

**Studi Perkuatan Struktur Jembatan Jarwo Jalan Mastrip Jember**

**(Studi Kasus Pelebaran Jembatan)**

**Jeefry Eka Pratama Saputra<sup>1)</sup>, Ir. Totok Dwi Kuryanto, MT<sup>2)</sup>**

**, Ir. Pujo Priyono, MT<sup>3)</sup>**

**<sup>1</sup>Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember**

**Email : [jefryeka23@gmail.com](mailto:jefryeka23@gmail.com)**

**<sup>2</sup>Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember**

**Email: [totok\\_dk@yahoo.com](mailto:totok_dk@yahoo.com)**

**<sup>3</sup>Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember**

**Email:**

**Abstrak**

Perkembangan dan kemajuan dalam dunia ekonomi menyebabkan salah satu permasalahan dibidang transportasi jalan raya semakin kompleks. Salah satu yang menjadi masalah adalah kekurang maupun layanan jembatan sebagai media penghubung. Selain alasan kondisi lebar jalan, jembatan jarwo akan direnovasi pier wallnya alasan pelebaran jalan dan perkuatan pada jembatan. Penelitian Bertujuan untuk perencanaan pier wall jembatan jarwo di pertebal pada pier wallnya, karena jembatan jarwo setelah melakuakan pelebaran jembatan. Metode jacketing adalah salah satu sistem perkuatan atau perbaikan beton dengan cara menyelimuti beton yang telah ada dengan beton tambahan. Berdasarkan hasil perhitungan perkuatan pier wall jembatan didapatkan perbandingan dimensi jembatan dan pier wall sebelum perkuatan dan sesudah perkuatan, adapun hasilnya ditabelkan sebagai berikut: lebar Jembatan exsisting b=8,6 m lebar rencana b=11,50 m sedangkan pier wall exsisting b=3,0 m h=15,8 m rencana b=3,4 m h=16,2 m. Dari hasil perhitungan yang dilakukan, maka dimensi kolom pier wall jembatan menjadi lebih besar dari pada sebelumnya. Dimensi kolom yang semula berukuran 3,00 m menjadi 3,40 m setelah melakukan penambahan pada pier wallnya. Dengan demikian didapatkan kapasitas kolom pier wall sebesar  $P_u = 121294,950 \text{ kN}\cdot\text{m}$  dan  $M_u = 237594,929 \text{ kN}\cdot\text{m}$  sehingga pier wall jembatan setelah dilakukan perkuatan dengan metode jacketing, memiliki kemampuan dalam menerima beban lebih besar setelah mempertebal pier wall jembatannya.

**Kata Kunci:** jembatan, perkuatan, metode jacketing.

**Abstract**

The world economy development have caused one of the complexity problems in the road transportation. One of the problems is the lack of bridge services as well as connecting media. Jarwo bridge, where located at Jember will be renovated for reasons of road widening and strengthening of the bridge. This study aims to design the pier wall of the Jarwo bridge by jacketing method. The jacketing method is one of the strengthening system or repairing concrete by covering the existing concrete with additional concrete. Based on the calculation results of the pier wall reinforcement of the bridge, a comparison of the dimensions of the bridge and pier wall before and after reinforcement is obtained, the results shpw that the width of Exsisting bridge (b) is 8.6 m, the width of bridge design is 11.50 m, while existing pier wall is 3.0 m for width and 15.8

m for height, and the pier wall design is 3.4 m for width, 16.2 m for height. From the results of the calculations carried out, the dimensions of the bridge pier wall column are larger than before. The column dimension which was originally 3.00 m in size becomes 3.40 m after making additions to the pier wall. Thus, the capacity of the pier wall column is  $P_u = 121294,950 \text{ kN-m}$  and  $M_u = 237594,929 \text{ kN-m}$  so that the strengthening pier wall by jacketing method is able to againts greater loads.

**Keywords:** bridge, strengthening, jacketing method

## 1. PENDAHULUAN

### Latar Belakang

Perkembangan dan kemajuan dalam dunia ekonomi menyebabkan salah satu permasalahan dibidang transportasi jalan raya semakin kompleks. Salah satu yang menjadi masalah adalah kurangnya maupun layanan jembatan sebagai media penghubung. Oleh karenanya diperlukan studi evaluasi tingkat layanan jembatan sebagai efek perkembangan lalu lintas jalan raya. Kondisi jembatan pada saat ini cukup memenuhi syarat untuk dilewati kendaraan 2 jalur, hanya saja kurang optimal mengingat arah kendaraan roda 4 dari kota dan Bondowoso cukup padat .

### Rumusan Masalah

- 1) Bagaimana kemampuan pier wall untuk memikul beban struktur menggunakan metode jacketing?
- 2) Bagaimana perbandingan dimensi jembatan dan pier sebelum dan sesudah perkuatan?
- 3) Bagaimana stabilitas pier wall setelah menggunakan metode jacketing?

### Batasan Masalah

1. Jembatan untuk klas A.
2. Plat beton tebal minimal 20 cm.
3. Digunakan gelagar baja komposit untuk mencari lendutannya buat menghitung pier
4. Pier (Pondasi tengah) diperbesar dengan metode jacketing.

### Tujuan

- 1) Untuk mengetahui kemampuan pier wall untuk memikul beban struktur menggunakan metode jacketing

- 2) Untuk mengetahui perbandingan dimensi jembatan dan pier sebelum dan sesudah perkuatan?
- 3) Untuk mengetahui stabilitas pier wall setelah menggunakan metode jacketing.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### Faktor beban dan kombinasi pembebanan

Gaya total terfaktor yang digunakan dalam perencanaan jembatan harus dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut (SNI 1725:2016:6, faktor beban dan kombinasi pembebanan) :

$$\sum n_i \gamma_i Q_i \leq \Phi R_n = R_r \dots \dots \dots (1)$$

Dengan memperhatikan hal-hal sebagai berikut : Untuk beban-beban dengan nilai maksimum  $\gamma_I$  lebih sesuai maka :

$$n_i = n_D n_R n_I \geq 0,95 \dots \dots \dots (2)$$

Untuk beban-beban dengan nilai minimum  $\gamma_I$  lebih sesuai maka :

$$n_i = \frac{1}{n_D n_R n_I} \leq 1 \dots \dots \dots (3)$$

Keterangan :

$\gamma_i$  = adalah faktor beban ke-i

$n_i$  = adalah faktor pengubah respons berkaitan dengan duktilitas, redundansi, dan klasifikasi operasional

$n_D$  = adalah faktor pengubah respons berkaitan dengan duktilitas

$n_R$  = adalah faktor pengubah respons berkaitan dengan redundansi

$n_I$  = adalah faktor pengubah respons berkaitan dengan klasifikasi operasional

$\Phi$  = adalah faktor tahanan

$Q_i$  = adalah pengaruh gaya

$R_n$  = adalah tahanan nominal

$R_r$  = adalah tahanan terfaktor

$$Q = \sum n_i \gamma_i Q_i \dots \dots \dots (4)$$

Keterangan :

$n_i$  = adalah faktor pengubah respons sesuai Persamaan 2 atau 3

$\gamma_i$  = adalah faktor beban

$Q_i$  = adalah gaya atau beban yang bekerja pada jembatan

### Beban permanen

Massa setiap bagian bangunan harus dihitung berdasarkan dimensi yang tertera dalam gambar dan berat jenis bahan yang digunakan. Berat dari bagian-bagian bangunan tersebut adalah massa dikalikan dengan percepatan gravitasi (g). Percepatan gravitasi yang digunakan dalam standar ini adalah 9,81 m/detik<sup>2</sup>. Besarnya kerapatan massa dan berat isi untuk berbagai macam bahan diberikan dalam Tabel 1.

**Tabel 1.** kerapatan massa dan berat isi untuk berbagai macam bahan

No	bahan	Berat isi (kN/m <sup>3</sup> )	Kerapatan massa(kg/m <sup>3</sup> )
1	Lapisan permukaan beraspal (bituminous wearing surfaces)	22,0	2245
2	Besi tuang (cast iron)	71,0	7240
3	Timbunan tanah dipadatkan (compacted sand, silt or clay)	17,2	1755
4	Kerikil dipadatkan (rolled gravel, macadam or ballast)	18,8-22,7	1920-2315
5	Beton aspal (asphalt concrete)	22,0	2245
6	Beton ringan (low density)	12,25-19,6	1250-2000
7	Beton $f'_c < 35 \text{ MPa}$ $35 < f'_c < 105 \text{ MPa}$	22,0-25,0 $22 + 0,022$	2320 $2240 + 2,29$
8	Baja (steel)	78,5	7850
9	Kayu (ringan)	7,8	800
10	Kayu keras (hard wood)	11,0	1125

### Berat sendiri (MS)

Berat sendiri adalah berat bagian tersebut dan elemen-elemen struktural lain yang dipikulnya, termasuk dalam hal ini adalah berat bahan dan bagian jembatan yang merupakan elemen struktural, ditambah dengan elemen nonstruktural yang dianggap tetap. Adapun faktor beban yang digunakan untuk berat sendiri dapat dilihat pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Faktor beban ( $\gamma_{MS}$ )

Tipe beban	Faktor beban ( $\gamma_{MS}$ )		
	Keadaan Batas Layan ( $\gamma_{MS}^S$ )	Keadaan Batas Ultimit ( $\gamma_{MS}^U$ )	
Tetap	Bahan	Biasa	Terkurangi
	Baja	1,10	0,90
	Aluminium	1,10	0,90
	Beton pracetak	1,20	0,85
	Beton dicor di tempat	1,30	0,75
	Kayu	1,40	0,70
	Baja	1,10	0,90

### Beban mati tambahan/utilitas (MA)

Beban mati tambahan adalah berat seluruh bahan yang membentuk suatu beban pada jembatan yang merupakan elemen nonstruktural, dan besarnya dapat berubah selama umur jembatan. Dalam hal tertentu, nilai faktor beban mati tambahan yang berbeda dengan ketentuan pada Tabel 3 boleh digunakan dengan persetujuan instansi yang berwenang. Hal ini bisa dilakukan apabila instansi tersebut melakukan pengawasan terhadap beban mati tambahan pada jembatan, sehingga tidak dilampaui selama umur jembatan.

**Tabel 3.** Faktor beban ( $\gamma_{MA}$ )

Tipe beban	Faktor beban ( $\gamma_{MA}$ )		
	Keadaan Batas Layan ( $\gamma_{MA}^S$ )	Keadaan Batas Ultimit ( $\gamma_{MA}^U$ )	
Tetap	Keadaan	Biasa	Terkurangi
	Umum	2,00	0,70
	Khusus (terawasi)	1,40	0,80

Catatan<sup>(1)</sup>: Faktor beban layan sebesar 1,3 digunakan untuk berat utilitas

### Beban lajur "D" (TD)

Beban lajur "D" terdiri atas beban terbagi rata (BTR) yang digabung dengan beban garis (BGT) seperti terlihat dalam Gambar 1. Adapun faktor beban yang digunakan untuk beban lajur "D" seperti pada Tabel 4.

**Tabel 4.** Faktor beban ( $\gamma_{TD}$ )





### 3. METODOLOGI

#### Lokasi Penelitian

##### Survei Lokasi

Survei ini maksudkan untuk mendapatkan gambaran tentang jembatan existing serta bagian-bagian jembatan yang diadakan penelitian terkait rencana pelebaran.



**Gambar 3.** pier jembatan

Survei lokasi yang dilakukan meliputi asesment terhadap mutu material dan jenis struktur jembatan. Hasil survei digunakan untuk menentukan metode perkuatan terhadap pelebaran dan penambahan accessories jembatan atas.

#### Data Tanah

Dari hasil sondir di lokasi secara ringkas dapat disimpulkan, yaitu lokasi tanah kerasnya kedalamannya cukup variasi. Untuk boring titik 2 di samping sungai dengan kedalaman dasar cukup rendah. Lapisan pertama -1,00 meter berupa koral bekas urugan, kedalaman -2,00 m ada batu ukuran sekitar 5/7, hingga kedalaman hampir -4,00 meter lebih baru didapat tanah padas yang keras. Sedangkan titik tanah kerasnya didapat pada kedalaman rata-rata 80 meter, karena merupakan lereng batu padas.



**Gambar 4.** Dilapangan saat mencari data sondir

### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### Umum

##### ANALISIS KEKUATAN PIER TINJAUAN

##### PIER ARAH MEMANJANG JEMBATAN

Tinggi kolom pier

$L_c=20,6\text{ m}$

Ukuran penampang

$B=15,80\text{ m}$

$H=3,40\text{ m}$

Luas penampang Kolom Pier

$$A_c = 2*(B*h + \pi/4 * h^2) = 125,605714\text{ m}^2$$

Lebar ekivalen kolom pier,

$$B_e = A/h = 36,9428571\text{ m}$$

**Tabel 5.** Beban ultimit pada kolom pier

No.	KOMBINASI	Pu	Mu
1	KOMBINASI-1	130185,26	29941,49
2	KOMBINASI-2	129898,69	36503,97
3	KOMBINASI-3	130238,00	40945,46
4	KOMBINASI-4	130238,00	40945,46

Sumber: hasil perhitungan

#### KONTROL STABILITAS PIER

##### PENGARUH BERAT STRUKTUR

Berat sendiri struktur atas

$$P_{MS}=6984,56631$$

Beban mati tambahan

$$P_{MA}=721,91$$

Berat headstock

$$Wh=1582,2$$

Berat column pier

$$W_c=83626,41523$$

Berat total struktur atas

$$W_a=7706,47$$

Berat struktur bawah

$$W_b=43395,40762$$

Perbandingan berat

$$W_b/W_a = 563,10\% > 20\% (\text{OK})$$

Tidak memerlukan analisa dinamik (cukup dengan analisa statik)

#### PENGARUH EFEK P-DELTA

Gaya aksial ultimit Pier

$$P_u=121294,95$$

Momen ultimit Pier

$$M_u=239757,66$$

Inertia penampang Column Pier

$$I_c=121,0002\text{ m}^4$$

Mutu beton,K- 300

Kuat tekan beton,  
 $f_c=24,900 \text{ MPa}$   
 Modulus Elastisitas beton,  
 $E_c=23452,95291 \text{ Mpa}$   
 Tinggi column Pier  
 $L_c=20,6 \text{ m}$   
 Momen ultimit  
 $239757,66$   
 Lendutan  
 $\Delta = Mu^*Lc^2/(2*Ec^*Ic)$   
 $=0,017926414 \text{ m}$   
 Momen akibat pengaruh P-delta  
 $M_d=P_u*\Delta=2174,383515 \text{ kNm}$   
 $5\%Mu=11987,88321 \text{ kNm}$   
 $M_d \leq 5\%Mu, (\text{OK}), \text{ maka efek P-Delta diabaikan}$

**Tabel 6.** Kontrol efek P-Delta untuk kombinasi beban ultimit

No.	KONDISI BEBAN	P <sub>u</sub>	M <sub>ux</sub>	$\Delta$	M <sub>d</sub>	5%Mu	KET
1	KOMBINASI-1	130185,26	29941,49	0,002238692	291,4447	1497,0745	Md<5%Mu
2	KOMBINASI-2	129898,69	36503,97	0,002729362	354,54048	1825,1987	Md<5%Mu
3	KOMBINASI-3	130238,00	40945,46	0,003061447	398,71671	2047,2731	Md<5%Mu
4	KOMBINASI-4	130238,00	40945,46	0,003061447	398,71671	2047,2731	Md<5%Mu
5	KOMBINASI-5	121294,95	239757,66	0,017926414	2174,3835	11987,883	Md<5%Mu

Nilai perbandingan beban mati ultimit terhadap beban tetap ultimit:

$$\beta_d = DL/(DL+LL) = 0,932$$

Kekakuan lentur column pier  
 $EI = 0,4*Ec*Ic/(1+\beta_d) = 587626689,8 \text{ kNm}^2$   
 Beban aksial kritis  
 $P_{cr} = \pi^2 * EI / (K * L_c)^2 = 3419450,826 \text{ kN}$   
 Faktor pembesaran momen  
 $\delta_s = 1/[1 - P_u / (0,75 * P_{cr})] = 1,04964404$   
 Gaya geser horisontal akibat gempa  
 $V_u = TEQ = 23380,34 \text{ kN}$   
 Simpangan lateral akibat gempa  
 $\Delta = V_u * L_c^3 / (3 * EI) = 0,115939066 \text{ m}$   
 Faktor pembesaran momen  
 $1,030076256$   
 Diambil faktor perbesaran momen  
 $\delta_s = 1,049644043$

**Tabel 7.** Momen ultimit yang diperbesar

No.	KOMBINASI	P <sub>u</sub> kN	M <sub>ux</sub> kNm	M <sub>u</sub> kNm
1	KOMBINASI-1	130185,26	29941,49	31427,90638
2	KOMBINASI-2	129898,69	36503,97	38316,17791
3	KOMBINASI-3	130238,00	40945,46	42978,16121
4	KOMBINASI-4	130238,00	40945,46	42978,16121
5	KOMBINASI-5	121294,95	239757,66	2516602039

## PENGARUH BUCKLING

Tinggi column pier  
 $L_c = 20,6 \text{ m}$   
 Inertia penampang kolom pier  
 $I_c = 121,0002 \text{ m}^4$   
 Luas tampang kolom pier  
 $A_c = 125,6057 \text{ m}^2$   
 Jari-jari inersia penampang kolom pier  
 $r = 0,98 \text{ m}$   
 Faktor panjang tekuk  
 $K = 0$   
 Angka kelangsungan  
 $K * L_c / r = 41,97676075 > 22$   
 pengaruh buckling dianggap Proses  
 Pelingkupan Kegiatan  
 Pengaruh buckling diperhitungkan dengan cara  
 Perbesaran Momen pada Column Pier sbb:  
 Beban mati ultimit pada Column Pier  
 $DL = PMS + PMA = 121294,95 \text{ kN}$   
 Beban hidup ultimit pada Column Pier  
 $LL = PTD + PTP = 8890,31 \text{ kN}$

## PENULANGAN COLUMN PIER

Mutu beton,  $K = 300$   
 Kuat tekan beton,  
 $f_c = 24,9 \text{ Mpa}$   
 Mutu baja, U-39  
 Tegangan leleh baja,  
 $f_y = 390 \text{ MPa}$   
 Dimensi Column Pier  
 $B_e = 36,9 \text{ m}$   
 $b_4 = 3,40 \text{ m}$   
 Ditinjau Column Pier selebar 1 m:  
 Lebar Column Pier  $b = 1000,0 \text{ mm}$   
 Tebal Column Pier  $h = 3400,0 \text{ mm}$   
 Luas penampang column pier yang ditinjau,  
 $A_g = 3400000,0 \text{ mm}^2$   
 $P_u = \text{gaya aksial ultimit pada column pier}$   
 $M_u = \text{momen ultimit pada column pier}$   
 $\phi P_n = P_u \alpha = \phi P_n / (f_c * A_g) = P_u * 10^3 / (f_c * A_g)$   
 $\phi M_n = M_u \beta = \phi M_n / (f_c * A_g * h)$   
 $= M_u * 10^6 / (f_c * A_g * h)$   
**Tabel 8.** Kombinasi beban ultimit pada penulangan colum pier

No	KOMBINASI BEBAN ULTIMIT	Pu (kN)	Mu (kNm)	Pu (kN)	Mu (kNm)	$\alpha$	$\beta$
1	KOMBINASI-1	130185,26	31427,91	3523,963	850,717	0,042	0,0030
2	KOMBINASI-2	129898,69	38316,18	3516,206	1037,174	0,042	0,0036
3	KOMBINASI-3	130238,00	42978,16	3525,391	1163,369	0,042	0,0040
4	KOMBINASI-4	130238,00	42978,16	3525,391	1163,369	0,042	0,0040
5	KOMBINASI-5	121294,95	251660,20	3283,313	6812,148	0,039	0,0237

$$\begin{aligned} d' &= 100 \text{ mm} \\ h' &= 3200 \text{ mm} \\ h/h' &= 0,9411765 \end{aligned}$$

Nilai  $\alpha$  dan  $\beta$  di plot ke dalam diagram interaksi diperoleh:

Rasio tulangan yang diperlukan

$$\rho = 1,0\%$$

Luas tulangan yang diperlukan

$$As = 34000 \text{ mm}^2$$

Diameter tulangan yang digunakan

$$D = 25 \text{ mm}$$

Tulangan tekan dibuat sama dengan tulangan tarik:

$$As(\text{tekan}) = As(\text{tarik}) = 1/2 As = 17000 \text{ mm}^2$$

Jarak tulangan yang diperlukan,

$$s = 28,89 \text{ mm.}$$

**Tabel 9.** Hasil dari perhitungan diameter tulangan

Digunakan :	Jumlah lapis:	Diameter Tulangan	Jarak	
Tulangan tekan,	1	D	25 28,89	$\rho_{\text{tekan}} = 0,5\%$
Tulangan tarik,	1	D	25 28,89	$\rho_{\text{tarik}} = 0,5\%$

Rasio tulangan yang digunakan

$$\rho = 1,0\%$$

## TULANGAN GESEN COLUMN PIER

Gaya aksial ultimit rencana

$$Pu = 3283,313 \text{ kN}$$

Momen ultimit rencana

$$Mu = 6812,148 \text{ kNm}$$

Mutu beton K- 300

$$f_c = 24,9 \text{ Mpa}$$

$$\text{Mutu baja U- 39}$$

$$fy = 390 \text{ MPa}$$

Ditinjau dinding colum pier selebar,  
 $b = 1000 \text{ mm}$

Gaya aksial ultimit rencana

$$Pu = 3283312,645 \text{ N}$$

Momen ultimit rencana

$$Mu = 6,81, E+09 \text{ Nmm}$$

Faktor reduksi kuat geser

$$\phi = 0,6$$

Tinggi column pier

$$L = 20600 \text{ mm}$$

Tebal colum pier

$$h = 3400,00 \text{ mm}$$

Luas tulangan longitudinal column pier

$$As = 34000 \text{ mm}^2$$

Jarak tulangan thd sisi luar beton

$$d' = 100 \text{ mm}$$

$$Vu = Mu/L = 330686,79 \text{ N}$$

Gaya geser ultimit akibat gaya lateral

$$Vu = Tux/Be = 632878,62 \text{ N}$$

Diambil gaya geser ultimit

$$Vu = 632878,62 \text{ N}$$

$$d = h - d' = 3300,00 \text{ mm}$$

$$Vcmak = 16434000 \text{ N}$$

$$\phi Vcmak = 9860400 \text{ N} > Vu(\text{OK})$$

$$\beta_1 = 1,4 - d/2000 = -0,25 < 1, \text{ maka}$$

$$\beta_2 = 1 + Pu/(14 * f_c * b * h) = 1,003 \text{ diambil}=1$$

$$\beta_3 = 1$$

$$Vuc = \beta_1 * \beta_2 * \beta_3 * b * d * [As * f_c / (b * d)]^{1/3}$$

$$= -70745,4 \text{ N}$$

$$Vc = 1909254,6 \text{ N}$$

$$\phi Vc = 1145552,7 \text{ N}$$

$\phi Vc > Vu$  (hanya perlu tul geser min)

Geser pada beton sepenuhnya dipikul oleh tulangan geser, sehingga:

$$Vs = Vu/\phi = 551144,646 \text{ N}$$

Untuk tulangan geser digunakan besi beton:

$$D-16 \text{ jarak arah y, sy (mm)} = 300$$

Luas tulangan geser,

$$Asv = 670,48 \text{ mm}^2$$

Jarak tulangan geser yang diperlukan,  
 $s_x = 1565,66 \text{ mm}$

Digunakan tulangan geser:

$$D-16 \text{ jarak arah y, sy (mm)} = 300$$

$$\text{jarak arah x, } sx = 300 \text{ mm}$$

## TINJAUAN PIER ARAH MELINTANG JEMBATAN

Tinggi kolom pier

$$Lc = 20,6 \text{ m}$$

Ukuran penampang

$$B = 15,80 \text{ m}$$

$$h = 3,40 \text{ m}$$

Luas penampang Kolom Pier

$$Ac = 2 * (B * h + \pi / 4 * h^2) = 125,6057 \text{ m}^2$$

Lebar ekivalen kolom pier,

$$Be = A/h = 36,94 \text{ m}$$

**Tabel 10.** Beban ultimit pada kolom pier

No.	KOMBINASI	Pu	Muy
1	KOMBINASI-1	130185,26	1040,63
2	KOMBINASI-2	129898,69	5193,88
3	KOMBINASI-3	130238,00	6234,51
4	KOMBINASI-4	130238,00	6234,51
5	KOMBINASI-5	121294,95	237594,93

## PENGARUH EFEK P-DELTA

Gaya aksial ultimit Pier

$$Pu=121294,95 \text{ kN-m}$$

Momen ultimit Pier

$$Mu=237594,93 \text{ kN-m}$$

Inertia penampang Column Pier

$$Ic=121,0002 \text{ m}^4$$

Mutu beton,K- 300

Kuat tekan beton,

$$f_c=24,900 \text{ MPa}$$

Modulus Elastisitas beton,

$$Ec=23452,95291 \text{ Mpa}$$

Tinggi column Pier

$$Lc=20,6 \text{ m}$$

Momen ultimit

$$237594,93 \text{ kN-m}$$

Lendutan

$$\Delta = Mu*Lc^2/(2*Ec*Ic)=0,017764709 \text{ m}$$

Momen akibat pengaruh P-delta

$$Md=Pu*\Delta=2154,769474 \text{ kN-m}$$

$$5\%Mu=11879,74643 \text{ kN-m}$$

$Md \leq 5\%Mu$ ,(OK), maka efek P-Delta diabaikan

**Tabel 11.** Kontrol efek P-Delta untuk kombinasi beban ultimit

No.	KONDISI BEBAN	Pu	Muy	$\Delta$	Md	5%Mu	KET
		kN	kNm	m	kNm	kNm	
1	KOMBINASI-1	130185,26	1040,63	7,78067E-05	10,129288	52,031477	Md<5%Mu
2	KOMBINASI-2	129898,69	5193,88	0,000388341	50,444926	259,69393	Md<5%Mu
3	KOMBINASI-3	130238,00	6234,51	0,000466147	60,710086	311,72541	Md<5%Mu
4	KOMBINASI-4	130238,00	6234,51	0,000466147	60,710086	311,72541	Md<5%Mu
5	KOMBINASI-5	121294,95	237594,93	0,017764709	2154,7695	11879,746	Md<5%Mu

Md<5%Mu,maka efek P-Delta diabaikan

## PENGARUH BUCKLING

Tinggi column pier

$$Lc=20,6 \text{ m}$$

Inertia penampang kolom pier

$$Ic=14285,2917 \text{ m}^4$$

Luas tampang kolom pier

$$Ac=125,6057143 \text{ m}^2$$

Jari-jari inersia penampang kolom pier

$$r=10,66448426 \text{ m}$$

Faktor panjang tekuk

$$K=2,0$$

Angka kelangsungan

$$KLc/r= 3,863 < 22$$

pengaruh buckling

Luas tulangan column pier yang diperoleh dari tinajauan arah memanjang perlu dikontrol apakah kapasitasnya masih cukup untuk mendukung beban ultimit column pier pada arah melintang jembatan.

Oleh karena itu, perlu dialakukan analisis kekuatan kolumn pier arah melintang jembatan dengan Dfiagram Interaksi P-M (untuk arah Y) Dimensi penampang column pier yang digunakan untuk analisa P-M adalah:  
Lebar column pier  
 $b=3,40 \text{ m}$

Tinggi column pier

$$h=16,20 \text{ m}$$

Rasio baja tulangan

$$\rho = 1,0\%$$

Mutu beton,K- 300

$$f_c=24,900 \text{ MPa}$$

Mutu baja,U-39

$$fy=390 \text{ MPa}$$

TULANGAN GESEN COLUMN PIER

Gaya aksial ultimit rencana

$$Pu= 121294,950 \text{ kN}$$

Mmen ultimt rencana

$$Mu= 237594,929 \text{ kN}$$

Mutu beton K- 300

$$f_c= 24,900 \text{ Mpa}$$

Mutu baja U-39

$$fy= 390 \text{ MPa}$$

Ditinjau dinding colum pier selebar,

$$b= 1000 \text{ mm}$$

Gaya aksial ultimit rencana

$$Pu= 121294950 \text{ N}$$

Momen ultimit rencana

$$Mu= 38,E+11 \text{ Nmm}$$

Faktor reduksi kuat geser

$$\phi= 0,6$$

Tinggi column pier

$$L= 20600 \text{ mm}$$

Tebal colum pier

$$h= 36942,86 \text{ mm}$$

Luas tulangan longitudinal column pier

$$As= 34000 \text{ mm}^2$$

Jarak tulangan thd sisi luar beton

$$d'= 100 \text{ mm}$$

$$Vu=Mu/L=11533734,40 \text{ N}$$

Gaya geser ultimit akibat gaya lateral

$$Vu=Tuy/h= 6610421,81 \text{ N}$$

Diambil gaya geser ultimit

$$Vu= 6610421,81 \text{ N}$$

$$d=h-d'= 36842,86 \text{ mm}$$

$$Vcmak=0,2*f'c*b*d 183477429 \text{ N}$$

$$\phi Vcmak=110086457 \text{ N} > Vu(\text{OK})$$

$$\beta_1=1,4-d/2000= -17,0214286 < 1, \text{ maka diambil } \beta_1=$$

$$\beta_1=1$$

$$\beta_2=1+Pu/(14*f'c*b*h)= 1,009$$

$$\beta_3=1$$

$$Vuc= \beta_1*\beta_2*\beta_3*b*d*[As*f'c/(b*d)]^{1/2} = 5637507 \text{ N}$$

$$Vc=Vuc+0,6*b*d= 27743221,0 \text{ N}$$

$$\phi Vc= 16645932,6 \text{ N}$$

$\phi Vc > Vu$ (hanya perlu tul geser min)

Geser pada beton sepenuhnya dipikul oleh tulangan geser, sehingga:

$$Vs= Vu/\phi= 19222890,7 \text{ N}$$

Untuk tulangan geser digunakan besi beton:

$$D-16 \text{ jarak arah y, sy (mm)}= 300$$

Luas tulangan geser,

$$Asv= 670,48 \text{ mm}^2$$

Jarak tulangan geser yang diperlukan,  
sx= 501,17 mm

Digunakan tulangan geser:

$$D-16 \text{ jarak arah y, sy (mm)}= 300$$

$$\text{jarak arah x, sx (mm)}= 300$$

## 5. KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

1. Berdasarkan hasil perhitungan jembatan setelah perkuatan diperoleh beban ultimit rencana (Pu) sebesar 121294,950 kN dan momen ultimit rencana (Mu) sebesar 237594,929 kN.
2. Berdasarkan hasil perhitungan perkuatan pierwall jembatan didapatkan perbandingan dimensi jembatan dan pierwall sebelum perkuatan dan sesudah perkuatan ,

adapun hasilnya ditabelkan sebagai berikut :

**Tabel 12.** hasil perhitungan eksisting dan rencana

No	Item	Exsisting		Rencana	
		b	h	b	h
1	Jembatan	8,6	-	11,50	-
2	pier	3,0	15,8	3,0	16,2

3. Berdasarkan hasil perhitungan perkuatan pier wall jembatan didapatkan nilai stabilitas guling dan geser sebagai berikut:

#### a. Stabilitas guling

Arah Mx sf = 106,5 > 2,2 (aman)

Arah My sf= 128,49 > 2,2 (aman)

#### b. Stabilitas geser

Arah Tx sf = 16,3 > 1,1 (aman)

Arah Ty sf = 161,5 > 1,1 (aman)

### Saran

Dari kesimpulan diatas, beberapa saran yang dapat digunakan sebagai penelitian lanjutan dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mendapatkan hasil analisa yang lebih teliti, perlu dilakukan pemeriksaan dasar pondasi.
2. Dapat dilakukan studi perkuatan dapat menggunakan metode lainnya, mengingat muka air terlalu tinggi, sehingga sulit melihat konstruksi bawah air.

## 6. DAFTAR PUSTAKA

- 1) SNI -1725-2016, Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Jembatan, Jakarta, Indonesia.

- 2) SNI 2833 – 2016 Perencanaan Jembatan Terhadap Beban Gempa, Jakarta, Indonesia.
- 3) SNI 2833-2008, Perencanaan Jembatan Tahan Gempa, Jakarta, Indonesia.
- 4) RSNI T-02- 2005, Departemen Pekerjaan Umum, Standar Pembebaan Untuk Jembatan, Jakarta, Indonesia.
- 5) RSNI T-12– 2004, Departemen Pekerjaan Umum, Perencanaan Struktur Beton untuk Jembatan, Jakarta, Indonesia.
- 6) SNI 1729:2015, Badan Standarisasi Nasional, Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural, Jakarta, Indonesia.
- 7) SNI 2847:2013, Badan Standarisasi Nasional, Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung, Jakarta, Indonesia.
- 8) SNI-03-1729-2015 Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural. Badan Standarisasi Nasional BSN. Jakarta
- 9) RSNI-T-03-2005 Perencanaan Struktur Baja untuk Jembatan. Badan Standarisasi Nasional BSN, Jakarta.
- 10) SNI 03-1725-1989, Tata Cara. Perencanaan Pembebaan Jembatan Jalan Raya, Jakarta, Indonesia.
- 11) Peraturan Perencanaan Teknik Jembatan, MSS7-CA, Dirjen Bina Marga, Dep PU Bina Program, 1992, Jakarta, Indonesia.
- 12) Dep. PU., Pedoman Perencanaan Pembebaan Jalan Raya SKBT - 1.3.28. t987 UDC: 624.O422624.21.
- 13) Dep. PU., Dasar-dasar Perencanaan Beton Bertulang, Agus Iqbal Manu.
- 14) Harazaki, I., O. Atsushi, dan S. Suzuki. 2000. Bridge Engineering Handbook: Suspension Bridges. CRC Press. Boca Raton.
- 15) ICE manual of bridge engineering, Second Edition.
- 16) KP-03 Kriteria Perencanaan Bagian Saluran;
- 17) PT-03 Persyaratan Teknis Bagian Penyelidikan Geoteknik;
- 18) Undang-undang Republik Indonesia Nomor 11 Tahun 1974 Tentang Pengairan.
- 19) Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia Nomor 28/PRT/M/2015 Tentang Penetapan Garis Sempadan Sungai dan Danau.
- 20) Keputusan Presiden Republik Indonesia No.12 Tahun 2012 tentang penetapan Wilayah Sungai.