

Perencanaan Jembatan Merangin Menggunakan Sistem Busur Rangka

Fitto Bintang Anugrah¹, Suhendra², Wari Dony^{3*}

^{1,2,3}Program Studi Teknik Sipil Universitas Batanghari

Corresponding author: wari.dony@unbari.ac.id

ABSTRAK

Jembatan Merangin merupakan infrastruktur nasional yang berlokasi di Jl. Lintas Sumatra, Provinsi Jambi, Kabupaten Merangin yang dibangun pada masa kepemimpinan Presiden Soeharto dalam proyek pembangunan jalan lintas sumatra, lebih tepatnya Muarobungo sampai Sarolangun, pada April 1980. Dari rentang waktu dan pada kondisi pada tanggal 19 April 2025, jembatan ini tampak mengalami deformasi yang membuat jembatan melendut, namun masih beroperasi. maka dari itu, jembatan direncanakan menggunakan pelengkung dengan menggunakan sistem busur rangka. Perencanaan jembatan ini untuk pembebanan pada jembatan mengacu pada SNI 1725:2016, dan beban gempa jembatan SNI 2833:2016. Dalam menganalisis digunakan program bantu *SAP 2000 v.22*. Dari hasil analisis jembatan, maka digunakan baja profil box 1.000 x 1.000.25 mm untuk busur atas sementara untuk busur bawah profil box 1.150 x 1.150.25 mm. Penggantung (*Hanger*) yang digunakan adalah tipe *tension rod* dengan diameter 98 mm. Dari hasil Analisa yang dilakukan terjadi lendutan untuk kondisi beban kendaraan ditambah dengan beban mati dan beban mati tambahan sebesar 170,144 mm. Sementara untuk kombinasi beban kendaraan ditambah dengan beban hidup atau pejalan kaki terjadi lendutan pada jembatan sebesar 78,974 mm, walaupun demikian kedua kondisi tersebut telah memenuhi syarat untuk lendutan pada jembatan sesuai dengan pedoman persyaratan umum perencanaan jembatan, 2015.

Kata kunci :

Perencanaan Jembatan; Jembatan Busur; Jembatan Busur Rangka

ABSTRACT

The Merangin Bridge is a national infrastructure located on Jl. Lintas Sumatra, Jambi Province, Merangin Regency which was built during the leadership of President Soeharto in the construction project of the Sumatra cross-Sumatra, more precisely Muarobungo to Sarolangun, in April 1980. From the time span and on April 19, 2025, this bridge appears to have undergone a deformation that makes the bridge swollen, but it is still operating. Therefore, the bridge is planned to use archs using a truss arch system. The planning of this bridge for the loading on the bridge refers to SNI 1725:2016, and the earthquake load of the bridge SNI 2833:2016. In the analysis, the auxiliary program SAP 2000 v.22 is used. From the results of the bridge analysis, 1,000 x 1,000.25 mm box profile steel was used for the upper arch while for the 1,150 x 1,150.25 mm profile box lower arch. The hanger used is a tension rod type with a diameter of 98 mm From the results of the analysis carried out, there was a deflection for the condition of the vehicle's load coupled with an additional dead load and dead load of 170.144 mm. Meanwhile, for the combination of vehicle load plus live or pedestrian load, there was a deflection on the bridge of 78.974 mm, even though both conditions have qualified for deflection on the bridge in accordance with the pedoman persyaratan umum perencanaan jembatan, 2015.

Keywords :

Bridge Planning; Arch Bridge; Frame Arch Bridge

PENDAHULUAN

Jembatan Merangin ini terbentang sepanjang 144 m di atas Sungai Merangin. Akibat kondisi penurunan yang terjadi pada jembatan dengan bentang yang cukup Panjang ini, maka telah diberikan Solusi dengan menduplikasi jembatan merangin pada proyek jembatan Merangin II yang selesai pada tahun 2022, walaupun demikian jembatan yang mengalami penurunan masih tetap beroperasi.

Penurunan pada pilar, serta banyaknya angkutan sungai yang tersangkut pada pilar-pilar jembatan ini, maka dipertimbangkan untuk merencanakan struktur atas jembatan tanpa pilar. Struktur atas yang cocok dan efisien dengan bentang jembatan 144 m adalah rangka baja dengan pelengkung atau jembatan busur rangka. Analisa dan faktor – faktor yang diambil serta metode yang digunakan tentu penting dalam perencanaan jembatan pelengkung dengan sistem busur rangka. Dalam hal ini

penulis menggunakan program bantu analisa yakni *SAP 2000 v.22*, untuk merencanakan jembatan busur rangka bentang 144 m, dengan tinggi busur 28 m, dan tinggi tampang busur 5 m.

Tujuan

1. Menganalisis struktur atas jembatan busur rangka dengan peraturan-peraturan yang berlaku.
2. Menerapkan hasil perencanaan struktur atas jembatan busur rangka dalam gambar teknik.

METODE

Dalam penentuan dimensi busur yakni berupa fokus busur, dan tinggi tampang berdasarkan rumusan yang berada pada buku *arch bridges* karya Douglas A. Nettleton tahun 1977, dengan rumusan sebagai berikut :

$$0,16 \leq \frac{f}{L} \leq 0,2 \quad (1)$$

Dengan,

f = Tinggi fokus Busur

L = Panjang jembatan

$$\frac{1}{50} \leq \frac{H}{L} \leq \frac{1}{25} \quad (2)$$

Dengan,

H = Tinggi tampang busur

L = Panjang jembatan

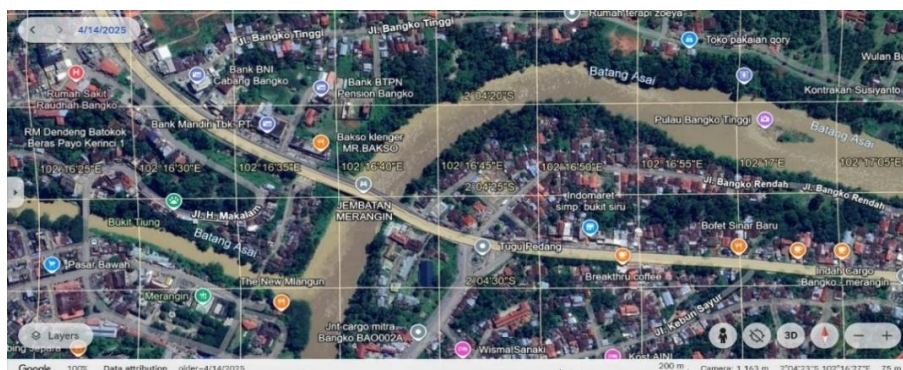
Dalam perencanaan pembebanan pada jembatan digunakan pedoman dari SNI 1725:2016. Beban – beban yang direncanakan adalah beban mati, beban lalu lintas, dan beban aksi lingkungan. Beban lalu lintas diuraikan menjadi beberapa garis besar yakni beban terbagi rata (BTR), beban garis terpusat (BGT), dan beban bergerak truk “T”. Sementara untuk beban aksi lingkungan terdiri atas beban angin, beban temperatur, dan beban gempa. Beban gempa jembatan mempedomani peraturan SNI 2833:2016.

Data yang dikumpulkan berupa data primer dan data sekunder. Data primer yang diambil penulis ambil langsung di jembatan Merangin pada tanggal 19 April 2025, dengan rincian data sebagai berikut :

1. Nama dan Lokasi : Jembatan Merangin, berlokasi di Jl. Lintas Sumatera, Kabupaten Merangin, Provinsi Jambi.
2. Spesifikasi jembatan : Jembatan Merangin memiliki panjang 144 m, terdiri atas 4 pilar dan 2 abutment.
3. Lebar Jembatan : 8,55 m (0,95 m + 3,8 m + 3,8 m + 0,95 m)
4. Material Struktur : struktur atas berupa gelagar baja dengan lapis Permukaan berupa aspal.

Untuk data sekunder penulis peroleh dari PT Karya Maju Bersama dengan proyek Duplikasi Jembatan Merangin II tahun 2019. Data – data yang diperoleh sebagai berikut :

1. Nama Sungai : Batang Merangin
2. Elevasi Muka Air Normal (M.A.N) : + 56,982
3. Elevasi Muka Air Banjir (M.A.B) : + 60,431
4. Data tanah yang didapatkan adalah berupa pengujian SPT (*Standard Penetration Test*) yang dilakukan di 5 titik proyek duplikasi jembatan Merangin II.



Gambar 1. Citra Satelit Lokasi Jembatan Merangin

Sumber : *Google Earth, 2025*

Setelah mendapatkan data – data yang diperoleh maka dilakukan penelitian dengan uraian sebagai berikut:

1. *Preliminary Design*

Dalam bagian ini ditentukan komponen – komponen pada jembatan dengan peraturan – peraturan yang berlaku. Hal – hal yang ditentukan adalah dimensi busur, dimensi penggantung dan panjang busur, tebal pelat lantai, mutu material, dimensi gelagar melintang dan dimensi gelagar memanjang.

2. Analisa Pembebanan

Analisis pembebanan yang dilakukan berdasarkan SNI 1725:2016 peraturan pembebanan jembatan. Dalam perhitungannya digunakan metode faktor beban ultimit.

3. Perencanaan Bangunan Atas Jembatan

Dalam perencanaan bangunan atas jembatan ini terbagi atas dua garis besar yakni perencanaan pelengkap jembatan, dan dimensi rangka jembatan. Bangunan pelengkap jembatan antara lain pipa sandaran, tiang sandaran, trotoar dan kerb. Sementara itu, untuk penentuan dimensi rangka jembatan diuraikan menjadi, perencanaan pelat lantai kendaraan, batang busur (*Ribs*), Batang Penggantung (*Hanger*), serta gelagar – gelagar yang digunakan pada elemen struktur.

4. Analisa Struktur dengan bantuan program *SAP 2000 v.22*

Struktur jembatan pelengkung yang sudah direncanakan lalu dimodelkan pada program bantu dan dianalisa, sehingga menghasilkan gaya – gaya dalam yang muncul pada tiap – tiap penampang struktur yang nantinya dapat dilakukan kontrol terhadap kemampuan penampang yang direncanakan.

5. Kontrol Penampang

Dari hasil analisa program bantu *SAP 2000 v.22* dapat dilakukan kontrol terhadap kemampuan penampang apakah mampu menahan gaya dalam yang muncul pada masing – masing elemen. Dalam hal ini penampang yang diperiksa adalah penampang dengan pengaruh paling besar akibat gaya dalam yang muncul dari pembebanan. Kontrol terhadap gelagar baja yang digunakan berdasarkan RSNI T – 03 – 2005, sementara untuk beton RSNI T – 12 – 2004.

6. Kontrol Elemen Bangunan Atas

Kontrol elemen bangunan atas ini berguna untuk memastikan kondisi jembatan ketika dibebani dengan pembebanan pada masa layan tidak melebihi syarat lendutan total pada struktur jembatan.

7. Perencanaan Sambungan Struktur

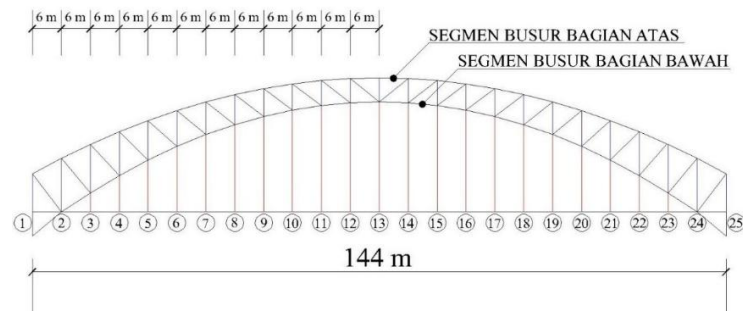
Perencanaan ini difungsikan untuk sekaligus mengontrol kemampuan sambungan itu sendiri dalam menangani gaya – gaya dalam yang timbul pada tiap – tiap titik pertemuan atau titik buhul. Sambungan direncanakan menggunakan baut dan pelat.

8. Gambar Rencana.

Jika semua analisa telah dilakukan dan jembatan telah menjadi sebuah bangunan utuh dan memenuhi syarat – syarat sesuai peraturan yang berlaku maka dibuat gambar teknik perencanaan jembatan busur rangka dengan bantuan program AUTOCAD versi 2021, meliputi gambar layout jembatan, gambar tampak jembatan, gambar potongan, gambar denah dan penulangan plat lantai, gambar detail sambungan.

HASIL

Pelengkung rangka yang digunakan adalah pelengkung rangka diperkaku lantai bawah dengan penggantung adalah *vertikal hanger*. Sebelum masuk ke perhitungan lebih lanjut diperlukan layout jembatan atau bentuk struktur awal jembatan.



Gambar 2. Layout Jembatan

Sumber : Data Olahan, 2025

Tinggi fokus busur rencana adalah 28 m, dengan tinggi tampang busur rencana 5 m. dilakukan pengecekan sebagai berikut :

$$0,16 \leq \frac{28 \text{ m}}{144 \text{ m}} \leq 0,2 = 0,16 \leq 0,194 \leq 0,2; \text{memenuhi}$$

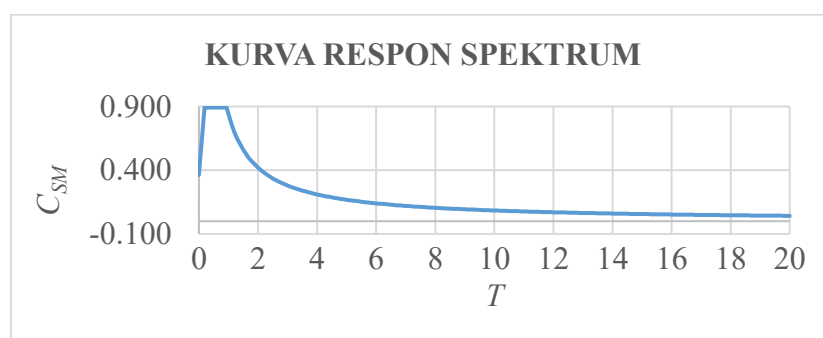
$$\frac{1}{50} \leq \frac{5 \text{ m}}{144 \text{ m}} \leq \frac{1}{25} = 0,02 \leq 0,035 \leq 0,04; \text{memenuhi}$$

Sesuai dengan peraturan pemerintah no.34 Tahun 2006 pasal 16 ayat 3 lebar badan jalan minimum adalah 3,5 m untuk satu lajur untuk dua lajur adalah 7 m. penulis merencanakan lebar jembatan 10 m dengan lebar trotoar 1 m di masing – masing sisi jembatan. Trotoar direncanakan dengan ketinggian 150 mm sementara pelat lantai direncanakan dengan ketebalan minimum 200 mm, ketebalan aspal rencana 10 cm, dengan jarak antar gelagar melintang 2.000 mm. Dengan lebar jalan 10 m maka dimensi untuk gelagar melintang adalah 10 m dengan dimensi gelagar memanjang dan gelagar utama (*main girder*) adalah panjang bentang 144 m dibagi menjadi 24, yakni 6 m.

Material pada jembatan direncanakan untuk mutu beton adalah $f_c' = 34 \text{ MPa}$, mutu tulangan $f_y = 420 \text{ MPa}$, mutu profil baja BJ 55, yang memiliki tegangan leleh = 410 MPa, tegangan putus = 550 MPa. Lalu material juga didapatkan dari brosur perusahaan yang digunakan pada masing – masing gelagar dan fungsinya.

Dalam penentuan analisa pembebanan untuk beban mati terdapat berat profil baja, berat pelat lantai, berat *steel deck*, berat penggantung. Beban mati tambahan adalah berat aspal, berat trotoar. Beban hidup yang bekerja adalah beban pejalan kaki sesuai SNI 1725:2016 sebesar 5 kPa dan beban akibat air hujan = 90 kg/m². Berat profil baja yang digunakan menyesuaikan dengan berat profil dari masing – masing gelagar yang diambil dari brosur masing – masing perusahaan, Berat pelat lantai = 603,2 kg/m², Berat aspal = 291,85 kg/m², Berat trotoar = 452,4 kg/m².

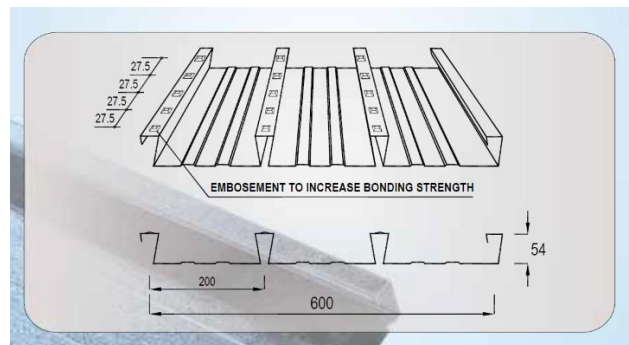
Beban lalu lintas yang berlaku yakni beban terbagi rata (BTR) = 543,8 kg/m², beban garis terpusat (BGT) = 127,4 kN/m, beban truk T = 292,5 kN. beban aksi lingkungan terdiri atas beban temperatur, beban angin dan beban gempa. Beban temperatur direncanakan minimum 15°C dan maximum 45°C. Beban angin direncanakan berada pada daerah kota sebagai bentuk antisipasi, dengan nilai $V_0 = 19,3 \text{ km/jam}$ dan nilai $Z_0 = 2.500 \text{ mm}$. Beban gempa direncanakan dengan metode respon spektrum, dengan kelas situs tanah lunak (SE) dengan nilai $PGA = 0,279$, $S_s = 0,574$, dan $S_1 = 0,301$. Nilai faktor pada gempa didapatkan pada aplikasi LINI binamarga dengan koordinat jembatan, garis bujur (*longitude*) = 102,278125, dan garis lintang (*latitude*) = -2,07358.



Gambar 3. Grafik Respon Spektrum

Sumber : LINI.Binamarga, 2025

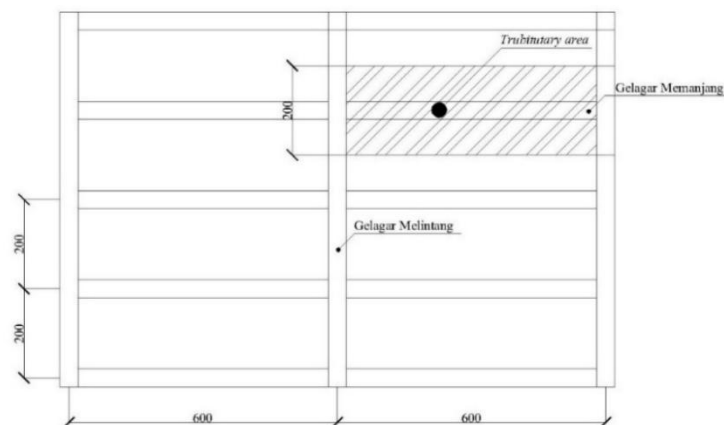
Tiang sandaran direncanakan dengan beton bertulang menggunakan tulangan utama 8D13, dan tulangan geser Ø 10 – 85 mm. Pipa sandaran direncanakan menggunakan pipa baja profil 3½” dengan material JIS G 3452. Trotoar direncanakan dengan ketebalan 150 mm, dengan mutu beton $f_c' = 34$ MPa, dan mutu tulangan baja $f_y = 420$ MPa, tulangan untuk trotoar Ø 13 – 70 mm.



Gambar 4. Union Floor Deck II

Sumber : PT Union Metal, 2021

Pelat lantai kendaraan direncanakan dengan tulangan D19 – 300 mm dan tulangan susut D10 – 200 mm. Pelat lantai kendaraan juga direncanakan menggunakan *steel deck* dengan referensi union floor deck II.



Gambar 5. Tributary Area Gelagar Memanjang

Sumber : Data Olahan, 2025

Gelagar memanjang direncanakan menggunakan profil WF 700 x 300 x 13 x 24 yang diambil dari referensi produk PT Garuda Yamato Steel. Berdasarkan pembebanan yang berlaku pada gelagar memanjang maka didapatkan hasil berupa gaya geser (V_u) = 143.949 N, dan momen (M_u) = 215.923.500 N.mm, maka kontrol kapasitas penampang gelagar memanjang :

$$\begin{aligned}
 M_n &= C_b \times \left[M_r + (M_p - M_r) \frac{L_r - L}{L_r - L_p} \right] \leq M_p & (3) \\
 &= 1,136 \times \left[1.857.428.572 \text{ Nmm} \right. \\
 &\quad \left. + (2.864.000.000 \text{ Nmm} \right. \\
 &\quad \left. - 1.857.428.572 \text{ Nmm}) \frac{6.154,980 \text{ mm} - 6.000 \text{ mm}}{6.154,980 \text{ mm} - 2.622,604 \text{ mm}} \right] \\
 &= 2.160.207.421 \text{ N.mm}
 \end{aligned}$$

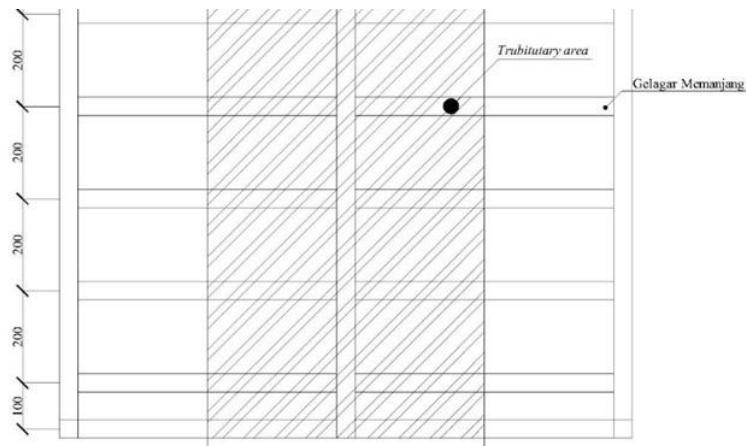
Dengan syarat,

$$\phi M_n \geq \phi M_u \tag{4}$$

$$0,90 \times 2.160.207.421 \text{ Nmm} \geq 215.923.500 \text{ Nmm}$$

1.944.186.679 Nmm \geq 215.923.500 Nmm; Memenuhi Syarat

Maka gelagar WF 700 x 300 x 13 x 24 dapat digunakan.



Gambar 6. Tributary Area Gelagar Melintang

Sumber : Data Olahan, 2025

Gelagar melintang direncanakan menggunakan profil Nshyper HY 950 x 400 x 22 x 40 diambil dari referensi produk PT Nippon Steel Indonesia. Berdasarkan pembebanan yang berlaku pada gelagar memanjang maka didapatkan hasil berupa gaya geser (V_u) = 599.130 N, dan momen (M_u) = 1.863.450.000 N.mm, $f_{b_{top}} = 94,349$ MPa maka kontrol kapasitas penampang gelagar memanjang :

$$F_B = 0,66 \times f_y$$

$$= 0,66 \times 325 \text{ MPa}$$

$$= 214,5 \text{ MPa}$$

Dengan syarat,

$$\frac{f_{b_{top}}}{F_B} = \frac{94,349 \text{ MPa}}{214,5 \text{ MPa}} < 1,1$$

$$= 0,44 < 1,1; \text{ memenuhi syarat}$$

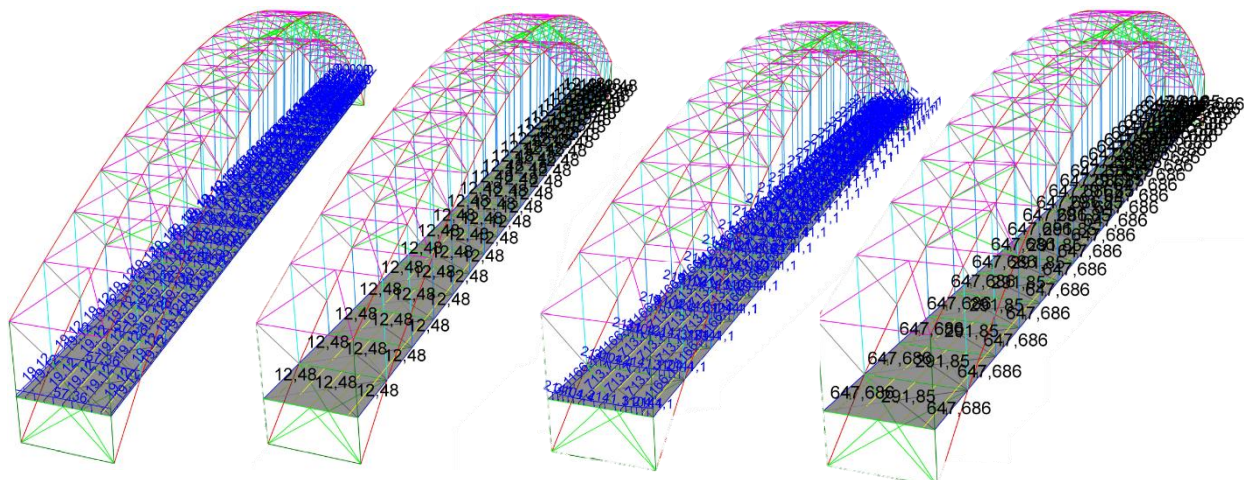
Maka gelagar profil Nshyper HY HY 950 x 400 x 22 x 40, memenuhi syarat dan dapat digunakan.

Perencanaan penggantung menggunakan referensi gelagar yang diproduksi dari *macalloy corporate*, dengan tipe *macalloy 520*. Beban yang bekerja pada kabel $P_u = 973,308$ kN. penggunaan kabel ini harus memenuhi syarat yakni :

$$P_u = 973,308 \text{ kN} < \text{minimum breaking load} = 5.279 \text{ kN}; \text{ memenuhi}$$

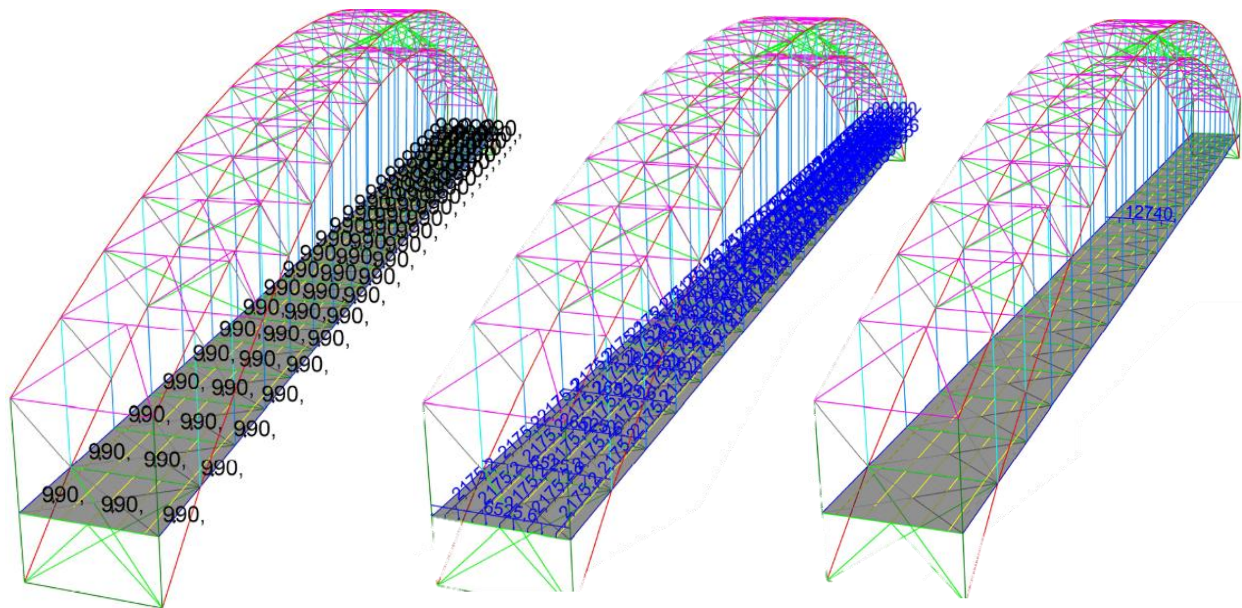
Maka, penggantung *macalloy 520* dapat digunakan.

Beban yang sudah dihitung dapat dimodelkan pada *SAP 2000 v.22* agar dapat dianalisa dan mendapatkan nilai gaya dalam pada struktur.



Gambar 7. Pemodelan Beban secara berurutan dari kiri, beban mati pada gelagar memanjang dan melintang, beban mati pada pelat lantai kendaraan, beban mati tambahan pada gelagar memanjang, gelagar melintang, dan beban mati tambahan pada pelat lantai kendaraan.

Sumber : Data Olahan, 2025



Gambar 8. Pemodelan Beban secara berurutan dari kiri, beban hidup pada pelat lantai kendaraan, beban terbagi rata (BTR), beban garis terpusat (BGT),
Sumber : Data Olahan, 2025

Setelah memodelkan jembatan pada *SAP 2000 v.22* dan memasukkan beban – beban yang bekerja pada struktur jembatan maka dapat dilakukan analisa, setelah itu akan didapatkan gaya dalam berupa gaya aksial, gaya geser dan momen. Untuk analisa digunakan nilai – nilai ekstrim yang didapat pada masing masing elemen, berikut hasilnya :

Tabel 1. Hasil Analisa Dengan Program Bantu *SAP 2000 v.22*

Elemen	Gaya Aksial	Gaya Geser	Momen
	N_u N	V_u N	M_u N.mm
Busur bagian atas	-33.524.480	-116.404,44	172.225.387
Busur bagian bawah	-37.876.151	944.663,72	5.729.947.209
Gelagar utama (<i>Main Girder</i>)	16.089.569,62	-547.064,07	2.100.229.666
Rangka vertikal	-3.953.541,32 2.734.243,35	0 0	0 0
Rangka diagonal	6.312.740,36 -1.956.430,17	0 0	0 0
Penggantung (<i>hanger</i>)	5.267.051,2	0	0

Sumber : Data Olahan, 2025

Busur atas yang digunakan adalah profil box 1000 x 100.25 mm dari PT Gunung Raja Paksi dengan gaya dengan pengaruh paling besar, gaya aksial = 33.524.480 N; nilai geser = - 116.404,44 N; dan momen = 172.225.387 N.mm. dengan syarat :

$$N_n = (0,66^{\lambda c^2}) \times A_g \times f_y \tag{8}$$

$$= (0,66^{0,15^2}) \times 975 \times 10^2 \text{ mm}^2 \times 410 \text{ Mpa}$$

$$= 39.603.011 \text{ N}$$

$$\phi N_n = 0,85 \times 39.603.011 \text{ N}$$

$$= 33.662.559 \text{ N}$$

Maka, untuk syarat komponen tekan nilai geser syarat adalah $N_u < \phi N_n$. Dari nilai $N_u = 33.524.480 \text{ N} < \phi N_n = 33.662.559 \text{ N}$; memenuhi syarat.

$$M_P = Z_x \times f_y \tag{9}$$

$$= 30.915.625 \text{ mm}^3 \times 410 \text{ MPa}$$

$$= 12.670.000.000 \text{ N.mm}$$

$$\begin{aligned}\phi M_n &= 0,9 \times 12.670.000.000 \text{ N.mm} \\ &= 11.403.000.000 \text{ N.mm}\end{aligned}$$

Maka untuk momen sesuai dengan syarat $\phi M_n = 11.403.000.000 \text{ N.mm} \geq M_u = 172.225.387 \text{ N.mm}$, maka penampang telah memenuhi syarat momen.

$$\begin{aligned}V_n &= 0,6 \times f_y \times A_w \\ &= 0,6 \times 410 \text{ MPa} \times 25.000 \text{ mm}^2 \\ &= 6.150.000 \text{ N}\end{aligned} \tag{10}$$

$$\begin{aligned}\phi V_n &= 0,9 \times 6.150.000 \text{ N} \\ &= 5.535.000 \text{ N}\end{aligned}$$

Sesuai dengan syarat $V_u = 116.404,44 \leq \phi V_n = 5.535.000 \text{ N}$, Memenuhi syarat. Maka profil box 1.000 x 1.000.25 mm dapat digunakan.

Busur bawah yang digunakan adalah profil box 1.150 x 1.150.25 mm dari PT Gunung Raja Paksi dengan gaya dengan pengaruh paling besar, gaya aksial = 37.876.151 N; nilai geser = 944.643,72 N; dan momen = 5.729.247.209 N.mm. dengan syarat :

$$\begin{aligned}N_n &= (0,66^{\lambda c^2}) \times A_g \times f_y \\ &= (0,66^{0,15^2}) \times 1.125 \times 10^2 \text{ mm}^2 \times 410 \text{ Mpa} \\ &= 45.643.009,21 \text{ N}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Phi N_n &= 0,85 \times 45.643.009,21 \text{ N} \\ &= 38.796.557,83 \text{ N}\end{aligned}$$

Maka, untuk syarat komponen tekan nilai geser syarat adalah $N_u < \phi N_n$. Dari nilai $N_u = 37.876.151 \text{ N} < \phi N_n = 38.796.557,83 \text{ N}$; memenuhi syarat.

$$\begin{aligned}M_p &= Z_x \times f_y \\ &= 45.939.300 \text{ mm}^3 \times 410 \text{ MPa} \\ &= 18.835.113.000 \text{ N.mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\phi M_n &= 0,9 \times 18.835.113.000 \text{ N.mm} \\ &= 16.951.601.700 \text{ N.mm}\end{aligned}$$

Maka untuk momen sesuai dengan syarat $\phi M_n = 11.403.000.000 \text{ N.mm} \geq M_u = 172.225.387 \text{ N.mm}$, maka penampang telah memenuhi syarat momen.

$$\begin{aligned}V_n &= 0,6 \times f_y \times A_w \\ &= 0,6 \times 410 \text{ MPa} \times 28.750 \text{ mm}^2 \\ &= 7.072.500 \text{ N}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\phi V_n &= 0,9 \times 7.072.500 \text{ N} \\ &= 6.365.250 \text{ N}\end{aligned}$$

Sesuai dengan syarat $V_u = 944.663,72 \text{ N} \leq \phi V_n = 6.365.250 \text{ N}$, Memenuhi syarat. Maka profil box 1.150 x 1.150.25 mm dapat digunakan.

Sambungan pada busur atas menggunakan pelat penyambung dengan ketebalan 35 mm, dan baut diameter 35 mm. Dengan mutu A490 dengan perhitungan jumlah baut sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\frac{M_x}{H} &= \frac{\text{Beban yang bekerja searah (Rx)} : 172.225.387 \text{ N.mm}}{1.000 \text{ mm}} \\ &= 172.225 \text{ N}\end{aligned} \tag{11}$$

$$\begin{aligned}\frac{M_y}{B} &= \frac{\text{Beban yang bekerja searah (Ry)} : 394.989.496 \text{ N.mm}}{800 \text{ mm}} \\ &= 493.737,87 \text{ N}\end{aligned} \tag{12}$$

$$\begin{aligned}R_{total} &= R_x + R_y + aksial \\ &= 172.225 \text{ N} + 493.737,87 \text{ N} + 33.524.480 \text{ N} \\ &= 34.190.442,87 \text{ N}\end{aligned} \tag{13}$$

1. Baut pada bagian web

$$\begin{aligned}N_{web} &= \frac{H}{H+B} \times \frac{1}{2} \times R_{tot} \\ &= \frac{1.000 \text{ mm}}{1.000 \text{ mm} + 800 \text{ mm}} \times \frac{1}{2} \times 34.190.442,87 \text{ N} \\ &= 9.497.345,242 \text{ N}\end{aligned} \tag{14}$$

$$n = \frac{\text{Aksial}}{0,75 \times N_{tf}} \tag{15}$$

$$= \frac{9.497.345,242 \text{ N}}{0,75 \times 473.202 \text{ N}}$$

$$= 26,76 \text{ buah baut} \approx 28 \text{ buah baut}$$

2. Baut pada bagian *flens*

$$N_{flens} = \frac{B}{H+B} \times \frac{1}{2} \times R_{tot}$$

$$= \frac{800 \text{ mm}}{1.000 \text{ mm} + 800 \text{ mm}} \times \frac{1}{2} \times 34.190.442,87 \text{ N}$$

$$= 7.597.876,193 \text{ N}$$

$$N = \frac{\text{Aksial}}{0,75 \times N_{tf}}$$

$$= \frac{7.597.876,193 \text{ N}}{0,75 \times 473.202 \text{ N}}$$

$$= 21,408 \text{ buah baut} \approx 24 \text{ buah baut}$$

Sambungan pada busur bawah menggunakan pelat penyambung dengan ketebalan 35 mm, dan baut diameter 35 mm. Dengan mutu A490 dengan perhitungan jumlah baut sebagai berikut :

Beban yang bekerja searah (Rx) :

$$\frac{M_x}{H} = \frac{5.729.947.209 \text{ N.mm}}{1.150 \text{ mm}}$$

$$= 4.982.562,79 \text{ N}$$

Beban yang bekerja searah (Ry) :

$$\frac{M_y}{B} = \frac{136.488.726 \text{ N.mm}}{1.000 \text{ mm}}$$

$$= 136.488,726 \text{ N}$$

$$R_{total} = Rx + Ry + aksial$$

$$= 4.982.562,79 + 136.488,726 \text{ N} + 37.876.151 \text{ N}$$

$$= 42.995.202,52 \text{ N}$$

1. Baut pada bagian *web*

$$N_{web} = \frac{H}{H+B} \times \frac{1}{2} \times R_{tot}$$

$$= \frac{1.150 \text{ mm}}{1.150 \text{ mm} + 1.000 \text{ mm}} \times \frac{1}{2} \times 42.995.202,52 \text{ N}$$

$$= 11.498.716,95 \text{ N}$$

$$n = \frac{\text{Aksial}}{0,75 \times N_{tf}}$$

$$= \frac{11.498.716,95 \text{ N}}{0,75 \times 473.202 \text{ N}}$$

$$= 32,4 \text{ buah baut} \approx 34 \text{ buah baut}$$

2. Baut pada bagian *flens*

$$N_{flens} = \frac{B}{H+B} \times \frac{1}{2} \times R_{tot}$$

$$= \frac{1.000 \text{ mm}}{1.000 \text{ mm} + 1.150 \text{ mm}} \times \frac{1}{2} \times 42.995.202,52 \text{ N}$$

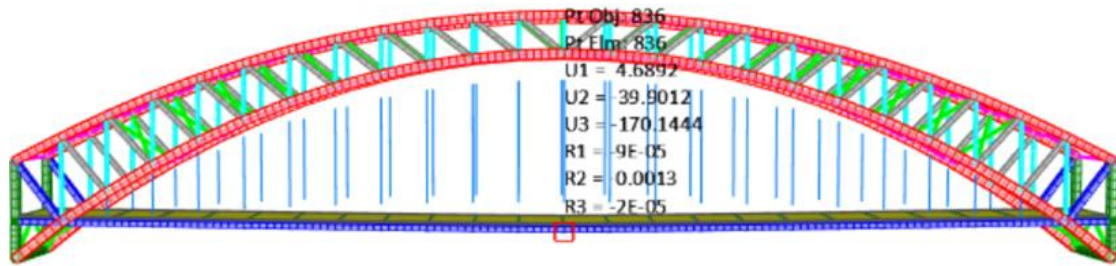
$$= 9.998.888,307 \text{ N}$$

$$n = \frac{\text{Aksial}}{0,75 \times N_{tf}}$$

$$= \frac{7.597.876,193 \text{ N}}{0,75 \times 473.202 \text{ N}}$$

$$= 28,17 \text{ buah baut} \approx 30 \text{ buah baut}$$

Pada analisa yang dilakukan terjadi gaya dengan pengaruh paling besar pada busur bawah dibanding busur atas, tampak dari hasil analisa busur atas mengalami gaya aksial sebesar 33.524.480 N, sementara untuk busur bawah sebesar 37.876.151 N. Hal ini membuat kebutuhan penampang untuk busur bawah jauh lebih besar ketimbang busur atas. Gaya dalam yang timbul paling besar berdasarkan kombinasi pembebanan kuat I kombinasi pembebanan dari SNI 1725:2016 yang mana penulis memodelkan truk terisi penuh semua pada jembatan di semua lajur rencana. Dari seluruh perencanaan dan batasan – batasan ataupun kontrol yang sudah dilakukan maka didapatkan nilai lendutan untuk kondisi beban kendaraan, beban mati dan beban mati tambahan sebesar 170.144 mm, sementara untuk kondisi beban kendaraan ditambah dengan beban hidup atau pejalan kaki terjadi lendutan dengan nilai 78.974 mm. Dilakukan pemeriksaan lendutan sesuai dengan pedoman persyaratan umum jembatan 2015 sebagai berikut :



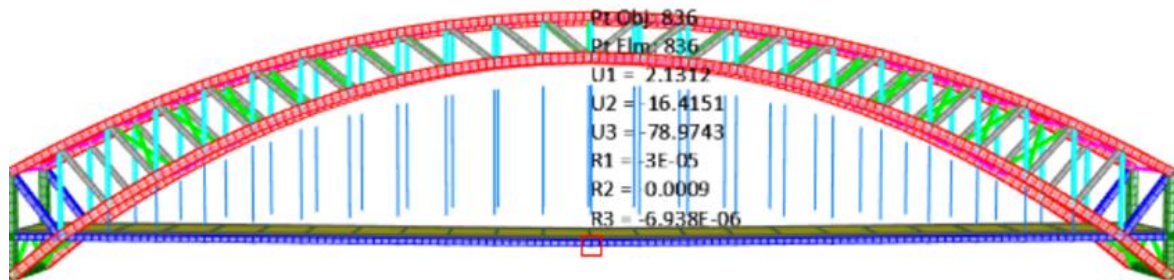
Gambar 9. Hasil Analisa *SAP 2000 v.22*, lendutan kondisi beban kendaraan ditambah dengan beban mati dan beban mati tambahan

Sumber : *Data Olahan, 2025*

1. Periksa lendutan untuk kondisi beban kendaraan ditambah dengan beban mati dan beban mati tambahan

Lendutan total

$$\begin{aligned}
 &< \frac{L}{800} \\
 170,144 \text{ mm} &< \frac{144.000 \text{ mm}}{800} \\
 170,144 \text{ mm} &< 180 \text{ mm}; \text{memenuhi}
 \end{aligned}$$



Gambar 10. Hasil Analisa *SAP 2000 v.22*, lendutan kondisi beban kendaraan ditambah dengan beban hidup atau pejalan kaki

Sumber : *Data Olahan, 2025*

2. Periksa lendutan untuk kondisi beban kendaraan ditambah dengan beban hidup atau beban pejalan kaki

Lendutan total

$$\begin{aligned}
 &< \frac{L}{1000} \\
 78,974 \text{ mm} &< \frac{144.000 \text{ mm}}{1000} \\
 78,974 \text{ mm} &< 144 \text{ mm}; \text{memenuhi}
 \end{aligned}$$

SIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dengan pedoman yang berlaku untuk perencanaan jembatan busur rangka dengan bentang 144 m untuk lebar jalan 10 m, dan lebar trotoar 1 m, serta tinggi fokus busur 28 m dan tinggi tampang pada busur 5 m didapatkan hasil berupa :

1. Pelat lantai kendaraan dengan ketebalan 200 mm, dilapisi aspal dengan ketebalan 10 cm, dengan mutu material untuk pelat lantai kendaraan yakni beton $f_c' = 34 \text{ MPa}$, mutu tulangan $f_y = 420 \text{ MPa}$ dengan tambahan *steel deck* $f_y = 410 \text{ MPa}$. Berdasarkan material yang digunakan maka tulangan pelat lantai pasang adalah D16 – 300 mm, dan untuk tulangan susut digunakan D10 – 200 mm dengan mutu tulangan $f_y = 420 \text{ MPa}$. dalam tahapan pemeriksaannya ada dua tahapan yakni kontrol terhadap momen nominal dan kontrol terhadap geser pons. Hasil analisa untuk momen nominal syaratnya $M_n\text{-aktual} = 5.905,142 \text{ kgm} \geq \phi M_n = 4.678,729 \text{ kgm}$, dan untuk kontrol terhadap geser pons $V_u = 292,5 \text{ kN} < \phi V_c = 543,049 \text{ kN}$.
2. Mutu untuk profil baja yang digunakan sesuai dengan SNI dengan sifat mekanis baja struktural untuk BJ 55 dengan $f_y = 410 \text{ MPa}$ dan $f_u = 550 \text{ MPa}$.

3. Gelagar memanjang yang digunakan adalah WF 700 x 300 dengan hasil pemeriksaan terhadap lendutan yang terjadi $\Delta_0 = 4,969 \text{ mm} < \text{lendutan syarat untuk penampang bentang } 6.000 \text{ mm } \Delta = 7,5 \text{ mm}$.
4. Gelagar melintang yang digunakan adalah WF dengan tipe *nshyper beam* 950 x 400. Hasil pemeriksaan terhadap lendutan yang terjadi $\Delta_0 = 11,336 \text{ mm} < \text{lendutan syarat untuk penampang bentang } 10.000 \text{ mm } \Delta = 12 \text{ mm}$.
5. Gelagar yang digunakan untuk busur atas adalah profil box 1.000 x 1.000.25 mm. Dilakukan kontrol terhadap kuat geser dan lentur, dan tekan lentur. Dalam syarat untuk kontrol kuat geser lentur yang dihasilkan adalah bernilai $0,028 \leq 1,375$. Sedangkan untuk pemeriksaan nilai tekan lentur = $0,542 \leq 1$.
6. Gelagar yang digunakan untuk busur bawah adalah profil box 1.150 x 1.150.25 mm. Dilakukan kontrol terhadap kuat geser dan lentur, dan tekan lentur. Dalam syarat untuk kontrol kuat geser lentur yang dihasilkan adalah bernilai $0,43 \leq 1,375$. Sedangkan untuk pemeriksaan nilai tekan lentur = $0,789 \leq 1$.
7. Gelagar yang digunakan untuk gelagar utama (*main girder*) adalah profil box 700 x 700.25 mm. Dilakukan kontrol terhadap kuat geser dan lentur, dan tekan lentur. Dalam syarat untuk kontrol kuat geser lentur yang dihasilkan adalah bernilai $0,505 \leq 1,375$. Sedangkan untuk pemeriksaan nilai tekan lentur = $0,917 \leq 1$.
8. Kabel yang digunakan dengan tipe Macalloy 520 carbon steel, dengan dimensi M105, *nominal bar diameter* = 103 mm, *design resistance to EC3 NR*, $d = 3.801 \text{ kN}$; *minimum yield load* 3.979 kN; *minimum break load* = 5.279 kN; *Nominal bar weight* = 68,0 kg/m. dari spesifikasi *minimum break load* maka dapat ditentukan syarat penggunaan kabel. Dari hasil analisa untuk kombinasi kuat I dengan lajur terisi semua kabel mengalami gaya aksial sebesar 5.267 kN. Nilai gaya aksial yang terjadi lebih kecil dibanding syarat spesifikasi *break load*.
9. Gelagar yang digunakan untuk batang vertikal adalah profil box 350 x 350.19 mm. Dilakukan kontrol dengan parameter gaya aksial. Gaya aksial maksimum yang terjadi pada batang vertikal (N_v) = $3.953.541,32 \text{ N} < \phi N_n = 4.389.918,757 \text{ N}$.
10. Gelagar yang digunakan untuk batang diagonal adalah profil WF 600 x 300. Dilakukan kontrol dengan parameter gaya aksial. Gaya aksial maksimum yang terjadi pada batang vertikal (N_u) = $6.312.740,36 \text{ N} < \phi N_n = 6.739.200 \text{ N}$.

DAFTAR PUSTAKA

- Affandhie, R. B. A., Chomaedhi, C., & Hardiyanto, E. (2018). *Modifikasi Desain dan Metode Pelaksanaan Duplikasi Jembatan Sembayat Kabupaten Gresik pada STA 0+ 350–STA 0+ 530 dengan Sistem Jembatan Busur Rangka Baja*. *Jurnal Aplikasi Teknik Sipil*, 16(1), 31-46.
- A.Nettleton, D. (1997). *Arch Bridges*. Washington D.C: U.S. Department Of Transportation.
- AASHTO. (2007). *LRFD Bridge Design Specifications, 4th edition*. Washington DC: SI units.
- Badan Standarisai Nasional. (2017). *Perancangan Jembatan Pelengkung*. Jakarta: Pd 01 - 2017 - B.
- Badan Standarisasi Nasional. (2013). *SNI 2847:2013 Tentang Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung*. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. (2004). *Perencanaan Struktur Beton Untuk Jembatan*. Jakarta: RSNI T - 12 - 2004.
- Badan Standarisasi Nasional. (2005). *Pelaksanaan Pekerjaan Beton Untuk Jalan dan Jembatan*. Jakarta: Pd T - 07 - 2005 - B.
- Badan Standarisasi Nasional. (2005). *Perencanaan Struktur Baja Untuk Jembatan*. Jakarta: RSNI T - 03 - 2005.
- Badan Standarisasi Nasional. (2016). *Perencanaan Jembatan Terhadap Beban Gempa*. Jakarta: SNI 2833:2016.
- Beyer, L. (2012). *Arched Bridges*.
- Chen, W. -F., & Duan, L. (2014). *Bridge Engineering Handbook Second edition : Superstructure Design*. USA: CRC Press.
- Dewobroto, W. (2016). *Struktur Baja - Perilaku, Analisis dan Desain - AISC 2010*. Tangerang: Teknik Sipil UPH.

- kementrian PUPR. (2018). *Permen PUPR No. 5/PRT/M/2018 Tahun 2018 tentang Penetapan Kelas Jalan Berdasarkan Fungsi Dan Intensitas Lalu Lintas Serta Daya Dukung Menerima Muatan Sumbu Terberat Dan Dimensi Kendaraan Bermotor*. Jakarta.
- Kementrian PUPR. (2022). *Buku Saku Petunjuk Konstruksi Jembatan*. Jakarta.
- Kementrian PUPR. (2024). *Permen PUPR No. 13 Tahun 2024 tentang Kelas Jalan Berdasarkan Penggunaan Jalan Serta Kelancaran Lalu Lintas Dan Angkutan Jalan*. Jakarta.
- Laksono, F. R., & Irawan, D. (2017). *Modifikasi Perencanaan Jembatan Kalibambang Kab. Blitar–Kab. Malang Menggunakan Busur Rangka Baja*.
- Pemerintah Republik Indonesia. (2006). *Permen No. 34 Tahun 2006 Tentang Jalan*. Jakarta.
- Prasmoro, R., Masiran, H. S., & Wahyuni, E. (2017). Modifikasi Jembatan Sembayat Baru II Menggunakan Sistem Jembatan Busur Rangka Baja. *Jurnal Teknik ITS*, 6(1), C13-C18.
- Presiden Republik Indonesia. (2004). *Undang Undang No. 38 Tahun 2004*. Jakarta.
- Setiawan, A. (2008). *Perencanaan Struktur Baja Dengan Metode LRFD*. Semarang: Erlangga.
- Supriyadi, B., & Muntohar, A. S. (2007). *Jembatan*. Yogyakarta: BETA OFFSET.
- Suryanugraha, S. (2025). Dasar – Dasar Perencanaan Jembatan Bentang Panjang – Jembatan Pelengkung Baja [Powerpoint Slides]. Didapat dari seminar SipilPedia Series Perencanaan Jembatan, *Suspension Bridge, Cable Stayed Bridge, dan Arch Steel Bridge*.