan wawancara terhadap pihak Perencanaan Bina Marga DPUPR Kabupaten Serang serta document lainnya. Hasil perencanaan dengan data sondir menghasilkan daya dukung tanah pondasi Q_{ult} 265,122 t/m², dengan jenis tanah *granuller* dan nilai faktor keamanan (F. K) 3 dimensi lebar 4,2 m, tebal 0,7 m, lebar kolom 0,8, panjang pondasi 8 m dan kedalaman pondasi 2,4m jenis pondasi telapak sudah cukup kuat untuk digunakan. Stabilitas *abutment* terhadap geser sebesar $9,401 > 3$ (Aman), Stabilitas terhadap guling sebesar $4,616 > 3$ (Aman) dan Stabilitas terhadap eksentrisitas (e) $0,131 < 0,7$ (Aman) dengan kontrol tegangan tanah pada dasar *abutment* sebesar 88,374 t/m². volume beton mutu k-350 ; fc 30, untuk dua buah *abutment* membutuhkan volume beton sebanyak 119,472 m³.

Kata Kunci : Jembatan, *Abutment*, Pondasi

PENDAHULUAN

Jembatan yang merupakan bagian dari infrastruktur transportasi darat dimana peranan penting suatu jalan penghubung untuk kelancaran berlalu lintas dan bebas hambatan (Santoso, F. 2009). Seperti yang kita ketahui Negara Indonesia merupakan Negara kepulauan yang luas wilayahnya sangat besar sehingga diperlukan sarana prasarana transportasi yang memadai guna mempermudah dan memperlancar arus lalu lintas. Pada umumnya jembatan dibangun sebagai prasarana umum, karenanya harus kuat dan tahan lama sesuai umur kelas jembatan (Direktorat Jenderal Bina Marga 2019).

Akibat beban berulang, cuaca, maupun beban yang bertambah mengakibatkan penurunan daya dukung jembatan Panosogan ditambah pembangunan jalan pada tahun lalu dengan lebar jalan 5 m sehingga akses jalan ini menyempit karena lebar pada jalur kendaraan jembatan ini hanya 3 m dan itu tidak cukup untuk dua lajur kendaraan roda empat, sehingga kurang memadai (SNI 1725:2016. (2016).

Jembatan Panosogan Kecamatan Cikeusal Kabupaten Serang merupakan jalan akses dari Kecamatan Cikeusal menuju Kecamatan Pamarayan sehingga perencanaan/tinjauan ulang penting untuk dilakukan dengan panjang bentang jembatan 24 m dan lebar jembatan (b) adalah 7 m yang terdiri dari 2 lajur, adapun jenis pondasi yang penulis rencanakan akan digunakan dalam jembatan Panosogan adalah pondasi telapak.

Dimana dalam perencanaan ini penulis melakukan konsultasi dan tanya jawab terhadap staff Perencanaan Bina Marga DPUPR Kabupaten Serang mengenai tahap - tahap dalam perencanaan jembatan .

METODOLOGI PENELITIAN

Lokasi dan Waktu Penelitian

Lokasi penelitian berada di Ruas Jalan Cimaung - Panosogan Desa Panosogan Kecamatan Cikeusal, Kabupaten Serang, Provinsi Banten. Tepatnya di depan Kantor UPTD PU Kabupaten Serang.

Teknik Pengumpulan Data

Data primer diperoleh langsung dengan cara melakukan wawancara / Tanya jawab dalam perencanaan terhadap Staff Perencanaan Bina Marga DPUPR Kabupaten Serang.

Data sekunder diperoleh dari berbagai sumber secara tidak langsung melalui media perantara. Data ini berupa catatan historis yang telah di arsipkan oleh pihak instansi, baik yang dipublikasikan ataupun yang tidak dipublikasikan. Data sekunder dapat berupa gambar-gambar, buku laporan, surat kabar atau media elektronik.

Analisa Data

Dalam penelitian ini untuk melakukan analisa perhitungan untuk menentukan pondasi yang cocok untuk jembatan Panasogan, mengecek stabilitas abutment, kebutuhan beton. Dengan demikian perhitungan dibutuhkan mengetahui berat sendiri, beban mati, beban hidup, gaya akibat rem dan traksi, gaya gempa, gaya gesek, gaya horizontal tanah, beban angin, reaksi bangunan bawah, daya dukung tanah, stabilitas *abutment*, penulangan *abutment*, plat injak, konsol, volume beton *abutment* (Asiyanto. 2012) (Bridge Management System BMS) (Hardiyatmo, H. C. 2015).

DATA DAN ANALISA

Spesifikasi Perencanaan Struktur Jembatan

a.Data dan ukuran dalam perencanaan *abutment* dan pondasi jembatan Panosogan adalah sebagai berikut

Tipe jembatan	: Komposit
Ruas jalan	: Jalan Cimaung – Panosogan
Tipe pondasi	: Pondasi telapak
Jumlah lajur	: 2 lajur
Jumlah gelagar	: 4 buah
Lebar <i>abutment</i> jembatan (By)	: 8 m
Panjang bentang jembatan (L)	: 24 m
Lebar jembatan (b)	: 7 m
Jarak antar gelagar utama (S)	: 1,6 m
Tinggi <i>abutment</i> jembatan (H)	: 6 m
Lebar pondasi bawah (b)	: 4,2 m
Lebar jalur kendaraan (b1)	: 5,5 m
Tebal plat pondasi (d)	: 0,7 m

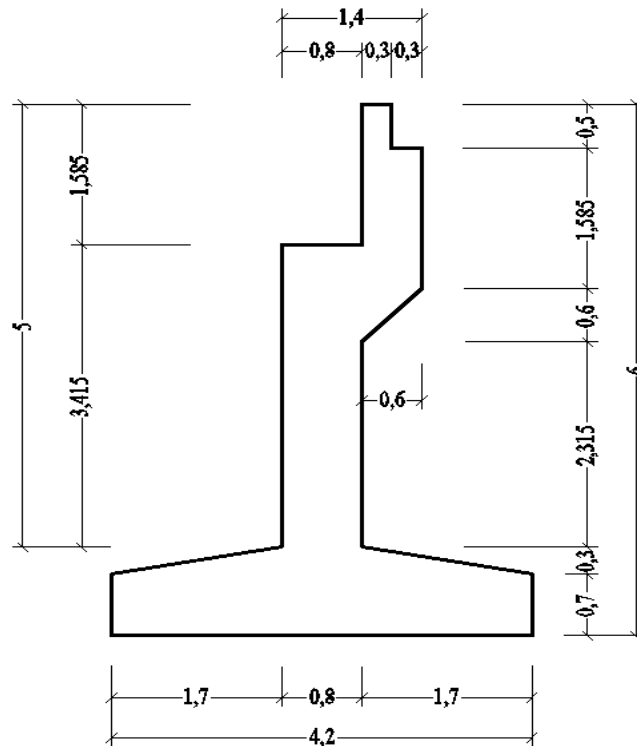
b.Spesifikasi konstruksi

Ukuran yang digunakan dalam konstruksi ini sebagai berikut :

Tebal slab lantai beton (ts)	: 25 cm
Pipa sandaran	: Ø 3”
Air hujan	: 5 cm
Aspal (hotmix)	: 4 cm

c.Berat jenis (diambil dari PPPJR 1987 PASAL 1)

Baja Tuang	: 7,85 t/m ³
Pipa Sandaran	: 7,25 t/m ³
Beton Bertulang/pratekan	: 2,5 t/m ³
Perkerasan Jalan Beraspal	: 2,2 t/m ³
Air hujan	: 1,0 t/m



Gambar 1 Penampang Abutment Jembatan

Tabel 1 Perhitungan Berat Sendiri Jembatan

Bagian	Gaya Vertikal Vs (ton)	Jumlah Gaya Vertikal	Jarak (m)	Momen (t/m ³)
(1)	(2)	(3 = 2)	(4)	(5 = 3 x 4)
1	0,3 x 0,5 x 2,5	0,375	2,65	0,993
2	0,6 x 1,085 x 2,5	1,627	2,8	4,555
3	0,5 x 1,4 x 2,5	1,75	2,4	4,2
4	½ x 0,6 x 0,6 x 2,5	0,45	2,7	1,215
5	3,015 x 0,8 x 2,5	5,83	2,1	12,66
6	½ x 1,7 x 0,3 x 2,5	0,722	1,133	0,337
7	½ x 1,7 x 0,3 x 2,5	0,722	3,067	1,955
8	4,2 x 0,7 x 2,5	7,35	2,1	15,43
Jumlah		18,826		41,345

Sumber : Hasil Analisa Dari Titik Pusat O Ke Titik Pusat Persegmen ,2023

$$\sum \text{berat} = \text{Gaya Vertikal} \times \text{Lebar} \\ = 41,345 \times 8 = 330,76 \text{ tm}$$

$$\sum Mx = \text{Momen} \times \text{Lebar} \\ = 18,826 \times 8 = 150,608 \text{ ton}$$

Jarak titik berat *abutment* terhadap titik O adalah :

$$X = \frac{\sum Mx}{\sum \text{Berat}} = \frac{330,76}{150,608} = 2,196 \text{ m}$$

Atau momen terhadap titik berat X sebesar = 2196,164 tm

Tabel 2 Perhitungan Beban Mati Bangunan Atas

No	Uraian	Uraian Perhitungan	Berat (ton)
(1)	(2)	(3)	(4 = 3)
1	Lantai kendaraan	$0,25 \times 5,5 \times 24 \times 2,5$	82,5
2	Air hujan (5cm)	$0,05 \times 8 \times 24 \times 1,0$	9,6
3	Aspal (4 cm)	$0,04 \times 5,5 \times 24 \times 2,2$	11,61
4	Kerb	$2 \times 0,25 \times 0,775 \times 24 \times 2,5$	23,25
5	Pipa sandaran	$4 \times 0,0009085 \times 24 \times 7,25$	0,632
6	Tiang sandaran / railing	$0,1 \times 0,16 \times 0,55 \times 24 \times 2,5$	0,528
7	Tiang sandaran / railing	$0,1 \times 0,20 \times 0,45 \times 24 \times 2,5$	0,54
8	Gelagar utama	$0,3638 \times 4 \times 24$	34,92
9	Beban tak terduga		5
P _{total}			168,58

Sumber : Hasil Analisa Beban Mati Pada Bangunan Atas, 2023

Untuk perhitungan masing-masing *abutment* menerima beban mati dari bangunan atas sebagai berikut :

$$R_{VD} = \frac{168,58}{2} = 84,29 \text{ ton (maka masing - masing } abutment \text{ menerima beban sebesar = 84,29 ton)}$$

Beban Hidup

1. Muatan hidup (P_L)

Lebar Plat Lantai = 7 m

Panjang Bentang = 24 m

Tebal Slab Lantai = 0,25 m

Dengan perhitungan sebagai berikut :

$$P_L = 7 \times 24 \times 0,25 = 42 \text{ ton}$$

3. Kefisien kejut

Bentang Jembatan (L) = 24 m

$$k = 1 + 20/(50+L)$$

$$= 1 + 20/(50+24) = 1,270$$

$$R_{PL} = P/2,75 \times k \times l$$

$$= 42/2,75 \times 1,270 \times 5,5$$

$$= 106,675 \text{ ton}$$

2. Beban merata

Berat Jenis Jalan Beraspal (q) = 2,3 t/m (PPPJJR 1987)

Lebar Jalur Kendaraan (l) = 5,5 m

$$R_{qL} = q/2,75 \times l = 2,3/2,75 \times 5,5 = 4,6 \text{ t/m}$$

4. Beban garis

Muatan Hidup (P_L) = 42 ton

Kefisien kejut (k) = 1,270

Lebar Jalur Kendaraan (l) = 5,5 m

Dengan perhitungan sebagai berikut :

$$R_{VL} = (k \times R_{PL}) + (1/2 \times R_{qL})$$

$$= (1,270 \times 106,675) + (1/2 \times 4,6)$$

$$= 137,777 \text{ ton}$$

Gaya Horisontal Akibat Rem Dan Traksi

Pengaruh percepatan dan pengereman dari lalu lintas harus diperhitungkan sebagai gaya dalam arah memanjang, dan dianggap bekerja pada permukaan lantai jembatan” (BMS 1992) besar gaya untuk bentang jembatan (L) dibawah 80 m = 250 kN = 25 ton.

Diketahui : Tinggi *abutment* = 6 m

Beban P = 25 t

Abutment = 2 buah

Momen terhadap G :

ULS (Ultimate Limit State)

$$M_g = Ph \times \text{Tinggi } abutment$$

$$P = 25 \times 2 = 50 \text{ ton}$$

$$= 25 \times 6 = 150 \text{ tm}$$

Momen terhadap G :

Momen terhadap titik CL :

$$M_g = Ph \times \text{Tinggi } abutment$$

$$M_g = Ph \times \text{Tinggi } abutment$$

$$= 50 \times 6 = 300 \text{ tm}$$

$$= 50 \times 6 = 300 \text{ ton}$$

Menentukan Gaya Akibat Rem Dan Traksi

Diperhitungkan 5% dari beban D tanpa koefisien kejut dengan titik tangkap 1,8 m di atas permukaan lantai kendaraan. (PPPJJR 1987).

Beban Garis (RpL) = 106,675 ton

Beban Merata (RqL) = 4,6 t/m

$$R_{rt} = \frac{5\% \times (RpL + RqL)}{2} = \frac{5\% \times (106,675 + 4,6)}{2} = 2,78 \sim 2,8 \text{ ton}$$

Menentukan Gaya Gesek Pada Tumpuan Bergerak

Gaya gesekan antara baja dengan karet elastomer sebesar 0,18 diambil dari (PPPJJR 1987).

Koefisien Gesek (Gg) = 0,18

Beban Mati Bangunan Atas (R_{VD}) = 84,29 ton

Gg . R_{VD} = 0,18 x 84,29 = 15,17 ton

Gaya Gempa

K = Ketetapan Gempa Wilayah III = 0,07

R_{VD} = Beban Mati Bangunan Atas = 84,29 ton

$E_1 = K \cdot R_{VD} = 0,07 \times 84,29 = 5,90 \text{ ton}$

Tabel 3 Hitungan Titik Berat Badan *Abutment*

Segmen	Luas segmen	Luas segmen (m ²)	Lengan dari O		Mx=Ac.x	My=Ac.y
			X (m)	Y (m)		
(1)	(2)	(3 = 2)	(4)	(5)	(6 = 3 x 4)	(7 = 3 x 5)
1	0,3 x 0,5	0,15	2,65	5,75	0,397	0,862
2	0,6 x 1,085	0,651	2,8	4,958	1,822	3,227
3	0,5 x 1,4	0,7	2,4	4,165	1,68	2,915
4	½ x 0,6 x 0,6	0,18	2,7	3,715	0,486	0,668
5	3,015 x 0,8	2,412	2,1	2,307	5,065	5,564
6	½ x 1,7 x 0,3	0,255	1,133	0,8	0,289	0,204
7	½ x 1,7 x 0,3	0,255	3,067	0,8	0,782	0,204
8	4,2 x 0,7	2,94	2,1	0,35	6,174	1,029
ΣAc		= 7,543			16,695	14,673

Sumber : Hasil Analisa Titik Berat Badan *Abutment*, 2023

Untuk perhitungan Jarak dari titik O terhadap titik pusat berat adalah sebagai berikut :

$$X_c = \frac{\Sigma Mx}{\Sigma Ac} = \frac{16,695}{7,543} = 2,213 \text{ m} \quad \text{Total hasil dari } X_c = 2,213 \text{ m}$$

Lengan momen gempa E_2

$$Y_c = \frac{\Sigma My}{\Sigma Ac} = \frac{14,673}{7,543} = 1,945 \text{ m} \quad \text{Total hasil dari } Y_c = 1,945 \text{ m}$$

Tabel 4 Analisa Titik Berat Tanah Di Belakang *Abutment*

Segmen	Luas segmen	Jumlah Segmen (m ²)	Lengan dari O		Mx=At ₁ .x	My=At ₁ .y
			X (m)	Y (m)		
(1)	(2)	(3 = 2)	(4)	(5)	(6 = 3 x 4)	(7 = 3 x 5)
A	0,3 x 0,5	0,15	2,95	5,753	0,442	0,863
B	2,685 x 1,1	2,953	3,65	4,659	10,778	13,758
C	½ x 0,6 x 0,6	0,18	2,9	3,518	0,522	0,633
D	1,7 x 0,915	1,555	3,35	2,86	5,209	4,447
E	1,7 x 1,4	2,38	3,35	1,703	7,973	4,053
F	½ x 1,7 x 0,3	0,255	3,633	0,903	0,926	0,230
ΣAt_1		7,473			25,85	23,984

Sumber : Hasil Analisa Titik Berat Tanah Di Belakang *Abutment*, 2023

Maka perhitungan untuk mencari Xt_1 dan Yt_1 dari Jarak titik O terhadap titik pusat berat tanah dibelakang *abutment* adalah sebagai berikut :

$$Xt_1 = \frac{\sum Mx}{\sum t_1} = \frac{25,85}{7,473} = 3,46 \text{ m} \quad Yt_1 = \frac{\sum My}{\sum t_1} = \frac{23,984}{7,473} = 3,21 \text{ m}$$

Tabel 5. Analisa Titik Berat Tanah Di Depan *Abutment*

Segmen	Luas Segmen (m ²)	Jumlah Segmen (m ²)	Lengan Dari A		Mx=At ₂ .x	My=At ₂ .y
			X (m)	Y (m)		
(1)	(2)	(3 = 2)	(4)	(5)	(6 = 3 x 4)	(7 = 3 x 5)
G	½ x 1,7 x 0,3	0,255	0,567	0,903	0,144	0,230
H	1,7 x 1,4	2,38	0,851	1,703	2,025	4,053
	$\sum At_2$	2,635			2,169	4,283

Sumber : Hasil Analisa Titik Berat Tanah Di Depan *Abutment*, 2023

perhitungan mencari Xt_2 dan Yt_2 dari Jarak titik O pada titik pusat berat tanah didepan *abutment* adalah :

$$Xt_2 = \frac{\sum Mx}{\sum At_2} = \frac{2,169}{2,635} = 0,823 \text{ m} \quad Yt_2 = \frac{\sum My}{\sum At_2} = \frac{4,283}{2,635} = 1,625 \text{ m}$$

koefisien tekanan tanah aktif tanah tak berkohesi/*grannuler* (c = 0) dengan perhitungan sebagai berikut Ka

$$= \tan^2 (45^\circ - \frac{\phi}{2}) = \tan^2 (45^\circ - \frac{40}{2}) = 0,21 \text{ ton}$$

$$Pa_1 = Ka \cdot q \cdot h_1 \cdot b = 0,21 \times 2,3 \times 6 \times 8 = 23,184 \text{ ton}$$

$$Pa_2 = \frac{1}{2} \cdot Ka \cdot \gamma_1 \cdot h^2 \cdot b = \frac{1}{2} \times 0,21 \times 2,65 \times 6^2 \times 8 = 80,136 \text{ ton}$$

koefisien tekanan tanah pasif tanah tak berkohesi/*grannuler* (c = 0) dengan perhitungan sebagai berikut :

$$Kp = \tan^2 (45^\circ + \frac{\phi}{2}) = \tan^2 (45^\circ + \frac{40}{2}) = 4,6 \text{ ton}$$

$$Pp = \frac{1}{2} \cdot Kp \cdot \gamma_1 \cdot h_2^2 \cdot b = \frac{1}{2} \times 4,6 \times 2,65 \times 2,4^2 \times 8 = 280,857 \text{ ton}$$

Beban Angin

Gaya nominal ultimit dan daya layan jembatan akibat angin langsung pada konstruksi tergantung kecepatan angin rencana dengan :

Panjang jembatan (L)	= 24 m	Tinggi abutment (Y)	= 6 m
Tinggi sisi bangunan atas (h)	= 2,835 m	Kecepatan angin rencana (VW)	= 30 (m/s)
Koefisien seret (CW)	= 1,25	Jarak antar roda kendaraan (X)	= 1,75

$$\text{Luas sisi samping jembatan (hxL) (Ab)} = 24 \times 2,835 = 68,04 \text{ m}^2$$

$$\text{TEW} = 0,0006 \cdot CW \cdot (VW)^2 \cdot Ab = 0,0006 \times 1,25 \times 30^2 \times 68,04 = 1,378 \text{ kN}$$

Beban garis merata tambahan arah horisontal pada permukaan lantai jembatan akibat tekanan angin pada kendaraan di atas jembatan dengan Koefisien seret CW = 1,2

$$\text{TEW} = 0,0012 \cdot CW \cdot (VW)^2 \cdot Ab = 0,0012 \times 1,2 \times 30^2 \times 68,04 = 88,180 \text{ kN}$$

Bidang vertikal yang dihembuskan angin pada samping kendaraan tinggi 2 m di atas lantai jembatan.

$$\text{PEW} = \frac{1}{2} \cdot h / X \cdot \text{TEW} = 1/2 \times 2 / 1,75 \times 88,180 = 50,388 \text{ kN}$$

$$\text{Hasil dari} = \text{TEW} + \text{PEW} = 88,180 + 50,388 = 138,568 \text{ kN}$$

$$Ma = \text{TEW} \cdot Y_1 \cdot \text{PEW} \cdot Y_2 = 88,180 \times 6 \times 50,388 \times 6 = 159,955 \text{ tm}$$

$$\text{Momem terhadap titik CL : } Ma = \text{TEW} \cdot Y_1 \cdot \text{PEW} \cdot Y_2 = 88,180 \times 6 \times 50,388 \times 6 = 159,955 \text{ tm}$$

Reaksi Pada Bangunan Bawah

a. Saat normal

$$Rv = R_{VD} + RL = 84,29 + (4,6 + 106,675) = 195,565 \text{ ton}$$

1) Berat *abutment*

$$W_c = \sum A_c \cdot L \cdot 2,5 = 7,543 \times 8 \times 2,5 = 150,86 \text{ ton}$$

2) Berat tanah dibelakang *abutment*

$$W_{t1} = \sum A_{t1} \cdot \gamma_1 \cdot L = 6,674 \times 2,65 \times 8 = 141,49 \text{ ton}$$

3) Berat tanah di depan *abutment*

$$W_{t2} = \sum A_{t2} \cdot \gamma_1 \cdot L = 2,635 \times 2,65 \times 8 = 52,7 \text{ ton}$$

4) Gaya akibat rem dan traksi (R_t) = 2,8 ton

5) Gaya gesek pada tumpuan bergerak (G_g) = $0,18 \times 84,29 = 15,17 \text{ ton}$

b. Saat gempa

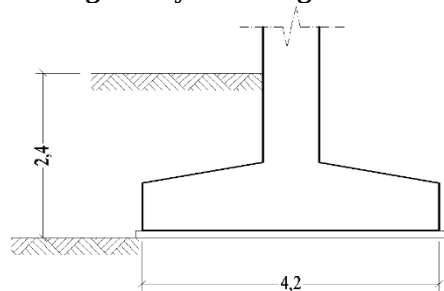
1) Gaya gempa akibat bangunan atas

$$E_1 = K \cdot R_{VD} = 0,07 \times 84,29 = 5,90 \text{ ton}$$

2) Gaya gempa akibat bangunan atas

$$E_2 = K_h \cdot W_c = 0,07 \times 150,86 = 10,56 \text{ ton}$$

Hitungan Daya Dukung Tanah Pondasi



$$\gamma_1 = 2,65 \text{ t/m}^3$$

$$\phi = 40^\circ$$

$$\gamma_2 = 2,65 \text{ t/m}^3$$

$$\phi = \arctan(K_r \phi \cdot \tan \phi) \text{ peraturan SNI 03 - 3446 - 1994, halaman 8 - 9 Dari harga } \phi = 30,42^\circ$$

Gambar 2 Keadaan Lapisan Tanah Pondasi

Daya dukung tanah dasar pondasi berdasarkan rumus *terzaghi* untuk pondasi persegi pada kondisi tanah $C = 0 \text{ t/m}^2$ (tanah tak berkohesi) diperoleh faktor daya dukung :

$$N_q = 23,4 ; N_\gamma = 21,3$$

$$\arctan(0,7 \cdot \tan 40^\circ) = 30,42^\circ$$

$$Q_{all} = \frac{Q_{ult}}{F.K} = \frac{265,122}{3} = 88,374 \text{ t/m}^2$$

$$Q_{ult} = D \cdot \gamma_1 \cdot N_q + \gamma_2 \cdot (B/2) \cdot N_\gamma$$

$$= 2,4 \times 2,65 \times 23,4 + 2,6 \times (4,2/2) \times 21,3 = 265,122 \text{ t/m}^2$$

Hitungan Stabilitas *Abutment*

a. Gaya saat Normal

Tabel 8. Gaya- Gaya Eksternal Saat Normal

Gaya	V (ton)	H (ton)	Lengan Momen		M _x = V . x Momen Penahan (tm)	M _y = H . y Momen Guling (tm)
			X (m)	Y (m)		
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6 = 2 x 4)	(7 = 3 x 5)
Rv	195,565		2,10		410,686	
Wc	150,86		2,10		316,806	
Wt ₁	141,49		3,35		474,000	
Wt ₂	52,70		0,85		44,800	
Rrt		2,80		7,80		21,840
Gg		15,17		4,415		66,975
Pa ₁		23,184		3,00		69,552
Pa ₂		80,136		2,00		160,272
$\sum H = 121,290$						
Pp		280,857		0,80	224,685	
$\sum V =$ 540,615			$\sum M_x =$ 1.470,977		$\sum M_y =$ 318,639	

Catatan: Dalam perhitungan tegangan tanah pasif (Pp) dengan lengan momen (Y) karena letak tanah pasif berada didepan *abutment* arah berlawanan dari tekanan tanah aktif maka sifatnya menahan dan jumlah disimpan pada kolom momen penahan.

Sumber : Hasil Analisa gaya eksternal saat normal, 2023

1) Stabilitas terhadap geser dari dasar pondasi

ΣV = gaya vertikal = 540,615 ton

ΣH = gaya horizontal (diambil tekanan tanah aktif) = 121,290 ton

$$F.K = \frac{\Sigma V \cdot \tan \frac{2}{3} \phi^{\circ} + c.B}{\Sigma H} = \frac{540,615 \times \tan \frac{2}{3} \cdot 40^{\circ} + 0 \times 4,2}{121,290} = 9,401 > 3.... \text{Aman}$$

2) Stabilitas terhadap guling dasar pondasi

ΣM_x = momen penahan = 1.470,977 tm

ΣM_y = momen guling = 318,639 tm

$$F.K = \frac{\Sigma M_x}{\Sigma M_y} = \frac{1.470,977}{318,639} = 4,616 > 3..... \text{Aman}$$

3) Stabilitas terhadap eksentrisitas (e)

$$e = \frac{B}{2} - \frac{\Sigma M_x - \Sigma M_y}{\Sigma V} < \frac{B}{6} = \frac{4,2}{2} - \frac{1.470,977 - 318,639}{540,615} = < \frac{4,2}{6} = 0,131 < 0,7..... \text{Aman}$$

Kontrol tegangan tanah pada dasar *abutment*

$$\sigma = \frac{\Sigma V}{B \cdot L} - \left(1 \pm \frac{6.e}{B} \right) = \frac{540,615}{4,2 \times 8} - \left(1 \pm \frac{6 \times 0,131}{4,2} \right)$$

$$\left. \begin{array}{l} \sigma_{\text{maks}} = 16,090 + 0,187 = 16,277 \text{ t/m}^2 \\ \sigma_{\text{min}} = 16,090 - 0,187 = 15,903 \text{ t/m}^2 \end{array} \right\} \leq Q_{\text{all}} = 88,374 \text{ t/m}^2$$

b. Gaya Eksternal Saat Bangunan Atas Belum Bekerja

Tabel 9 Gaya Eksternal Saat Beban Bangunan Atas Belum Bekerja

Gaya	V (ton)	H (ton)	Lengan Momen		$M_x = V \cdot x$	$M_y = H \cdot y$
			X (m)	Y (m)	Momen Penahan (tm)	Momen Guling (tm)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6 = 2 x 4)	(7 = 3 x 5)
Wc	150,86		2,10		316,806	
Wt1	141,49		3,35		474,000	
Wt2	52,70		0,85		44,800	
Pa1		23,184		3,00		69,552
Pa2		80,136		2,00		160,272
		$\sum H =$				
		103,320				
Pp		280,857		0,80	224,686	
	$\sum V =$				$\sum M_x =$	$\sum M_y =$
	345,05				1.060,292	229,824

Catatan: Dalam perhitungan tegangan tanah pasif (Pp) dengan lengan momen (Y) karena letak tanah pasif berada didepan *abutment* arah berlawanan dari tekanan tanah aktif maka sifatnya menahan dan jumlah disimpan pada kolom momen penahan.

Sumber : Hasil Analisa Gaya Eksternal Saat Beban Atas Belum Bekerja, 2023

- 1) Stabilitas terhadap geser dasar pondasi

ΣV = gaya vertikal = 345,05 ton

ΣH = gaya horizontal (diambil tekanan tanah aktif) = 103,320 ton

$$F.K = \frac{\Sigma V \cdot \tan \frac{2}{3} \phi^\circ + c \cdot B}{\Sigma H} = \frac{345,05 \times \tan \frac{2}{3} \cdot 40^\circ + 0 \cdot 4,2}{103,320} = 7,044 > 3 \dots \text{Aman}$$

- 2) Stabilitas terhadap guling dasar pondasi

ΣM_x = momen penahan = 1.060,292 tm

ΣM_y = momen guling = 229,824 tm

$$F.K = \frac{\Sigma M_x}{\Sigma M_y} = \frac{1.060,292}{229,824} = 4,613 > 3 \dots \text{Aman}$$

- 3) Stabilitas terhadap eksentrisitas (e)

$$e = \frac{B}{2} - \frac{\Sigma M_x - \Sigma M_y}{\Sigma V} < \frac{B}{6} = \frac{4,2}{2} - \frac{1.060,292 - 229,824}{345,05} = < \frac{4,2}{6} = 0,306 < 0,7 \dots \text{Aman}$$

Kontrol tegangan tanah pada dasar *abutment*

$$\sigma = \frac{\Sigma V}{B \cdot L} - \left(1 \pm \frac{6 \cdot e}{B} \right) = \frac{345,05}{4,2 \cdot 8} - \left(1 \pm \frac{6 \cdot 0,306}{4,2} \right)$$

$$\left. \begin{aligned} \sigma_{\text{maks}} &= 10,270 + 0,437 = 10,707 \text{ t/m}^2 \\ \sigma_{\text{min}} &= 10,270 - 0,437 = 9,833 \text{ t/m}^2 \end{aligned} \right\} \leq Q_{\text{all}} = 88,374 \text{ t/m}^2$$

- c. Saat keadaan gempa

- 1) Gaya gempa pada bangunan atas, $E_1 = 5,90$ ton (diasumsikan bekerja 6 m dari dasar *abutment*)
- 2) Gaya gempa pada bangunan bawah $E_2 = 10,56$ ton (bekerja 1,945 m dari dasar *abutment*)

Tabel 10 Gaya Eksternal Saat Keadaan Gempa

Gaya	V (ton)	H (ton)	Lengan Momen		Mx = V . x Momen Penahan (tm)	My = H . y Momen Guling (tm)
			X (m)	Y (m)		
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6 = 2 x 4)	(7 = 3 x 5)
Rv	195,565		2,10		410,686	
Wc	150,86		2,10		316,806	
Wt1	141,49		3,35		474,000	
Wt2	52,70		0,85		44,800	
Rrt		2,80		7,80		21,840
Gg		15,17		4,415		66,975
Pa1		23,184		3,00		69,552
Pa2		80,136		2,00		160,272
E1		5,90		6,00		35,40
E2		10,56		1,945		20,539
$\Sigma V =$						
137,75						
Pp		280,857		0,80	224,685	
$\Sigma V =$						
540,615						
$\Sigma Mx =$						
1.470,977						
$\Sigma My =$						
374,578						
Catatan: Dalam perhitungan tegangan tanah pasif (Pp) dengan lengan momen (Y) karena letak tanah pasif berada didepan <i>abutment</i> arah berlawanan dari tekanan tanah aktif maka sifatnya menahan dan jumlah disimpan pada kolom momen penahan.						

Sumber : Hasil Analisa Gaya Eksternal Saat Keadaan Gempa, 2023

- 1) Stabilitas terhadap geser dasar pondasi

ΣV = gaya vertikal = 540,615 ton

ΣH = gaya horizontal (diambil tekanan tanah aktif) = 145,59 ton

$$F.K = \frac{\Sigma V \cdot \tan \frac{2}{3} \phi^{\circ} + c \cdot B}{\Sigma H} = \frac{540,615 \cdot \tan \frac{2}{3} \cdot 40^{\circ} + 0 \cdot 4,2}{137,75} = 8,278 > 3.... \text{Aman}$$

- 2) Stabilitas terhadap guling dasar pondasi

ΣMx = momen penahan = 1.470,977 tm

ΣMy = momen guling = 374,578 tm

$$F.K = \frac{\Sigma Mx}{\Sigma My} = \frac{1.470,977}{374,578} = 3,927 > 3..... \text{Aman}$$

- 3) Stabilitas terhadap eksentrisitas (e)

$$e = \frac{B}{2} - \frac{\Sigma Mx - \Sigma My}{\Sigma V} < \frac{B}{6} = \frac{4,2}{2} - \frac{1.470,977 - 374,578}{540,615} = < \frac{4,2}{6} = 0,07 < 0,7 \text{Aman}$$

Kontrol tegangan tanah pada dasar *abutment*

$$\sigma = \frac{\Sigma V}{B \cdot L} - \left(1 \pm \frac{6 \cdot e}{B} \right) = \frac{540,615}{4 \cdot 8} - \left(1 \pm \frac{6 \cdot 0,07}{4,2} \right)$$

$$\sigma_{\text{maks}} = 16,090 + 0,1 = 16,19 \text{ t/m}^2 \quad \sigma_{\text{min}} = 16,090 - 0,1 = 16,00 \text{ t/m}^2 \leq Q_{\text{all}} = 88,374 \text{ t/m}^2$$

3.10 Penulangan *Abutment*

Diameter tulangan *abutment* yang digunakan dalam perhitungan ini adalah :

Tulangan $\emptyset$ = 19 mm; $\emptyset$ = 16 mm; $\emptyset$ = 13 mm

b = 1000 mm; h = 70 mm

Baja tulangan f_y = 340 MPa

$$\text{Beton } f_c = 30 \text{ MPa} \quad f_c' = 0,83 \times 30 = 25 \text{ MPa}$$

Tabel 11 Hasil Perhitungan Kombinasi Gaya Pada *Abutment*

Kombinasi Gaya <i>Abutment</i>	Lintang (ton)	Normal (ton)	Momen (tm)
$1,2 \cdot D + 1,6 \cdot L + (Gg + RvL)$	19,64	38,929	24,00
$0,9 \cdot (D + E)$	5,350	3,00	7,11
$1,2 \cdot D + 1,6 \cdot L + 1,6 \cdot (Pa + Pp)$	17,28	27,521	51,27

Sumber : Hasil Analisa Kombinasi Gaya Pada *Abutment*, 2023

Tulangan lentur

$$M_u = 51,27 \text{ tm} = 51,27 \cdot 10^7 \text{ Nmm}$$

$$P_u = 27,521 \text{ ton} = 27,521 \cdot 10^4 \text{ N}$$

$$d = h_t - p - \frac{1}{2} \times \emptyset$$

$$= 1000 - 70 - \frac{1}{2} \times 19 = 920,5 \text{ mm}$$

$$e = \frac{M_u}{P_u} = \frac{51,27 \times 10^7}{27,521 \times 10^4} = 1862,941 \text{ mm}$$

$$f_c' = 25 \text{ MPa}$$

$$\beta_1 = 0,85$$

$$a = \beta_1 \cdot \frac{600}{600 + f_y} \cdot d$$

$$= 0,85 \times \frac{600}{600 + 340} \times 920,5 = 500 \text{ mm}$$

$$P_{nb} = 0,85 \cdot f_c' \cdot a \cdot b$$

$$= 0,85 \times 25 \times 500 \times 1000$$

$$= 1062,500 \cdot 10^4 \text{ N}$$

Faktor reduksi lentur dengan aksial tekan

$$0,1 \cdot f_c' \cdot A_g$$

$$= 0,1 \times 25 \times 1000 \times 1000 = 250 \cdot 10^4$$

$$P_u = 27,521 \cdot 10^4 \text{ N} < 0,1 \cdot f_c' \cdot A_g, \text{ faktor reduksi}$$

$$\phi = 0,8 - \frac{1,5 \cdot P_u}{f_c' \cdot A_g} = 0,8 - \frac{1,5 \times 27,521 \times 10^4}{25 \times 1000 \times 1000} = 0,783$$

$$P_{nperlu} = \frac{P_u}{\phi} = \frac{27,521 \times 10^4}{0,783} =$$

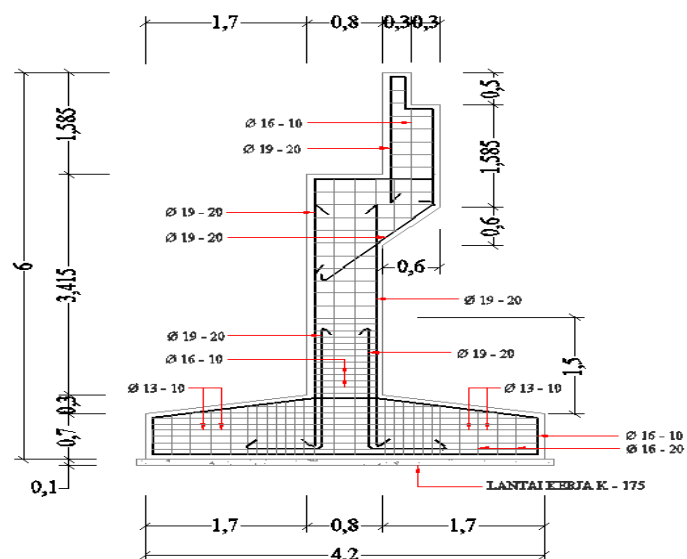
$$351481,48 \text{ N}$$

$$P_{nada} (1062,500 \cdot 10^4) > P_{nperlu}$$

$$(351481,48 \cdot 10^4)$$

Keruntuhan tarik

$$A_s = \frac{P_{nperlu} \cdot (e - \frac{h}{2} + \frac{a}{2})}{f_y \cdot (d - d')}$$

Gambar 3 Penulangan *Abutment*

$$= \frac{351481,48 \times 10^4 \times (1862,941 - \frac{6}{2} + \frac{500}{2})}{340 \times (920,5 - 70)} = \frac{5658,6444}{289,170} = 19568,5736 \text{ mm}^2$$

Jika dipakai tulangan pokok Ø 19 Maka jarak untuk tulangan yang dibutuhkan

$$S = \frac{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot \emptyset^2 \cdot b}{A_s} = \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times 19^2 \times 1000}{19568,5736} = 144,88 \sim 150 \text{ mm}$$

Jika dipakai Tulangan bagi Ø 16

As bagi= 20% . As pokok

= 20% x 19568,5736 = 391,371 mm ~ 400 mm As bagi (OK)

Konsol

Gaya - gaya yang bekerja pada konsol terlihat pada Gambar 4.16 disebelah kanan :

Dimensi konsol; Lebar (b) = 1000 mm

Tinggi (ht) = 1,100 mm

d = ht - p - $\frac{1}{2} \cdot \emptyset = 1,100 - 70 - \frac{1}{2} \cdot 19 = 1,020,5 \text{ mm}$

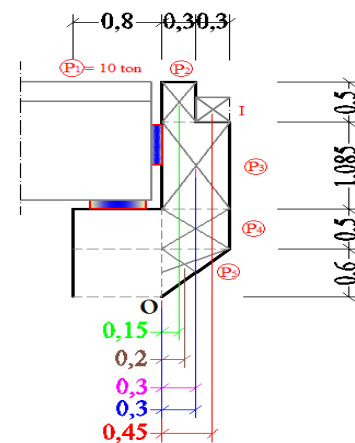
Tulangan pokok konsol = f'c = 30 MPa → β1 = 0,85 ;

fy = 340 MPa → Tulangan ulir

$$\begin{aligned} \rho_{balance} &= \left\{ \frac{0,85 \cdot f'c' \cdot \beta_1}{f_y} \right\} \times \left\{ \frac{600}{600 + f_y} \right\} \\ &= \left\{ \frac{0,85 \cdot 30 \cdot 0,85}{340} \right\} \times \left\{ \frac{600}{600 + 340} \right\} = 0,040 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{max} &= 0,75 \times \rho_{balance} \\ &= 0,75 \times 0,040 = 0,03 \end{aligned}$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{340} = 0,004$$



Gambar 4. Pembebanan Konsol

Tabel 12 Perhitungan Momen Konsol

Gaya	Beban	Jumlah (ton)	Lengan Terhadap O (X)	Momen Terhadap O (m)
(1)	(2)	(3 = 2)	(4)	(5 = 3 x 2)
P1	Beban truck	10	0,25	2,5
ΣML				2,5
I	0,3 x 0,3 x 1 x 2,5	0,225	0,45	0,101
P2	0,3 x 0,5 x 2,5	0,375	0,15	0,056
P3	1,085 x 0,6 x 2,5	1,627,5	0,3	0,488
P4	1,4 x 0,5 x 2,5	1,75	0,3	0,525
P5	$\frac{1}{2} \times 0,6 \times 0,6 \times 2,5$	0,45	0,2	0,090
ΣMD				1,260

Sumber : Hasil Analisa Momen Yang B`ekerja Pada Konsol, 2023

Dari analisa hasil Tabel 12. Momen Yang Bekerja Pada Konsol didapat :

$$\Sigma ML = 2,5 \text{ m} \quad \Sigma ML = 1,260$$

$$\begin{aligned} Mu &= 1,2 \cdot \Sigma MD + 1,6 \cdot \Sigma ML \\ &= 1,2 \times 1,260 + 1,6 \times 2,5 = 5,512 \text{ tm} = 5,512 \cdot 10^7 \end{aligned}$$

Luas tulangan

$$A_s = \rho_{perlu} \cdot b \cdot d = 0,0020 \times 1000 \times 1,020,5 = 204,1 \text{ mm} = 200 \text{ mm}$$

Diameter tulangan yang dipakai Ø 19 maka jarak tulangan yang dibutuhkan

$$S = \frac{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot \phi^2 \cdot b}{A_s} = \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times 19^2 \times 1000}{200} = 141,76 \text{ mm} = 150 \text{ mm As perlu (OK)}$$

Tulangan bagi As bagi = 50% . As pokok = 50% x 200 = 100 mm As bagi (OK)

Diameter tulangan yang dipakai Ø 16 maka jarak tulangan yang dibutuhkan

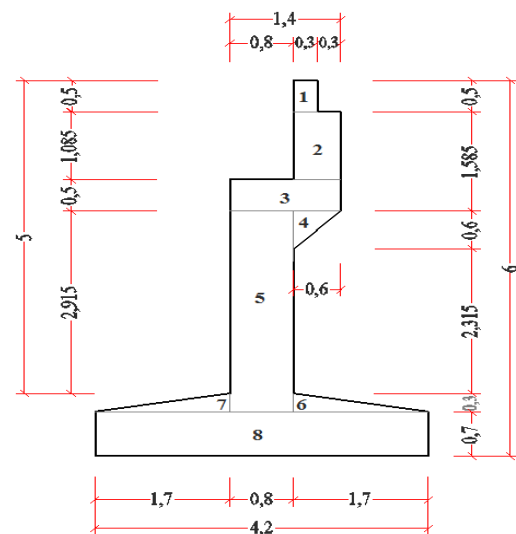
$$= \frac{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot \phi^2 \cdot b}{A_s} = \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times 16^2 \times 1000}{100} = 201,06 \text{ mm} = 200 \text{ mm}$$

Perhitungan Volume Beton Abutment

perhitungan volume beton mutu K-350 ; $f_c = 30$ untuk Abutment dapat dilihat pada Gambar 5 dalam menentukan ukuran dihitung per pias

Tabel 14 Perhitungan Volume Beton

Pias	Uraian Perhitungan	Jumlah (m ³)
(1)	(2)	(3 = 2)
1	0,3 x 0,5 x 8 x 2	1,2
2	0,6 x 1,085 x 8 x 2	10,4
3	0,5 x 1,4 x 8 x 2	11,2
4	$\frac{1}{2} \times 0,6 \times 0,6 \times 8 \times 2$	2,88
5	3,015 x 0,8 x 8 x 2	38,592
6	$\frac{1}{2} \times 1,7 \times 0,3 \times 8 \times 2$	4,08
7	$\frac{1}{2} \times 1,7 \times 0,3 \times 8 \times 2$	4,08
8	4,2 x 0,7 x 8 x 2	47,04
Total		119,472



Gambar 5. Dimensi Abutment

Maka hasil dari perhitungan volume untuk beton pada Tabel 14 dalam 2 buah abutment membutuhkan sebanyak 119,472 m³ atau dibulatkan menjadi 120 m³

KESIMPULAN

- Hasil dari pembahasan untuk perencanaan dapat disimpulkan :
Dari data sondir yang didapat dengan jenis tanah yang tak berkoheisi menghasilkan daya dukung tanah sebesar 265,122 t/m² maka jenis pondasi telapak sudah cukup kuat untuk digunakan dengan dimensi pondasi Lebar pondasi (L) = 4,2 m, Tebal plat pondasi (D) = 0,7 m, Lebar kolom = 0,8 m, Panjang pondasi (P)= 8 m dan Kedalaman pondasi (Df)= 2,4 m.
- Hasil analisa stabilitas abutment dengan nilai faktor keamanan 3, saat keadaan normal didapat:
Stabilitas terhadap geser = 9,401 > 3 (Aman), Stabilitas terhadap guling = 4,616 > 3 (Aman), Stabilitas terhadap eksentrisitas (e) 0,131 < 0,7 (Aman)
Saat keadaan gempa didapat :
Stabilitas terhadap geser = 8,278 > 3 (Aman), Stabilitas terhadap guling = 3,927 > 3 (Aman), stabilitas terhadap eksentrisitas (e) = 0,07 < 0,7 (Aman)
- Dari hasil analisa yang didapat volume beton dengan mutu k - 350 ; f_c 30, untuk dua buah abutment membutuhkan volume beton sebanyak 119,472 m³ atau dibulatkan menjadi 120 m³.

DAFTAR PUSTAKA

- Asiyanto. (2012). *Metode Kontruksi Jembatan Beton.*: Universitas Indonesia Press, Jakarta
- Bridge Management System (BMS). (1992). *Peraturan Perencanaan Teknik Jembatan.* Jakarta
- Budi, G, S. (2011). *Pondasi Dangkal* : Andi Offset, Yogyakarta
- Das, B, M, Mochtar, N, E dan Mochtar, I, S, B. (1985). *Mekanika Tanah Prinsip - Prinsip Rekayasa Geoteknis* Jilid 2 : Erlangga, Jakarta
- Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang Kabupaten Serang. (2019). *Data Sondir Jembatan Panosogan Kecamatan Cikeusal Kabupaten Serang.* Tidak dipublikasikan, Serang
- Direktorat Jenderal Bina Marga. (2019). *Perencanaan Jembatan* : Direktorat Jembatan
- Gunawan, R. (1990). *Pengantar Teknik Pondasi* : Kanisius , Yogyakarta
- Hardiyatmo, H. C. (2015). *Analisis Dan Perancangan Fondasi I. Edisi Ketiga* : Gadjah Mada University Press, Yogyakarta
- Nasution, T. (2010). *Struktur Baja II Modul II Pembebanan Jembatan.* Departemen Teknik Sipil, FTSP. ITM, Medan
- RSNI T-02-2005. (2005). *Standar Pembebanan Untuk Jembatan.* Jakarta
- Rosdiyani, T., Noor, G., & Endin, E. (2019). Perencanaan Abutmen Dan Fondasi Tiang Pancang Jembatan Jls Desa Cigeblag Kota Cilegon Provinsi Banten. *Journal of Sustainable Civil Engineering (JOSCE)*, 1(02), 35-44.
- Santoso, F. (2009). Tinjauan Bangunan Bawah (Abutment) Jembatan Karang Kecamatan Karangpandan Kabupaten Karanganyar. Tugas Akhir UNS : Tidak dipublikasikan, Surakarta
- SNI 1725:2016. (2016). *Pembebanan Untuk Jembatan.* Jakarta
- Sosrodarsono, S. (1987). *Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi* : Pradnya Paramita, Jakarta
- Sunggono, V. kh. (1995). *Buku Teknik Sipil* : Nova, Bandung
- Sunggono, V. kh. (1984). *Mekanika Tanah* : Nova, Bandung
- Supriyadi, B dan Muntohar, A, S. (1999). *Jembatan* : Beta Offset, Yogy