

ANALISIS DEFLEKSI JEMBATAN CABLE STAYED MENGUNAKAN SOFTWARE ALLPLAN BRIDGE (ALUE BULOH BRIDGE)

Azwanda¹, Lissa Opirina², Deby Ulfa Z³

^{1,2}Universitas Teuku Umar; Alue Peunyareng, Meulaboh, Aceh Barat 23615, PO BOX 59

³Jurusan Teknik Sipil, FT TEKNIK UTU, Meulaboh

e-mail: 1azwanda@utu.ac.id, 2lissaopirina@utu.ac.id, 3debyulfa.z@gmail.com,

Abstract

Alue Buloh Bridge is a type of warren truss type steel frame bridge with a length of 180 meters connecting Latong Village and Alue Buloh Village. In this replanning, the type of bridge was changed to a fan-type cable stayed bridge because it could minimize the scouring effect that occurred on the river flow. Bridge planning begins with the collection of primary data in the form of existing bridge data and secondary data in the form of soil data, response spectrum, scouring data and river data, then the data becomes a reference for planning this bridge. The next stage is bridge modeling using allplan bridge software. The bridge modeling results were analyzed for pillar stability, tower/pole deflection, ultimate moment, box girder deflection. Regulatory references from this plan include SNI 1725-2016, SNI 2833-2016, (PPPJJR) 1987 and Circular Letter of the Minister of PUPR 2015 concerning Technical Guidelines for the Implementation of Cable-Tested Bridges. From the results of planning using the 2021 allplan bridge, the total length of the bridge is 350 meters with a fan-type cable stayed bridge system. Single cell box girder trapezoidal shape with a height of 2.5 meters. The height of the tower/mast is 59 meters. The abutment shape used is an inverted T-type with a height of 9.03 meters and a width of 7 meters.

Kata Kunci- *bridge design, cable stayed, deck arch bridge, allplan bridge, Alue Buloh bridge.*

Abstract

Jembatan Alue Buloh merupakan jenis jembatan rangka baja jenis warren truss dengan panjang 180 meter yang menghubungkan Desa Latong dan Desa Alue Buloh. Dalam perencanaan ulang ini, jenis jembatan diubah menjadi jembatan cable stayed tipe kipas angin karena dapat meminimalisir efek gerusan yang terjadi pada aliran sungai. Perencanaan jembatan diawali dengan pengumpulan data primer berupa data jembatan eksisting dan data sekunder berupa data tanah, spektrum respon, data gerusan dan data sungai, kemudian data tersebut menjadi acuan perencanaan jembatan ini. Tahap selanjutnya adalah pemodelan jembatan menggunakan software jembatan allplan. Hasil pemodelan jembatan dianalisis untuk stabilitas pilar, defleksi menara/tiang, momen pamungkas, defleksi gelagar kotak. Acuan regulasi dari rencana ini antara lain SNI 1725-2016, SNI 2833-2016, (PPPJJR) 1987 dan Surat Edaran Menteri PUPR 2015 tentang Petunjuk Teknis Pelaksanaan Jembatan Teruji Kabel. Dari hasil perencanaan menggunakan jembatan allplan 2021, total panjang jembatan adalah 350 meter dengan sistem cable stayed bridge tipe kipas angin. Bentuk trapesium girder kotak sel tunggal dengan ketinggian 2,5 meter. Ketinggian menara/tiang adalah 59 meter. Bentuk abutment yang digunakan adalah tipe T terbalik dengan tinggi 9,03 meter dan lebar 7 meter.

Kata Kunci- *Allplan Bridge 2021, Alue Buloh, Jembatan Cable Stayed, Defleksi.*

1. PENDAHULUAN

Pembangunan infrastruktur transportasi mempunyai peranan penting dalam meningkatkan perekonomian yang ada pada suatu daerah, salah satunya infrastruktur jembatan. Jembatan merupakan sebuah konstruksi yang dibangun untuk menghubungkan dua jalan atau daerah yang terputus oleh sebuah halangan seperti sungai, lembah yang dalam, jurang, laut atau bangunan penghalang lainnya. Saat ini pembangunan infrastruktur jembatan yang ada di Indonesia semakin berkembang, hal ini ditunjukkan

dengan banyaknya pembangunan jembatan yang dilakukan di beberapa daerah salah satunya pada Kecamatan Seunagan Kabupaten Nagan Raya yaitu pembangunan Jembatan Alue Buloh.

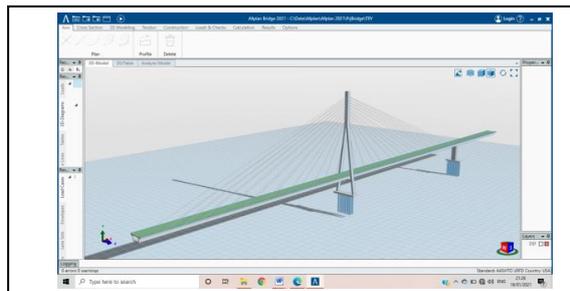
Panjang awal jembatan tersebut adalah 180 meter yang terdiri dari 3 bentang yang panjang bentang tersebut masing-masing ± 60 meter. Jembatan Alue Buloh merupakan jenis jembatan struktur rangka baja tipe *warren truss* yang menghubungkan antara Desa Latong dan Desa Alue Buloh. Namun dalam proses pembangunan jembatan tersebut terjadi banjir yang mengakibatkan salah satu abutmen yang sudah dibangun terjadi kerusakan. Kerusakan pada abutmen tidak hanya disebabkan oleh banjir tetapi juga disebabkan oleh gerusan yang terjadi di sekitar abutmen. Gerusan didefinisikan oleh Laursen (1952) dalam Lutjito dkk (2015) sebagai pembesaran dari suatu aliran yang disertai oleh pemindahan material melalui aksi gerakan fluida. Menurut Graf (1998) dalam Lutjito dkk (2015), gerusan lokal terjadi apabila kapasitas aliran untuk mengerosi dan mengangkut sedimen lebih besar dari kapasitas mensuplai sedimen sehingga membahayakan konstruksi jembatan tersebut.

Jembatan kabel (*cable stayed*) dan jembatan pelengkung (*deck arch bridge*) merupakan dari beberapa jenis jembatan yang ada. Jembatan kabel terdiri dari elemen *pylon*, gelagar dan didukung oleh kabel-kabel yang terhubung pada *pylon* dan gelagar. Kabel inilah yang akan menyalurkan gaya yang diperoleh dari gelagar atau lantai jembatan akibat beban mati dan beban lalu lintas yang bekerja untuk disalurkan ke *pylon*, sehingga dalam komponen struktur bawah jembatan meminimalisir penggunaan pilar. Sedangkan jembatan pelengkung (*arch bridge*) yang merupakan jembatan dengan struktur utamanya berbentuk pelengkung. Pelengkung merupakan struktur busur vertikal yang mampu menahan beban tegangan axial (Supriyadi, 2007). Desain pelengkung (setengah lingkaran) secara alami akan mengalihkan beban yang diterima lantai kendaraan jembatan menuju ke abutmen yang menjaga kedua sisi jembatan agar tidak bergerak kesamping (Fitrisari dkk, 2018).

Keuntungan menggunakan tipe jembatan tersebut adalah meminimalisir efek gerusan yang terjadi pada pilar jembatan dan indah dari segi estetika. Hal ini berbanding terbalik dengan jembatan rangka baja tipe *warren truss* pada perencanaan awal tersebut yang menggunakan dua pilar. Adapun bentuk struktur utama dari jembatan *cable stayed* ini merupakan rangkaian gabungan berbagai komponen struktural antara menara/*pylon*, kabel, dan *box girder*. Dengan kondisi pada bagian abutmen sekarang yang terjadi pelebaran sungai, maka jembatan yang sebelumnya mempunyai panjang total 180 meter menjadi 350 meter untuk jembatan kabel (*cable stayed*) dan 370 untuk jembatan pelengkung (*deck arch bridge*). Penulis merencanakan alternatif desain jembatan *cable stayed* dengan menggunakan *software Allplan Bridge* yang menghubungkan Desa Alue Buloh-Latong yang sebelumnya terdapat struktur jembatan rangka baja tipe *warren truss*, gambar eksisting jembatan Alue Buloh dan desain jembatan *cable stayed* tipe *fan* dapat dilihat dibawah ini.



Gambar 1. Eksisting jembatan Alue Buloh

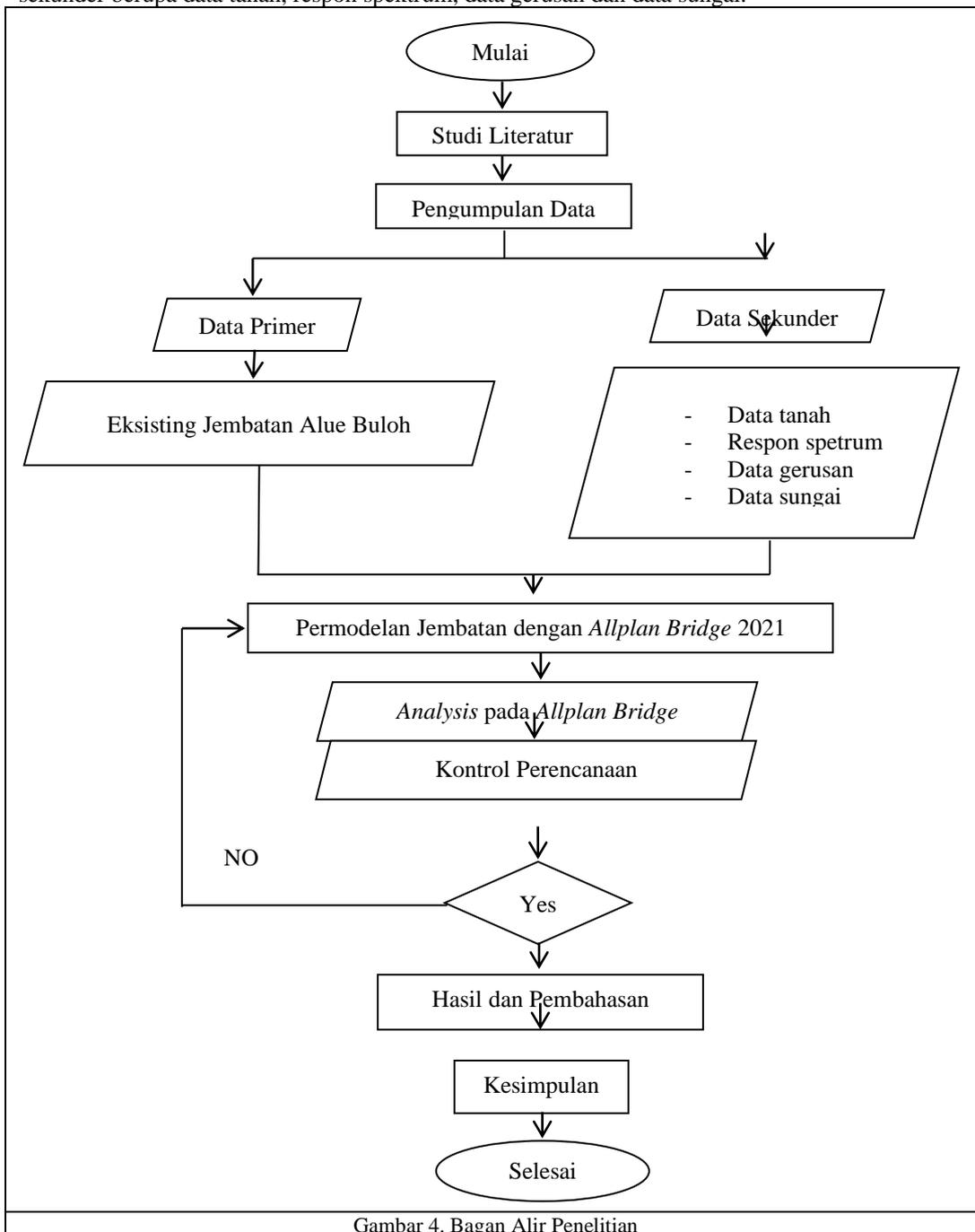


Gambar 2. Desain jembatan *cable stayed*

2. METODE PENELITIAN

Jembatan yang direncanakan ulang berada di antara Desa Alue Buloh dan Desa Latong, Kecamatan Seunagan, Kabupaten Nagan Raya. Jembatan ini berada di aliran sungai Krueng Seunagan yang merupakan salah satu akses penghubung antara dua desa yaitu Desa Alue Buloh menuju Desa Latong maupun sebaliknya, kedua desa tersebut berada diantara koordinat $4^{\circ}13'58''$ BT dan $96^{\circ}17'38,33''$ LU.

Data yang digunakan dalam perencanaan ini adalah data primer berupa data eksisting jembatan dan data sekunder berupa data tanah, respon spektrum, data gerusan dan data sungai.

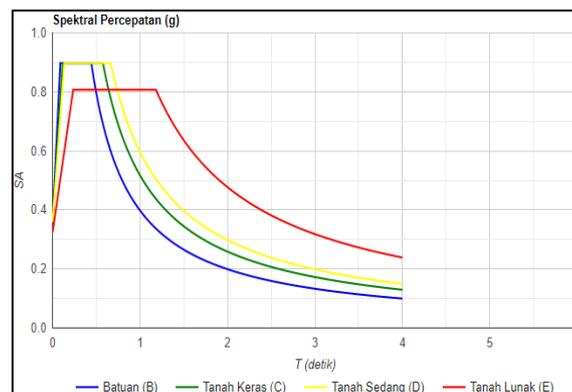


Gambar 4. Bagan Alir Penelitian

Langkah-langkah penelitian ini mengikuti bagan alir penelitian, yaitu:

1. **Survey lapangan:** mengumpulkan data eksisting Jembatan Alue Buloh berupa tipe jembatan, lebar jembatan, tinggi jembatan, panjang jembatan dan jumlah jalur.
2. **Data sekunder:** data yang diperoleh secara tidak langsung dari lokasi penelitian, yaitu:

- a. Data tanah: data daya dukung tanah yang digunakan untuk menganalisa struktur bawah jembatan Alue buloh didapatkan dari penelitian tim sejawat. Berdasarkan hasil uji tanah yang dilakukan nilai untuk sudut geser sebesar 15° , nilai kohesi tanah pada lokasi perencanaan adalah 0,15 dan berat isi tanah tersebut adalah $1,334 \text{ kg/m}^3$;
- b. Respon spektrum: respon spektrum didapatkan dari website puskim.pu.go.id dengan pencarian menggunakan nilai bujur dan lintang wilayah Nagan Raya;



Keterangan Tanah Lunak:

-PGA (g) : 0,532	-F _V : 2,400	-T _S (detik) : 1,182	-S _{DS} (g) : 0,954
-S _s (g) : 1,345	-PSA (g) : 0,479	-F _A : 0,900	-C _{R1} : 0,932
-S ₁ (g) : 0,596	-S _{MS} (g) : 1,211	-T ₀ (detik) : 0,236	
-C _{RS} : 1,038	-S _{MS} (g) : 1,432	-F _{PGA} : 0,900	

Gambar 5. Spektrum Respon Wilayah Nagan Raya

- c. Data gerusan: Wira Yuda (2020), berdasarkan hasil analisis didapatkan kedalaman gerusan lokal menggunakan *software* HEC-RAS 5.0.7 dengan bentuk pilar *round nose* pada pilar dan akibat penyempitan alur terjadi pada debit puncak kala ulang 50 tahun sebesar 4,86 m dan 100 tahun sebesar 5,04 m;
- d. Data sungai: menentukan panjang jembatan setelah terjadi gerusan dan menentukan dimensi struktur bawah jembatan Alue buloh. Data sungai didapatkan dari penelitian tim sejawat. Berdasarkan hasil yang diperoleh nilai untuk kecepatan aliran sungai sebesar 0,19 m/dtk dan kedalaman sungai adalah 3,57 meter.

3. Permodelan Jembatan dengan *software Allplan Bridge*:

- a. *Geometry*: menentukan panjang *axis*, membuat potongan/2D/*cross sections* dari setiap komponen jembatan dan *structural member* yaitu mendefinisikan *cross sections* menjadi 3D;
- b. *Analysis*: tahapan selanjutnya adalah input material, menentukan tahapan konstruksi, pembebanan jembatan dan menentukan kombinasi pembebanan;

Pembebanan Jembatan

- Aksi tetap/beban permanen

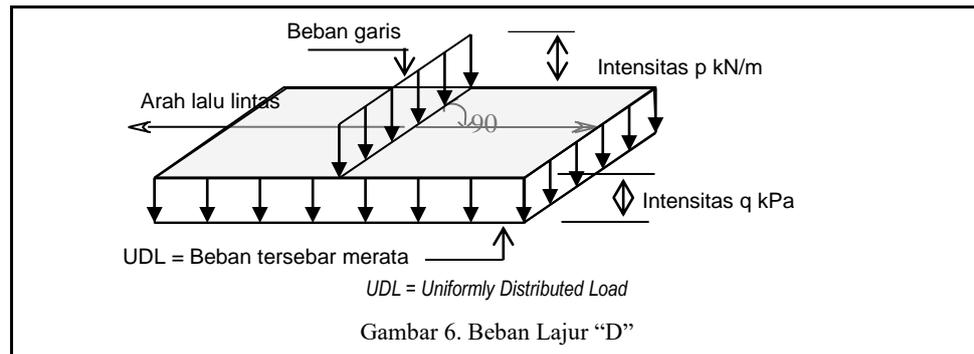
- a. Berat sendiri
Berat sendiri adalah berat bahan dan bagian jembatan yang merupakan elemen struktural, ditambah dengan elemen non struktural yang dianggap tetap.
- b. Beban mati tambahan

Beban mati tambahan adalah berat seluruh bahan yang membentuk suatu beban pada jembatan yang merupakan elemen non struktural, dan mungkin besarnya berubah selama umur jembatan. Beban mati tambahan berupa berat kerb, trotoar, tiang sandaran, dan lain-lain yang dipasang setelah pelat dicor.

- **Aksi transien**

a. Beban lajur "D"

Beban lajur "D" terdiri dari beban terbagi rata (BTR) yang digabung dengan beban garis terpusat (BGT) seperti pada Gambar 5.



b. Beban terbagi rata (BTR)

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

$$q = 9,0 \text{ kPa} \quad \text{untuk } L \leq 30 \text{ m} \quad (1)$$

$$q = 9,0 (0,5 + 15/L) \text{ kPa} \quad \text{untuk } L > 30 \text{ m} \quad (2)$$

Dimana:

$$q = \text{Intensitas beban (kPa)}$$

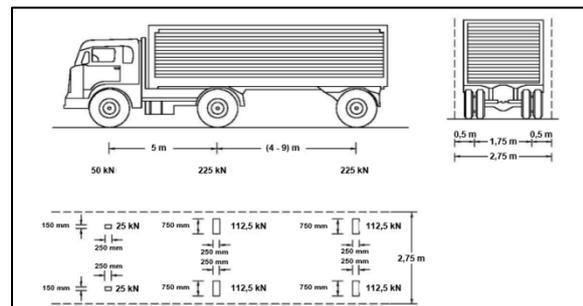
$$L = \text{Panjang total jembatan yang dibebani (m)}$$

$$1 \text{ kPa} = 0,81632 \text{ ton/m}^2$$

c. Beban garis terpusat (BGT)

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.

d. Beban truk "T"



Gambar 7. Pembebanan Truk "T" (500 kN)

e. Gaya rem

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

- **Aksi lingkungan**

a. Angin

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:

$$V_{DZ} = 2,5V_0 \left(\frac{V_{10}}{V_B}\right) \ln\left(\frac{Z}{Z_0}\right) \quad (3)$$

Keterangan:

- V_{DZ} : Kecepatan angin rencana pada elevasi rencana, Z (km/jam);
- V_{10} : Kecepatan angin pada elevasi 10000 mm di atas permukaan tanah atau di atas permukaan air rencana (km/jam);
- V_0 : Kecepatan gesekan angin, yang merupakan karakteristik meteorologi, sebagaimana ditentukan dalam Tabel 28;
- V_B : Kecepatan angin rencana yaitu 90 hingga 126 km/jam pada elevasi 1000 mm;
- Z : Elevasi struktur diukur dari permukaan tanah atau dari permukaan air dimana beban angin dihitung ($Z > 10000$ mm)
- Z_0 : Panjang gesekan di hulu jembatan, yang merupakan karakteristik meteorologi, ditentukan pada Tabel 28.

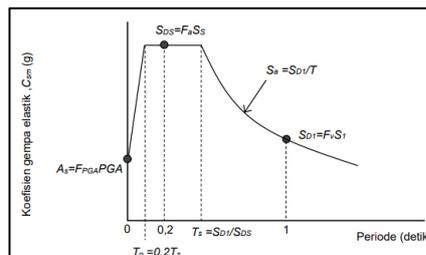
V_{10} dapat diperoleh dari:

- Grafik kecepatan angin dasar untuk berbagai periode ulang,
- Survei angin pada lokasi jembatan, dan
- Jika tidak ada data yang lebih baik, perencana dapat mengasumsikan bahwa $V_{10} = V_B = 90$ s/d 126 km/jam.

Tabel 1. Nilai V_0 dan Z_0 untuk berbagai variasi kondisi permukaan hulu

Kondisi	Lahan Terbuka	Sub Urban	Kota
V_0 (km/jam)	13,2	17,6	19,3
Z_0 (mm)	70	1000	2500

b. Gempa



Gambar 8. Bentuk Tipikal Respon Spektrum

$$S_{D1} = F_v \times S_1 \quad (4)$$

$$T_s = 1,182 \quad (5)$$

$$T_0 = 0,2T_s \quad (6)$$

Keterangan:

- S_{D1} : Spektra permukaan tanah pada periode 1,0 detik;
- F_v : Faktor amplifikasi terkait percepatan yang mewakili getaran periode 1,0 detik;
- S_1 : Parameter respons spektrum percepatan gempa untuk periode 1.0 detik mengacu pada Peta Gempa Indonesia 2010 dengan probabilitas terlampaui 7% dalam 75 tahun

- **Kombinasi pembebanan**
Tabel 2. Kombinasi pembebanan menurut SNI 1725-2016

Keadaan Batas	Beban							
	MS	PR	TD	TT	TB	EWS	EWL	EQ
Kuat I	1,2	1	1,8	1,8	1,8	-	-	-
Kuat II	1,2	1	1,4	1,4	1,4	-	-	-
Kuat III	1,2	1	-	-	-	1,4	-	-
Kuat IV	1,2	1	-	-	-	-	-	-
Kuat V	1,2	1	-	-	-	0,4	1	-
Ekstrem I	1,2	1	0,5	0,5	0,5	-	-	1
Layan I	1	1	1	1	1	0,3	1	-
Layan II	1	1	1,3	1,3	1,3	-	-	-
Layan III	1	1	0,8	0,8	0,8	-	-	-
Layan IV	1	1	-	-	-	0,7	-	-

- c. *Result: result* merupakan hasil analisis dari *software allplan bridge*, *result* berupa diagram dan tabel.

4. Kontrol perencanaan

Lendutan pada *box girder*

Lendutan yang terjadi pada balok struktur jembatan diharapkan tidak melebihi lendutan maksimum yang diijinkan (RSNI T-2004). Adapun untuk lendutan maksimum yang diijinkan adalah $\delta_{ijin} = \frac{L}{250}$, dimana L merupakan panjang bentang jembatan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Lendutan pada *box girder*

Selain kontrol terhadap momen ultimate, *box girder* juga diisyaratkan dalam RSNI-T 12 2004 tentang Peraturan Perencanaan Struktur Beton untuk Jembatan harus aman terhadap lendutan. Besarnya nilai batas maksimum lendutan pada jembatan kabel (*cable stayed*) adalah $\frac{L}{250} = \frac{350}{250} = 1,4$ m dan untuk jembatan pelengkung (*deck arch bridge*) $\delta_{ijin} = \frac{L}{250} = \frac{220}{250} = 0,880$ m. Lendutan maksimum yang terjadi pada masing-masing kombinasi dapat dilihat pada tabel 3 dan tabel 4.

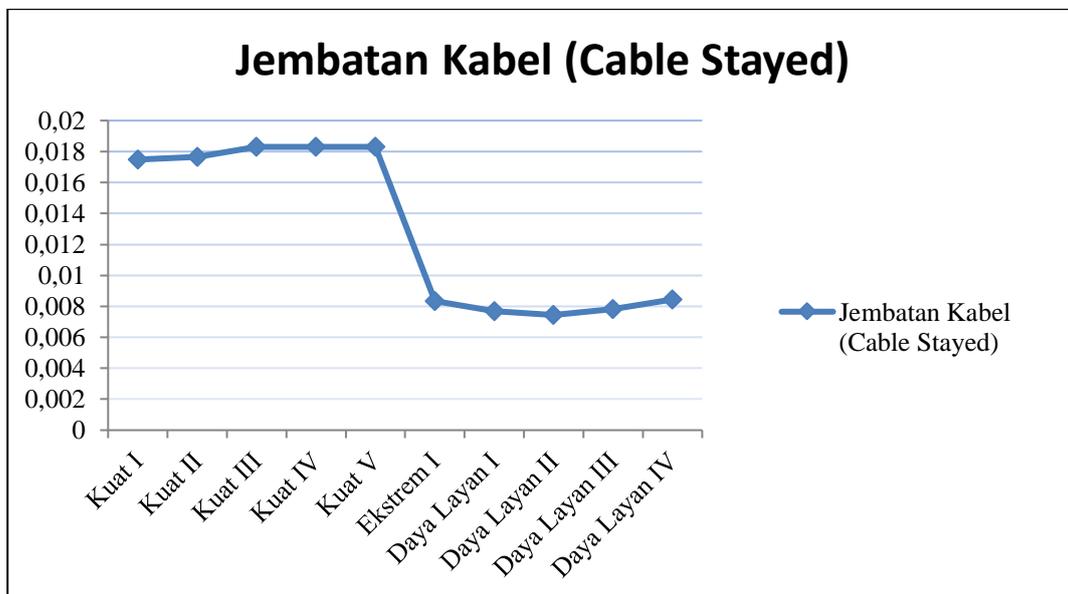
Tabel 3. Lendutan Maksimal *Box Girder* pada Jembatan Kabel (*Cable Stayed*)

Kombinasi Pembebanan	Lendutan Maksimal dari <i>Allplan Bridge</i> (Meter)	Kontrol Lendutan	Keterangan
Kuat I	0,01749	1,4	Aman
Kuat II	0,01767	1,4	Aman
Kuat III	0,01830	1,4	Aman
Kuat IV	0,01830	1,4	Aman
Kuat V	0,01830	1,4	Aman
Ekstrem I	0,00835	1,4	Aman
Daya Layan I	0,00767	1,4	Aman
Daya Layan II	0,00744	1,4	Aman
Daya Layan III	0,00782	1,4	Aman
Daya Layan IV	0,00843	1,4	Aman

Tabel 4. Lendutan Maksimal *Box Girder* pada Jembatan Pelengkung (*Deck Arch Bridge*)

Kombinasi Pembebanan	Lendutan Maksimal dari <i>Allplan Bridge</i> (Meter)	Kontrol Lendutan	Keterangan
Kuat I	0,017293	0,260	Aman
Kuat II	0,017039	0,260	Aman
Kuat III	0,016147	0,260	Aman
Kuat IV	0,016147	0,260	Aman
Kuat V	0,016147	0,260	Aman
Ekstrem I	0,010740	0,260	Aman
Daya Layan I	0,009464	0,260	Aman
Daya Layan II	0,009655	0,260	Aman
Daya Layan III	0,009336	0,260	Aman
Daya Layan IV	0,008827	0,260	Aman

Untuk lebih jelas perbandingan lendutan maksimum antara Jembatan kabel (*cable stayed*) dengan jembatan pelengkung (*deck arch bridge*) dapat dilihat pada grafik dibawah ini.



Gambar 9. Lendutan maksimum yang terjadi pada desain Jembatan kabel (*cable stayed*) hasil analisa *software Allplan Bridge*

Gambar 7 menunjukkan bahwa defleksi maksimum yang paling signifikan adalah pada kombinasi kekuatan 3, kekuatan empat, dan kekuatan 5 sebesar 0,01830 m untuk jembatan cable-stayed dan kombinasi ampuh 1 sebesar 0,017293 m untuk jembatan lengkung dek. Sebagai perbandingan, defleksi yang paling dapat diabaikan adalah dalam kombinasi layanan II sebesar 0,00744 m untuk jembatan cable-stayed dan kombinasi dalam layanan IV 0,008827 m untuk jembatan lengkung dek.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa jembatan lengkung dek memiliki defleksi maksimum yang lebih kecil dibandingkan jembatan cable stayed, dan dapat menjadi rekomendasi dalam memilih jenis jembatan untuk mendesain ulang Jembatan Alue Buloh.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada dosen pembimbing, *allplan support team*, teman seperjuangan dan terkhusus orang tua yang telah memberikan dukungan, bimbingan, memberi arahan dan masukan sehingga penelitian tentang perencanaan Jembatan kabel (*cable stayed*) pada Jembatan Alue Buloh Menggunakan *Software Allplan Bridge* dapat berjalan dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

1. Badan Standarisasi Nasional. 2016. SNI 1725-2016. Pembebanan Untuk Jembatan. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
2. Badan Standarisasi Nasional. 2016. SNI 2833-2016. *Perencanaan Jembatan Terhadap Beban Gempa*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional
3. Badan Standarisasi Nasional. 2004. RSNI T-12-2004. *Perencanaan Struktur Beton untuk Jembatan*. Jakarta.
4. Dirjen Bina Marga. 1992. *Peraturan Perencanaan Teknik Jembatan (Bridge Management System)*. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
5. Fitrisari, N., dkk. 2018. Desain Jembatan Pelengkung Lamaru-Tritip Menggunakan Tipe Trough Arch. *Jurnal Teknologi Sipil*. Program Studi Rekayasa Jalan Dan Jembatan, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Samarinda, Samarinda.
6. Lutjito, dkk. 2015. *Gerusan Di Sekitar Dua Pilar Jembatan Dan Upaya Pengendaliannya*. Fakultas Teknik, Universitas Negeri Yogyakarta, Yogyakarta.
7. Pawitan, Suswanto dan Soegihardjo. 2013. *Perancangan Ulang Jembatan Kutai Kartanegara Dengan Sistem Cable Stayed*, Surabaya.
8. Roliansjah, S., dan Zarkast, I. 1995. *Perkembangan Akhir Jembatan Cable Stayed, Makalah Pada Konferensi Regional Teknik Jalan (KRTJ) IV*. Padang.
9. Supriyadi dan Muntohar. 2007. *Jembatan*. Yogyakarta: C.V Andi Offset.
10. Wira Yuda, A. 2020. *Analisa Kedalaman Gerusan Lokal Pada Jembatan Alue Buloh dengan Menggunakan Software HEC-RAS 5.0.7*. Sikripsi. Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Teuku Umar. Meulaboh
11. Hamsyah, A. 2019. *Perencanaan Ulang Struktur Atas Menggunakan Box Girder Pada Ruas Jembatan Srigonco-Partai Balekambang Kecamatan Bantur Kabupaten Malang*. Sikripsi. Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah, Malang.
12. Wibisono, H. 2017. *Pengaruh Variasi Tinggi Penampang Dan Mutu Beton Terhadap Karakteristik Box Girder Prestressed Bentang 50 Meter*. Sikripsi. Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.