

Analisis Pembebanan Jembatan BH-1979 Jalur Kereta Api Bandara YIA

Zaki Aflah Ramadhan¹, Lilis Zulaicha², Ismanto Hadisaputro³

¹ Program Studi Teknik Sipil, Institut Teknologi Nasional Yogyakarta
Korespondensi : lilis.zulaicha@itny.ac.id

ABSTRAK

Yogyakarta International Airport, merupakan sebuah bandara baru yang dibangun karena Bandara Adisucipto yang melebihi kapasitas operasi. Tetapi, keberadaan bandara baru di Kulon Progo memunculkan beberapa permasalahan baru, salah satunya aksesibilitas transportasi umum. Kemudahan aksesibilitas transportasi umum terutama kereta api sangat penting, sehingga pada tahun 2020 dimulailah proyek pembangunan Jalur Kereta Api Bandara YIA. Salah satu jembatan yang dipakai pada Jalur Kereta Api Bandara YIA ini adalah jembatan WTP Double yang merupakan jembatan baja. Akan dilakukan review desain dari plate girder Jembatan BH-1979 yang merupakan jembatan WTP Double terletak pada stationing 0+175. Metode yang dilakukan dalam penyelesaian Tugas Akhir ini dimulai dengan melakukan observasi terhadap Jembatan BH-1979, kemudian dilakukan pengambilan data dari Istaka-Catur-Mina, KSO. Selanjutnya, dilakukan perhitungan pembebanan dengan menggunakan PM Nomor 60 Tahun 2012 dan SNI 2833:2016 dan dianalisis dengan menggunakan SAP2000. Hasil analisis yang didapat yaitu, nilai $V_u = 214,834$ kN dan $M_u = 470,472$ kNm pada Stringer Beam atau Gelagar Memanjang. Kemudian nilai $V_u = -596,926$ kN dan $M_u = 1.490,0013$ kNm pada Floor Beam atau Gelagar Melintang. Yang terakhir nilai $V_u = 1.559,721$ kN dan $M_u = 9.798,9593$ kNm pada Main Girder atau Gelagar Induk.

Kata kunci: Plate Girder, Jembatan Kereta Api, Jembatan Baja, Bandara Internasional Yogyakarta

ABSTRACT

Yogyakarta International Airport, is a new airport which built because Adisucipto Airport exceeds operating capacity. But, the existence of a new airport in Kulon Progo raises several new problems, one of which is the accessibility of public transportation. The ease of accessibility of public transportation, especially trains is very important, so that in 2020 the YIA Airport Railway construction project began. One of the bridges used on the YIA Airport Railway is the WTP Double which is steel bridge. It will review the design of the plate girder from the BH-1979 Bridge which is a WTP Double bridge located at stationing 0+175. The method used in the completion of this final project begins with observing the BH-1979 Bridge, then taking data from Istaka-Catur-Mina, KSO. Furthermore, the calculation of the load using PM Nomor 60 Tahun 2012 and SNI 2833:2016 and analyzed using SAP2000. The results of the analysis obtained are, $V_u = 214,834$ kN and $M_u = 470,472$ kNm on Stringer Beam. Then, $V_u = -596,926$ kN and $M_u = 1.490,0013$ kNm on Floor Beam. Latest $V_u = 1.559,721$ kN and $M_u = 9.798,9593$ kNm on Main Girder.

Keyword : Plate Girder, Railway Bridge, Steel Bridge, Yogyakarta International Airport

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Yogyakarta International Airport atau Bandara Internasional Yogyakarta, merupakan sebuah bandara baru yang dibangun karena penumpang yang dilayani oleh Bandara Adisucipto sudah melebihi kapasitas operasi dari bandara. Tetapi, keberadaan bandara baru yang ada di Kulon Progo memunculkan beberapa permasalahan baru, salah satunya merupakan aksesibilitas transportasi umum, baik untuk menuju ke bandara ataupun meninggalkan bandara.

Kemudahan aksesibilitas transportasi umum terutama kereta api sangat penting, sehingga pada tahun 2020 dimulailah proyek pembangunan jalur Kereta Api Bandara YIA yang memang sudah direncanakan sebelumnya. Salah satu jembatan yang dipakai pada jalur Kereta Api Bandara YIA ini adalah jembatan WTP (Welded Through Plate) Double yang merupakan jembatan dengan material baja, jembatan ini didesain untuk menerima beban kereta api dari dua jalur sekaligus. Gelagar yang dipakai pada jembatan WTP Double ini merupakan gelagar pelat berdinding penuh atau plate girder. Berdasarkan uraian di atas, akan dilakukan analisis pembebanan pada Jembatan BH-1979 pada Jalur Kereta Api Bandara YIA, jembatan tersebut merupakan jembatan WTP Double yang terletak pada stationing 0 + 175.

1.2. Rumusan Masalah

Sebuah struktur plate girder didesain sedemikian rupa sehingga memiliki profil yang tidak standar, yaitu ukuran profil tinggi. Beban yang diterima oleh girder pada jembatan WTP Double ini akan sangat besar, baik beban mati ataupun beban hidup. Jika digunakan profil fabrikasi maka beban sendiri dari girder tersebut akan cukup besar, sehingga digunakan plate girder untuk mengurangi berat sendiri dari girder tersebut. Struktur Jembatan BH-1979 Jalur Kereta Api Bandara YIA tersebut akan dilakukan analisis pembebanan sesuai dengan PM Nomor 60 Tahun 2012 Tentang Persyaratan Teknis Jalur Kereta Api dan SNI 2833:2016 Tentang Perencanaan Jembatan Terhadap Beban Gempa.

1.3. Batasan Permasalahan

Batasan permasalahan dalam penulisan Tugas Akhir ini adalah:

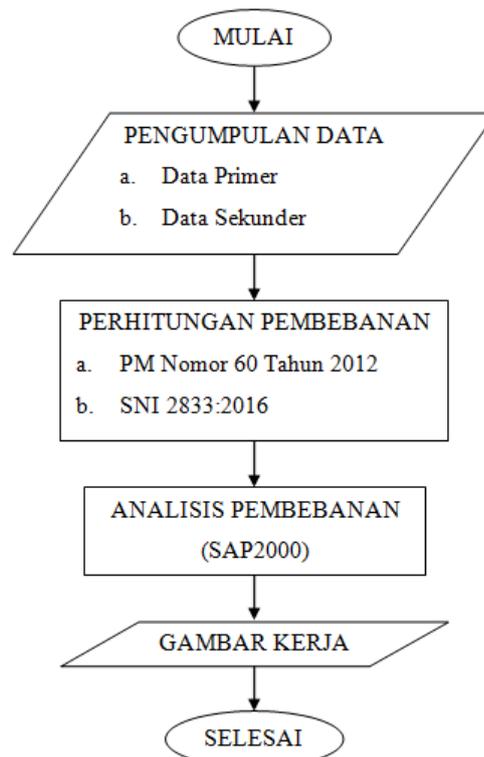
- Analisis pembebanan ini dilakukan pada Jembatan BH-1979 Jalur Kereta Api Bandara YIA, tipe dari jembatan tersebut adalah WTP Double.
- Pembebanan yang direncanakan diperhitungkan berdasarkan PM Nomor 60 Tahun 2012 Tentang Persyaratan Teknis Jalur Kereta Api.
- Perhitungan beban gempa dengan menggunakan SNI 2833:2016 Tentang Perencanaan Jembatan Terhadap Beban Gempa.
- Analisis pembebanan Jembatan BH-1979 dengan bantuan program SAP2000.

2. METODE PENELITIAN

Metodologi yang digunakan dalam review desain plate girder Jembatan BH-1979 jalur Kereta Api Bandara YIA adalah sebagai berikut:

- Pengumpulan Data.
- Perhitungan pembebanan.
Perhitungan analisis kapasitas.

Tahapan penelitian yang akan dilaksanakan dapat digambarkan dalam bentuk bagan alir sebagai berikut: naskah.



Gambar 1. Bagan Alir Penelitian

Pembebanan Pada Jembatan KA

Berdasarkan PM Nomor 60 Tahun 2012 terdiri dari:

- Beban Mati**
Beban mati diperhitungkan dengan cara menghitung berat bagian-bagian pada jembatan sesuai dengan ketentuan yang telah ada atau dengan cara menghitung volume beberapa bagian dan menghitungnya dengan berat jenis dari material bagian tersebut. Beberapa bagian yang diperhitungkan adalah beban *track*, beban *stringer*, beban *floor beam*, beban *sidewalk*, dan beban *main girder*.
- Beban Hidup**

Pada pembebanan jembatan kereta api ini, beban hidup yang digunakan adalah beban gandar terbesar sesuai rencana sarana perkeretaapian yang dioperasikan atau skema dari rencana muatan.

c. Beban Kejut

Beban Kejut = $i \times$ Beban Kereta

dengan $i = 0,2 + \frac{25}{50+L}$

d. Beban Horizontal

1). Beban Sentrifugal

Beban Sentrifugal = $\alpha \times$ Beban Kereta

Dengan, $\alpha = \frac{V^2}{127 \cdot R}$

2). Beban Lateral Kereta

Besaran dari beban lateral ini adalah 15% atau 20% dari beban gandar untuk masing-masing lokomotif atau kereta listrik/*diesel*.

3). Beban Pengereman dan Traksi

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

4). Beban Rel Panjang Longitudinal

Beban rel panjang longitudinal (L_R) pada dasarnya adalah sebesar 10 kN/m, atau maksimal 2.000 kN.

e. Beban Angin

1). Beban Angin Tanpa Kereta

3,0 kN/m² pada areal proyeksi vertikal jembatan tanpa kereta di atasnya.

2). Beban Angin Dengan Kereta

1,5 kN/m² pada areal kereta dan jembatan, dengan kereta di atasnya.

Berdasarkan SNI 2833:2016 yaitu memperhitungkan beban gempa.

$E_Q = \frac{C_{SM}}{R} \times W_t$

Kombinasi Pembebanan

Kombinasi pembebanan menggunakan kombinasi pembebanan sesuai dengan Standar Teknis Kereta Api Indonesia untuk Struktur Jembatan Baja.

Tabel 3 Faktor Kombinasi Pembebanan

No Kombinasi Pembebanan	Beban Tetap D	Beban Transien								
		L	I (Lxi)	C (Lxα)	L _R	L _F	B	W ₁	W ₂	E
1	1,0	1,1	1,1	1,1	1,0					
2	1,0	1,1	1,1	1,1	1,0	1,0			1,0	
3	1,0	1,1			1,0		1,0		1,0	
4	1,0							1,2		
5					1,0		1,1			
6						1,1			1,0	
7							1,1		1,0	
8	1,0	1,0		1,0						1,0
9										1,0
10	1,0	1,0		1,0						
Keterangan										
D = Beban Mati				L = Beban Hidup						
I = (L x i) = Beban Kejut				C = (L x α) = Beban Sentrifugal						
L _R = Beban Rel Panjang Longitudinal				L _F = Beban Lateral						
B = Beban Pengereman dan Traksi				W ₁ = Beban Angin (Tanpa Kereta)						
W ₂ = Beban Angin (Dengan Kereta)				E = Beban Gempa						

Sumber: (Standar Teknis Kereta Api Indonesia, 2006)

3. HASIL DAN ANALISIS

3.1. Perhitungan Pembebanan

Berdasarkan PM Nomor 60 Tahun 2012 dan SNI 2833:2016, didapatkan hasil pembebanan:

- a. **Beban Mati**
 - 1). $Q_{\text{track}} = 139,406 \text{ kg/m} \approx 1,394 \text{ kN/m}$
 - 2). $Q_{\text{stringer}} = 175 \text{ kg/m} \approx 1,75 \text{ kN/m}$
 - 3). $Q_{\text{floor beam}} = 571 \text{ kg/m} \approx 5,71 \text{ kN/m}$
 - 4). $Q_{\text{sidewalk}} = 155,120 \text{ kg/m} \approx 1,551 \text{ kN/m}$
 - 5). $Q_{\text{main girder}} = 670,766 \text{ kg/m} \approx 6,708 \text{ kN/m}$
- b. **Beban Hidup**
Beban hidup untuk satu rel sebesar:
 $Q_{\text{kereta 1 rel}} = 4.600 \text{ kg/m} \approx 46 \text{ kN/m}$
- c. **Beban Kejut**
Beban kejut yang bekerja dalam satu rel yaitu sebesar:
 $I = 3.068,2 \text{ kg/m} \approx 30,682 \text{ kN/m}$
- d. **Beban Horizontal**
 - 1). **Beban Sentrifugal**
Beban sentrifugal yang bekerja dalam satu rel yaitu sebesar:
 $C = 694,6 \text{ kg/m} \approx 6,946 \text{ kN/m}$
 - 2). **Beban Lateral Kereta**
Beban lateral kereta yang bekerja dalam satu rel yaitu sebesar:
 $LF = 920 \text{ kg/m} \approx 9,20 \text{ kN/m}$
 - 3). **Beban Pengereman dan Traksi**
Beban pengereman dan traksi yang bekerja dalam satu rel yaitu sebesar:
 $B = 1.150 \text{ kg/m} \approx 11,5 \text{ kN/m}$
 - 4). **Beban Rel Panjang Longitudinal**
Beban rel panjang longitudinal yang bekerja dalam satu rel yaitu sebesar:
 $LR = 5 \text{ kN/m}$
- e. **Beban Angin**
 - 1) **Beban Angin Tanpa Kereta**
 $W1 = 6,0 \text{ kN/m}$
 - 2) **Beban Angin Dengan Kereta**
 $W2 = 7,05 \text{ kN/m}$
- f. **Beban Gempa**
 $EQ = 2.923,194 \text{ kN}$

3.2. Pemodelan Struktur dan Analisis Pembebanan

Pemodelan struktur Jembatan BH-1979 dilakukan menggunakan bantuan program SAP2000 dengan model 3D dan dengan pembebanan yang telah diperhitungkan sebelumnya. Didapatkan hasil analisis pembebanan adalah sebagai berikut:

Tabel 4 Akumulasi Hasil Analisis Pembebanan SAP2000

Kombinasi	<i>Stringer Beam</i> (Gelagar Memanjang)		<i>Floor Beam</i> (Gelagar Melintang)		<i>Main Girder</i> (Gelagar Induk)	
	Vu (kN)	Mu (kNm)	Vu (kN)	Mu (kNm)	Vu (kN)	Mu (kNm)
1	214,834	470,472	-596,926	1490,0013	1559,721	9798,9593
2	214,834	470,472	-596,926	1490,0013	1559,721	9798,9593
3	134,233	470,472	-374,631	932,7391	1012,252	6322,8248
4	13,391	302,2865	-41,376	97,2635	191,459	1111,2289
5	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0
8	123,247	279,3635	-344,333	856,7868	937,634	5849,0434
9	0	0	0	0	0	0
10	123,247	279,3635	-344,333	856,7868	937,634	5849,0434

Nilai V_u dan M_u terbesar yang diperoleh yaitu pada kombinasi 2, baik pada *Stringer Beam*, *Floor Beam*, dan *Main Girder* dari hasil analisis pembebanan dengan menggunakan bantuan program SAP2000.

4. KESIMPULAN

- a. Jembatan BH-1979 merupakan jembatan kereta api kelas 1 yang memiliki lebar 9 meter dan panjang bentangnya 21 meter dengan tipe jembatan yaitu WTP (Welded Through Plate) Double untuk 2 jalur kereta api.
- b. Jembatan BH-1979 ini memiliki total 24 gelagar memanjang yang ditumpu oleh gelagar melintang. Gelagar melintang pada jembatan ini berjumlah sebanyak 7 gelagar melintang yang langsung bertumpu pada main girder yang merupakan struktur plate girder sebagai gelagar induk.
- c. Struktur plate girder yang digunakan pada main girder Jembatan BH-1979 ini memiliki grade material yaitu SS400 dengan nilai $F_y = 245$ MPa dan $F_u = 400$ MPa, baik pada badan profil, sayap profil, maupun pada pengaku yang digunakan. Main girder memiliki panjang total 21,8 meter, dengan $h = 1.900$ mm, $t_w = 10$ mm, $b_f = 650$ mm, dan dengan variasi $t_f = 30-50$ mm.
- d. Didapatkan nilai $V_u = 214,834$ kN dan $M_u = 470,472$ kNm pada Stringer Beam atau Gelagar Memanjang.
- e. Didapatkan nilai $V_u = -596,926$ kN dan $M_u = 1.490,0013$ kNm pada Floor Beam atau Gelagar Melintang.
- f. Didapatkan nilai $V_u = 1.559,721$ kN dan $M_u = 9.798,9593$ kNm pada Main Girder atau Gelagar Induk.

Adapun saran :

- a. Pada perencanaan struktur suatu jembatan, lebih baik digunakan peraturan yang terbaru sesuai dengan ketentuan yang berlaku.
- b. Struktur yang terpasang (*existing*) harusnya sesuai dengan perencanaan struktur yang ada, tetapi antara perencanaan struktur dan struktur yang terpasang terdapat perbedaan.
- c. Diharapkan adanya penelitian lebih lanjut dengan menggunakan menggunakan model 3D dengan menggunakan program ANSYS atau yang sejenisnya. Selain itu, juga dapat dikembangkan untuk penelitian lanjutan seperti analisis pada sambungan, variasi desain dan jarak pengaku, variasi ukuran tebal dan lebar sayap, variasi tinggi dan tebal badan, dan lain-lain.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Aditya W. 2020. *Mengenal Jenis-Jenis Jembatan Kereta Api*. URL: <https://keretapedia.com/2020/04/15/jembatan-kereta-api/>. Diakses Tanggal 2 Maret 2021.
- [2] Alfian, I. dan I. Sulistyowati. 2018. *Evaluasi Pembebanan Kereta Api Lokomotif Ganda Yang Beroperasi Di Indonesia Terhadap Rencana Muatan 1921*. Universitas Trisakti.
- [3] Anonim. 2016. *Pembebanan untuk Jembatan*. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta.
- [4] Anonim. 2016. *Perencanaan Jembatan terhadap Beban Gempa*. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta.
- [5] Asri, R. 2013. *Balok Pelat Berdinding Penuh (Girder Plate Beam)*. Fakultas Teknis UIGM. Palembang.
- [6] Biro Komunikasi dan Informasi Publik. 2019. *Menhub: Pembangunan Jalur KA Ke Bandara YIA Ditargetkan Selesai Tahun 2020*. URL: <http://dephub.go.id/post/read/menhub-pembangunan-jalur-ka-ke-bandara-via-ditargetkan-selesai-tahun-2020>. Diakses Tanggal 24 Februari 2021.
- [7] Jaya, T. 2018. *Perbandingan Jembatan Rangka Baja Kereta Api Dengan Sistem Busur Atas Dan Bawah*. Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
- [8] Muspitasari, T., I. Sulistyowati, W. Kumara. 2017. *Evaluasi Peraturan Pembebanan Gandar Kereta Api Di Pulau Jawa Terhadap Kondisi Aktual*. Universitas Trisakti.
- [9] Pemerintah Indonesia. 2012. *Peraturan Menteri Nomor 60 Tahun 2012 Tentang Persyaratan Teknis Jalur Kereta Api*. Menteri Perhubungan Republik Indonesia. Jakarta.
- [10] Salmon, C.G. dan Johnson, J.E. 1997. *Struktur Baja*. Edisi Kedua, Penerbit Erlangga. Jakarta.
- [11] Supriyadi, B. dan A.S. Muntohar. 2007. *Jembatan*. Edisi Pertama, Beta Offset. Yogyakarta.