

# PERANCANGAN *UPPER STRUCTURE* JEMBATAN *PCI-GIRDER FLY OVER GRAHA PADMA* KECAMATAN KRAPYAK KOTA SEMARANG BARAT

*Setiadi*

*Program Studi Teknik Sipil, FTSP, Institut Teknologi Budi Utomo Jakarta,  
setiadi@gmail.com*

## **Abstract**

Jembatan layang/*fly over* graha padma adalah jembatan beton yang menggunakan gelagar tipe I. Bentuk gelagar yang menyerupai huruf I dan diperkuat dengan menggunakan tendon prategang menjadikan jembatan ini sebagai salah satu alternatif *desain* untuk jembatan jalan raya / *fly over*. Untuk menerapkannya perlu adanya kajian perancangan yang matang pada jembatan tersebut.

Dalam kajian ini dilakukan peninjauan respon struktur jembatan terhadap pembebanan statis yang meliputi lendutan, gaya normal, momen lentur dan tegangan. Terkait dengan pembebanan jembatan untuk *PCI (Prestress Concrete type I)-Girder* sendiri terdiri dari berat beban sendiri, berat beban mati tambahan, berat beban hidup, beban gempa, berat beban angin yang ditimbulkan oleh kendaraan dan beban akibat gaya pengereman kendaraan. Referensi yang digunakan dalam perancangan jembatan layang/*fly over* Graha Padma ini berdasarkan peraturan – peraturan yang berlaku dalam perancangan struktur jembatan jalan raya, antara lain sebagai berikut : RSNI T-02-2005 Pembebanan untuk Jembatan, RSNI 1725 : 2012 Pembebanan untuk Jembatan, Bridge Management System 1992 (BMS 1992).

Tujuan dari kajian ini adalah didapatkannya hasil desain yang efektif dan efisien serta kokoh dengan perhitungan analisis yang benar sesuai dengan aturan yang berlaku.

katakunci : *upper structure*, jembatan layang, *pci girder*, *fly over*, graha

## **1. PENDAHULUAN**

Dewasa ini pembangunan infrastruktur semakin banyak dan pesat perkembangannya demi menunjang pembangunan ekonomi disuatu kawasan atau suatu daerah. Pembangunan infrastruktur memberikan dampak yang signifikan terhadap kegiatan – kegiatan masyarakat di bidang sosial, ekonomi maupun budaya. Salah satu bentuk pembangunan infrastruktur tersebut adalah pembangunan jembatan. Selain sebagai sarana penghubung antar wilayah yang terpisah karena adanya sungai ataupun halangan yang lain, jembatan juga memiliki fungsi yang bermacam-macam. Seiring dengan perkembangan jaman, peran jembatan juga berevolusi. Tidak menjadi sarana penghubung antar wilayah saja, namun juga memegang peran penting dalam sistem transportasi didalam suatu wilayah. Jembatan adalah elemen kunci dalam sistem transportasi untuk tiga alasan: dapat mengendalikan kapasitas sistem transportasi, memiliki biaya

tertinggi per mil dari sistem, dan jika jembatan runtuh, sistem transportasi juga akan runtuh.

Daerah Krapyak kota Semarang Barat, kegiatan masyarakat setempat di dalam bidang ekonomi sosial dan budaya dinilai masih kurang ditunjang oleh infrastruktur seperti jalan ataupun jembatan yang baik. Pengembangan daerah tersebut kurang dikarenakan kondisi infrastrukturnya yang masih belum mendukung. Kapasitas transportasi pada infrastruktur yang ada saat ini sudah tidak memadai. Mengakibatkan kemacetan dan kerugian yang begitu besar yang berdampak pada bidang ekonomi, sosial dan budaya. Terutama melihat potensi pengembangan ekonomi yang begitu besar, daerah ini sangat berpotensi untuk menjadi pusat ekonomi di kota semarang.

Dari hal itu, maka diperlukan perancangan dan pembangunan infrastruktur jembatan layang/*fly over* yang bisa mendukung pengembangan daerah tersebut. Jembatan

layang/fly over graha padma menjadi alternatif atau solusi untuk mengatasi permasalahan yang terjadi. Dengan perancangan jembatan layang/fly over ini diharapkan dapat membantu proses pembangunan pengembangan daerah Krapyak Semarang Barat untuk menjadi pusat ekonomi, sosial dan budaya di kota Semarang.

## 2. METODOLOGI

### 2.1. Jenis Penelitian

Jenis penelitian ini adalah penelitian perancangan. Perancangan *upper structure* jembatan layang atau *flyover*. Dalam metodologi suatu perancangan tata cara atau urutan kerja suatu perhitungan perancangan disusun untuk mendapatkan hasil perancangan jembatan. Metodologi yang digunakan untuk menyelesaikan proyek akhir ini sebagaimana ditunjukkan pada diagram alir.

### 2.2. Metodologi

#### 2.2.1. Studi Literatur

Literatur yang digunakan dalam merencanakan Jembatan Graha Padma ini adalah sebagai berikut :

1. Perencanaan Struktur Beton Jembatan (R-SNI T-12-2004)
2. Standar Pembebanan Untuk Jembatan (R-SNI T-02-2005)
3. BRIDGE DESAIN MANUAL ( BMS BDM – 1992 )
4. BRIDGE DESAIN CODE ( BMS BDC – 1992 )
- 5.

#### 2.2.2. Metode Pengumpulan Data

Seluruh data/ informasi perancangan jembatan dikumpulkan berdasarkan data – data sekunder yang diperoleh dari Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga Propinsi Jawa Tengah. Adapun data–data yang diperoleh tersebut di antaranya :

a) Data Gambar

Dari data gambar dapat diketahui bahwa Jembatan Graha Padma adalah sebuah jembatan beton terdiri atas satu bentang dengan panjang total 40 m. Selain itu diketahui juga dimensi setiap bangunan

jembatan baik dari gambar tampak maupun gambar potongan atau gambar detail dan lokasi / letak Jembatan.

b) Data Penyelidikan Tanah

Pada data penyelidikan tanah didapatkan pada lokasi jembatan fly over Graha padma berada di lapisan tanah keras dimana pada kedalaman 7 m diketahui nilai  $spt > 50$ .

c) Data Survei Hidrologi

Dalam data survei hidrologi dapat diketahui muka air banjir sehingga dapat ditentukan ketinggian bebas dari Jembatan Graha Padma terhadap muka air banjir.

d) Data Survei Pendahuluan

Dari survei pendahuluan didapatkan data – data tentang derah gempa dari lokasi jembatan Graha Padma, kecepatan angin, dan jumlah lajur untuk melayani lalu lintas.

#### 2.2.3. Metode Analisis Data

Analisis data yang didapatkan dari deskripsi bangunan, fungsi bangunan, pembebanan bangunan, lokasi wilayah gempa, jenis tanah pada bangunan, kemudian untuk mendapatkan gaya-gaya yang bekerja pada struktur tersebut, sesuai beban maksimumnya maka akan dianalisis secara manual menggunakan *Microsoft Excel*.

#### 2.2.4. Metode Pembahasan Hasil Analisis

Pembahasan hasil analisis adalah perancangan Jembatan Graha Padma seperti yang telah disebutkan di atas yang tersusun atas satu sistem perancangan untuk gelagar yaitu gelagar beton bertulang untuk bentang yang direncanakan memiliki panjang 40,80 m. Jembatan Graha Padma direncanakan memiliki lebar lantai kendaraan 10,25 m yang terbagi atas satu jalur yang pada setiap jalur terdiri dari dua lajur dan direncanakan terdapat trotoar selebar 1 m di setiap sisi jembatan. Pembebanan menggunakan rencana keadaan batas yaitu mengalihkan beban mati ultimate dikalikan faktor beban 1,3 dan untuk beban hidup

ultimate dikalikan faktor beban 2, hal ini berlaku untuk setiap menghitung bangunan jembatan pondasi.

### 3. PEMBAHASAN

#### 3.1. Data Penelitian

Data perancangan jembatan graha padma adalah sebagai berikut :

- Data Umum
 

Panjang bentang jembatan (L)	= 40.80 m
Lebar jalan (lalu lintas) (B2)	= 14,0 m
Lebar trotoar	= 1,00 m
Lebar total jembatan (B1)	= 18,0 m
Jarak antara girder (s)	= 2,30 m
Lebar barrier tepi,	= 0,50 m
(btp = (B1 - (B2 * 2) - btg)/2)	
Dimensi girder,	
Lebar girder, (b)	= 0,70 m
Tinggi girder, (h)	= 2,10 m
Dimensi diafragma,	
Lebar diafragma, (bd)	= 0,30 m
Tinggi diafragma, (hd)	= 1,00 m
Tebal pelat lantai jembatan, (ts)	= 0,25 m
Tebal lapisan aspal + overlay, (ta)	= 0,10 m
Tinggi genangan air hujan, (th)	= 0,05 m
- Bahan Struktur
  - Mutu Beton K350 :
 

Kuat tekan beton,  $f_c' = 0,83 * K / 10 = 30,0$  Mpa

Modulus Elastis,

$$E_c = 4700 \sqrt{f_c'}$$

$$= 4700 \times \sqrt{30}$$

$$= 25742,960 \text{ Mpa}$$

Angka poisson,  $u = 0,20$

Modulus geser,

$$G = E_c / [2 \times (1 + u)]$$

$$= 25742,960 / [2 \times (1 + 0,20)]$$

$$= 10726.233 \text{ Mpa}$$

Koefisien muai panjang untuk beton,  $\alpha = 1 \times 10^{-5}$

➤ Mutu Baja :

Untuk baja tulangan dengan  $f(\emptyset) > 12$  mm digunakan tulangan

U – 39

Tegangan leleh baja,

$$f_y = U \times 10$$

$$= 39 \times 10$$

$$= 390 \text{ Mpa}$$

Untuk baja tulangan dengan  $f(\emptyset) \leq 12$  mm digunakan tulangan

U – 24

Tegangan leleh baja,

$$f_y = U \times 10$$

$$= 24 \times 10$$

$$= 240 \text{ Mpa}$$

➤ Kabel Prestress :

Kabel prestress ASTM A416 Grade 270 Low Relaxation

Diameter,  $\emptyset = 12,7$  mm

Luas penampang efektif,  $A_{st} = 0,9871 \text{ cm}^2$

Modulus elastisitas,  $E_s = 1.960.000 \text{ kg/cm}^2$

Ultimate tensile strength,  $F_y = 18.944 \text{ kg/cm}^2$

➤ Specific Gravity

Berat beton bertulang,  $w_c = 25,00 \text{ kN/m}^3$

Berat beton tidak bertulang (beton rabat),  $w_c' = 24,00 \text{ kN/m}^3$

Berat aspal padat,  $w_a = 22,00 \text{ kN/m}^3$

Berat jenis air,  $w_w = 10,00 \text{ kN/m}^3$

Berat jenis baja,  $w_s = 78,00 \text{ kN/m}^3$

#### 3.2. Pembahasan Hasil Analisis

Dari hasil analisis data pada sub bab sebelumnya didapatkan hasil sebagai berikut :

##### 3.2.1. Pembebanan pada struktur

Berikut ini adalah total pembebanan yang terjadi :

- Beban Mati	= 1400.12	kN
- Beban Mati Tambahan (Aspal + air)	= 248.30	kN
- Beban Lalu Lintas Merata (Beban lajur "D")	= 724.21	kN
- Beban Lalu Lintas Terpusat (Beban Truk "T")	= 157.50	kN
- Gaya Rem (TB)	= 50	kN
- Beban Angin (EW)	= 41.98	kN
- Pengaruh Temperatur (ET)	= 150	kN
- Beban Gempa (EQ)	= 151.67	kN

Pembebanan diatas adalah beban dan gaya yang akan digunakan dalam analisis perhitungan perencanaan struktur dibawah balok *PCI*

Girder seperti kolom, *pile cap*, pondasi dan utamanya *Elastomeric Bearing Pad*.

**3.2.2. Perhitungan Momen**

Perhitungan momen digunakan untuk perhitungan desain penulangan pada struktur dan kontrol tegangan.

Berikut ini adalah rekapitulasi momen yang sudah terjadi pada struktur :

➤ **Pelat Lantai Jembatan**

Tabel 3.1 Rekapitulasi hasil perhitungan pembebanan

No	Jenis Beban	Faktor Beban	M <sub>tumpuan</sub> (kNm)	M <sub>lapangan</sub> (kNm)	M <sub>u tumpuan</sub> (kNm)	M <sub>u lapangan</sub> (kNm)
1	Berat sendiri	1.3	2.755	1.378	3.582	1.791
2	Beban mati tambahan	2.0	1.487	0.771	2.974	1.543
3	Beban truk "T"	1.8	56.602	50.941	101.883	91.695
4	Beban angin	1.0	0.754	0.680	0.754	0.680
5	Pengaruh temperatur	1.0	0.02	0.10	0.02	0.10
Total Momen ultimit Pelat, M <sub>u</sub> =					109.215	95.818

➤ **Pelat Kantilever**

Momen Lapangan Kantilever = 334.811 kN/m

Gaya Lintang Kantilever = 171.633 kN

➤ **Balok Diafragma**

Tabel 3.2 Rekapitulasi hasil perhitungan momen balok diafragma

No.	Jenis beban	Faktor Beban	V (kN)	M (kNm)	Vu (kN)	Mu (kNm)
1	Berat sendiri (MS)	1.30	30.76	11.79	39.988	15.37
2	Beban mati tambahan (MA)	2.00	7.14	2.737	14.28	5.47
3	Beban truk "T" (TT)	1.80	78.75	45.28	141.750	81.50
					196.018	102.34

➤ **Balok PCI Girder**

a. Rekapitulasi Perhitungan Momen

Tabel 3.3 Rekapitulasi hasil perhitungan Momen pada balok PCI Girder

TYK	KETERANGAN	POT 1	POT 2	POT 3	POT 4	POT 5	POT 6	POT 7
MS	1. Berat sendiri	0.00	317.33	262.23	200.49	135.19	76.31	375.90
Subtotal MS		0.00	317.33	262.23	200.49	135.19	76.31	375.90
MA	2. Beban Lantai	0.00	80.84	224.38	356.34	356.18	386.50	267.30
Subtotal MA		0.00	80.84	224.38	356.34	356.18	386.50	267.30
TA	3. Beban angin dan air	0.00	11.86	20.31	17.27	33.93	27.81	17.91
Subtotal TA		0.00	11.86	20.31	17.27	33.93	27.81	17.91
TD	4. Beban diafragma	0.00	339.86	241.71	333.32	488.66	438.82	449.44
Subtotal TD		0.00	339.86	241.71	333.32	488.66	438.82	449.44
TE	5. Beban suhu beton U	0.00	311.70	294.72	280.49	322.89	355.25	366.11
Subtotal TE		0.00	311.70	294.72	280.49	322.89	355.25	366.11
TF	6. Beban suhu beton T	0.00	49.09	86.82	113.46	140.00	170.98	212.72
Subtotal TF		0.00	49.09	86.82	113.46	140.00	170.98	212.72
TG	7. Gempa bumi	0.00	161.76	279.27	375.05	461.49	527.54	519.87
Subtotal TG		0.00	161.76	279.27	375.05	461.49	527.54	519.87
TH	8. Temperatur	0.00	1.28	2.43	3.80	5.11	6.46	7.88
Subtotal TH		0.00	1.28	2.43	3.80	5.11	6.46	7.88
TI	9. Pengaruh temperatur	0.00	1.28	2.43	3.80	5.11	6.46	7.88
Subtotal TI		0.00	1.28	2.43	3.80	5.11	6.46	7.88
TJ	10. Beban gemp	0.00	6.51	11.20	15.00	18.11	20.50	23.00
Subtotal TJ		0.00	6.51	11.20	15.00	18.11	20.50	23.00
TK	11. Beban gempa	0.00	6.51	11.20	15.00	18.11	20.50	23.00
Subtotal TK		0.00	6.51	11.20	15.00	18.11	20.50	23.00
TL	12. Beban gempa	0.00	32.60	49.70	66.20	82.61	98.54	114.81
Subtotal TL		0.00	32.60	49.70	66.20	82.61	98.54	114.81
TM	Kombinasi beban 1	0.00	419.98	335.05	371.39	524.52	534.93	535.83
Subtotal TM		0.00	419.98	335.05	371.39	524.52	534.93	535.83
TN	Kombinasi beban 2	0.00	421.27	328.38	359.60	524.55	526.35	536.81
Subtotal TN		0.00	421.27	328.38	359.60	524.55	526.35	536.81
TO	Kombinasi beban 3	0.00	426.31	327.24	366.16	522.08	528.42	537.66
Subtotal TO		0.00	426.31	327.24	366.16	522.08	528.42	537.66
TP	Kombinasi beban 4	0.00	437.80	330.67	390.03	528.13	534.69	539.80
Subtotal TP		0.00	437.80	330.67	390.03	528.13	534.69	539.80
TQ	Kombinasi beban 5	0.00	286.50	444.21	548.17	601.45	676.08	801.38
Subtotal TQ		0.00	286.50	444.21	548.17	601.45	676.08	801.38

b. Rekapitulasi Perhitungan Gaya Lintang

Tabel 3.4 Rekapitulasi hasil perhitungan gaya lintang pada PCI Girder

TYK	KETERANGAN	POT 1	POT 2	POT 3	POT 4	POT 5	POT 6	POT 7
MS	1. Berat sendiri	37.61	31.33	25.39	19.54	13.41	8.01	-0.75
Subtotal MS		37.61	31.33	25.39	19.54	13.41	8.01	-0.75
MA	2. Beban Lantai	29.71	23.86	18.15	12.34	6.49	4.46	-0.57
Subtotal MA		29.71	23.86	18.15	12.34	6.49	4.46	-0.57
TA	3. Beban angin dan air	12.41	16.71	8.46	4.38	4.36	1.93	-0.25
Subtotal TA		12.41	16.71	8.46	4.38	4.36	1.93	-0.25
TD	4. Beban diafragma	3.75	2.13	2.38	3.81	1.23	0.55	-0.08
Subtotal TD		3.75	2.13	2.38	3.81	1.23	0.55	-0.08
TE	5. Beban Laki-betok U	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Subtotal TE		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
TF	6. Beban Laki-betok T	0.00	7.98	7.98	7.89	7.89	7.98	7.89
Subtotal TF		0.00	7.98	7.98	7.89	7.89	7.98	7.89
TG	7. Gempa bumi	0.48	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38
Subtotal TG		0.48	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38
TH	8. Temperatur	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38
Subtotal TH		0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38
TI	9. Pengaruh temperatur	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38
Subtotal TI		0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38
TJ	10. Beban gempa	2.10	1.74	1.43	1.11	0.69	0.33	-0.04
Subtotal TJ		2.10	1.74	1.43	1.11	0.69	0.33	-0.04
TK	11. Beban gempa	7.59	6.30	5.16	4.02	2.50	1.18	-0.15
Subtotal TK		7.59	6.30	5.16	4.02	2.50	1.18	-0.15
TL	12. Beban gempa	82.96	76.81	64.42	52.04	35.52	21.07	6.62
Subtotal TL		82.96	76.81	64.42	52.04	35.52	21.07	6.62
TM	Kombinasi beban 1 (MS+MA+TD+TB)	85.06	78.55	65.85	53.15	36.21	21.40	6.58
Subtotal TM		85.06	78.55	65.85	53.15	36.21	21.40	6.58
TN	Kombinasi beban 2 (MS+MA+TD+TB+ET)	85.44	78.93	66.23	53.53	36.59	21.78	6.96
Subtotal TN		85.44	78.93	66.23	53.53	36.59	21.78	6.96
TO	Kombinasi beban 3 (MS+MA+TD+TB+EW)	90.16	74.84	61.31	47.79	29.75	13.98	-1.80
Subtotal TO		90.16	74.84	61.31	47.79	29.75	13.98	-1.80

Gaya geser pada 1 tumpuan Vu = 1361.71 kN

**3.2.3. Balok PCI GIRDER**

Dari hasil kontrol tegangan yang terjadi pada balok *PCI Girder* di semua faktor kondisi didapatkan hasil yang aman. Akan tetapi, dari sisi dimensi girder dengan bentang jembatan 40.80 m membutuhkan balok *PCI Girder* dengan dimensi yang sangat besar yaitu tinggi, H = 2.10 m dan lebar, b = 0.70 m.

Selain balok girder penampang I, jembatan dengan tipe bentang 40.80 m bisa menggunakan alternatif desain girder lain. Seperti girder tipe *box & girder* tipe U (*PCU/Prestress Concrete-U*), tentunya dengan pertimbangan hal-

hal/kondisi yang lain seperti biaya, metode pekerjaan dan waktu.

#### 3.2.4. Elastomeric Bearing Pad

Material yang dipakai jenis karet alami dengan IHRD 60 tipe laminasi, dengan kontrol deformasi geser, cek stabilitas dan cek rotasi didapatkan hasil yang aman. Dimensi yang direncanakan pada elastomeric bearing pad ini panjang  $L = 600$  mm dan lebar  $W = 600$  mm. Dalam desain perencanaan perletakan jembatan selain *elastomeric bearing pad* alternatif desain lain yang juga bisa digunakan adalah *LRB (Lead Rubber Bearing)*.

*LRB (Lead Rubber Bearing)* merupakan bahan anti seismik yang terbuat dari lapisan karet dan dipadu dengan lapisan baja, tetapi pada bagian tengahnya diberi rongga yang diisi dengan *lead* (perunggu). *LRB* memiliki standart spesifikasi teknis yang baik dan lebih bervareasi untuk bentang jembatan panjang 40.80 m.

#### 4. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan yang didapatkan dari pembahasan hasil analisis sesuai dengan rumusan masalah adalah sebagai berikut :

1. Perancangan *Upper Structure Fly Over* Graha Padma dari hasil analisis didapatkan desain yang baik dan memenuhi persyaratan standar SNI perancangan jembatan
2. Dari beberapa indikator dalam kontrol kekuatan struktur didapatkan hasil yang memenuhi kebutuhan kekuatan struktur sesuai dengan standar SNI yang berlaku.

#### DAFTAR PUSTAKA

Departemen Pekerjaan Umum.2004. *RSNI T-12-2004 Tentang Perencanaan Struktur Beton Untuk Jembatan*, Badan Standarisasi Nasional.

Departemen Pekerjaan Umum.2005. *RSNI T-02-2005 Tentang Standar Pembebanan Untuk Jembatan*, Badan Standarisasi Nasional.

Departemen Pekerjaan Umum.2013. *SNI 03-2883 - 2013 Tentang Perencanaan Jembatan Terhadap Beban Gempa*, Badan Standarisasi Nasional.

Departemen Pekerjaan Umum.1992. *Brigde Management System. Bridge Design Code*

Departemen Pekerjaan Umum.1992. *Brigde Management System. Bridge Design Manual*

SNI 1725 : 2016. *Pembebanan Jembatan*. Badan Standarisasi Nasional.

SNI 2833 : 2016. *Perencanaan Jembatan Terhadap Beban Gempa*. Badan Standarisasi Nasional.

Departemen Pekerjaan Umum. 2019. SNI 1726 2019. Badan Standarisasi Nasional

Manalu Indrayon. 2015. *Studi Penggunaan Lead Rubber Bearing Sebagai Base Isolator Dengan Model Jembatan Kutai Kartanegara Pada Zona Gempa Indonesia* . Strata (S1) Tugas Akhir, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Lin, T.Y.1981. *Design of Prestressed Concrete Structure*. USA : John Wiley & Son.