

## PERENCANAAN ULANG STRUKTUR ATAS JALUR KA ELAVATED YOGYAKARTA INTERNATIONAL AIRPORT MENGGUNAKAN CSI BRIDGE

**Rizal Ramadani<sup>1</sup>, Aulia Rahman<sup>2</sup>, Bobby Asukmajaya<sup>3</sup>.**

Mahasiswa Manajemen Rekayasa Konstruksi, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang<sup>1</sup>, Dosen Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang<sup>2</sup>, Dosen Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang<sup>3</sup>.

Email: [rizalramadan26@gmail.com](mailto:rizalramadan26@gmail.com)<sup>1</sup>, [aulia.rahman@polinema.ac.id](mailto:aulia.rahman@polinema.ac.id)<sup>2</sup>, [bobbyasukma@polinema.ac.id](mailto:bobbyasukma@polinema.ac.id)<sup>3</sup>.

### ABSTRAK

Struktur atas KA elevated Bandara Internasional Yogyakarta menggunakan gelagar PCI, panjang bentang 35 m terdapat 7 gelagar PCI dengan tinggi 2,1 m. Perlunya optimalisasi superstruktur jalur kereta api layang bandara internasional Yogyakarta agar as rel kereta tepat berada pada as PCI Girder yang menopangnya. Permasalahan dalam perencanaan ini adalah bagaimana merancang PCI Girder pada jembatan KA Elevated, menganalisis kehilangan gaya prategang yang terjadi pada Girder PCI, memodelkan struktur jembatan KA elevated menggunakan CSI Bridge 23, kontrol untuk setiap perhitungan hasil analisis CSI Bridge 23. Tujuan dalam perencanaan ini adalah, (1) mengetahui desain PCI Girder pada jalur KA elevated, (2) menganalisis pembebanan pada jalur KA Elevated (3) mengetahui langkah-langkah pemodelan jembatan di CSI Bridge (4) mengetahui desain elemen struktur balok prategang (5) mengetahui tegangan penampang dari analisis CSI Bridge (6) menghitung biaya material bangunan atas. Perencanaan ulang struktur atas jalur kereta api elevated bandara internasional Yogyakarta dapat dilakukan dengan mengacu pada gambar teknik yang ada, data gempa bumi, peraturan menteri No 60. Tahun 2012 tentang peraturan jalur teknis kereta api, "Standar Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Jembatan" SNI 2833-2019 and panduan teknis perencanaan jembatan tahun 2021. Pemodelan jembatan menggunakan CSI Bridge 23 dan analisis data menggunakan Microsoft Excel. Perencanaan struktur atas jalur KA elevated menggunakan gelagar PCI dengan tinggi 2,1 m dan 1,7 m; kehilangan gaya prategang pada PCI Girder 2,1 m adalah 23,29 % dan 1,7 m adalah 22,60%; dan analisis kehilangan gaya prategang menggunakan CSI Bridge pada PCI Girder 2,1 m adalah 23,79 % dan 1,7 m adalah 21,644%; analisa tegangan dari hasil analisis CSI Bridge H 2,1 m Jarak 17,5 m pada atas gelagar sebesar -2,949 MPa, pada bawah gelagar sebesar -0,796 MPa ; H 1,7 m Jarak 17,5 m pada atas gelagar sebesar -4,448 MPa, pada bawah gelagar sebesar -3,07 MPa; total biaya material adalah Rp2.685.847.214

**Kata kunci:** PCI girder, jembatan, prategang, CSI Bridge

### ABSTRACT

*Super structure of elevated railway Yogyakarta international airport using PCI girder, 35 m length of span there was 7 PCI girder with 2,1 m height. There is a need for optimization of the super structure of the Yogyakarta international airport elevated railway line so that the train axles are right on the pci girder axles that support them. The objective in this planing is, (1) to find out the PCI Girder design on the elevated railway line, (2) analyzing the loading on the elevated railway line (3) knowing the bridge modeling steps on the CSI Bridge (4) to find out the design of prestressed beam structural elements (5) to find out the cross-section stress from the analysis CSI Bridge (6) calculates the material cost of the superstructure. Redesign of the super structure of the Yogyakarta international airport elevated railway line can be carried out with reference to the existing engineering drawings, earth quake data, peraturan menteri No 60. Tahun 2012 tentang peraturan jalur teknis kereta api, "Standar Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Jembatan" SNI 2833-2019 and panduan teknis perencanaan jembatan tahun 2021. Bridge modelling using CSI Bridge 23 and data analysis using Microsoft Excel. The design of elevated railway is using PCI girder with 2,1 m height and 1,7 m; the loss prestress of PCI Girder 2,1 m is 23,29 % and 1,7 m is 22,60% and the loss prestress analysis using CSI Bridge of PCI Girder 2,1 m is 23,79 % and 1,7 m is 21,644%; stress analysis from the results of CSI Bridge analysis H 2.1 m Distance 17.5 m at the top of the girder is -2.949 MPa, below the girder is -0.796 MPa ; H 1.7 m Distance of 17.5 m at the top of the girder is -4.448 MPa, below the girder is -3.07 MPa; the total material cost is Rp2.685.847.214*

**Keywords:** PCI girder, bridge, prestress, CSI Bridge

**1. PENDAHULUAN**

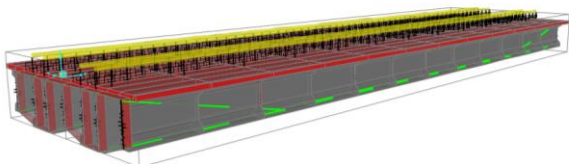
Seiring dengan semakin bertambah kompleksnya aktivitas pengguna transportasi umum, pembangunan jalur kereta api menuju Yogyakarta Internasional Airport direncanakan untuk mengakomodir kebutuhan mobilisasi masyarakat dengan transportasi masal yang aman dan nyaman serta saling terintegrasi satu sama lain, dalam hal ini antara transportasi darat dan udara. Dengan adanya pembangunan jalur kereta api ini diharapkan akses dari dan menuju Yogyakarta Internasional Airport dapat menjadi lebih mudah, cepat, dan efisien.

Proyek ini menggunakan segmental PCI Girder, yang membutuhkan teknologi tinggi milik Wijaya Karya Tbk. WIKA Beton Tbk. memastikan bahwa proyek akan selesai secara efektif pada program 'fast-track' dengan memasok precast segmental PCI Girder yang digunakan untuk span utama di struktur bagian atas.

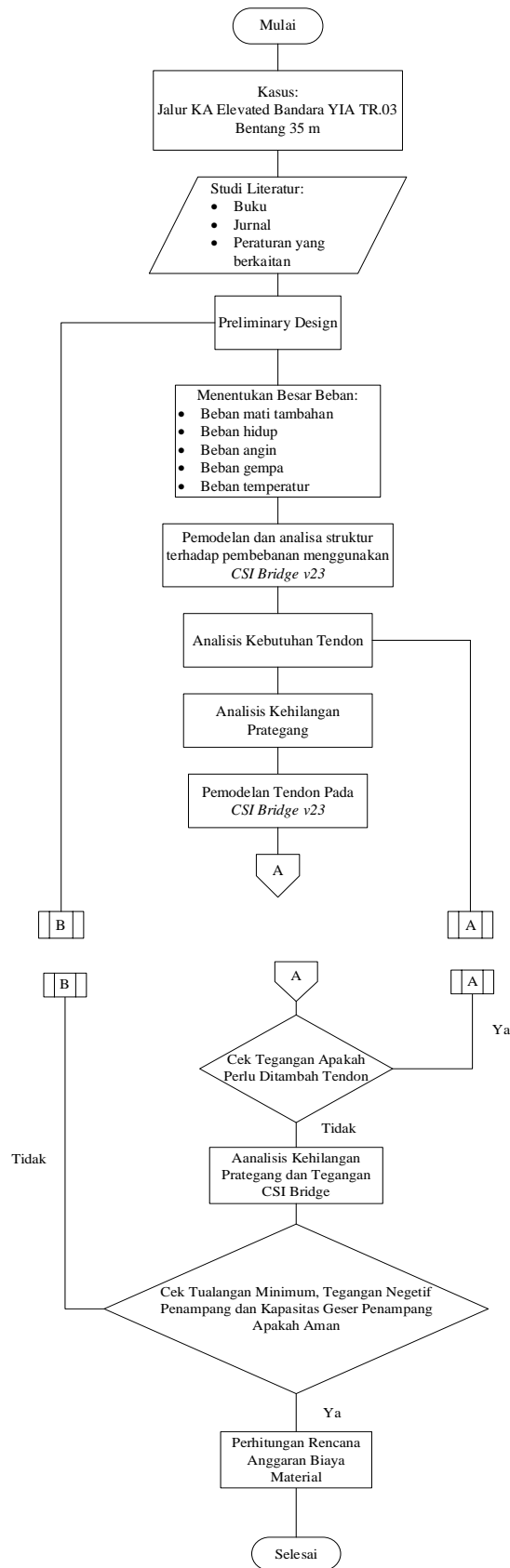
Perlu adanya optimasi pada struktur atas jalur KA elevated Yogyakarta international airport, agar beban as roda kereta tepat berada pada as pci girder, sehingga konfigurasi jarak dan ukuran perlu dirubah sehingga di perlukan perencanaan ulang. Pada perencanaan ini perencanaan ulang menggunakan acuan pada peraturan menteri No 60. Tahun 2012 tentang peraturan jalur teknis kereta api dan "Standar Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Jembatan" SNI 2833-2019. Dalam perencanaan ini akan di lakukan analisa kehilangan gaya prategang pada girder.

**2. METODE PENELITIAN**

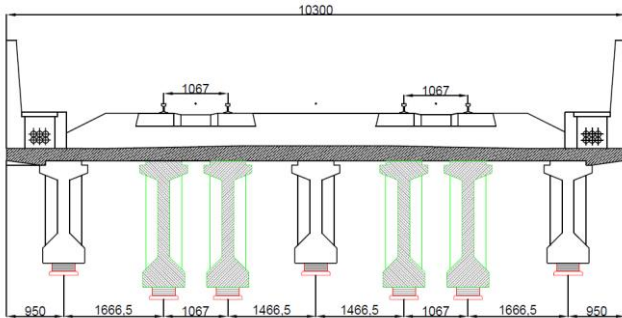
Tahap awal kajian ini adalah pengumpulan data, yakni data gempa, gambar eksisting, literatur pendukung. Langkah pemodelaan dilakukan dengan melakukan preeliminary desain gelagar yang akan digunakan, lakukan analisis beban beban yang bekerja, pemodelan menggunakan CSI Bridge, menginputkan beban-beban yang bekerja. Selanjutnya menganalisis gaya dalam yang dihasilkan dari analisis software, melakukan perhitungan kebutuhan tendon, pemodelan tendon pada CSI Bridge, langkah terakhir cek tegangan dan kehilangan gaya prategang.



Gambar 2. 1 Pemodelan Jembatan



Gambar 2. 2 Alur Penelitian



Gambar 2. 3 Potongan melintang rencana

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### A. Pembebanan

##### 1) Mati Tambahan

Bantalan Rel	
Jarak antar bantalan	= 0,6 m
Berat bantalan	= 2 kN
Jumlah bantalan /35 m	= 116
Total	= 6,175 kN/m
Ballast	
Tebal ballast	= 0,5 m
Berat jenis	= 19 kN/m <sup>3</sup>
Total	= 0,5 × 19 = 9,5 kN/m
Air Hujan	
Tebal air hujan	= 0,05 m
Berat jenis	= 9,8 kN/m <sup>3</sup>
Total	= 0,05×9,8 = 0,49 kN/m
Beban Pekerja	= 0,98 kN/m
Beban mati tambahan total	= 6,17+9,5+0,49 + 0,98 = 17 kN/m

##### 2) Beban Hidup

Didapatkan nilai rata-rata kumulatif di Sta. Ciliwung, dan Sta.

Tabel 3. 1 Beban Kereta

Beban	MC	T	Total
	Ton	Ton	Ton
AW1	2,9	2,8	86
AW2 (normal)	31,4	30,4	116
AW3	42,57	42,32	127,47
AW4 (crush load)	46,325	46,3	138,95

(Sumber: Perhitungan)

beban kereta dan penumpang dapat dilihat bahwa beban maksimum untuk tipe kereta MC adalah 46325 Kg (46 Ton). Beban maksimum yang terjadi pada 1 axle untuk kereta tipe MC adalah  $46325/4 = 11581$  Kg (11,5 Ton). Pembulatan ke atas digunakan untuk beban maksimum axle

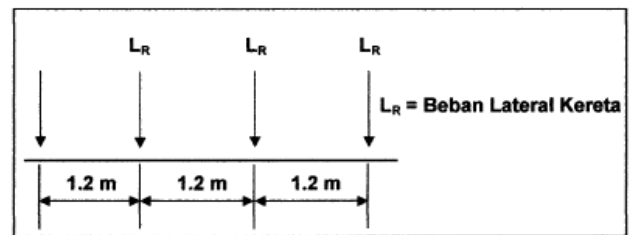
load adalah 12 Ton atau 117,68 kN. Skema pembebanan menggunakan 3 gerbong kereta rel diesel elektrik (KRDE).

##### 3) Beban Kejut

Untuk peletakan beton digunakan 13 kN

##### 4) Beban Lateral

Beban lateral kereta adalah sebagaimana ditunjukkan pada gambar .. di bawah. Beban bekerja pada bagian atas dan tegak lurus arah rel, secara horizontal. Besaran adalah 15% atau 20% dari beban gandar untuk masing-masing lokomotif atau kereta listrik atau diesel.



Gambar 3. 1 Beban Lateral Kereta  
(Sumber: Dewi,2018)

##### 5) Beban Pengereman

Beban Pengereman dan Traksi masing-masing adalah 25% dari beban kereta, bekerja pada pusat gaya berat kereta ke arah rel (secara longitudinal).

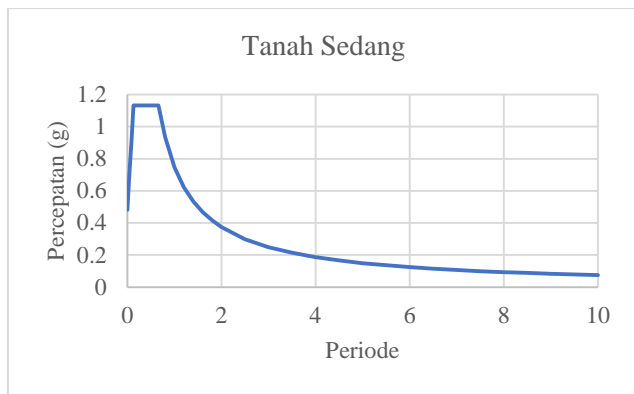
$$\begin{aligned} \text{Beban pengereman,} &= 25\% \times 117,68 \text{ kN} \\ &= 29,42 \text{ kN} \end{aligned}$$

##### 6) Beban Angin

Menurut SNI 1725-2016, tekanan angin diasumsikan disebabkan oleh angin rencana dengan kecepatan dasar (VB) sebesar 90 hingga 126 km/jam. Pada perencanaanT ini digunakan kecepatan angin 90 km/jam atau 56 mph. Tinggi angin yang bekerja pada kereta adalah 1,8 m dari rel.

##### 7) Beban Gempa

Pada pembebanan gempa kali ini akan digunakan respons spektrum yang didapatkan dari website desain spektra Indonesia tahun 2021 yang merujuk pada SNI 1726 : 2019 dan Peta Sumber dan Bahaya Gempa Indonesia Tahun 2017. Data gempa yang diambil adalah Daerah Istimewa Yogyakarta



Gambar 3. 2 Grafik respon spektrum

**8) Temperature Gradient**

Digunakan temperature gradient  
 $T_1 = 12\text{ }^\circ\text{C}$   $T_2 = 8\text{ }^\circ\text{C}$   $T_3 = 3\text{ }^\circ\text{C}$

**B. Kombinasi Pembebanan**

Kombinasi pembebanan yang dipakai pada struktur jembatan ini mengacu pada Panduan Praktis Perencanaan Teknis Jembatan NO. 02 / M / BM / 2021. Perhitungan konstruksi dari struktur atas jembatan dihitung dari hasil kombinasi pembebanan yang terbesar sesuai dengan Tabel 4.4 faktor beban berikut.

Tabel 3. 2 Kombinasi pembebanan

Keadaan Batas	MS	MA	LL	EWS	EWL	TG	EQ
Kuat I	1,2	2	1,8	-	-	I	-
Kuat II	1,2	2	1,4	-	-	I	-
Kuat III	1,2	2	-	1,4	-	I	-
Kuat IV	1,2	2	-	-	-	-	-
Kuat V	1,2	2	-	0,4	1	I	-
Ekstrem I	1,2	2	I	-	-	-	1
Ekstrem II	1,2	2	0,5	-	-	-	1
Daya Layan I	1	1	1	0,3	1	I	-
Daya Layan II	1	1	1,3	-	-	-	-
Daya Layan III	1	1	0,8	-	-	I	-
Daya Layan IV	1	1	-	0,7	-	-	-

(Sumber: SNI 1725-2016)

**C. Gaya Dalam**

**1) Momen**

Tabel 3. 3 Momen kombinasi kuat 1

Tinggi Girder	Kode Girder	KUAT 1	
		Kn/m	
		MAX (+)	MIN (-)
H 1,7	Girder 1	8529,13	-1214,7
H 2,1	Girder 2	12479,6	-240,16
H 2,1	Girder 3	12189,2	-213,03
H 1,7	Girder 4	6610,58	-48,246
H 2,1	Girder 5	12479,6	-240,16
H 2,1	Girder 6	12189,2	-213,03
H 1,7	Girder 7	8530,39	-1200,8

(Sumber:Perhitungan)

**2) Gaya Geser**

Tabel 3. 4 Gaya geser kombinasi kuat 1

Tinggi Girder	Kode Girder	KUAT 1	
		Kn/m	
		MAX (+)	MIN (-)
H 1,7	Girder 1	1061,858	-1265,94
H 2,1	Girder 2	1870,136	-1763,77
H 2,1	Girder 3	1851,435	-1731,61
H 1,7	Girder 4	1000,221	-1108,01
H 2,1	Girder 5	1870,136	-1763,77
H 2,1	Girder 6	1851,435	-1731,61
H 1,7	Girder 7	1058,992	-1261,64

(Sumber: Perhitungan)

**3) Kehilangan Prategang**

Tabel 3. 5 Kehilangan gaya prategang H 2,1 m

Kehilangan Gaya Prategang	Notasi	Jumlah Mpa
Kehilangan akibat gesekan	$\Delta f_pA$	27,90
Kehilangan akibat anchorage set	$\Delta f_pF$	54,42
Kehilangan akibat perpendekan elastis	$\Delta f_pES$	57,72
Kehilangan prategang akibat susut pada gelagar	$\Delta f_pSR$	78,40
Kehilangan prategang akibat rangkai pada gelagar	$\Delta f_pCR$	103,21
Kehilangan prategang akibat relaksasi tendon	$\Delta f_pR1$	8,00
Kehilangan prategang akibat susut pada gelagar final	$\Delta f_pSD$	26,40
Kehilangan prategang akibat rangkai pada gelagar final	$\Delta f_pCD$	-27,67
Kehilangan prategang akibat relaksasi tendon	$\Delta f_pR2$	8,00
Tambahan prategang akibat penyusutan pelat	$\Delta f_pSS$	20,99

(Sumber: Perhitungan)

**Tabel 3. 6** Kehilangan gaya prategang H 1,7 m

Kehilangan Gaya Prategang	Notasi	Jumlah Mpa
Kehilangan akibat gesekan	$\Delta fpA$	33,68
Kehilangan akibat anchorage set	$\Delta fpF$	53,74
Kehilangan akibat perpendekan elastis	$\Delta fpES$	63,40
Kehilangan prategang akibat susut pada gelagar	$\Delta fpSR$	77,47
Kehilangan prategang akibat rangkai pada gelagar	$\Delta fpCR$	123,05
Kehilangan prategang akibat relaksasi tendon	$\Delta fpR1$	8,00
Kehilangan prategang akibat susut pada gelagar final	$\Delta fpSD$	26,03
Kehilangan prategang akibat rangkai pada gelagar final	$\Delta fpCD$	-48,74
Kehilangan prategang akibat relaksasi tendon	$\Delta fpR2$	8,00
Tambahan prategang akibat penyusutan pelat	$\Delta fpSS$	19,61

(Sumber: Perhitungan)

**D. Tegangan Pada Gelagar**

Perbandingan tegangan pada gelagar dari analisis manual dan perhitungan *output software CSI Bridge*.

**Tabel 3. 7** Tegangan pada gelagar H 2,1 m

PCI Girder H 2,1			
Lokasi mm	Lokasi	Manual Mpa	CSI Mpa
6000	Top	-13,954	-3,97
	Bottom	-5,4382	-4,84
13000	Top	-15,063	-1,41
	Bottom	-1,9586	-1,003
22000	Top	-16,135	-2,934
	Bottom	-1,324	-1,63
29000	Top	-15,153	-3,71
	Bottom	-4,8932	-5,537

(Sumber: Perhitungan)

**Tabel 3. 8** Tegangan pada gelagar H 1,7 m

PCI Girder H 1,7			
Lokasi mm	Lokasi	Manual Mpa	CSI Mpa
6000	Top	-13,333	-7,9
	Bottom	-4,2414	-6,16
13000	Top	-13,881	-4,67
	Bottom	-1,0409	-3,32
22000	Top	-14,173	-4,759
	Bottom	-1,0645	-3,66

29000	Top	-13,627	-5,3
	Bottom	-4,6413	-6,6

(Sumber: Perhitungan)

**E. Rencana Anggaran Biaya**

**Tabel 3. 9** Rencana anggaran biaya material

No.	Rekapitulasi Harga Material	Total
1	PCI Girder H 2,1 m	Rp 1.326.768.834
2	PCI Girder H 1,7 m	Rp 867.888.823
3	Slab	Rp 315.972.084
4	Barrier	Rp 75.116.860
5	Deck Slab	Rp 45.267.304
6	Diafragma	Rp 10.663.309
7	Track	Rp 44.170.000
TOTAL		Rp 2.685.847.214

(Sumber : Perhitungan)

Besaran rencana anggaran biaya material struktur atas jalur KA Elevated Yogyakarta Internasional Airport adalah Rp2.685.847.214

**4. KESIMPULAN**

1. Desain struktur atas jalur KA Elevated Yogyakarta Internasional Airport menggunakan gelagar PCI girder dengan tinggi 2,1 meter dan 1,7 meter. PCI girder dengan ketinggian 2,1 meter berada tepat pada as rel kereta api. PCI girder 1,7 meter berada pada gelagar samping dan gelagar bagian tengah. Jarak antar girder bervariasi dengan ukuran 1,6665 m, 1,067 m dan 1,4665 m. Tebal slab digunakan adalah 250 mm. Desain deck slab dengan 3 ukuran yang berbeda yaitu:

- Deck slab 1 = 1 m × 1,0665 m
- Deck slab 2 = 1 m × 0,467 m
- Deck slab 3 = 1 m × 0,8665 m

Desain diafragma dengan 3 ukuran berbeda menyesuaikan dengan jarak antar girder yang berbebeda, ukuran diafragma sebagai berikut:

- Diafragma 1 = 1,020 m × 1,4665 m
- Diafragma 2 = 1,020 m × 0,867 m
- Diafragma 3 = 1,020 m × 1,2665 m

2. Beban – beban yang dianalisis dalam struktur atas jalur KA Elevated Yogyakarta Internasional Airport adalah:

Beban mati (CSI Bridge)

- Beban mati tambahan terdiri dari Bantalan sebesar 6,17 kN/m; berat balas sebesar 9,5 kN/m; berat pengaman tepi sebesar 14,525 kN/m; berat air hujan sebesar 0,49 kN/m dan beban pekerja sebesar 0,98 kN/m

- Beban hidup diasumsikan menggunakan 3 gerbong kereta dengan beban total beban gandar sebesar 118 kN
  - Beban kejut dengan peletakan pada beton sebesar 13 kN
  - Beban lateral diambil 20% dari beban gandar, sebesar 23,536 kN
  - Beban pengereman diambil 25% dari beban gandar, sebesar 29,42 kN
  - Beban angin menggunakan kecepatan rencana angin 90 km/jam
  - Beban gempa berdasar pada respon spektrum Cipta Karya yang mengacu pada SNI 1726 : 2019 dengan titik lintang : -7.895158168857855 dan bujur 110.06195783615112.
  - Beban temperatur diambil  $T_1 = 12\text{ }^\circ\text{C}$ ;  $T_2 = 8\text{ }^\circ\text{C}$ ;  $T_3 = 2,5\text{ }^\circ\text{C}$ , karena lokasi jembatan < 500 m di atas permukaan laut.
3. Pada Gelagar H 2,1 m membutuhkan 56 strand, dengan konfigurasi 14 strand setiap tendon dengan menggunakan 4 tendon. Pada Gelagar H 1,7 m membutuhkan 51 strand, dengan konfigurasi 17 strand setiap tendon dengan menggunakan 3 tendon. Kehilangan prategang gelagar struktur atas jalur KA Elevated Yogyakarta Internasional Airport pada PCI Girder H 2,1 m sebesar 23,29% dan pada PCI girder H 1,7 m sebesar 22,60 %. Analisis kehilangan prategang menggunakan CSI Bridge pada PCI girder H 2,1 m dengan rata-rata sebesar 23,79 %, pada PCI Girder H 1,7 m rata-rata sebesar 21,44%.
4. Tegangan dari analisis CSI bridge pada sambungan dan tengah bentang pada PCI H 2,1 m adalah sebagai berikut:
- Jarak 6 m pada atas gelagar sebesar -3,97 MPa, pada bawah gelagar sebesar -4,84 MPa
  - Jarak 13 m pada atas gelagar sebesar -1,41 MPa, pada bawah gelagar sebesar -1,003 MPa
  - Jarak 17,5 m pada atas gelagar sebesar -2,949 MPa, pada bawah gelagar sebesar -0,796 MPa
  - Jarak 22 m pada atas gelagar sebesar -2,934 MPa, pada bawah gelagar sebesar -1,63 MPa
  - Jarak 29 m pada atas gelagar sebesar -3,71 MPa, pada bawah gelagar sebesar -5,537 MPa
  - Tegangan dari analisis CSI bridge pada sambungan dan tengah bentang pada PCI H 1,7 m adalah sebagai berikut:
  - Jarak 6 m pada atas gelagar sebesar -7,9 MPa, pada bawah gelagar sebesar -6,16 MPa
  - Jarak 13 m pada atas gelagar sebesar -4,67 MPa, pada bawah gelagar sebesar -3,32 MPa
  - Jarak 17,5 m pada atas gelagar sebesar -4,448 MPa, pada bawah gelagar sebesar -3,07 MPa
  - Jarak 22 m pada atas gelagar sebesar -4,759 MPa, pada bawah gelagar sebesar -3,66 MPa
  - Jarak 29 m pada atas gelagar sebesar -5,3 MPa, pada bawah gelagar sebesar -6,6 MPa
5. Besaran rencana anggaran biaya material struktur atas jalur KA Elevated Yogyakarta Internasional Airport adalah Rp2.685.847.214

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1.] AAHSTO. (2017). *LRFD Bridge Design Specification (8 ed)*. Washington DC: Association of State Highway and Transportation Officials.
- [2.] ASTM International. (2021). *ASTM 421 Standard Specification For Stress-Relieved Steel Wire For Prestressed Concrete*. America: American Association of State Highway and Transportation Officials.
- [3.] ASTM International. (2021). *Standard Specification For Low-Relaxation, Seven-Wire Steel Strand For Prestressed Concrete*. America: American Association of State Highway and Transportation Officials.
- [4.] Badan Standarisasi Nasional. (2002). *SNI 03-2847 : 2002 Tentang Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung*. Jakarta: BSN.
- [5.] Badan Standarisasi Nasional. (2004). *SNI T-12 : 2004 Tentang Perencanaan Struktur Beton Untuk Jembatan*. Jakarta: BSN.
- [6.] Badan Standarisasi Nasional. (2016). *SNI 1725 : 2016 Tentang Standar Pembebanan Untuk Jembatan*. Jakarta: BSN.
- [7.] Badan Standarisasi Nasional. (2019). *SNI 2833 : 2019 Tentang Perencanaan Jembatan Terhadap Beban Gempa*. Jakarta: BSN.
- [8.] Dewi, R. F. (2018). *Analisa Kehilangan Gaya Prategang Pada Girder Dan Deformasi Pilar Pada Struktur Fly Over Kereta Api Double Track*. Medan: Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
- [9.] Kementrian Perhubungan. (2012). *Peraturan Menteri Perhubungan PM. 60 Tahun 2012 Tentang Persyaratan Teknis Jalur Kereta Api*. Jakarta: Kementrian Perhubungan.
- [10.] Miro, F. (2005). *Pengantar Perencanaan Transportasi*. Jakarta: Erlangga.
- [11.] Nawy, E. (2001). *Beton Prategang Suatu Pendekatan Mendasar Jilid 1 Edisi Ketiga*. Jakarta: Erlangga.
- [12.] Schank, J. (1999). *Airport Access via Rail Transit: What Works and What Doesn't*. Massachusetts: Massachusetts Institute of Technology.
- [13.] Serna, P. (2013). *Prestress Losses Evaluation In Prestressed Concrete Prismatic Specimens*. Spain: Universitat Politcnica de Valencia.
- [14.] Soeharto, I. (1997). *Manajemen Proyek (Dari Konseptual Sampai Operasional)*. Jakarta: Erlangga.

- [15.] Supriyadi, B., & Mutohar, A. S. (2017). *Jembatan*. Sleman: Beta Offset.
- [16.] Suseno, R. (2023). *Perencanaan Ulang Jembatan Bae - Besito (Karangsambung) Dengan PCI - Girder*. Yogyakarta: Universitas Islam Indonesia.
- [17.] T.Y Lin, & N.H Burns. (1993). *Desain Struktur Beton Prategang Jilid 1 Edisi Ketiga*. Jakarta: Erlangga.