

**Desain Girder Jembatan Sungai Terkul Menggunakan Struktur Komposit
Berdasarkan Pembebanan SNI 1725:2016
(Studi Kasus :Kelurahan Terkul, Kecamatan Rupert)**

Alamsyah¹, Dede Ariyanti²

Program Studi DIV-Teknik Perancangan Jalan dan Jembatan, Jurusan Teknik Sipil
Politeknik Negeri Bengkalis
alamsyah@polbeng.ac.id¹, Dedearyanti720@gmail.com²

Abstract

The Terkul river bridge connecting RT.03 to RT.07 at Rupert district with span length of 30 m and width of 6 m was built in 2013 using standard loading of RSNI T-02-2005. This paper aims to use the new standard loading of SNI 1725:2016 and applies a composite structure in determining an effective dimension of bridge girder. The structure design also still uses RSNI T-12-2004 for concrete and RSNI I-03-2005 for bridge steel structures. The design result shows span length of 32 m and width of 6 m. Main girder uses the WF profile 1200.300.20.28 mm and shear connector of diameter 24 mm classified by the high strength A325 bolts.

Keywords: Girder composite, SNI 1725:2016

1. PENDAHULUAN

Jembatan sungai terkul merupakan akses jalan yang menghubungkan antara RT.03 menuju ke RT.07 Kec.Rupert dengan panjang bentang 30 m dan lebar 6 m, jembatan tersebut dibangun pada tahun 2013 sehingga pada saat tahap perencanaan masih menggunakan standar pembebanan lama yaitu RSNI T-02-2005. Seiring dengan bertambahnya waktu RSNI T-02-2005 diperbarui menjadi SNI 1725:2016. Karena telah terjadi perubahan peraturan, oleh karena itu perlu dilakukan peninjauan dan analisis kembali dari jembatan yang telah dibangun.

Berdasarkan Standar Bina Marga bentang maksimum untuk jembatan komposit antara 10 – 40 m, sehingga untuk perencanaan jembatan dengan panjang bentang 32 m lebih ekonomis menggunakan struktur komposit. Struktur utama girder memanjang dirancang sebagai sistem komposit antara gelagar baja dan beton.

Sistem balok komposit paling sesuai diterapkan pada balok yang mendukung lantai (yang terbuat dari beton bertulang tentunya), pada bangunan gedung atau jembatan. Pada sistem balok lantai, susah membedakan dari tampilan luarnya apakah sistemnya non-komposit atau komposit. Perbedaan hanya ditentukan oleh keberadaan *shear stud* atau *shear connector* yang tertanam dalam pelat betonnya, yang menyebabkan kedua komponen struktur (profil baja dan lantai beton) berperilaku komposit. Untuk menghubungkan antara balok dalam 1 girder maka diperlukan sambungan pada pelat badan dan pelat sayap, direncanakan menggunakan sambungan baut yang dipasang minimum dua baris setiap sisinya, hal ini bertujuan untuk mempermudah pemasangan, dan untuk menjaga stabilitas selama proses konstruksi berlangsung (Wiryanto Dewobroto, 2016).

2. TINJAUAN PUSTAKA

Perkembangan infrastruktur dalam dunia teknik sipil harus diimbangi dengan pemenuhan kebutuhan standarsisasi nasional (SNI). Banyak SNI yang telah beredar untuk menggantikan peraturan standarisasi sebelumnya, salah satunya SNI 1725:2016 untuk pembebanan jembatan. SNI ini ditetapkan pada bulan juni tahun 2016 untuk menggantikan atau merevisi

pendahulunya, salah satunya yaitu SNI 03 1725 1989 Pembebanan Jembatan Jalan Raya dan RSNI T-02-2005 Pembebanan Jembatan (Y.Djoko Setiyarto dan R.Fahmi, 2017)

Terdapat beberapa perbedaan antara RSNI T-02-2005 dan SNI 1725:2016 yaitu pada distribusi beban lajur “D” dalam arah melintang, faktor distribusi beban truk “T”, kombinasi beban, beban gempa, beban angin, dan beban fatiq. Kombinasi pembebanan berdasarkan SNI 1725:2016 mempertimbangkan keadaan batas hingga 11 macam yaitu: Kuat I, Kuat II, Kuat III, Kuat IV, Ekstrim I, Ekstrim II, Layan I, Layan II, Layan III, Layan IV, dan Fatik. Sedangkan kombinasi pembebanan berdasarkan RSNI T-02-2005 hanya mempertimbangkan 7 keadaan batas yaitu: Kombinasi 1, Kombinasi 2, Kombinasi 3, Kombinasi 4, Kombinasi 5, Kombinasi 6 dan Kombinasi 7.

Konstruksi komposit adalah sebuah konstruksi yang bahan-bahannya merupakan perpaduan dari dua jenis material yang berbeda sifat, yang disatukan sedemikian rupa, sehingga bekerja sama dalam memikul beban. Pada mulanya balok baja hanya dipakai sebagai penopang pelat lantai, namun terjadi lendutan besar yang diakibatkan oleh beban yang harus dipikul balok baja tersebut. Pelat beton dan baja mengalami deformasi sendiri-sendiri sehingga terjadi pergeseran antara pelat baja dan beton karena tidak ada penahan (Ir.Thamrin Nasution, 2012).

Dalam perencanaan girder perlu dilakukan preliminary girder atau pemilihan dimensi girder bertujuan untuk mempermudah dalam perencanaan gelagar komposit yang sesuai dengan bentang jembatan yang akan direncanakan. Untuk perhitungan preliminary girder mengacu kepada AASHTO 6th EDITION 2012 mencakup ukuran tinggi girder (D), Lebar sayap (bf), tebal sayap (tf) dan lebar badan (tw).

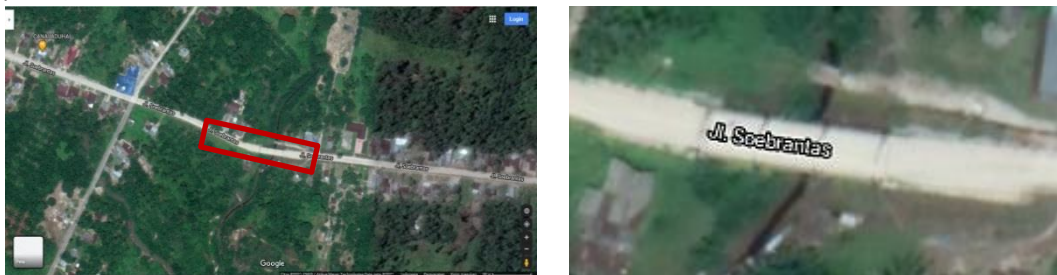
Adapun kajian terdahulu tentang perencanaan jembatan menggunakan struktur komposit dapat diuraikan sebagai berikut:

- a. Dari hasil perencanaan jembatan komposit di Jl. Datuk Laksamana dengan bentang 20 m didapat perhitungan perencanaan analisa perencanaan pembebanan diperoleh momen ultimit sebesar 4302,7 kN.m dan gaya geser ultimit sebesar 725,35 kN, ukuran girder yang digunakan profil WF 900 x 300 x 16 x 28 mm, ukuran diafragma profil WF 500 x 200 x 10 x 16 mm, *stud connector* dengan diameter 19 mm dan tinggi 120 mm (Johari M, 2020)
- b. Dari hasil perencanaan dengan panjang 30 m dan lebar efektif 6,5 ,gelagar memanjang dengan ukuran baja WF 900 x 300 x 25 x 16 ditinjau dari kontrol pelat badan, kontrol geser dan kontrol lendutan sudah memenuhi syarat, gelagar melintang dengan ukuran WF 700 x 300 x 24 x 13 ditinjau dari kontrol plat badan, kontrol geser, dan kontrol lendutan sudah mamenuhi syarat. (Kamarullah L,2020)

3. METODE PENELITIAN

Lokasi Penelitian

Lokasi perencanaan jembatan yang direncanakan berada di Kelurahan Terkul Kecamatan Rupert, Kabupaten Bengkalis. Lokasi perencanaan dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Lokasi jembatan

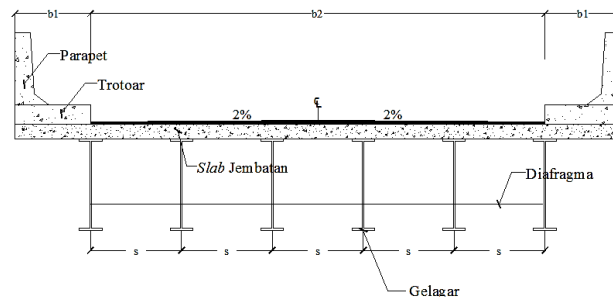
Metode Perencanaan

Adapun metode perencanaan struktur komposit yang direncanakan adalah sebagai berikut:

1. Preliminary girder baja berdasarkan panjang bentang (L)
2. Menentukan lebar efektif berdasarkan RSNI T-03-2005 Perencanaan Struktur Baja
3. Menganalisa pembebanan yang bekerja pada girder berdasarkan SNI 1725:2016
4. Kombinasi pembebanan pada girder berdasarkan pembebanan SNI 1725:2016
5. Menghitung syarat kelangsingan profil girder
6. Penentuan kapasitas terhadap momen lentur dan gaya geser
7. Perencanaan penghubung geser (*shear connector*)
8. Perencanaan sambungan balok antar gelagar (perencanaan pada pelat badan dan pelat sayap)

4. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Dalam perencanaan girde komposit diperlukan data awal perencanaan berupa, panjang bentang jembatan (L) = 32 m, Lebar jalan (b_1) = 6 m, Tebal slab jembatan (t_s) = 0,20 m. Lebar trotoar (b_2) = 1 m, tebal trotoar (h_a) = 0,25 m, jumlah girder (n) = 6 batang, dan jarak antar girder (s) = 1,2 m. Adapun sketsa potongan melintang jembatan dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Profil melintang jembatan

Perencanaan gelagar komposit

Adapun tahapan perencanaan gelagar komposit sebagai berikut:

1) Preliminary girder baja

Untuk menentukan dimensi girder yang akan digunakan menggunakan pedoman AASHTO 2012. Adapun perhitungan preliminary girder baja sebagai berikut:

a. Ketinggian girder

$$D = 0,033 L = 1056 \text{ mm} \quad (1)$$

Digunakan tinggi girder, $D = 1200 \text{ mm}$

b. Penentuan dimensi I girder

Untuk menentukan ketebalan *web* minimal dengan syarat :

$$\frac{D}{t_w} \leq 150$$
$$t_w = \frac{D}{150} = 8 \text{ mm} \quad (2)$$

Menurut AASHTO 6th EDITION 2012 menyarankan minimal ketebalan pelat badan (*web*) sebesar 1/16 inch atau 1,6 mm. Digunakan ketebalan pelat badan (*web*) $t_w = 20 \text{ mm}$.

Untuk menentukan lebar sayap (t_f):

$$b_{tf} = \frac{D}{6} = 200 \text{ mm} \quad (3)$$

Digunakan lebar sayap (*flens*) $t_f = 300 \text{ mm}$.

Untuk menentukan ketebalan pelat sayap (t_{tf}) :

$$t_{tf} = 1,1 t_w = 22 \text{ mm} \quad (4)$$

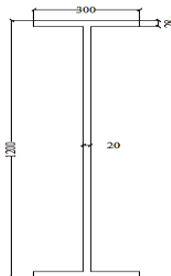
Menurut AASHTO 6th EDITION 2012 menyarankan minimal ketebalan pelat sayap sebesar 1 inch atau 25 mm. Digunakan ketebalan pelat sayap $t_{tf} = 28 \text{ mm}$

Cek syarat :

$$\frac{btf}{2ttf} \leq 12$$

$$\frac{300}{2(28)} = 5,35 \leq 12$$

Dari hasil perhitungan dimensi girder, profil yang digunakan adalah profil WF 1200.300.20.28 mm.



Gambar 3. Dimensi profil baja

2) Menentukan lebar efektif (b_e)

Berdasarkan SNI T-03-2005, lebar efektif beton diambil nilai terkecil berikut ini:

$$b_e = 1/5 \times L = 6400 \text{ mm} \quad (5)$$

$$b_e = s = 1200 \text{ mm} \quad (6)$$

$$b_e = 1/12 \times t_s = 2400 \text{ mm} \quad (7)$$

Dari perhitungan lebar efektif (b_e) tersebut diambil nilai $b_e = 1200 \text{ mm}$

3) Analisa pembebanan pada girder

Analisa pembebanan pada girder ini mengacu pada SNI 1725:2016 ada beberapa jenis pembebanan yaitu: berat sendiri (MS), beban mati tambahan (MA), beban lajur (TD), gaya rem (TB), beban angin pada struktur (EWS), beban angin pada kendaraan (EWi), dan pengaruh susut/rangkak (SH). Adapun perhitungan momen maksimum dan gaya geser maksimum pada girder salah satunya pada berat sendiri (MS) dengan mengalikan koefisien, hasil berat sendiri (Q_{MS}) dan panjang bentang jembatan (L).

Hasil perhitungan analisa pembebanan pada girder dapat dilihat pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1 Rekapitulasi momen dan gaya geser maksimum

No	Jenis Beban	Mu (kNm)	Vu (kN)
1.	Berat sendiri (MS)	2124,14	265,52
2.	Beban mati tambahan (MA)	413,18	51,65
3.	Beban lajur (TD)	2656,22	208,56
4.	Gaya rem (TB)	131,44	8,22
5.	Beban angin pada struktur (EWS)	0,79	2,64
6.	Beban angin pada kendaraan (EWi)	1,93	0,06
7.	Pengaruh susut/rangkak (SH)	461,03	-

4) Kombinasi pembebanan

Kombinasi pembebanan dilakukan untuk mendapatkan momen ultimit dan gaya geser ultimit. Dengan mengalikan momen maksimum dan gaya geser dengan faktor beban. Hasil perhitungan kombinasi pembebanan pada girder dapat dilihat pada Tabel 2 dan Tabel 3.

Tabel 2 Kombinasi gaya geser

Aksi/Beban	Kuat I	Kuat II	Kuat III	Kuat IV	Kuat V
Berat sendiri (MS)	345.17	345.17	345.17	345.17	345.17
Beban mati tambahan (MA)	103.30	103.30	103.30	103.30	103.30
Beban Lajur "D" (TD)	375,41	291,98			
Gaya Rem (TB)	14.79	11.50			
Beban angin pada struktur (Ews)			3.696		3.696

Beban angin pada kendaraan (EWL)					0.06
Total	838,66	751,95	452,17	448,47	452,23

Sambungan Tabel 2 Kombinasi gaya geser

Aksi/Beban	Ekstrim I	Ekstrim II	Layan I	Layan II	Layan III	Layan IV
Berat sendiri (MS)	345.17	345.17	265.5	265.5	265.52	265.52
Beban mati tambahan (MA)	103.30	103.30	51.6	51.6	51.65	51.65
Beban Lajur "D" (TD)	62,57	104,28	208,6	271,1	166,85	
Gaya Rem (TB)	2,46	4,11	8,2	10,7	6,57	
Beban angin pada struktur (Ews)			0,3			1,848
Beban angin pada kendaraan (EWL)			0,060			
Total	513,50	556,86	534,3	599	490,59	319,01

Dari hasil perhitungan kombinasi pembebanan gaya geser ultimit (V_u) terdapat pada kuat 1 sebesar 838,7 kN.

Tabel 3 Kombinasi momen rencana

Aksi/Beban	Kuat I	Kuat II	Kuat III	Kuat IV	Kuat V
Berat sendiri (MS)	2761,4	2761,4	2761,4	2761,4	2761,4
Beban mati tambahan (MA)	826,4	826,4	826,4	826,4	826,4
Beban Lajur "D" (TD)	4781,4	3718,8			
Gaya Rem (TB)	236,6	184			
Beban angin pada struktur (Ews)			1,1		2,9
Beban angin pada kendaraan (EWL)					0,1
Beban pengaruh susut dan rangkai (SH)	230,5	230,5	230,5	230,5	230,5
Total	8836.24	7721.13	3819.38	3818.27	3821.31

Sambungan Tabel 3 Kombinasi momen rencana

Aksi/Beban	Ekstrim I	Ekstrim II	Layan I	Layan II	Layan III	Layan IV
Berat sendiri (MS)	2761,4	2761,4	2124,1	2124,1	2124,1	2124,1
Beban mati tambahan (MA)	826,4	826,4	413,2	413,2	413,2	413,2
Beban Lajur "D" (TD)	796,9	1328,2	2656,3	3453,2	2125,1	
Gaya Rem (TB)	39,4	65,7	131,4	170,9	105,1	
Beban angin pada struktur (Ews)			0,2			0,6
Beban angin pada kendaraan (EWL)			1,9			
Beban pengaruh susut dan rangkai (SH)	230,5	230,5	461	461	461	461
Total	4654.60	5212.15	5788.3	6622.4	5228.57	2998.91

Dari hasil perhitungan kombinasi pembebanan momen rencana ultimit (M_u) terdapat pada kuat 1 sebesar 8836,24 kNm.

5) Syarat kelangsingan profil girder

Profil baja yang digunakan pada struktur gelagar akan masuk dalam kategori kompak apabila nilai kelangsingan sayap dan badan memenuhi persyaratan $\lambda < \lambda_p$ dan kategori tidak kompak apabila memenuhi persyaratan $\lambda_p < \lambda < \lambda_r$.

a. Syarat kelangsingan penampang badan (web)

Kelangsingan pelat badan (λ_w) dihitung sebagai berikut:

$$\lambda_w = \frac{h}{tw} = 41,43 \quad (8)$$

Nilai maksimum kelangsingan pelat badan untuk penampang kompak dihitung sebagai berikut:

$$\lambda_p = \frac{1680}{\sqrt{f_y}} = 82,97 \quad (9)$$

$$\lambda_w < \lambda_p$$

$$41,43 < 82,97 \quad \text{Kompak}$$

Dari hasil perhitungan nilai kelangsingan pelat badan (λ_w) memenuhi $\lambda_w < \lambda_p$ maka pelat badan termasuk dalam kategori penampang kompak.

b. Syarat kelangsingan pelat sayap (flens)

Kelangsingan pelat sayap (λ_p) dihitung sebagai berikut:

$$\lambda_f = \frac{b}{(2 t f)} = 5,36 \quad (10)$$

Nilai maksimum kelangsingan pelat badan untuk penampang kompak dihitung sebagai berikut:

$$\lambda_p = \frac{170}{\sqrt{f_y}} = 8,40 \quad (11)$$

$$\lambda_f < \lambda_p$$

$$5,36 < 8,40 \quad \text{Kompak}$$

Dari hasil perhitungan nilai kelangsingan pelat sayap (λ_f) memenuhi $\lambda_f < \lambda_p$ maka pelat badan termasuk dalam kategori penampang kompak.

6) *Pemeriksaan persyaratan terhadap momen lentur dan gaya geser*

a. Menghitung kapasitas momen lentur (ϕM_n)

Dengan syarat : $M_u < \phi M_n$

$$M_n = C_x \left(Y_2 + \frac{1}{2} d \right) + C_s f_{xy} f + C_s w_{xy} w \quad (12)$$

$$= 11721,64 \text{ kN}$$

$$M_u = \phi M_n$$

$$= 10549,47 \text{ kN}$$

Dengan syarat :

$$M_u < \phi M_n$$

$$8836,24 \text{ kN} < 10549,47 \text{ kN}$$

Dari hasil perhitungan momen lentur diperoleh ϕM_n sebesar 10549,47 kN dimana nilai tersebut lebih besar dari M_u sebesar 8836,24 kN, sehingga gelagar komposit aman dalam menahan gaya lentur.

b. Menghitung kapasitas gaya geser (ϕV_n)

Dengan syarat : $V_u < \phi V_n$

$$V_n = 0.6 \times f_y \times d \times t_w \quad (13)$$

$$= 5904 \text{ kN}$$

$$\phi V_n = 5313,6 \text{ kN}$$

Dengan syarat :

$$V_u < \phi V_n$$

$$838,7 \text{ kN} < 5313,6 \text{ kN}$$

Dari hasil perhitungan gaya geser diperoleh ϕV_n sebesar 5313,6 kN dimana nilai tersebut lebih besar dari V_u sebesar 838,7 kN, sehingga gelagar komposit aman dalam menahan gaya lentur.

7) *Perencanaan penghubung geser*

Dalam perencanaan penghubung geser (*stud connector*) digunakan diameter stud = 22 mm, dengan tinggi stud = 120 mm. Karena balok diasumsikan berperilaku sebagai balok komposit penuh, maka diambil nilai terkecil antara C dan T, sehingga diperoleh gaya geser horizontal $V_h = 5079600 \text{ N}$.

Kuat geser 1 buah stud connector (Q_n)

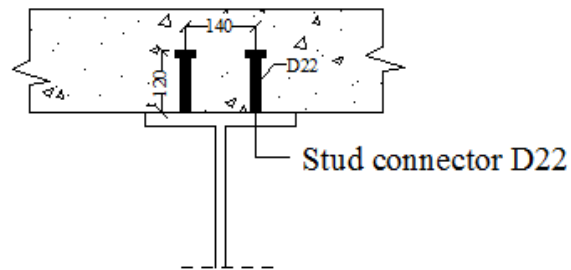
$$Q_n = 0.5 \times A_b \sqrt{f'_{cx}} E_c \quad (14)$$

$$= 145245,83 \text{ N}$$

Jumlah stud yang diperlukan (N)

$$N = \frac{V_h}{Q_n} = 34,97 \text{ buah} \approx 35 \text{ buah} \quad (15)$$

Dari hasil perhitungan penghubung geser diperoleh jumlah stud untuk $\frac{1}{2}$ bentang 35 buah dan untuk sepanjang bentang 70 buah untuk 1 baris, dan jarak memanjang antar stud 250 mm.

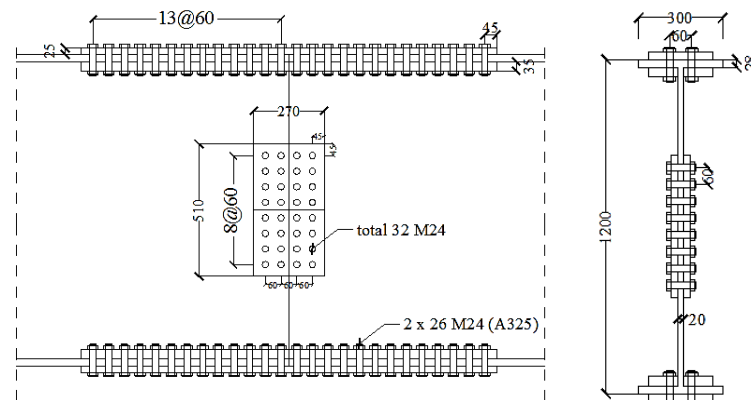


Gambar 4. Penghubung geser (*stud connector*)

8) Perencanaan sambungan gelagar

Dalam perencanaan sambungan gelagar untuk panjang bentang 32 m digunakan 3 batang profil dengan ukuran (12 m + 8 m + 12 m) dan terdapat 2 sambungan menggunakan baut tipe A325 dengan diameter 24 mm dan tinggi baut 125 mm. Dari hasil perhitungan diperoleh jumlah baut pada pelat sayap sebanyak 52 baut untuk 2 baris dan pada pelat badan 32 baut untuk 4 baris dengan pemasangan jarak antar baut sebesar 60 mm dan jarak baut ketepi pelat 45 mm.

Ukuran pelat penyambung sayap atas (1590 x 150 x 25 mm), ukuran pelat penyambung sayap bawah (1590 x 150 x 35 mm), dan ukuran pelat penyambung badan (510 x 270 x 25 mm). Untuk sambungan gelagar dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 5. Sambungan gelagar

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil pembahasan dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Perencanaan gelagar utama digunakan 6 buah girder dengan jarak antar girder 1,2 m dengan dimensi profil WF 1200.300. 20.28 mm
2. Perencanaan stud connector digunakan baut mutu A325 dengan diameter 22 mm dan tinggi stud connector 120 mm dengan jumlah stud 70 baut untuk 1 bentang dalam 1 baris.
3. Perencanaan sambungan antar girder digunakan baut mutu A325 dengan diameter baut 24 mm dan tinggi baut 120 mm dengan jumlah baut pada pelat badan 32 baut untuk 4 baris dan pada pelat sayap sebanyak 52 baut untuk 2 baris.

6. DAFTAR PUSTAKA

AASHTO LRFD Bridge Design Specifications 6th Edition. American Association Of State Highway and Transportation Officials.
Badan Standarisasi Nasional (2016), SNI 1725:2016: Standar Pembebanan Untuk Jembatan, Jakarta

- Badan Standarisasi Nasional (2005), *RSNI T-03-2005: Perencanaan Struktur Baja Untuk Jembatan*, Jakarta
- Dewobroto., Wiryanto (2016), *Struktur Baja*, Edisi Kedua.
- Johari., M (2020), *Perancangan Ulang Struktur Atas Jembatan Jalan Datuk Laksamana Dengan Struktur Komposit Menggunakan SNI 1725-2016*, Jurnal, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Bengkalis.
- Kamarullah, L (2020) *Analisa Struktur Atas jembatan Komposit Pada Jembatan Muang Bayur Kecamatan Samarinda Utara*, Jurnal. (Online) Jurusan Teknik Sipil, Universitas 17 Agustus 1945 Samarinda.
- Supriyadi, Dr. Ir Bambang dan Agus Setyo Muntohar, 2007. *Jembatan*. Caturtunggal. Yogyakarta.
- Thamrin, N, (2010), “*Modul Kuliah Struktur Baja II Perencanaan Struktur Jembatan Komposit*”, Departemen Teknik Sipil
- Y.D. Setiyarto dan R. Fahmi, *Laporan Penelitian: Analisis Perbandingan Pedoman Pembebanan RSNI T-02-2005 dan SNI 1725:2016 Pada Struktur Jembatan*, Bandung, 2017