

ANALISA PERBANDINGAN STRUKTUR PILAR JEMBATAN DENGAN TIPE SATU KOLOM DAN DUA KOLOM PADA PROYEK JALAN PENDEKAT JEMBATAN MAHAKAM IV SISI SAMARINDA KOTA

Mardewi Jamal¹, M. Jazir Alkas², Supriyadi Yusuf^{3*}

^{1,2,3}*Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Mulawarman*
³supriyadiyusuf2210@gmail.com

Abstrak:Salah satu solusi dari kemacetan yang terjadi pada jalur lalu lintas masuk-keluar kota Samarinda yaitu dengan pembangunan Jembatan Mahakam IV. Berdasarkan perencanaan awal, Jembatan Mahakam IV akan terdiri dari flyover sisi samarinda kota, flyover sisi samarinda sebrang dan bentang jembatan. Pada struktur flyover menggunakan pier beton bertulang dengan material beton bertulang mutu K-300, baja mutu U-39 (ulir) dan U-24 (polos) dan memiliki bentuk pier hammer head serta variasi ketinggian yang berbeda namun penulis memfokuskan pada pier 9 dengan ketinggian 23,767 m. Seiring dengan makin berkembangnya teknologi telah banyak dikembangkan berbagai bentuk pier. Namun harus diperhatikan gaya tekan aksial dan momen terhadap desain pilar agar dapat menghindari potensi tekuk local (local buckling). Tujuan penelitian ini adalah melakukan analisa struktur pada pilar jembatan dengan tipe satu kolom (hammer head) dan tipe dua kolom (trestle) dengan bantuan software SAP2000. Hasil studi perencanaan memperlihatkan pada kolom pier hammer head menggunakan tulangan 165 D 32 dan sengkang 8 D 16 – 150 dengan nilai momen 62265,1 kNm lebih efektif dan efisien dibandingkan tipe kolom trestle menggunakan tulangan 200 D 32 dan sengkang 3 D 16 – 200 dengan nilai momen 42543,2 kNm dan ditambah pengaku kolom (stiffer).

Kata kunci:Studi perencanaan, *pier* beton bertulang, potensi tekuk local, SAP2000.

I. PENDAHULUAN

Tingginya tingkat kemacetan di Samarinda menjadi problematik utama yang harus segera diselesaikan. Kemacetan itu sendiri bukan hanya terjadi karena kendaraan dari dalam kota saja melainkan juga banyak kendaraan yang berasal dari luar kota Samarinda yang menyebabkan kemacetan dan jalan samarinda yang masih tergolong sempit sehingga kemacetan sering terjadi. Jembatan Mahakam IV (Jembatan Mahakam Kembar) dibangun salah satu solusi untuk mengatasi volume kendaraan yang tinggi. Namun untuk membangun Jembatan Mahakam IV sebelumnya akan dibangun Jalan Pendekat dari daerah sisi kota dan sisi seberang samarinda dengan konsep *Fly Over* agar dapat membangun Jembatan yang cukup tinggi dari permukaan sungai yang menjadi pusat transportasi perkapalan. Hal ini juga merupakan program kerja dari Pemerintah Provinsi Kalimantan Timur yaitu Dinas Pekerjaan Umum, Penataan Ruang dan Perumahan Rakyat Provinsi Kalimantan Timur. Secara umum konstruksi struktur jembatan terbagi menjadi dua yaitu konstruksi bangunan atas dan konstruksi bangunan bawah. Konstruksi bangunan terdiri dari trotoar, *slab* kendaraan, gelagar, balok diafragma, ikatan pengaku dan tumpuan. Sedangkan konstruksi bangunan bawah terdiri dari atas pangkal jembatan (*abutment*) dan pilar jembatan (*pier*). Dan menjadi fokus penulis yaitu pada pilar jembatan (*pier*). Bagian-bagian pilar jembatan terdiri dari *pier head*, kolom *pier* dan *pile cap*. Seiring dengan makin berkembangnya teknologi dalam dunia keteknik-sipil, telah banyak dikembangkan berbagai bentuk pilar maupun jenis bahan yang digunakan. Penggunaan desain pilar yang langsing (rasio panjang dan dimensi penampang pilar yang besar) tentunya akan memperbesar potensi pengaruh tekuk lokal (*lokal buckling*) pilar tersebut dalam menahan beban jembatan. Dengan berkembangnya teknologi ketekniksipil ini. Maka perlu dilakukan desain dan memperhitungkan struktur dengan tipe pilar yang berbeda yaitu tipe satu kolom (*hammer head*) dan tipe dua kolom (*trestle*).

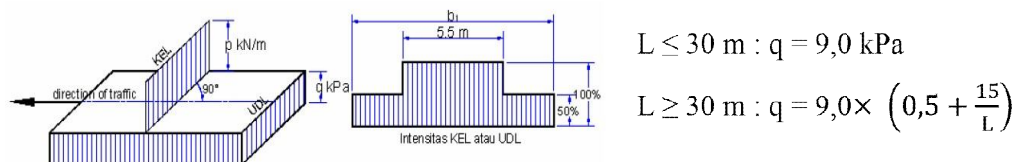
Pilar jembatan adalah suatu konstruksi beton bertulang yang menumpu di atas pondasi tiang-tiang pancang yang terletak di tengah sungai atau yang lain yang berfungsi sebagai pemikul antara bentang tepi dan bentang tengah bangunan atas jembatan (SNI 2541, 2008). Pilar-pilar dapat berupa susunan rangka pendukung (trestle) atau tanpa rangka pendukung yang hanya memiliki satu kolom (hammer head), dengan beberapa bagian yaitu topi beton bertulang yang bertindak sebagai balok melintang (cross beam) dengan kepala tiang tertanam (capping beam) pada topi, dan dilanjutkan dengan susunan kolom dimana sistem balok dan kolom yang melintang terpisah serta fondasi yang menggunakan sistem beton kopel (pile cap). Sistem kolom dapat berupa kolom tunggal atau majemuk atau dapat berupa dinding penuh. Kepala jembatan dengan pondasi sumuran biasanya menempatkan bangunan kepala jembatan langsung pada pondasi sumuran. Sistem ini kadang-kadang dipakai juga untuk pondasi tiang. Pembebanan Jembatan pada skripsi ini menggunakan peraturan RSNI T-02-2005 Standar Pembebanan untuk Jembatan dan Bridge Management System dan berikut adalah beberapa pembebanan untuk jembatan. Berat sendiri dari bangunan adalah berat dari bagian tersebut dan elemen-elemen struktural lain yang dipikulnya. Termasuk dalam hal ini adalah berat bahan jembatan yang merupakan elemen struktural, ditambah dengan berat bahan elemen non struktural yang dianggap tetap. Faktor beban akibat berat sendiri struktur pada Tabel 1.

Tabel 1 Faktor beban untuk berat sendiri

Jangka Waktu	Faktor Beban	Biasa	Terkurangi
Tetap	Baja, Alumunium	1,0	0,9
	Beton Pracetak	1,0	0,85
	Beton dicor ditempat	1,3	0,75
	Kayu	1,0	0,7

Sumber: RSNI T-02-2005

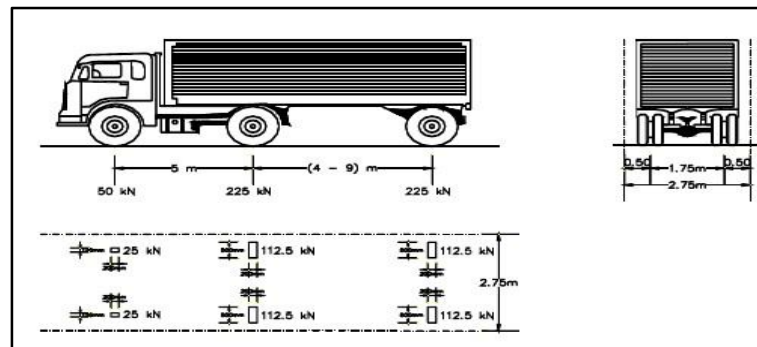
Beban mati tambahan adalah berat seluruh bahan yang membentuk suatu beban pada jembatan yang merupakan elemen non struktural dan besarnya dapat berubah seiring umur jembatan. Jembatan dianalisis harus mampu memikul beban tambahan seperti; Penambahan lapisan aspal (*overlay*) di kemudian hari, genangan air hujan jika sistim drainase tidak bekerja dengan baik, pemasangan tiang listrik dan instalasi ME. Beban lajur “D” adalah beban lajur yang terdiri dari beban terbagi merata (*Uniformly Distributed Load*), UDL yang digabung dengan beban garis (*Knife Edge Load*) KEL. Beban terbagi merata (UDL) mempunyai intensitas q kPa, dimana besarnya q tergantung dari panjang bentang total yang dibebani L seperti berikut :



Gambar 1. Beban lajur “D”

Pembebanan truk “T” terdiri dari kendaraan truk semi-trailer yang mempunyai susunan dan berat as. Berat dari masing-masing as disebarakan menjadi 2 beban merata sama besar yang merupakan kontak antara roda dengan permukaan lantai. Jarak antara 2 as tersebut bisa diubah-ubah antara 4,0 m dan 9,0 m untuk mendapatkan pengaruh terbesar pada

arah memanjang jembatan seperti terlihat pada Gambar 2. Faktor beban akibat gaya truk “T” adalah 1,8. Sedangkan faktor beban dinamisnya sama dengan beban “D”.



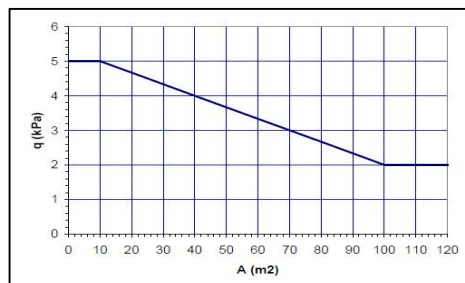
Gambar 2. Beban truk “T”

Jembatan jalan raya direncanakan mampu memikul beban hidup merata pada trotoar yang besarnya tergantung pada luas bidang trotoar yang didukungnya. Hubungan antara beban merata dan luasan yang dibebani pada trotoar, dilukiskan seperti gambar 5 atau dapat dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut :

Untuk $A \leq 10 \text{ m}^2$: $q = 5 \text{ kPa}$

Untuk $10 \text{ m}^2 < A \leq 100 \text{ m}^2$: $q = 5 - 0.033 \times (A-10) \text{ kPa}$

Untuk $A > 100 \text{ m}^2$: $q = 2 \text{ kPa}$



Gambar 3. Pembebanan untuk pejalan kaki

Untuk kombinasi konstruksi jembatan secara umum baik batas layan maupun batas ultimit telah tercantum pada RSNI T - 02 - 2015 tentang pembebanan untuk jembatan.

Kombinasinya sebagai berikut :

Kondisi konstruksi: $1,3 P_{MS}$

Kondisi Layan : $P_{MS} + P_{MA} + P_{TD} + P_{TP} + P_{TB} + T_{EW}$

Kondisi Ultimate:

Kombinasi 1: $1,3 P_{MS} + 2 P_{MA} + P_{TD}$ atau
 $P_{TT} + P_{TB} + 1,8 P_{TP}$

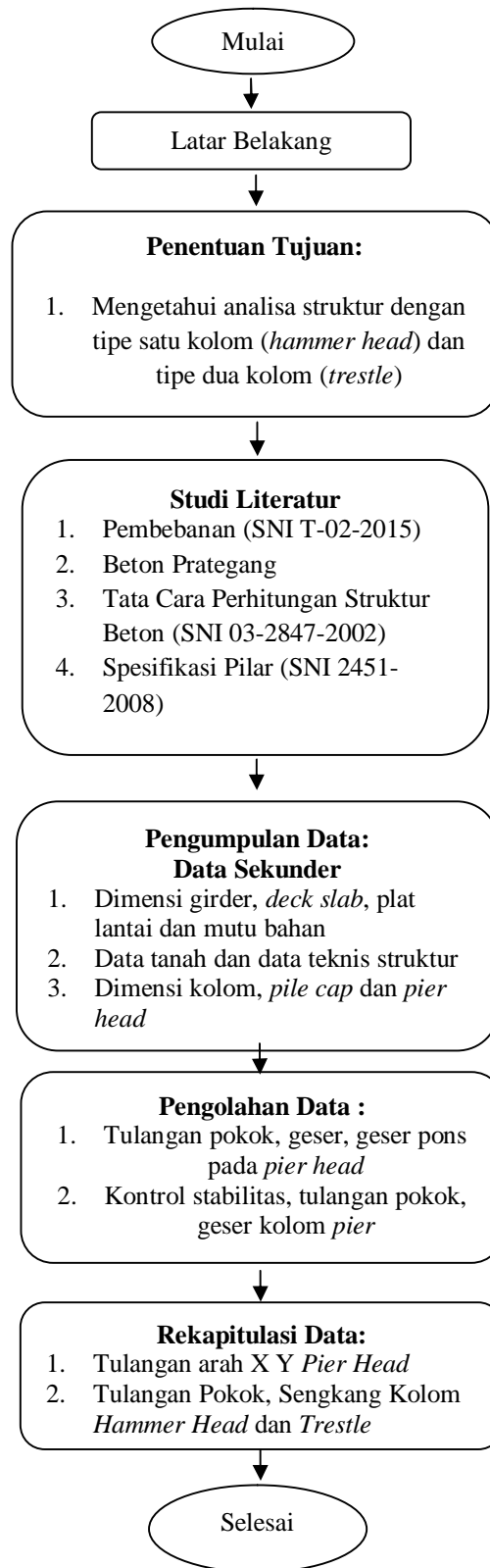
Kombinasi 2 : $1,3 P_{MS} + 2 P_{MA} + 1,8 P_{TD}$ atau
 $1,8 P_{TT} + 1,8 P_{TB} + T_{EW}$

Kombinasi 3 : $1,3 P_{MS} + 2 P_{MA} + P_{TD}$ atau
 $P_{TT} + P_{TB} + 1,2 T_{EW}$

Kombinasi 4 : $1,3 P_{MS} + 2 P_{MA} + P_{TD}$ atau
 $P_{TT} + T_{EQ}$

Kombinasi 5 : $1,3 P_{MS} + 2 P_{MA} + BE + S$

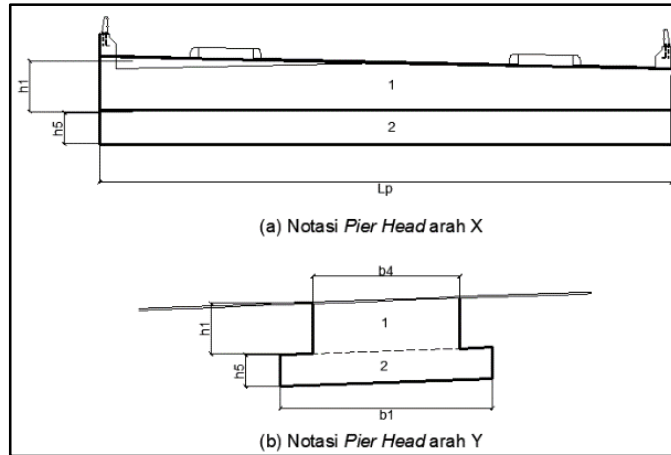
II. METODOLOGI



Gambar 4. Bagan alir penelitian

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian hendaknya dituliskan secara jelas dan padat. Diskusi hendaknya menguraikan arti pentingnya hasil penelitian, bukan mengulanginya. Hindari penggunaan sitasi dan diskusi yang berlebihan tentang literatur yang telah dipublikasikan. Detail *pier head* dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Detail *pier head*

Uraian dimensi *pier head* sebagai berikut:

$$h1 = 1,54 \text{ m} \quad h5 = 0,962 \text{ m}$$

$$b1 = 6,504 \text{ m}$$

$$Lp = 17,575 \text{ m}$$

$$b4 = 4,5 \text{ m}$$

Luas bidang horizontal :

$$A1 = b4 \times Lp$$

$$A2 = b1 \times Lp$$

Volume :

$$V1 = A1 \times h1$$

$$V2 = A2 \times h5$$

Ringkasan Momen statis *Pier Head* dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Momen statis *pier head*

No	Luas A (m ²)	Tinggi h (m)	Volum e (m ³)	Wc (kN/m ³)	Berat (kN)	Lengan thd Sisi bawah (m)	Momen Statik (kNm)
1	79,087	1,54	121	25	3044,86	$\frac{h5+h1}{2}$ 1,732	5273,71
2	114,30	0,9	109	25	2749,102	$\frac{h5}{2}$ 0,481	1322,32
Berat balok pier,				Wbp =	5793,97 kN	Mbp =	6596,031

$$\text{Letak titik berat terhadap sisi bawah, } y_{bp} = \frac{M_{bp}}{W_{bp}} = 1,13 \text{ m}$$

$$\text{Letak titik berat terhadap dasar fondasi, } z_{bp} = y_{bp} + L_c + h_t = 21,1 \text{ m}$$

Analisi Pembebanan

Dengan perhitungan sebelumnya didapatkan hasil analisis pembebanan sebelumnya

Tabel 3. Kombinasi beban ultimit

Kombinasi 2				
No	Jenis beban	Kode	Mu (kNm)	Vu (kN)
1	Berat Sendiri	MS	38957	27648
2	Berat mati tamb	MA	3763	2671
3	Berat lajur "D"	TD	17958	12745
4	Beban pedes	TP	625.2	443.8
5	Beban angin	EW	367.6	260.9
6	Beban gempa	EQ	-	-
			61670	43768

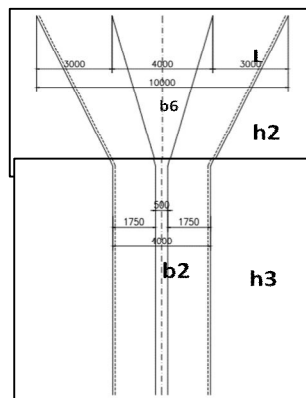
Pembesian *Pier Head*

Dengan perhitungan yang sama seperti sebelumnya didapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel 4. Hasil perhitungan penulangan *pier head*

Daerah	Jenis Tulangan	Tulangan Arah X	Tulangan Arah Y
	Tulangan Positif	235 D 25	235 D 25
Pier Head	Tulangan Negatif	50 D 25	110 D 25
	Tulangan Geser (Sengkang)	20 – D – 18 – 150 mm	

Kolom *pier hammer head*



Gambar 6. Dimensi tegak lurus kolom *pier*

Detail dimensi kolom dan luas penampang kolom *pier* dapat dilihat pada Gambar 6.

Dimensi kolom *pier*:

- b6 = 10 m
- b2 = 4 m
- b2' = 2,3 m
- r = 0,2 m
- Lc = 10,455 m
- h2 = 7,5 m
- h3 = 10,455 m

Luas penampang kolom *pier*

$$A_{kp1} = ((b6+b2)/2) \times h2 = 52,5 \text{ m}^2$$

$$A_{kp2} = b2 \times b2' = 9,2 \text{ m}^2$$

$$\text{Total} = 19,1225 \text{ m}^2$$

Lebar ekuivalen kolom *pier*

$$Be1 = \sqrt{A_{kp1}} = 3,15 \text{ m Crown}$$

$$Be2 = \sqrt{A_{kp2}} = 3,033 \text{ m Square}$$

Hasil kombinasi beban dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Kombinasi Beban Ultimit

No.	Kondisi Beban	Pu (kN)	Mux (kNm)
1	Kombinasi 1	32542,084	4401,414
2	Kombinasi 2	32542,084	12141,414
3	Kombinasi 3	32502,311	18060,714
4	Kombinasi 4	32502,311	25800,714
5	Kombinasi 5	25947,776	62265,103
6	Kombinasi 6	25947,776	7708,46

Kontrol Stabilitas *Pier Hammer Head*

Pengaruh berat struktur

$$\text{Berat sendiri struktur atas, } P_{MS} = 10633,98 \text{ kN}$$

$$\text{Berat mati tambahan, } P_{MA} = 741,83 \text{ kN}$$

$$\text{Berat balok } pier, \text{ } W_h = 5793,97 \text{ kN}$$

$$\text{Berat kolom } pier, \text{ } W_c = 5409,35 \text{ kN}$$

Berat total struktur atas

$$W_a = P_{MS} + P_{MA} = 11375,808 \text{ kN}$$

Berat struktur bawah

$$W_b = W_h + \frac{1}{2} \times W_c = 8598,65 \text{ kN}$$

$$\text{Perbandingan berat : } W_b/W_a = 75\% > 20\%$$

Memerlukan analisis dinamik

Pengaruh P-Delta

Gaya aksial ultimit *Pier*
(Kombinasi 2) $P_u = 32542,08 \text{ kN}$

Momen ultimit *Pier*, $M_u = 4401,41 \text{ kNm}$

Inersia penampang kolom
 $I_c = 1/12 \times h e^4 = 7,05$

Kuat tekan beton, $f_c' =$
MPa

Modulus elastis beton,

$$E_c = 4700 \times f_c' = 23452,96 \text{ MPa}$$

$$E_c = 23452952,9 \text{ kPa}$$

Panjang Kolom *Pier*, $L_c = 7,5 \text{ m}$

Lendutan, $\Delta = M_u \times L_c^2 / (2 \times E_c \times I_c) = 0,0007 \text{ m}$

Momen akibat pengaruh P-Delta

$$M_d = P_u \times \Delta = 24,35 \text{ kNm}$$

$$5\% \times M_u = 220,352 \text{ kNm}$$

$M_d < 5\% \times M_u$ OK! maka efek P-Delta dapat diabaikan

No.	Kombinasi Beban Ultimit	P_u (kN)	M_u (kNm)	α	β
1	Kombinasi - 1	32542	4401	0.14	0.01

pier,
24,9 m^4

Tabel 6. Kontrol efek P-Delta

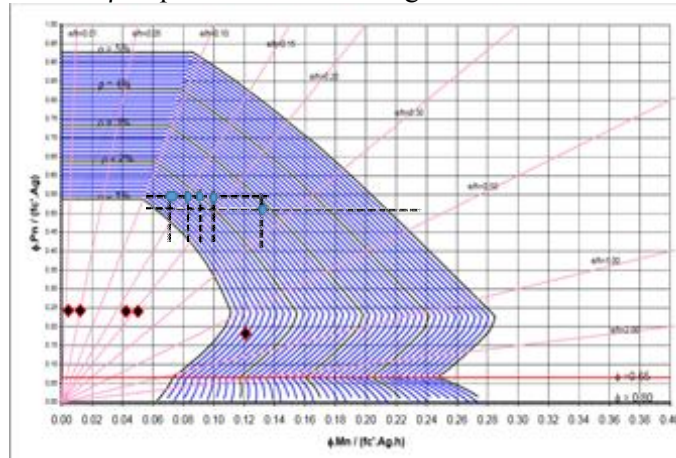
Pengaruh *Buckling*

Kondisi Beban	P_u (kN)	M_{ux} (kNm)	Δ (m)	M_d (kNm)	5% * M_{ux} (kNm)	Keterangan
Komb-1	32542	4401	0	40.7	220	$M_d < 5\% * M_{ux}$
Komb-2	32542	12141	0.01	301	607	$M_d < 5\% * M_{ux}$
Komb-3	32502	18061	0.01	300	903	$M_d < 5\% * M_{ux}$
Komb-4	32502	25801	0.01	238	1290	$M_d < 5\% * M_{ux}$
Komb-5	25948	62265	0.02	459	3113	$M_d < 5\% * M_{ux}$

Tabel 7. Hasil α dan β

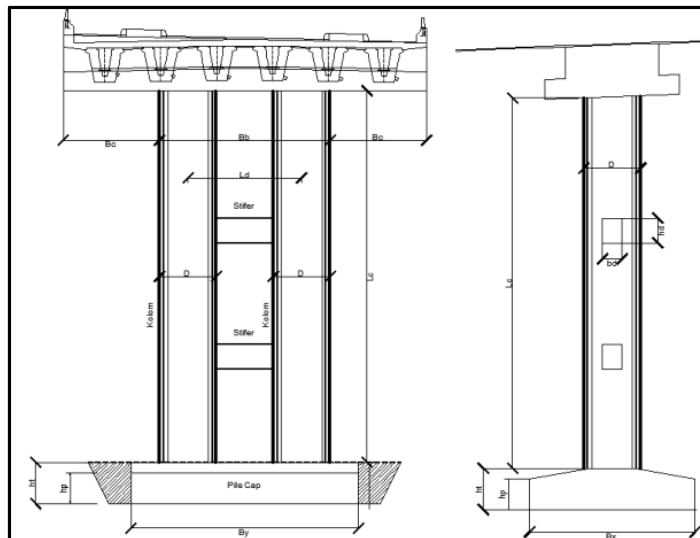
2	Kombinasi - 2	32542	12141	0.14	0.02
3	Kombinasi - 3	32502	18061	0.14	0.03
4	Kombinasi - 4	32502	25801	0.14	0.05
5	Kombinasi - 5	25948	62265	0.11	0.12

Lalu hasil nilai α dan β di plotkan ke dalam diagram interaksi kolom sebagai berikut:



Gambar 7. Diagram Interaksi Kolom *Pier*

Kolom *Pier* tipe *Trestle*



Gambar 8. Dimensi kolom *pier trestle*

Uraian Kolom *Pier* sebagai berikut:

$$Ld = 5,5 \text{ m}$$

$$Bc = 4,65 \text{ m}$$

$D = 2,75 \text{ m}$
 $L_c = 17,955 \text{ m}$
 $B_b = 8,25 \text{ m}$
 $h_d = 1,2 \text{ m}$
 $b_d = 0,962 \text{ m}$

Hasil kombinasi dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Kombinasi beban ultimit kolom

No	Kombinasi Beban	P (kN)	Mx (kNm)
1	Kombinasi 1	36460	4401
2	Kombinasi 2	36460	12141
3	Kombinasi 3	36420	18061
4	Kombinasi 4	36420	25801
5	Kombinasi 5	29866	62265
6	Kombinasi 6	29866	7708

Kontrol Stabilitas *Pier Trestle*

a) Pengaruh Berat

Berat sendiri struktur atas,

$$P_{MS} = 10633,98 \text{ kN}$$

Berat mati tambahan,

$$P_{MA} = 741,83 \text{ kN}$$

Berat balok *pier*

$$W_h = 5793,97 \text{ kN}$$

Berat kolom *pier*

$$W_c = 5409,35 \text{ kN}$$

Berat total struktur atas

$$W_a = P_{MS} + P_{MA} = 11375,808 \text{ kN}$$

Berat struktur bawah

$$W_b = W_h + \frac{1}{2} \times W_c = 8598,65 \text{ kN}$$

Struktur

b) Pengaruh P-Delta

Gaya aksial ultimit *Pier* (Kombinasi 1)

$$P_u = 32542,08 \text{ kN}$$

Momen ultimit *Pier*

$$M_u = 4401,41 \text{ kN}$$

Inersia penampang kolom *pier*,

$$I_c = \frac{1}{64} \times D^4 = 5,611 \text{ m}^4$$

Kuat tekan beton, $f_c' = 24,9 \text{ MPa}$

Modulus elastis beton,

$$E_c = 4700 \times f_c' = 23452,96 \text{ MPa}$$

$$E_c = 23452952,9 \text{ kPa}$$

Panjang Kolom *Pier*, $L_c = 17,955 \text{ m}$

Lendutan,

$$\Delta = \frac{M_u \times L_c^2}{2 \times E_c \times I_c} = 0,0054 \text{ m}$$

Momen akibat pengaruh P-Delta

$$M_d = P_u \times \Delta = 175,41 \text{ kNm}$$

$$5\% \times M_u = 220,352 \text{ kNm}$$

$M_d < 5\% \times M_u$ OK! maka efek P-Delta dapat diabaikan

c) Pengaruh *Buckling*

Dikarenakan menggunakan *stiffer* (pengaku kolom) maka panjang kolom dibagi menjadi 3 karena menggunakan 2 *stiffer*.

$$\text{Panjang kolom } pier \quad L_c = 5,985 \text{ m}$$

Inersia penampang kolom pier,

$$I_c = \pi/64 \times D^4 = 2,805 \text{ m}^4$$

Luas tampang kolom pier,

$$A = \pi/4 \times D^2 = 5,93 \text{ m}^2$$

Jari-jari inersia penampang kolom pier

$$r = \sqrt{\left[\frac{I_c}{A}\right]} = 0,687 \text{ m}$$

Faktor panjang tekuk (jepit bebas)

$$K = 2$$

Angka kelangsingan

$$K \times L_c / r = 17,4109 < 22$$

Pengaruh *buckling* dapat diabaikan

Pembesian Kolom Pier Trestle

$$\phi \cdot P_n = P_u,$$

$$\alpha = \phi \cdot P_n / (f_c' \cdot A_g) = P_u / (f_c' \times 10^3 \times A_g)$$

$$\phi \cdot M_n = M_u,$$

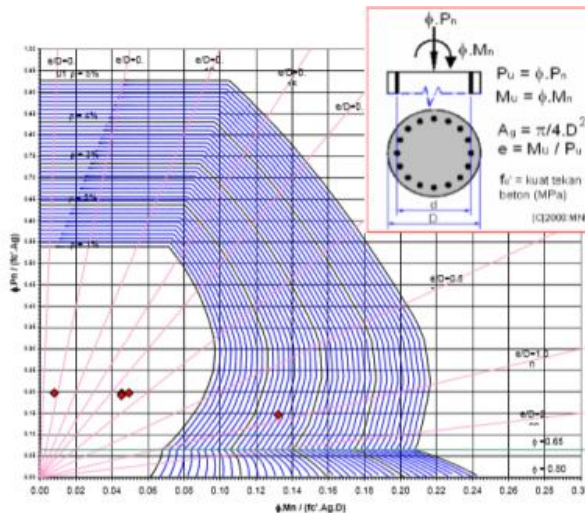
$$\beta = \phi \cdot M_n / (f_c' \cdot A_g \cdot h) = M_u / (f_c' \times 10^3 \times A_g \times D)$$

Hasil nilai α dan β akibat kombinasi ultimit dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Rekapitulasi nilai α dan β

No.	Kombinasi	P_u	M_u	α	β
1	Kombinasi 1	32542	2528,11	0,2201	0,00622
2	Kombinasi 2	32542	6973,88	0,2201	0,01716
3	Kombinasi 3	32502	10373,85	0,2199	0,02552
4	Kombinasi 4	32502	14819,62	0,2199	0,03646
5	Kombinasi 5	25948	35898,09	0,1755	0,08831

Lalu hasil nilai α dan β di plotkan ke dalam diagram interaksi kolom sebagai berikut:



Plot nilai $\phi \cdot P_n / (f_c' \cdot A_g)$ dan $\phi \cdot M_n / (f_c' \cdot A_g \cdot h)$ ke dalam diagram interaksi

Gambar 9. Diagram Interaksi Kolom *Trestle*

Rasio tulangan yang diperlukan, $\rho = 1,30\%$

Luas tulangan yang diperlukan,

$$A_s = \rho \times A_g \times 10^6 = 77175,3125 \text{ mm}^2$$

Diameter tulangan yang digunakan, $D = 32 \text{ mm}$

Jumlah tulangan yang diperlukan, $n = A_s / (\pi/4 \times D^2) = 96,01 \text{ buah}$

Digunakan tulangan, 100 D32

Luas tulangan, $A_s = n \times \pi/4 \times D^2 = 80384 \text{ mm}^2$ (memenuhi)

Rasio tulangan, $\rho = A_s / A_g = 1,35\%$

Maka digunakan tulangan 100 D 32

Dengan dua Kolom maka 200 D 32

Dengan menggunakan perhitungan sengkang yang sama seperti sebelumnya didapatkan hasil:

Digunakan tulangan geser 3 D 16 – 200

IV. KESIMPULAN

Dari dua jenis kolom disimpulkan bahwa kolom *pier hammer head* lebih efektif dan efisien dibandingkan kolom *pier trestle* dengan kebutuhan material (tulangan) yang lebih sedikit dengan menggunakan beton mutu K-300. Dimana *pier hammer head* dengan bentuk *square* dan terdapat *crown* di atasnya hanya memerlukan tulangan 165 D 32 dan sengkang 8 D 16-150 serta sengkang dapat diasumsikan hanya menggunakan tulangan penggantung dibandingkan *pier trestle* dengan penampang lingkaran dengan ditambah pengaku kolom (*stiffer*) digunakan tulangan 200 D 32 untuk dua kolom dan sengkang 3 D 16-200 dan juga kebutuhan tulangan *stiffer* 25 D 25 dan sengkang 2 D 18 -200 dimana kedua jenis ini telah melewati hasil kontrol pengaruh berat struktur, pengaruh P-delta $M < 5\%$ Mux, pengaruh *buckling* dengan hasil dibawah $K < 22$.

REFERENSI

- [1] Badan Standarisasi Nasional. *Standar Pembebanan Untuk Jembatan* (SNI T-02-2005)
- [2] Manu, Agus Iqbal. 1995. *Dasar-dasar Perencanaan Jembatan Beton Bertulang*. Jakarta: PT. Mediatama Sapta Karya
- [3] Nawy, Edward. 2010. *Beton Bertulang – Suatu Pendekatan Dasar*. Bandung : PT. Refika Aditama.
- [4] Nawy, Edward. 2001. *Beton Prategang Suatu Pendekatan Mendasar*. Jakarta : Erlangga
- [5] Purwono, R.; Tawio; Imran, I; Raka, I G P. 2009. *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung* (SNI 03-2847-2002) Dilengkapi Penjelasan (S-2002). Surabaya : Its Press
- [6] Supriyadi, Bambang dan Agus Setyo Muntohar. 2007. *Jembatan*. Yogyakarta : Beta Offset
- [7] Sutheno, Winness. 2013. *Tinjauan Pelaksanaan dan Perhitungan Pilar pada Proyek Duplikasi Jembatan Air Musi II Palembang*