

DESAIN JEMBATAN LEMAH ABANG MENGGUNAKAN RANGKA BAJA TIPE WARREN DENGAN LANTAI JEMBATAN DI BAWAH

Ichsan Hidayatu Robby¹, Suharyatma²

¹ Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia

Email: 14511252@students.uii.ac.id

² Staf Pengajar Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia

Email: 865110201@uui.ac.id

Abstract: Lemah Abang Bridge is a bridge that crosses over the Gembyong River which connects Sleman Regency and Gunung Kidul Regency, Yogyakarta Special Province. Lemah Abang Bridge has a span length of 90 m. Based on these problems, this study aims to design a safe truss bridge. Bridges that have a long span require good planning in order to obtain safe and efficient results against the loads that work. Bridge loading uses SNI-1725-2016 and RSNI-T-02-2005. While the analysis of the structure of the bridge using the help of SAP2000 v.14 and Microsoft Excel. Analysis of the structure of the bridge refers to SNI 1729-2015 and the LRFD concept. The results of this plan are obtained that the Lemah Abang Bridge is planned to use the structure of warren type steel frame with elongated girder profile used is 440x300x11x18 profile, transverse girder profile used is 912x302x18x34 profile, upper frame profile, lower frame, and diagonal frame used are IWF profile 428x407x20x35, upper and lower wind bracing profile used is IWF 300x300x10x15. The frame profile is connected with A325 bolt connections with 30 mm bolt sizes. The structure under the bridge is designed by using two abutments and one pillar. The foundation used in the abutment are two well foundations, while in the pillar footing foundation is used.

Keywords : truss bridge, steel frame, SAP2000

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kabupaten Gunung Kidul merupakan salah satu dari empat kabupaten yang ada pada Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. Lokasinya cukup strategis, salah satu jalur transportasi penting. Wilayah Kabupaten Gunung Kidul dilewati oleh banyak sungai yang menjadi penghambat dalam transportasi darat sehingga diperlukan adanya infrastruktur yang dapat mendukung kelancaran transportasi tersebut, salah satu dari banyak sungai itu adalah Kali Gembyong. Permasalahan tersebut bisa diatasi dengan adanya jembatan.

Jembatan adalah satu struktur yang dibuat untuk menyebrangi jurang atau rintangan seperti sungai, rel kereta api ataupun jalan raya (Wikipedia.org). Secara

umum, jembatan merupakan sarana transportasi yang dibangun untuk mempermudah laju transportasi yang sebelumnya terhalang oleh sungai, jurang maupun lembah yang dalam. Jembatan yang baik adalah jembatan yang kuat dalam menahan beban, aman dalam segi konstruksi dan fungsinya, ekonomis dalam segi biaya pembangunannya.

Untuk mengatasi masalah itu, maka dalam tugas akhir ini dibuat desain alternatif yaitu jembatan jenis rangka baja tipe Warren. Jembatan rangka baja adalah jembatan yang sistem struktur dan mayoritas bahannya menggunakan baja. Jembatan rangka (*truss bridge*) tersusun dari batang-batang yang dihubungkan satu sama lain dengan pelat buhul, dengan pengikat paku keling, baut atau las. Batang-batang rangka ini hanya memikul gaya dalam aksial (normal) tekan

atau tarik. Jembatan jenis ini memiliki banyak kelebihan, di antaranya adalah mutu bahan jembatan ini seragam sehingga kekuatannya juga seragam karena merupakan buatan pabrik. Kelebihan yang kedua adalah jembatan jenis ini memiliki kuat tekan dan kuat tarik yang tinggi sehingga dengan material yang sedikit mampu memenuhi kebutuhan struktur. Kelebihan selanjutnya adalah pemasangan jembatan rangka relatif cepat dan dapat menghemat tenaga kerja karena material baja dibuat di pabrik sehingga hanya membutuhkan pekerjaan pemasangan baja di lapangan.

Melalui pertimbangan di atas, dipilihlah Jembatan Lemah Abang yang berada di Kabupaten Gunung Kidul sebagai tinjauan alternatif desain. Dengan adanya jembatan tersebut, perpindahan barang dan manusia menjadi lebih lancar sehingga mendukung kegiatan ekonomi dan sosial di daerah tersebut.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dibahas di atas maka didapatkan rumusan masalah dalam penelitian yang dilakukan yaitu:

1. Bagaimana mendesain struktur atas jembatan yang aman terhadap beban-beban yang bekerja pada jembatan?
2. Bagaimana mendesain struktur bawah jembatan yang aman terhadap beban-beban yang bekerja pada jembatan?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mendesain struktur atas jembatan yang aman terhadap beban-beban yang bekerja pada jembatan.
2. Mendesain struktur bawah jembatan yang aman terhadap beban-beban yang bekerja pada jembatan.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diperoleh dari tugas akhir ini yaitu sebagai salah satu alternatif desain merencanakan struktur atas jembatan rangka baja tipe *Warren* dan struktur bawah

meliputi abutment, pilar, dan pondasi yang aman.

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah diperlukan agar penulisan dapat terarah dan terfokus pada tujuan yang akan dicapai, maka penulisan ini dibatasi dengan pendekatan sebagai berikut ini.

1. Perencanaan struktur atas jembatan lemah abang menggunakan struktur rangka baja tipe *Warren* dengan posisi lantai jembatan di bawah.
2. Jembatan Lemah Abang dibagi menjadi dua segmen di mana panjang setiap segmen 45 m dengan satu pilar dengan total panjang jembatan 90 m.
3. Permasalahan ini hanya ditinjau dari aspek teknik dan tidak dilakukan analisa dari segi biaya dan waktu.
4. Acuan pembebanan jembatan menggunakan peraturan Standar Pembebanan untuk Jembatan SNI 1725-2016, dan Standar Pembebanan Jembatan RSNI T-02-2005.
5. Beban gempa pada struktur atas dihitung menggunakan metode statik ekuivalen.
6. Beban gempa pada struktur bawah dihitung menggunakan metode statik ekuivalen.
7. Perhitungan struktur baja jembatan menggunakan metode *LRFD*.

2. LANDASAN TEORI

2.1 Pembebanan

Sistem struktur suatu konstruksi pada intinya bekerja menyalurkan beban sehingga menjaga konstruksi tersebut tetap berdiri.

1. Berat Sendiri (MS)

Menurut SNI 1725-2016, berat sendiri adalah berat bagian tersebut dan elemen-elemen struktural lain yang dipikulnya, termasuk dalam hal ini adalah berat bahan dan bagian jembatan yang merupakan elemen struktural, ditambah dengan elemen nonstruktural yang dianggap tetap. Persamaan yang

digunakan untuk menghitung berat sendiri adalah sebagai berikut.

$$MS = b \times h \times w \quad (1)$$

dengan,

b = lebar berat yang ditinjau (m),

h = tebal berat yang ditinjau (m), dan

w = berat jenis (kN/m^3).

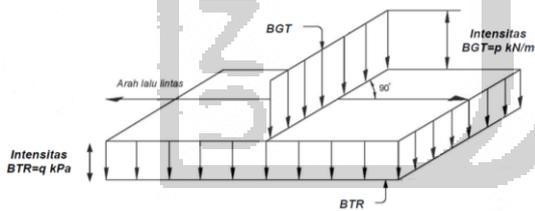
2. Beban Mati Tambahan (MA)

Menurut SNI 1725-2016, beban mati tambahan adalah berat seluruh bahan yang membentuk suatu beban pada jembatan yang merupakan elemen nonstruktural, dan besarnya dapat berubah selama umur jembatan. Beban-beban tersebut adalah:

- peralatan pelengkap,
- pelapisan ulang perkerasan jembatan berupa aspal beton setebal 50 mm, dan
- pipa-pipa air.

3. Beban Lajur "D" (TD)

Beban lajur terdiri dari beban terbagi merata (BTR) dan beban garis terpusat (BGT) seperti Gambar 1.



Gambar 1 Beban Lajur "D"

(Sumber SNI 1725-2016 Standar Pembebanan Jembatan)

Beban terbagi rata (BTR) mempunyai intensitas q kPa dengan besaran q tergantung pada panjang total yang dibebani L yaitu sebagai berikut.

$$\text{Jika } L \leq 30\text{m} : q = 9,0 \quad (2)$$

$$\text{Jika } L > 30\text{m} : q = 9,0 \left(0,5 + \frac{15}{L}\right) \quad (3)$$

keterangan:

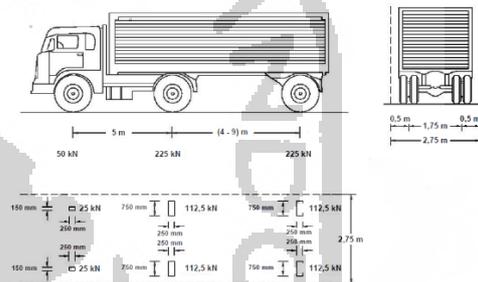
q = intensitas beban BTR (kPa)

L = panjang jembatan dibebani (m).

Beban garis terpusat (BGT) dengan intensitas p kN/m harus ditempatkan tegak lurus terhadap arah lalu lintas pada jembatan. Besarnya intensitas p adalah 49,0 kN/m.

4. Beban Truk "T" (TT)

Pembebanan truk terdiri dari kendaraan truk *semi-trailer* yang mempunyai susunan dan berat gandar seperti terlihat dalam Gambar 2.



Gambar 2 Pembebanan Truk "T"

(Sumber SNI 1725-2016 Standar Pembebanan Jembatan)

5. Gaya Rem (TB)

Gaya rem harus diambil yang terbesar dari:

- 25% dari berat gandar truk desain atau
- 5% dari berat truk rencana ditambah beban lajur terbagi rata BTR.

6. Pembebanan untuk Pejalan Kaki (TP)

Menurut SNI 1725-2016, semua komponen trotoar yang lebih lebar dari 600 mm harus direncanakan untuk memikul beban pejalan kaki dengan intensitas 5 kPa.

7. Beban Angin

- Tekanan angin horizontal

Untuk jembatan atau bagian jembatan dengan elevasi lebih tinggi dari 10000 mm diatas permukaan tanah atau permukaan air, kecepatan angin rencana, V_{DZ} , harus dihitung dengan persamaan sebagai berikut.

$$V_{DZ} = 2,5 V_0 \left(\frac{V_{10}}{V_B}\right) \ln\left(\frac{Z}{Z_0}\right) \quad (4)$$

keterangan:

V_{DZ} = kecepatan angin rencana (km/jam),

V_{10} = kecepatan angin pada elevasi 10000 mm di atas permukaan tanah atau di atas permukaan air rencana (km/jam),

V_B = kecepatan angin rencana yaitu 90 hingga 126 km/jam pada elevasi 10000 mm,

Z = elevasi struktur diukur dari permukaan tanah atau dari permukaan air dimana beban angin dihitung ($Z > 10000$ mm),

V_0 = kecepatan gesekan angin (km/jam)

Z_0 = panjang gesekan di hulu jembatan (mm)

1) Beban angin pada struktur (EW_s)
Dengan tidak adanya data yang lebih tepat, tekanan angin rencana dalam MPa dapat ditetapkan dengan persamaan berikut ini.

$$P_D = P_B \left(\frac{V_{DZ}}{V_B} \right)^2 \quad (5)$$

2) Gaya angin pada kendaraan (EW_1)
Menurut SNI 1725-2016, jembatan harus direncanakan memikul gaya akibat tekanan angin pada kendaraan, dimana tekanan tersebut harus diasumsikan sebagai tekanan menerus sebesar 1,46 N/mm.

3) Gaya angin pada struktur bawah
Menurut SNI 1725-2016, gaya angin pada bangunan bawah harus dihitung berdasarkan tekanan angin dasar sebesar 0,0019 MPa.

8. Pengaruh Gempa

Beban gempa diambil sebagai gaya horizontal yang ditentukan berdasarkan perkalian antara koefisien respons elastic (C_{sm}) dengan berat struktur ekuivalen yang kemudian dimodifikasi dengan faktor modifikasi respons (R) dengan formulasi sebagai berikut.

$$E_Q = \frac{C_{sm}}{R} \times W_i \quad (6)$$

dengan,

E_Q = gaya gempa horizontal statis (kN),

C_{sm} = koefisien respons gempa elastis,

R = faktor modifikasi respons, dan

W_i = berat total struktur terdiri dari beban mati dan beban hidup yang sesuai (kN).

2.2 Perencanaan Struktur Atas

Struktur atas jembatan merupakan bagian yang menerima beban yang mencakup beban permanen, beban lalu lintas, dan aksi lingkungan. Dari struktur atas beban akan diturunkan ke struktur bawah. Perencanaan struktur atas pada perencanaan Jembatan Lemah Abang ini meliputi perencanaan tiang sandaran, trotoar, dan lantai kendaraan.

1. Trotoar

Trotoar merupakan tempat pejalan kaki untuk melintasi jembatan. Secara umum, lebar trotoar minimum adalah $\pm 100-150$ cm.

2. Pelat lantai

Pelat lantai jembatan berfungsi sebagai lantai untuk lalu lintas, merupakan balok yang disusun sedekimian sehingga mampu mendukung beban.

3. Gelagar memanjang

Gelagar memanjang adalah gelagar yang membentang sepanjang jalan. Gelagar ini berfungsi untuk menahan beban yang memanjang diatas jalan. Gelagar memanjang didesain menggunakan baja berperilaku lentur.

4. Gelagar melintang

Gelagar melintang adalah gelagar yang menahan beban secara melintang jalan. Terletak di bawah gelagar memanjang sehingga ukuran gelagar melintang lebih besar dari gelagar memanjang. Gelagar melintang didesain menggunakan baja berperilaku lentur.

5. Rangka utama

Rangka utama merupakan struktur utama yang mendukung seluruh beban yang bekerja pada struktur jembatan rangka baja, baik beban eksternal

maupun beban akibat berat sendiri yang diterima batang-batang pada rangka sehingga mengalami gaya tarik dan gaya tekan.

6. Ikatan angin

Ikatan angin berfungsi menahan gaya arah lateral pada rangka yang diakibatkan oleh gaya angin. Struktur ini berupa rangka batang, diletakkan pada batang atas dan batang bawah rangka utama.

7. Sambungan

Sambungan berfungsi untuk menyambung elemen-elemen rangka pada jembatan.

2.3 Perencanaan Struktur Bawah

Perencanaan struktur bawah merupakan perencanaan pada bagian jembatan di bawah struktur atas yang merupakan struktur rangka baja. Perencanaan struktur bawah berfungsi mendukung struktur di atasnya. Perencanaan struktur bawah meliputi abutment, pilar, dan pondasi.

1. Abutment

Abutment merupakan suatu peralihan dari jembatan kepada badan lintasan dari tanah dan biasanya menutupi badan lintasan ini tegak lurus. Abutment harus aman terhadap guling dan geser.

a. Keamanan terhadap guling

$$SF = \frac{\sum Mp}{\sum M} \geq 2,2 \quad (7)$$

b. Keamanan terhadap geser

$$SF = \frac{\sum H}{\sum T} \geq 2,2 \quad (8)$$

2. Pilar

Pilar merupakan elemen struktur yang bertugas menahan beban tekan aksial. Pilar harus aman terhadap guling dan geser.

a. Keamanan terhadap guling

$$SF = \frac{\sum Mp}{\sum M} \geq 2,2 \quad (9)$$

b. Keamanan terhadap geser

$$SF = \frac{\sum H}{\sum T} \geq 2,2 \quad (10)$$

3. Pondasi

Pondasi adalah suatu bagian dari konstruksi bangunan yang memiliki fungsi untuk menempatkan bangunan dan meneruskan beban yang disalurkan dari struktur atas ke tanah dasar. Berdasarkan ketentuan umum yang ada, pemilihan pondasi yang digunakan berdasarkan nilai rasio kedalaman tanah yang mampu mendukung beban yang bekerja (D) dengan lebar pondasi (B).

a. Jika $D/B < 4$, maka pondasi yang digunakan adalah jenis pondasi dangkal.

b. Jika $D/B > 10$, maka pondasi yang digunakan adalah jenis pondasi dalam.

c. Jika $4 \leq D/B < 10$, maka pondasi yang digunakan adalah jenis pondasi peralihan (sumuran).

3. HASIL PERENCANAAN

3.1 Struktur Atas

Berikut di bawah ini adalah rekapitulasi hasil perencanaan dari struktur atas Jembatan Lemah Abang seperti yang ditunjukkan pada tabel 1 berikut ini

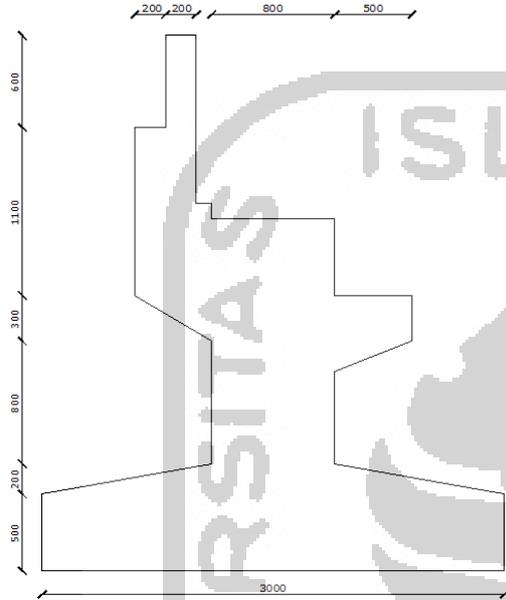
Tabel 1 Rekapitulasi Desain

| Rekapitulasi Desain Struktur Atas | | | | |
|-----------------------------------|----------------|--------------------------|-----------|-----------|
| No | Jenis Struktur | Tipe Struktur | | |
| | | Baja | Beton | |
| | | | Tul Pokok | Tul Susut |
| 1 | Trotoar | | D16-100 | D16-280 |
| 2 | Pelat Lantai | | D16-100 | D16-280 |
| 3 | Gel. Memanjang | IWF 440x330 x11x18 | | |
| 4 | Gel. Melintang | IWF 912x302 x18x34 | | |
| 5 | Rangka Utama | IWF 428x407 x20x35 | | |
| 6 | Ikatan Angin | IWF 300x300 x10x15 | | |
| 7 | Sambungan Baut | A325 | | |

3.2 Struktur bawah

1. Abutment

Berikut ini adalah gambar *abutment* yang digunakan.



Gambar 3 Dimensi Abutment

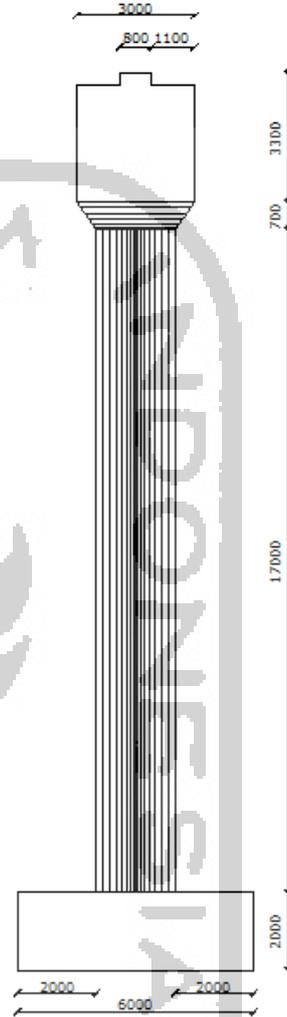
Berdasarkan hasil analisis perhitungan pembebanan *abutment* maka didapatkan hasil penulangannya adalah sebagai berikut

Tabel 2 Rekapitulasi Penulangan Abutment

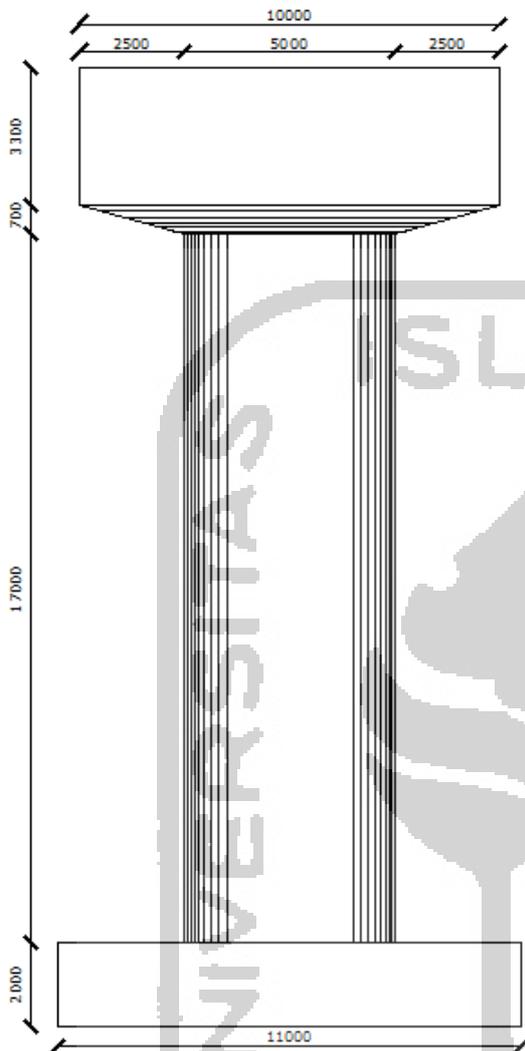
| No | Jenis Struktur | Jenis Tulangan | | |
|----|------------------|----------------|--------------|---------------|
| | | Pokok (mm) | Bagi (mm) | Geser (mm) |
| 1 | Pile cap | D19-50 | D16-70 | D16-200/200 |
| 2 | Breast wall | D19-100 | - | D13-180 |
| 3 | Back wall atas | D16-110 | D16-110 | - |
| 4 | Back wall bawah | D16-110 | D16-110 | - |
| 5 | Corbel | D16-130 | D16-200 | D16-110/110 |
| 6 | Wing wall arah X | D16-200 | D13-200 | - |
| 7 | Wing wall arah Y | D16-200 | D13-200 | - |
| 8 | Sumuran | D16-280 | D13-400 | - |

2. Pilar

Berikut ini adalah gambar pilar yang digunakan



Gambar 4 Pilar Jembatan Tampak Melintang



Gambar 5 Pilar Jembatan Tampak Memanjang

Berdasarkan hasil analisis perhitungan pembebanan pilar maka didapatkan hasil penulangannya adalah sebagai berikut

Tabel 3 Rekapitulasi Penulangan Pilar

| No | Jenis Struktur | Jenis Tulangan | | |
|----|----------------|----------------|--------|-------------|
| | | Pokok | Bagi | Geser |
| | | (mm) | (mm) | (mm) |
| 1 | Headstock | D25-100 | D16-90 | D16-400/400 |
| 2 | Kolom pilar | D25-80 | - | D16-90 |
| 3 | Footing | D25-80 | D19-90 | - |

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dari perencanaan ini didapatkan bahwa Jembatan Lemah Abang ini didesain menggunakan struktur atas rangka baja tipe warren dengan profil rangka utama yang dipakai adalah profil IWF 428x407x20x35, profil gelagar memanjang yang dipakai adalah profil IWF 440x300x11x18, profil gelagar melintang yang dipakai adalah profil IWF 912x302x18x34, dan profil ikatan angin yang digunakan adalah profil IWF 300x300x10x15. Rangka baja pada struktur atas disambung menggunakan sambungan baut mutu tinggi tipe A325 dengan diameter lubang 30 mm.

Hasil dari perencanaan untuk struktur bawah digunakan abutment dengan tinggi total 3,5 m, lebar abutment arah memanjang selebar 3 m, dan lebar abutment arah melintang selebar 11 m. Abutment menggunakan pondasi sumuran dengan diameter 2,5 m sebanyak dua buah. Hasil dari perencanaan untuk pilar digunakan pilar kolom tunggal dengan tinggi total kolom pilar setinggi 17 m. Pilar menggunakan pondasi *footing* dengan ukuran 6 x 11 m.

5. SARAN

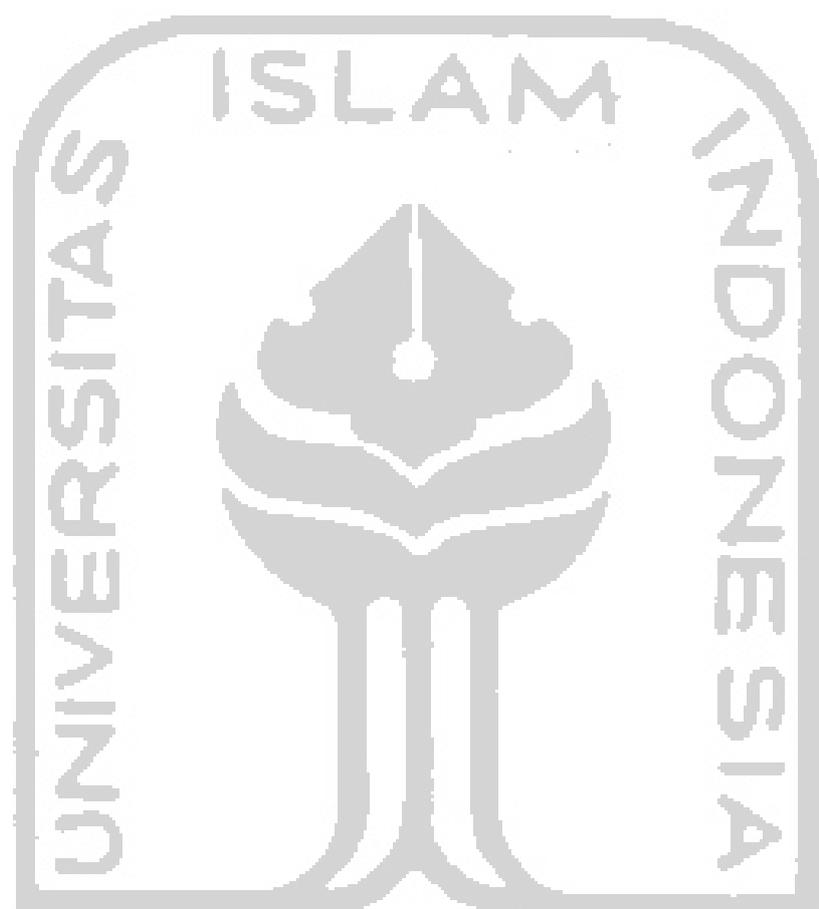
Berdasarkan analisis yang telah dilakukan dan hasil yang diperoleh, adapun saran-saran yang dapat diberikan penulis untuk menyempurnakan penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut.

1. Penelitian ini hanya memperhitungkan jembatan rangka tipe *Warren*, sehingga pada penelitian selanjutnya perlu dilakukan perbandingan dengan jembatan rangka tipe lainnya untuk mengetahui tipe mana yang paling efektif penggunaannya.
2. Penelitian ini tidak mencakup perbandingan biaya, sehingga perlu dilakukan penelitian lanjutan untuk membahas tentang perbandingan biaya.

DAFTAR PUSTAKA

Badan Standarisasi Indonesia. 2016. *SNI-1725-2016 Pembebanan untuk Jembatan*. Badan Standar Nasional. Jakarta.





جامعة الإسلام في إندونيسيا