

ANALISIS PERBANDINGAN EFEKTIFITAS PILAR JEMBATAN JALAN TOL PERSEGI PANJANG DENGAN LINGKARAN DITINJAU DARI EFEK KELANGSINGAN, PERBESARAN MOMEN, DAN KAPASITAS GESER BETON

*Raka Danuaji Sayhdani¹, Nurti Kusuma Anggraini¹

¹Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang, Kota Semarang, Indonesia

*)Penulis korespondensi: Raka Danuaji Sayhdani (raka11danuaji@students.unnes.ac.id)

Received: 06 Mei 2026 Revised: 29 Juni 2026 Accepted: 29 Juni 2026

Abstract— Bridge piers are crucial structural elements that support significant axial loads from the superstructure; therefore, the selection of the cross-sectional shape directly impacts their structural effectiveness. This study aims to analyze and compare the structural effectiveness of toll road bridge piers with rectangular and circular cross-sections, specifically evaluating the slenderness effects, moment magnification, and shear capacity in accordance with SNI 2833:2016 and SNI 1725:2016. The analysis was conducted using CSI Bridge software through a case study approach, where both pier cross-sections were comparatively modeled with an approximately equivalent gross area of 5 m² for the rectangular section and 4,9 m² for the circular section. The analytical results indicate that the circular cross-section exhibits a more stable performance across all three evaluated aspects compared to the rectangular cross-section, which possesses a weak axis along its shorter dimension. The circular section yields a uniform slenderness ratio of 30,24 in both longitudinal and transverse directions, whereas the rectangular section presents values of 25,20 and 31,50 in the longitudinal and transverse directions, respectively. Furthermore, the circular section generates a constant moment magnification factor (δb) in both orthogonal directions, resulting in more controlled secondary moments induced by the P-Delta effect. The circular section also provides a higher shear capacity (V_c) of 4191,49 kN due to a more uniform shear stress distribution and the superior confinement effect of the spiral reinforcement, outperforming the rectangular section which has a shear capacity of 3273,19 kN. Consequently, the circular cross-section demonstrates a more predictable and reliable structural behavior in responding to random multi-directional bridge loads.

Keywords — Bridge pier, circular pier, slenderness effect, moment magnification, shear capacity.

Abstrak— Pilar jembatan adalah elemen struktur penting yang memikul beban aksial besar dari struktur atas, sehingga pemilihan bentuk penampang pilar berdampak langsung terhadap efektivitas strukturalnya. Dalam penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan membandingkan efektivitas pilar jembatan jalan tol berpenampang persegi panjang dengan pilar berpenampang lingkaran ditinjau dari efek kelangsingan, perbesaran momen, dan kapasitas geser mengacu pada SNI 2833:2016 dan SNI 1725:2016. Analisis dalam penelitian ini dilakukan menggunakan perangkat lunak CSI Bridge menggunakan pendekatan studi kasus, dimana kedua kondisi penampang pilar dimodelkan secara komparatif dengan luas penampang yang hampir sama untuk persegi panjang 5 m² dan untuk lingkaran 4,9 m². Hasil dari analisis menunjukkan bahwa penampang lingkaran memberikan kinerja lebih stabil pada ketiga aspek tinjauan dibandingkan dengan penampang persegi panjang yang memiliki sumbu lemah pada dimensi yang kecil. Penampang lingkaran menghasilkan rasio kelangsingan 30,24 baik arah longitudinal dan transversalnya, sedangkan penampang persegi panjang memiliki nilai 25,20 pada arah longitudinal dan 31,50 arah transversal. Pada aspek perbesaran momen, penampang lingkaran menghasilkan faktor perbesaran momen (δb) yang sama dari arah longitudinal dan transversal sehingga momen sekunder akibat efek P- δ lebih terkendali. Penampang lingkaran juga menghasilkan kapasitas geser beton (V_c) yang lebih besar dengan nilai 4191,49 kN akibat distribusi tegangan geser yang lebih merata, dibandingkan dengan penampang persegi panjang yang memiliki nilai kapasitas geser beton sebesar 3273,19 kN. Dengan demikian, penampang lingkaran lebih dapat diprediksi dan lebih aman dalam merespon gaya dari jembatan yang arahnya acak.

Kata kunci — Pilar jembatan, pilar lingkaran, efek kelangsingan, perbesaran momen, kapasitas geser.

1. PENDAHULUAN

Dalam konstruksi jembatan jalan tol di Indonesia, bentuk penampang pilar yang paling banyak digunakan adalah penampang persegi, persegi panjang, dan lingkaran. Dalam memilih bentuk pilar biasanya didasarkan oleh beberapa pertimbangan, seperti arsitektur, kemudahan dalam proses konstruksi, dan ketersediaan material. Pilar penampang lingkaran umumnya digunakan pada pilar jembatan karena tampilannya yang lebih estetik dan dinamis (Yuniva et al., 2022). Bentuk penampang lingkaran sering dipilih karena memiliki distribusi tegangan yang lebih merata, serta lebih efisien dalam menahan gaya dari berbagai arah dibandingkan dengan pilar penampang persegi panjang (Yuono, 2025). Pilar tersebut menerima kombinasi beban berupa beban aksial tekan dan aksial lentur serta gaya geser dan gaya lateral lainnya (Abu Dabous et al., 2024). Beberapa penelitian terdahulu telah mengkaji perbandingan kinerja kolom persegi panjang dan lingkaran. Di karena kolom merupakan komponen yang menerima gaya aksial, tekan, dan momen, menjadikan kolom adalah yang sangat penting dalam komponen struktur.

Dalam penelitian terdahulu menunjukkan pada kondisi beban siklik terkontrol lentur, kolom persegi dan lingkaran dengan luas penampang yang sama memiliki perbedaan perilaku cukup signifikan (Ahmed et al., 2021). Namun kebanyakan penelitian tersebut dilakukan pada elemen kolom bangunan gedung seperti pada penelitian (Erwansyah et al., 2022) dan (Devany et al., 2025), menunjukkan kolom lingkaran memiliki kapasitas penampang lebih besar dibandingkan dengan kolom persegi. Dalam penelitian ini membandingkan kedua bentuk penampang pilar persegi panjang dan lingkaran ditinjau dari efek kelangsingan, perbesaran momen, dan kapasitas geser penampang dengan pembebanan dan desain sesuai standar jembatan SNI 1725:2016, SNI 2833:2016, dan RSNI T-12-2004. Penelitian ini juga menggunakan pedoman perancangan pilar langsing betonn bertulang untuk jembatan dalam analisis pilar langsing. Proses analisis penelitian ini dibantu dengan program CSI Bridge dan SPColumn. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan gambaran kuantitatif mengenai performa struktur dari kedua bentuk penampang pilar.

Dikarenakan luasnya permasalahan, maka perlu pembatasan masalah dalam penelitian ini, yaitu sebagai berikut.

1. Analisis ini hanya membandingkan pilar jalan tol penampang persegi panjang dengan lingkaran.
2. Hanya meninjau efek kelangsingan, perbesaran momen, dan kapasitas geser penampang beton.
3. Analisis hanya dilakukan dengan bantuan program CSI Bridge, SP Column, dan Microsoft Excel.
4. Perencanaan berdasarkan SNI 1725:2016, SNI 2833:2016, dan RSNI T-12-2004.

2. METODE

Runtutan metode dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Pengumpulan data material dan standar desain.
2. Perhitungan manual rancangan pilar jembatan yang mengacu pada SNI 1725:2016, SNI 2833:2016, SE Mentri PUPR No.53/SE/M/2015 dan data *design engineering drawing* (DED) menggunakan Microsoft Excel.
3. Pemodelan struktur jembatan dengan menggunakan software CSI Bridge.
4. Menganalisis struktur untuk mendapatkan data output gaya dalam akibat beban struktur jembatan.
5. Pengolahan data output dengan perhitunngan manual.
6. Analisis diagram interaksi kolom menggunakan software SP Column.
7. Mendiskripsikan kesimpulan dari keseluruhan analisis.

2.1 Prosedur Analisis

- a. Runtutan perhitungan
 - Perhitungan rasio kelangsingan dengan rumus $\lambda = k.Lu/r$.
 - Pengecekan apakah termasuk pilar langsing atau tidak.
 - Menghitung nilai beban tekuk euler (P_e).
 - Menghitung faktor perbesaran momen (δ_b).
 - Menghitung Perbesaran momen akhir $M_c = \delta_b \times M$.
 - Plot perbesaran momen akhir kedalam diagram interaksi.
 - Menghitung nilai geser beton (V_c).
- b. Asumsi yang digunakan
 - Nilai C_m adalah 1.
 - Nilai β_d adalah 0.
 - Tulangan kolom diabaikan dalam perhitungan EI.
 - Faktor ϕ_k sama dengan 0,75.

- Nilai β sama dengan 2 untuk perhitungan geser.
- Nilai factor Panjang efektif ($k = 2,1$).
- Nilai V_s diabaikan (dianggap = 0) dalam pengecekan geser awal.
- c. Parameter pemodelan
 - Kondisi tumpuan pilar pada CSI Bridge menggunakan jepit-sendi.
 - Interaksi tanah dan pondasi tidak dimodelkan atau diabaikan.

2.2 Data Konstruksi Jembatan

Penelitian ini menggunakan konstruksi jembatan jalan tol dengan memodelkan pilar paling tinggi dan yang menopang span terpanjang, yaitu pada pilar P7 dan P8. Permodelan struktur dilakukan dengan menggunakan software CSI Bridge. Untuk konstruksi atas menggunakan gabungan antara beton bertulang dan beton pracetak PCU Girder. Data yang diperoleh berupa jenis, bentuk, dan dimensi untuk seluruh komponen jembatan. Berikut ini data umum dari jembatan yang dimodelkan sebagai berikut:

- | | |
|----------------------------------|--------------------------------|
| a. Panjang span | : 31,18 meter |
| b. Lebar jembatan | : 8,9 meter |
| c. Tebal pelat | : 0,25 meter |
| d. Gelagar utama | : PCU Girder tinggi 2,85 meter |
| e. Tinggi pilar | : 9 meter |
| f. Lebar pilar persegi panjang | : 2 meter |
| g. Panjang pilar persegi panjang | : 2,5 meter |
| h. Diameter pilar lingkaran | : 2,5 meter |
| i. Kelas site | : SE (tanah lunak) |

Berikut ini merupakan data dari mutu untuk material yang digunakan sebagai berikut:

- | | |
|--|--------------|
| 1. PCU Girder | : 50 MPa |
| 2. Beton Pierhead | : 30 MPa |
| 3. Beton pelat lantai | : 30 MPa |
| 4. Beton Pier | : 30 MPa |
| 5. Diafragma | : 30 MPa |
| 6. Modulus elastisitas tulangan | : 200000 MPa |
| 7. Modulus elastisitas beton f'_c 25 Mpa | : 25472 MPa |
| 8. Modulus elastisitas beton PCU Girder | : 33851 Mpa |
| 9. BJTS 420 B | |
| - Tegangan leleh tulangan (f_y) | : 420 Mpa |
| - Tegangan ultimit (f_u) | : 525 MPa |

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Beban Pada Pilar

- a. Berat Sendiri (MS)

Tabel 1. Berat Sendiri Struktur

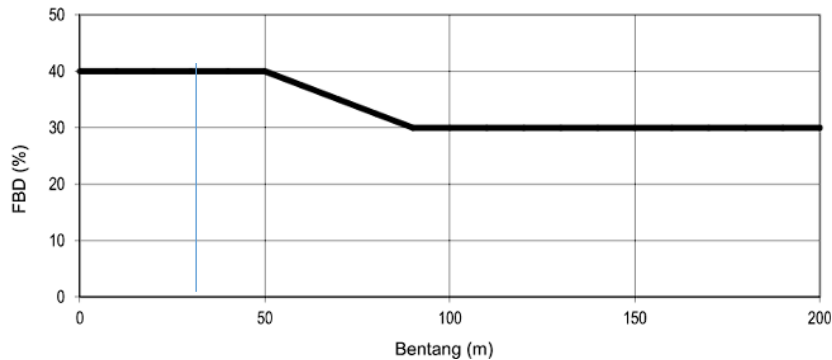
Struktur	Jumlah	Berat total (kN)
Girder	3	1352,97
Steel deck (tengah)	3	10,41
Steel deck (tepi)	2	10,54
Deck slab	1	2459,48
Diafragma (tengah)	15	75
Diafragma (tepi)	4	99
Barrier (W=500)	1	326,43
Barrier (W=400)	1	211,89
Pier head	1	1757,75

b. Beban Mati Tambahan (MA)

Terdapat dua beban mati tambahan dalam desain jembatan ini, yaitu beban aspal dengan besaran beban 671,97 kN/m³ dan beban air limpasan sebesar 149,66. Maka total beban mati tambahan dari beban aspal dan beban air limpasan adalah 821,63 kN.

c. Beban Hidup (TD)

Beban hidup uniformly distributed load pada girder dengan bentang 31,81 dihitung menggunakan rumus $q = 9,0(0,5+15/L)$, maka nilai q nya adalah 8,04 kPa. Kemudian dari gambar dibawah ini didapatkan nilai faktor beban dinamis sebesar 40%.



Gambar 1. Nilai FBD

d. Gaya Rem (TB)

Gaya pengereman harus diambil sebagai yang terbesar dari 25% bobot poros truk desain atau 5% dari truk desain ditambah (BTR). Gaya pengereman harus ditempatkan disemua jalur desain yang dianggap mengalami beban sesuai dengan pasal 8.2 SNI 1725:2016 dan bergerak ke arah yang sama.

e. Gaya Angin (EW)

Tabel 2. Nilai V_0 dan Z_0

Kondisi	Lahan Terbuka	Sub Urban	Kota
V_0 (km/jam)	13,2	17,6	19,3
Z_0 (mm)	70	1000	2500

Berdasarkan gambar nilai V_0 dan Z_0 diatas untuk berbagai variasi kondisi permukaan, dapat ditentukan kecepatan gesekan angin adalah 13,2 km/jam, kecepatan angin elevasi 10000 mm adalah 100 km/jam, dan dengan kecepatan angin rencana sebesar 100 km/jam

f. Beban Gempa (EQ)

Lokasi pembangunan jalan tol ini terletak pada kondisi tanah lunak dengan wilayah gempa 3. Berdasarkan peta gempa SNI 2833:2016, didapatkan nilai koefisien beban gempa PGA sebesar 0,284 g, nilai SS sebesar 0,592 g, dan nilai S_1 sebesar 0,213 g.

g. Kombinasi Pembebanan

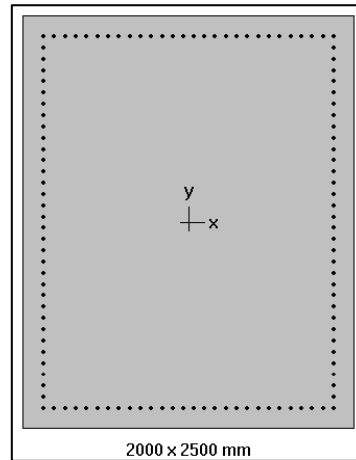
Dalam menganalisis gaya dalam pada pilar, kombinasi pembebanan yang digunakan sesuai dengan ketentuan pada SNI 1725:2016 seperti pada Gambar 2.

Keadaan Batas	MS MA TA PR PL SH	TD TB TR TP	EU	EW _s	EW _L	BF	EU _s	TG	ES	Gunakan salah satu		
										EQ	TC	TV
Kuat I	γ_F	1,8	1,00	-	-	1,00	0,50/1,20	γ_{TB}	γ_{ES}	-	-	-
Kuat II	γ_F	1,4	1,00	-	-	1,00	0,50/1,20	γ_{TB}	γ_{ES}	-	-	-
Kuat III	γ_F	-	1,00	1,40	-	1,00	0,50/1,20	γ_{TB}	γ_{ES}	-	-	-
Kuat IV	γ_F	-	1,00	-	-	1,00	0,50/1,20	-	-	-	-	-
Kuat V	γ_F	-	1,00	0,40	1,00	1,00	0,50/1,20	γ_{TB}	γ_{ES}	-	-	-
Ekstrem I	γ_F	γ_{TB}	1,00	-	-	1,00	-	-	-	1,00	-	-
Ekstrem II	γ_F	0,50	1,00	-	-	1,00	-	-	-	-	1,00	1,00
Daya I	1,00	1,00	1,00	0,30	1,00	1,00	1,00/1,20	γ_{TB}	γ_{ES}	-	-	-
Daya II	1,00	1,30	1,00	-	-	1,00	1,00/1,20	-	-	-	-	-
Daya III	1,00	0,80	1,00	-	-	1,00	1,00/1,20	γ_{TB}	γ_{ES}	-	-	-
Daya IV	1,00	-	1,00	0,70	-	1,00	1,00/1,20	-	1,00	-	-	-
Fatig (TD dan TR)	-	0,75	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Gambar 2. Kombinasi pembebanan

3.2 Analisis Struktur Pilar

3.2.1 Penampang Persegi Panjang



Gambar 3. Penampang pilar persegi panjang

a. Detail Pilar

Tabel 3. Detail pilar persegi panjang

Pilar	Lebar (mm)	Tinggi (mm)	Tebal selimut (mm)	Diameter tulangan (mm)	Jumlah tulangan
P7	2000	2500	100	29	120
P8	2000	2500	100	29	120

b. Output Beban

Beban terfaktor maksimum dan beban kombinasi.

Tabel 4. Output Gaya Dalam V_u

Pilar	V_u longitudinal (kNm)	V_u transversal (kNm)
P7	2201,48	2172,69
P8	2692,09	2199,16

Akibat beban gempa arah X (EQX)

Tabel 5. Output Gaya Dalam Momen Akibat Gempa Arah X

Pilar	M EQY longitudinal (kNm)	M EQY transversal (kNm)	Pu EQY (kNm)
P7	9189,95	23931,19	10832,17
P8	12436,14	23175,66	11122,58

Akibat beban gempa arah Y (EQY)

Tabel 6. Output Gaya Dalam Momen Akibat Gempa Arah Y

Pilar	M EQY longitudinal (kNm)	M EQY transversal (kNm)	Pu EQY (kNm)
P7	17984,06	12755,86	10788,75
P8	21792,63	11772,87	11083,36

c. Pengaruh Efek Kelangsingan

Dalam analisis efek kelangsingan pilar digunakan rumus seperti dibawah ini, dimana r adalah radius girasi dan nilai k sebesar 2,1.

$$\lambda = k.l / r \quad (1)$$

Tabel 7. Hasil Efek Kelangsingan

Pilar	Arah longitudinal (λ_x)	Arah transversal (λ_y)
P7	25,2	31,5
P8	25,2	31,5

d. Faktor Perbesaran Momen

Dalam perhitungan ini nilai C_m adalah 1 dan nilai ϕ_k adalah 0,75. Kemudian dikarenakan tidak ada efek beban pada momen balik arah memanjang dan arah melintang yang permanen, maka nilai β_d adalah 0. Dalam perhitungan EI, tulangan kolom diabaikan untuk menyederhanakan perhitungan.

$$\delta_b = \frac{cm}{1 - \frac{P_u EQ}{\phi K \cdot P_e}} \quad (2)$$

Dengan menggunakan perhitungan EI dan P_e dibawah ini.

$$EI = \frac{E_c I_x / 2,5}{1 + \beta_d} \quad (3)$$

$$P_e = \frac{\pi^2 EI_x}{(kx \cdot lu)^2} \quad (4)$$

Hasil dari perhitungan perbesaran momennya sebagai berikut:

Tabel 8. Nilai Faktor Perbesaran Momen Pilar Persegi Panjang

Pilar	Akibat beban arah longitudinal (EQX)		Akibat beban arah transversal (EQY)	
	Perbesaran longitudinal penampang (δ_{bx})	Perbesaran transversal penampang (δ_{by})	Perbesaran longitudinal penampang (δ_{bx})	Perbesaran transversal penampang (δ_{by})
P7	1,0313	1,0199	1,0312	1,0198
P8	1,0323	1,0204	1,0321	1,0203

e. Ketahanan Pilar Akibat Perbesaran

Dari hasil perhitungan perbesaran momen diatas, gaya desain akhir yang digunakan dihitung sebagai berikut:

$$M_u EQX = \sqrt{M_{cl} EQX^2 + M_{ct} EQX^2} \quad (5)$$

$$M_u EQY = \sqrt{M_{cl} EQY^2 + M_{ct} EQY^2} \quad (6)$$

Dengan perhitungan M_{cl} dan M_{ct} seperti dibawah ini.

$$M_{cl} EQ = \delta_{bx} \times M_{l} EQ \quad (7)$$

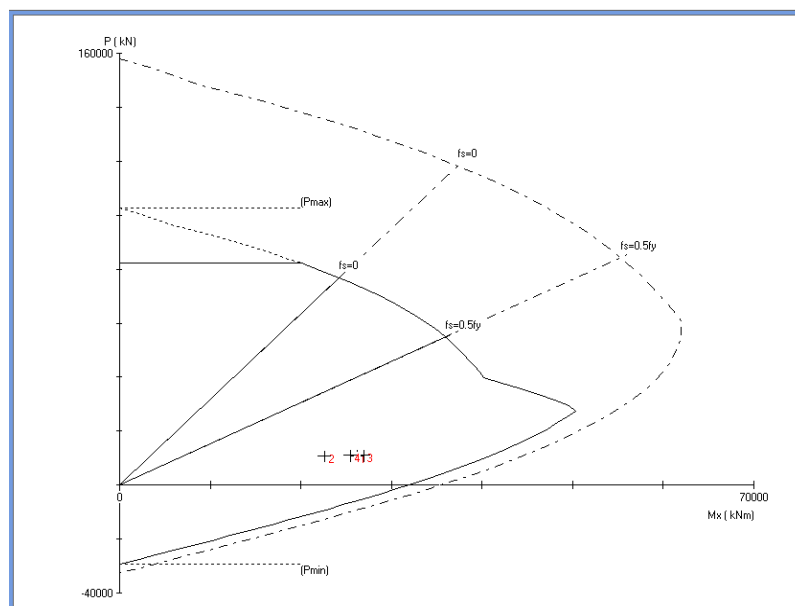
$$M_{ct} EQ = \delta_{by} \times M_{l} EQ \quad (8)$$

Hasil dari perbesaran momen pilar diatas adalah sebagai berikut:

Tabel 9. Hasil Perbesaran Momen Pilar Persegi Panjang

Pilar	$M_u EQX$	$M_u EQY$
P7	26182,46	22653,39
P8	26908,26	25499,66

Pengecekan ketahanan pilar menggunakan diagram interaksi kolom dibawah ini sesuai pada Gambar 4.



Gambar 4. Diagram Interaksi Kolom Persegi Panjang

Berdasarkan diagram interaksi diatas, beban terfaktor yang bekerja pada pilar masih berada dalam diagram interaksi. Hal ini menandakan pilar masih dapat menahan kombinasi beban yang bekerja.

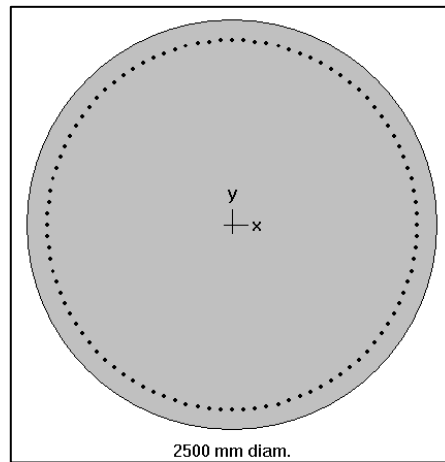
f. Nilai Tahanan Geser Beton

Perhitungan tahanan geser beton menggunakan rumus sebagai berikut:

$$V_c = 0,083 \times \beta \times \sqrt{f_c} \times b \times d \quad (9)$$

Hasil dari perhitungan nilai tahanan geser beton pilar penampang persegi panjang pilar P7 dan P8 memiliki nilai yang sama. Hal ini dikarenakan dimensi penampang yang juga sama, maka nilai V_c kedua pilar adalah 3273,19 kN.

3.2.2 Penampang Lingkaran



Gambar 5. Penampang pilar persegi lingkaran

a. Detail Pilar

Tabel 10. Detail Pilar Lingkaran

Pilar	Diameter (mm)	Tebal selimut (mm)	Diameter tulangan (mm)	Jumlah tulangan
P7	2500	100	29	100
P8	2500	100	29	100

b. Output Beban

Beban terfaktor maksimum dan beban kombinasi

Tabel 11. Output Gaya dalam V_u

Pilar	V_u longitudinal (kNm)	V_u transversal (kNm)
P7	2430,82	2103,38
P8	2577,85	2106,40

Akibat beban gempa arah X (EQX)

Tabel 12. Output Gaya dalam Momen Akibat Gempa Arah X

Pilar	M EQY longitudinal (kNm)	M EQY transversal (kNm)	Pu EQY (kNm)
P7	10688,76	22856,28	10539,63
P8	16013,67	22102,42	10806,72

Akibat beban gempa arah Y (EQY)

Tabel 13. Output Gaya dalam Momen Akibat Gempa Arah Y

Pilar	M EQY longitudinal (kNm)	M EQY transversal (kNm)	Pu EQY (kNm)
P7	20759,49	12010,28	10483,75
P8	28754,21	10575,66	10749,96

c. Pengaruh Efek Kelangsingan

Dalam analisis efek kelangsingan pilar digunakan rumus seperti dibawah ini, dimana r adalah radius girasi dan nilai k sebesar 2,1.

$$\lambda = k.l / r \quad (10)$$

Tabel 14. Hasil Efek Kelangsingan Pilar Lingkaran

Pilar	Arah longitudinal (λ_x)	Arah transversal (λ_y)
P7	30,24	30,24
P8	30,24	30,24

d. Faktor Perbesaran Momen

Dalam perhitungan ini nilai C_m adalah 1 dan nilai ϕ_k adalah 0,75. Kemudian dikarenakan tidak ada efek beban pada momen balik arah memanjang dan arah melintang yang permanen, maka nilai β_d adalah 0. Dalam perhitungan EI, tulangan kolom diabaikan untuk menyederhanakan perhitungan.

$$\delta_b = \frac{P_u EQ}{1 - \frac{P_u EQ}{\phi K P_e}} \quad (11)$$

Dengan menggunakan perhitungan EI dan P_e dibawah ini.

$$EI = \frac{E_c I_x / 2,5}{1 + \beta_d} \quad (12)$$

$$P_e = \frac{\pi^2 EI_x}{(k_x l_u)^2} \quad (13)$$

Hasil dari perhitungan perbesaran momennya sebagai berikut:

Tabel 15. Nilai Faktor Perbesaran Momen Pilar Lingkaran

Pilar	Akibat beban arah longitudinal (EQX)		Akibat beban arah transversal (EQY)	
	Perbesaran longitudinal penampang (δ_{bx})	Perbesaran transversal penampang (δ_{by})	Perbesaran longitudinal penampang (δ_{bx})	Perbesaran transversal penampang (δ_{by})
P7	1,0264	1,0264	1,0263	1,0263
P8	1,0271	1,0271	1,0269	1,0269

e. Ketahanan Pilar Akibat Perbesaran

Dari hasil perhitungan perbesaran momen diatas, gaya desain akhir yang digunakan dihitung sebagai berikut.

$$M_u EQX = \sqrt{M_{cl} EQX^2 + M_{ct} EQX^2} \quad (14)$$

$$M_u EQY = \sqrt{M_{cl} EQY^2 + M_{ct} EQY^2} \quad (15)$$

Dengan perhitungan M_{cl} dan M_{ct} seperti dibawah ini.

$$M_{cl} EQ = \delta_{bx} \times M_l EQ \quad (16)$$

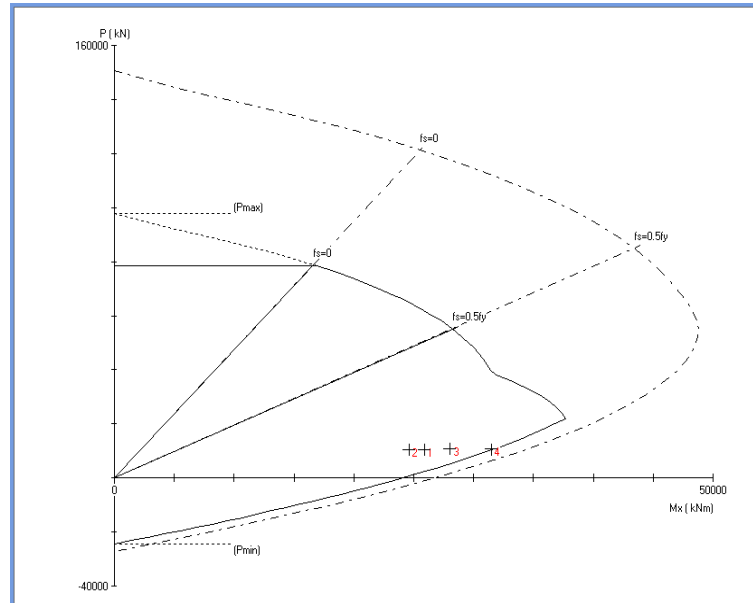
$$M_{ct} EQ = \delta_{by} \times M_l EQ \quad (17)$$

Hasil dari perbesaran momen pilar diatas adalah sebagai berikut.

Tabel 16. Hasil perbesaran momen pilar lingkaran

Pilar	$M_u EQX$	$M_u EQY$
P7	25898,43	24613,30
P8	28033,39	31463,03

Pengecekan ketahanan pilar menggunakan diagram interaksi kolom dibawah ini.



Gambar 6. Diagram Interaksi Kolom Lingkaran

Berdasarkan diagram interaksi diatas, beban terfaktor yang bekerja pada pilar masih berada dalam diagram interaksi. Hal ini menandakan pilar masih dapat menahan kombinasi beban yang bekerja.

f. Nilai Tahanan Geser Beton

Perhitungan tahanan geser beton menggunakan rumus sebagai berikut.

$$V_c = 0,083 \times \beta \times \sqrt{f_c} \times b \times d \quad (18)$$

Hasil dari perhitungan nilai tahanan geser beton pilar penampang persegi panjang pilar P7 dan P8 memiliki nilai yang sama. Hal ini dikarenakan dimensi penampang yang juga sama, maka nilai V_c kedua pilar adalah 4191,49 kN.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan perbandingan efektifitas penampang pilar jembatan jalan tol penampang persegi panjang dan penampang lingkaran yang ditinjau dari efek kelangsingan, perbesaran momen, dan tahanan geser beton dapat diambil Kesimpulan sebagai berikut:

- Rasio kelangsingan berbanding terbalik dengan radius girasi, di mana radius girasi menentukan kerentanan struktur terhadap bahaya tekuk. Pilar persegi panjang bersifat asimetris dengan rasio kelangsingan 25,20 pada arah longitudinal dan 31,50 pada arah transversal, sedangkan pilar lingkaran bersifat isotropik dengan rasio kelangsingan konstan 30,24 dari segala arah. Meskipun demikian, kedua pilar dengan ketinggian 9 meter tersebut memiliki rasio kelangsingan di atas 22, sehingga keduanya diklasifikasikan sebagai pilar langsing.
- Pilar persegi panjang memiliki faktor perbesaran momen (δb) yang berbeda antara arah longitudinal dan transversal. Dengan nilai faktor arah longitudinal P7 sebesar 1,031 dan arah transversal 1,019, kemudian pada P8 arah longitudinal 1,032 dan arah transversal sebesar 1,0201. Hal ini diakibatkan inersia penampang yang asimetris, sehingga rentan pada arah sumbu lemahnya. Sebaliknya, pilar lingkaran menghasilkan δb yang seragam dari kedua arah pada P7 dengan nilai 1,026 dan P8 dengan nilai 1,027. Karena sifat inersianya yang simetris, sehingga lebih konsisten dalam menahan perbesaran momen sekunder tanpa bergantung pada arah pembebanan.
- Meskipun luas penampang bruto pilar persegi panjang (5 m^2) lebih besar dibandingkan pilar lingkaran ($4,9 \text{ m}^2$). Pilar lingkaran menghasilkan tahanan geser beton yang lebih besar, yaitu 4191,49 kN berbanding 3273,19 kN pada pilar persegi panjang. Hal ini disebabkan oleh sifat isotropis penampang lingkaran yang tidak memiliki sumbu lemah, sehingga kapasitas gesernya konstan dan identik dari segala arah pembebanan, berbeda dengan penampang persegi panjang yang kapasitas gesernya dipengaruhi adanya dimensi penampang yang lebih kecil.

DAFTAR PUSTAKA

- Abu Dabous, S., AL Ayoub, M., Alsharqawi, M., & Hosny, F. (2024). An integrated model for selecting bridge structural systems using quality function deployment and analytical hierarchy process. *Journal of Infrastructure Intelligence and Resilience*, 3(2), 100096. <https://doi.org/10.1016/j.iintel.2024.100096>
- Ahmed, A., Mohammed, A. M. Y., & Maekawa, K. (2021). Performance Comparison of High Strength Reinforced Concrete Circular and Square Columns Subjected to Flexural Controlled Cyclic Loading. *KSCE Journal of Civil Engineering*, 25(5), 1755–1764. <https://doi.org/10.1007/s12205-021-0850-y>
- Badan Standardisasi Nasional Indonesia. (2016a). *Perencanaan Jembatan Terhadap Beban Gempa SNI 2833:2016*.
- Badan Standardisasi Nasional Indonesia. (2016b). *Standar pembebanan untuk jembatan SNI 1725:2016*.
- Devany, A., Rahmawati, I., Rusli Ahyar, M., & Antonius. (2025). *PERBANDINGAN NILAI TEGANGAN DAN DEFORMASI ANTARA PENAMPANG KOLOM PERSEGI, PERSEGI PANJANG, DAN LINGKARAN AKIBAT KOMBINASI BEBAN AKSIAL DAN BEBAN LATERAL*. 05(01), 448–452.
- Erwansyah, I., Tarigan, G., & Simbolon, R. H. T. (2022). Analisis Perbandingan Struktur Kolom Bulat Dan Kolom Persegi Terhadap Kekuatan Dan Biaya. *Buletin UtamaTeknik*, 17(10), 230–234. <https://doi.org/10.30743/but.v17i3.5364>
- Kementrian PUPR. (2015). *SE Menteri PUPR No. 53/SE/M/2016 tentang Pedoman Perancangan Pilar Langsing Beton Bertulang untuk Jembatan*.
- RSNI T-12-2004. (2004). *RSNI-T-12:2004 tentang Perencanaan Struktur Beton Untuk Jembatan*. In *Perencanaan Struktur Beton untuk Jembatan RSNI T-12-2004*.
- Yuniva, T., Sulistyorini, D., & Shulhan, M. A. (2022). PERBANDINGAN KAPASITAS KOLOM DENGAN VARIASI BENTUK PENAMPANG (Studi Kasus Struktur Kolom Rumah Susun di Yogyakarta). *Bangun Rekaprima*, 8(1), 102. <https://doi.org/10.32497/bangunrekaprima.v8i1.3554>
- Yuono, H. P. (2025). *Analisis Perencanaan Kolom Bulat Beton pada Proyek Vihara Prasadha Jinadhammo Medan*. 17(2), 51–54.