

**RE-DESIGN STRUKTUR ATAS JEMBATAN
RANGKA BAJA TIPE WARREN DAN CAMEL BACK
(STUDI KASUS : JEMBATAN KALI BABON, TERBOYO,
KOTA SEMARANG, PROVINSI JAWA TENGAH)**

Zulfa Nur Aini^{1*} Juny Andry Sulisty²

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Islam Sultan Agung, Semarang

*Corresponding author e-mail: zulfazaini7@gmail.com

ARTICLE INFO

ABSTRACT

To maintain smooth traffic flow, transportation infrastructure, including bridges, must be regularly maintained and inspected. This study aims to analyze the design profile and structural safety of the Warren and Camel Back steel truss bridges at the Kali Babon Bridge in Terboyo, Semarang. This study employs the LRFD (Load and Resistance Factor Design) method, which is a probabilistic approach utilizing statistical data on loads and structural strength. The regulations referenced include Indonesian National Standards (SNI) 1725:2016, (SNI) 2833:2016, and (SNI) 1729:2020. The analysis results show that with the same steel profiles for both bridge types—I-WF 900 x 300 for transverse girders, I-WF 600 x 200 for longitudinal girders, H-Beam 400 x 400 for diagonal members, H-Beam 400 x 400 for the top chord, and H-Beam 300 x 300 for the top bracing, capable of withstanding the applied loads and categorized as safe to the Bridge Deflection Limit of 6.25 cm, and the maximum P.M Ratio is categorized as safe because it is less than the coefficient of 1.

Untuk menjaga kelancaran arus lalu lintas, kondisi prasarana transportasi, termasuk jembatan, harus senantiasa dirawat dan dipelihara. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis desain profil dan keamanan struktur atas jembatan rangka baja tipe Warren dan Camel Back pada Jembatan Kali Babon, Terboyo, Semarang. Penelitian ini menggunakan metode LRFD (Load and Resistance Factor Design), yaitu pendekatan berdasarkan konsep probabilistik yang memanfaatkan data statistik dari beban dan kekuatan struktur. Peraturan yang dijadikan acuan mencakup Standar Nasional Indonesia (SNI) 1725:2016, (SNI) 2833:2016 dan (SNI) 1729:2020. Pada hasil analisis menunjukkan dengan profil baja yang sama pada kedua tipe jembatan dengan I-WF 900 x 300 untuk gelagar melintang, I-WF 600 x 200 untuk gelagar memanjang, H-Beam 400 x 400 untuk batang diagonal, H-Beam 400 x 400 untuk Top Chord, dan H-Beam 300 x 300 untuk Top Bracing mampu menahan beban-beban yang bekerja dan dikategorikan aman terhadap Batas Lendutan Jembatan yaitu sebesar 6,25 cm, dan nilai P.M Ratio maksimum dikategorikan aman karena lebih kecil dari koefisien 1.

Keyword :

*Bridge, Steel Frame,
Warren, Camel Back*

1. PENDAHULUAN

Infrastruktur merupakan sistem fisik yang menyediakan sarana transportasi, pengairan, drainase, bangunan gedung, dan fasilitas publik lainnya yang dibutuhkan untuk memenuhi berbagai kebutuhan dasar manusia, baik kebutuhan ekonomi maupun kebutuhan sosial (Neil S. Grigg, 1988).

Jalan dan jembatan merupakan bagian dari sistem transportasi nasional mempunyai peranan penting terutama dalam mendukung bidang ekonomi, sosial dan budaya serta lingkungan yang dikembangkan melalui pendekatan pengembangan wilayah agar tercapai keseimbangan dan pemerataan pembangunan antar daerah (UU 38 Tahun 2004).

Struktur atas jembatan berfungsi untuk menahan dan mendistribusikan beban dari lalu lintas serta beban mati ke struktur bawah. Ornamen struktur atas pada jembatan adalah meliputi gelagar utama, balok diafragma, pelat lantai jembatan, lapisan permukaan jalan (aspal atau beton), trotoar, kepala pilar, rangka jembatan (baja), perletakan jembatan.

Desain struktur jembatan sebelum dan sesudah pergantian rangka baja jembatan dari sisi teknis, seperti perubahan beban mati (dead load), distribusi gaya, respons struktur terhadap angin, hingga potensi perubahan metode konstruksi. Perlakuan struktur inilah yang dihitung apakah jembatan layak dilewati oleh kendaraan atau tidak.

SAP2000 adalah sebuah perangkat lunak (software) yang digunakan untuk analisis dan desain struktur, khususnya bangunan bertingkat tinggi dan jembatan. SAP2000 dapat membuat model struktur secara 2D maupun 3D, kemudian menerapkan berbagai jenis beban seperti beban mati, beban hidup, beban gempa, dan beban angin. Program ini kemudian menghitung respons struktur berupa momen, gaya geser, dan gaya normal yang diperlukan untuk mendesain elemen struktural seperti tulangan beton atau profil baja. SAP2000 menggunakan metode elemen hingga (finite element method) yang memungkinkan analisis struktur secara menyeluruh dan detail, termasuk analisis statik dan dinamik.

2. METODOLOGI

Peneliti melakukan pendekatan studi dengan menggunakan metode LRFD (*Load and Resistance Factor Design*) dengan menggunakan faktor beban dan faktor ketahanan sebagai pertimbangan teknis, dengan dasar konsep karakteristik berdasarkan beban yang bekerja dan kekuatan atau mutu material yang digunakan. Dengan menganalisis rangka atas jembatan baja pada Gelagar Memanjang, Gelagar Melintang, Batang Diagonal, *Top Chord*, dan *Top Bracing*

pada tipe *Warren* dan *Camel Back* terhadap beban-beban yang bekerja pada Jembatan Kalibabon, Terboyo, Kota Semarang, Jawa Tengah menggunakan software SAP 2000.

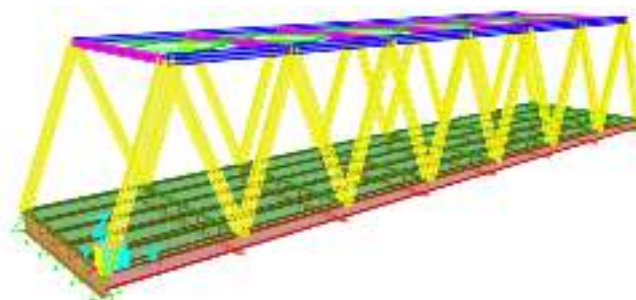
a. Parameter Jembatan

Berikut data terkait perencanaan desain jembatan yaitu :

Nama Bangunan	: Jembatan Kalibabon
Lokasi	: Jalan Pantai Utara (Pantura) Semarang-Demak
Klasifikasi Jembatan	: Klas A/I
Lebar Jembatan	: 9 meter
Panjang Jembatan	: 37,5 meter
Tinggi Rangka Jembatan	: 7,50 meter
Jumlah lajur	: 1 Lajur
Jumlah segmen	: 1 Segmen
Sistem struktur	: Rangka Baja tipe <i>Warren</i>

b. Pemodelan Struktur

Menggunakan SAP 2000, yang merupakan perangkat lunak rekayasa struktur yang berbasis metode elemen hingga FEM (Finite Element Method) yang sering digunakan khususnya pada bidang analisis struktur jembatan, gedung, dan infrastruktur lainnya.



Gambar 1. Pemodelan Struktur Rangka Jembatan tipe *Warren* pada aplikasi SAP2000 V22

Sumber : Hasil Penelitian, 2025



Gambar 2. Pemodelan Struktur Rangka Jembatan tipe *Camel Back* pada aplikasi SAP2000 V22

Sumber : Hasil Penelitian, 2025

c. Analisis Gaya Dalam dan Lendutan

Perangkat lunak SAP 2000 digunakan untuk menghitung gaya-gaya dalam (momen lentur, gaya geser, gaya aksial) dan lendutan maksimum yang terjadi pada struktur jembatan akibat beban mati dan beban hidup. Hasil analisis digunakan untuk mengevaluasi apakah desain memenuhi syarat kekuatan struktur berdasarkan SNI 1725:2016.

Tabel 1. Input Pembebanan

Beban Permanen	Beban Transien
Berat Sendiri (Dead Load) (MS)	Beban Truk (TT)
Beban Mati Tambahan ditambah Utilitas (MA)	Beban Lajur (TD)
	Gaya Rem
Beban Permanen	Beban Transien
	Beban Angin
	Beban Temperatur
	Beban Seismik

d. Kombinasi Pembebanan

Kombinasi pembebanan pada jembatan adalah rangkaian berbagai jenis beban yang diperhitungkan secara bersama-sama dalam perencanaan struktur jembatan untuk memastikan keamanan, kekuatan, dan keandalannya selama masa layanan. Penjabaran kombinasi pembebanan dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 2. Kombinasi Beban terfaktor

Kombinasi	MS	MA	TT	TD	TB	TP	EWS	Ewl	BF	EU _n	TG	ES	EQ _x	EQ _y
Kuat I (TT)	γ_p	γ_p	1,8		1,8	1,8			1	0,5/1,2	γ_{TG}	γ_{ES}		
Kuat II (TD)	γ_p	γ_p		1,8	1,8	1,8			1	0,5/1,2	γ_{TG}	γ_{ES}		
Kuat I (TT)	γ_p	γ_p	1,4		1,4	1,4			1	0,5/1,2	γ_{TG}	γ_{ES}		
Kuat II (TD)	γ_p	γ_p		1,4	1,4	1,4			1	0,5/1,2	γ_{TG}	γ_{ES}		
Kuat III	γ_p	γ_p					1,4		1	0,5/1,2	γ_{TG}	γ_{ES}		
Kuat IV	γ_p	γ_p							1	0,5/1,2				
Kuat V	γ_p	γ_p					0,4	1	1	0,5/1,2	γ_{TG}	γ_{ES}		
Extreme I (x)	γ_p	γ_p	γ_{EQ}	γ_{EQ}	γ_{EQ}	γ_{EQ}			1				1	0,3
Extreme I (y)	γ_p	γ_p	γ_{EQ}	γ_{EQ}	γ_{EQ}	γ_{EQ}			1				0,3	1
Layan I (TT)	1	1	1		1	1	0,3	1	1	1/1,2	γ_{TG}	γ_{ES}		
Layan I (TD)	1	1		1	1	1	0,3	1	1	1/1,2	γ_{TG}	γ_{ES}		
Layan II (TT)	1	1	1,3		1,3	1,3			1	1/1,2				
Layan II (TD)	1	1		1,3	1,3	1,3			1	1/1,2				
Layan III (TT)	1	1	0,8		0,8	0,8			1	1/1,2	γ_{TG}	γ_{ES}		

Tabel 3 Kombinasi Beban terfaktor (Lanjutan)

Kombinasi	MS	MA	TT	TD	TB	TP	EWS	Ewl	BF	EU _n	TG	ES	EQ _x	EQ _y
Layan III (TD)	1	1		0,8	0,8	0,8			1	1/1,2	γ_{TG}	γ_{ES}		
Layan IV	1	1					0,7		1	1/1,2	1	1		
Fatik (TD)			0,75		0,75	0,75								
Fatik (TT)				0,75	0,75	0,75								

e. Analisis Perlakuan Struktur dari Kedua Tipe Rangka Jembatan

Maka akan didapatkan performa struktur dari kedua tipe rangka jembatan dengan Desain Profil yang mampu menerima beban-beban yang bekerja. Nilai Lendutan Maksimum yang harus memenuhi faktor lendutan Ijin yang disyaratkan, dan Nilai rasio Maksimum yang dikategorikan aman jika lebih kecil dari koefisien 1.

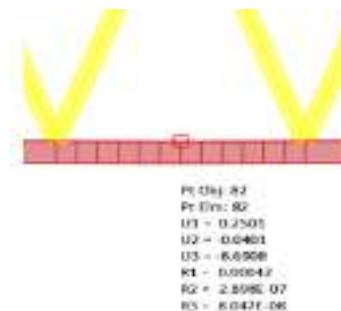
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian yang didapatkan berasal dari output setelah input pembebanan pada software SAP 2000 yang menghasilkan penampang atau profil baja, nilai lendutan maksimum, dan nilai rasio keamanan maksimum pada rangka atas Jembatan tipe *Warren* dan *Camel Back* pada Jembatan Kalibabon, Terboyo, Kota Semarang, Provinsi Jawa Tengah.

Rangka atas jembatan tipe *Warren* dan rangka jembatan tipe *Camel Back* pada jembatan Kalibabon, Terboyo, Kota Semarang dapat menahan beban beban yang bekerja dan dikategorikan aman dengan menggunakan Mutu Baja Grade 60 (ASTM-A572) dengan Profil Baja sebagai berikut dengan kontrol kelangsingan.

- a. Gelagar Melintang = I-WF 900 x 300
- b. Gelagar Memanjang = I-WF 600 x 200
- c. Batang Diagonal = H-Beam 400 x 400
- d. *Top Chord* = H-Beam 400 x 400
- e. *Top Bracing* = H-Beam 300 x 300

Nilai Lendutan Maksimum yang terjadi pada rangka Jembatan Tipe *Warren* jembatan Kalibabon, Terboyo, Kota Semarang dengan Bentang 37,50 m adalah 0,87 cm.



Gambar 3. Lendutan yang terjadi pada Rangka Jembatan tipe *Warren*

$$\delta = 8,6908 \text{ mm} = 0,87 \text{ cm}$$

Sumber : Hasil Penelitian, 2025

```

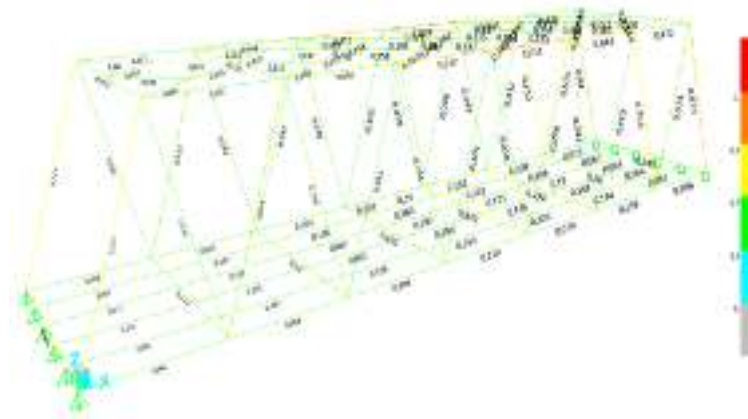
PT ID: 14
Pr ID: 14
H1 = 0.1000
H2 = 1.0000
H3 = 4.0000
H4 = 0.0000
H5 = 1.0000
H6 = 00.00

```

Sumber : Hasil Penelitian, 2025

$$\delta_{ijin} = \frac{L}{600}$$
$$\delta_{ijin} = \frac{37,50}{600} = 0,0625 \text{ m}$$
$$= 6,25 \text{ cm} > \delta = 0,87 \text{ cm} \text{ (Memenuhi)}$$
$$= 6,25 \text{ cm} > \delta = 0,619 \text{ cm} \text{ (Memenuhi)}$$

302



Gambar 5. Hasil Running P.M Ratio Rangka Jembatan Baja Tipe Warren

Sumber : Hasil Penelitian, 2025



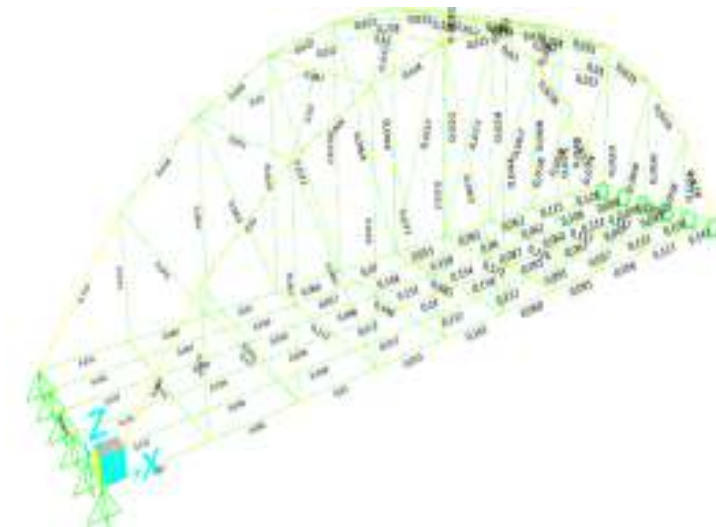
Gambar 6. Hasil Running P.M Ratio Gelagar Melintang Rangka Jembatan Tipe Warren

Berdasarkan Gambar 6 hasil desain dari SAP2000 v22, PM ratio atau rasio terhadap kuat tekan adalah 0,417, berarti profil I-WF 900 x 300 x 34 x 18 masih aman digunakan dan beban tekan sebesar 1045 kN hanya memanfaatkan 41,7% dari kapasitas tekan rencana baja tersebut. Begitu seterusnya pada gelagar memanjang, batang diagonal, *top chord* dan *top bracing* yang dapat dilihat pada Tabel 4.

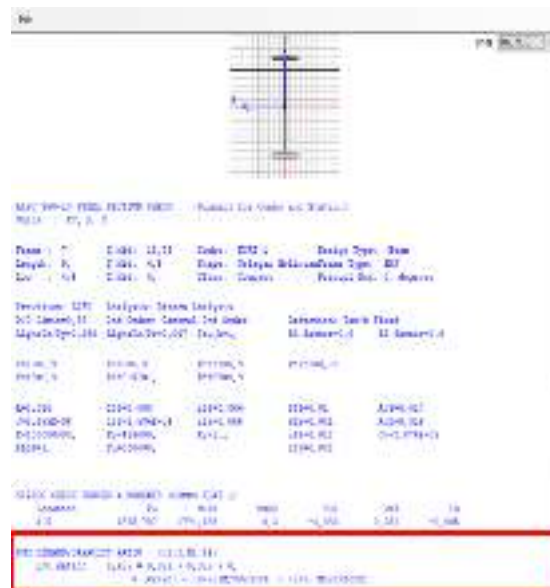
Tabel 4. P.M Ratio Rangka Jembatan tipe *Warren*

No.	Elemen Struktur	Profil Baja	P.M. Ratio	Kode Batang	Kategori
1	Gelagar Melintang	I-WF 900 x 300	0,417	Fr.07	Aman
2	Gelagar Memanjang	I-WF 600 x 200	0,417	Fr. 45	Aman
3	Batang Diagonal	H-Beam 400 x 400	0,322	Fr. 120	Aman
4	Top Chord	H-Beam 400 x 400	0,862	Fr. 88	Aman
5	Top Bracing	H-Beam 300 x 300	0,149	Fr. 139	Aman

Nilai rasio maksimum yang didapatkan pada desain Profil Baja jembatan tipe *Camel Back* tersebut, ditunjukkan pada Gambar 6 dan Tabel 5.

**Gambar 6. Hasil Running P.M Ratio Rangka Jembatan Baja Tipe *Camel Back***

Sumber : Hasil Penelitian, 2025



Gambar 7. Hasil Running P.M Ratio Gelagar Melintang Rangka Jembatan Baja Tipe *Camel Back*

Sumber : Hasil Penelitian, 2025

Berdasarkan Gambar 7 hasil desain dari SAP2000 v22, PM ratio atau rasio terhadap kuat tekan adalah 0,685, berarti profil I-WF 900 x 300 x 34 x 18 masih aman digunakan dan beban tekan sebesar 4375,707 kN hanya memanfaatkan 68,50% dari kapasitas tekan rencana baja tersebut. Begitu seterusnya pada gelagar memanjang, batang diagonal, *top chord* dan *top bracing* yang dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. P.M Ratio Rangka Jembatan tipe *Camel Back*

No.	Elemen Struktur	Profil Baja	P.M. Ratio	Kode Batang	Kategori
1	Gelagar Melintang	I-WF 900 x 300	0,685	Fr.07	Aman
2	Gelagar Memanjang	I-WF 600 x 200	0,07	Fr. 45	Aman
3	Batang Diagonal	H-Beam 400 x 400	0,071	Fr. 120	Aman
4	Top Chord	H-Beam 400 x 400	0,655	Fr. 88	Aman
5	Top Bracing	H-Beam 300 x 300	0,217	Fr. 139	Aman

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan analisis data yang dilakukan dalam penelitian ini, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut :

- a. Dengan penampang atau profil baja yang sama untuk rangka jembatan tipe *Warren* dan rangka jembatan tipe *Camel Back* pada jembatan Kalibabon, Terboyo, Kota Semarang dapat menahan beban yang bekerja dan dikategorikan aman dengan menggunakan Mutu Baja Grade 60 (ASTM-A572) dengan Profil Baja sebagai berikut:
 - a) Gelagar Melintang = I-WF 900 x 300
 - b) Gelagar Memanjang = I-WF 600 x 200
 - c) Batang Diagonal = H-Beam 400 x 400
 - d) *Top Chord* = H-Beam 400 x 400
 - e) *Top Bracing* = H-Beam 300 x 300
- b. Nilai Lendutan Maksimum yang terjadi pada rangka Jembatan Tipe *Warren* jembatan Kalibabon, Terboyo, Kota Semarang dengan Bentang 37,50 m adalah 0,87 cm dan dikategorikan aman terhadap Batas Lendutan Jembatan yaitu sebesar 6,25 cm. Sedangkan nilai Lendutan Maksimum yang terjadi pada rangka Jembatan Tipe *Camel Back* jembatan Kalibabon, Terboyo, Kota Semarang dengan Bentang 37,50 m adalah 0,619 cm dan dikategorikan aman terhadap Batas Lendutan Jembatan yaitu sebesar 6,25 cm.
- c. Nilai rasio maksimum yang terjadi pada rangka Jembatan Tipe *Warren* jembatan, untuk Girder melintang dengan penampang profil I-WF 900 x 300 adalah 0,417, untuk Girder memanjang dengan penampang profil I-WF 600 x 200 adalah 0,417, untuk batang diagonal dengan penampang profil H-Beam 400 x 400 adalah 0,322, untuk *top chord* penampang profil H-Beam 400 x 400 adalah 0,862, dan untuk *top bracing* H-Beam 300 x 300, Nilai P.M Ratio maksimum pada rangka jembatan dengan tipe *warren* dikategorikan aman karena lebih kecil dari koefisien 1. Sedangkan nilai rasio maksimum yang terjadi pada rangka Jembatan Tipe *Camel Back* untuk Girder melintang dengan penampang profil I-WF 900 x 300 adalah 0,685, untuk Girder memanjang dengan penampang profil I-WF 600 x 200 adalah 0,07, untuk batang diagonal dengan penampang profil H-Beam 400 x 400 adalah 0,685, untuk *top chord* penampang profil H-Beam 400 x 400 adalah 0,217, dan untuk *top bracing* H-Beam 300 x 300 juga Nilai P.M Ratio

maksimum pada rangka jembatan dengan tipe *warren* dikategorikan aman karena lebih kecil dari koefisien 1.

Dari penelitian yang telah dilakukan dapat diambil beberapa saran untuk membuat hasil yang lebih akurat pada penelitian berikutnya yaitu untuk melakukan Re-design terhadap struktur bawah Jembatan Kalibabon.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan apresiasi yang tulus kepada Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang atas kesempatan dan fasilitas yang diberikan untuk pelaksanaan penelitian ini. Apresiasi yang sama juga disampaikan kepada Bapak Dr. Ir. Juny Andry Sulisty, S.T., M.T. atas bimbingan, arahan, dan dukungan yang telah diberikan selama proses penelitian.

Semoga penelitian ini dapat memberikan kontribusi yang signifikan bagi kemajuan ilmu pengetahuan, teknologi, dan pembangunan infrastruktur di Indonesia.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2002. "SNI 1729-2020 Spesifikasi untuk bangunan gedung baja struktural". Jakarta. Badan Standarisasi Nasional.
- Anonim. 2016. "SNI 1725-2016 Pembebanan Untuk Jembatan". Jakarta. Badan Standarisasi Nasional.
- Anonim. 2019. "SNI 1727-2019 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur bangunan Gedung dan Non Gedung". Jakarta. Badan Standarisasi Nasional.
- Anonim. 2016. SNI-2833:2016 Standar Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Jembatan. Badan Standar Nasional.
- Anonim. 2023. "Pedoman Kapasitas Jalan Raya Indonesia". Jakarta. Direktorat Jendral Bina Marga.
- Setiawan, A. 2009. Perencanaan Struktur Baja dengan metode LRFD (Berdasarkan SNI 03-1729-2002). Erlangga: Jakarta.
- Stryuk, H.J. Van Deer Veen, H.K.J.W, 1995. Jembatan Terjemahan Soemargono, Jakarta, PT. Pradnya Paramita
- Suangga, M. (2002). "Beban Dinamik Angin pada Jembatan Bentang Panjang", Conference on Long Span Bridge, Tarumanegara University.
- Supriyadi dan Muntohar, 2007. JEMBATAN (Edisi Ke-IV), Beta Offset, Yogyakarta.