

ANALISIS KEKUATAN STRUKTUR JEMBATAN BAILEY JALAN PROVINSI RUAS MATUTING – RANGGA-RANGGA

Nasrudin Salama¹, Nurmayasa Marsaoly², Kusnadi³,

¹Program Studi Magister Teknik Sipil, Program Pascasarjana Universitas Khairun

^{2,3} Program Studi Teknik Sipil, Universitas Khairun

Jalan Jusuf Abdulrahman Kampus II Gembesi Kota Ternate Selatan, Indonesia

*nasrudin.tte@gmail.com

Abstrak

Jembatan merupakan sarana transportasi yang penting bagi kehidupan karena dapat menghubungkan satu daerah dengan daerah lainnya yang dipisah oleh sungai, jurang, laut atau halangan lainnya. Salah satu jembatan rangka baja adalah jembatan Panel Bailey, dimana jembatan diklasifikasikan sebagai jembatan darurat atau sementara. Studi kasus yang digunakan pada penelitian ini adalah jembatan Bailey yang diproduksi oleh PT. Wiratama Globalindo Jaya. Karena jembatan ini telah banyak digunakan di ruas-ruas jalan Provinsi Maluku Utara, khususnya pada ruas jalan Matuting Rangka-rangga. Penelitian ini analisis kapasitas struktur jembatan dilakukan secara eksperimental yaitu dengan uji beban statik (*static loading test*) skala 1 : 1. Dari hasil pengolahan data hasil pengujian, diperoleh lendutan maksimum di Tengah bentang akibat beban Truck AASHTO HS20-44 (setara beban truck 32 ton) sebesar 46 mm lebih besar dari lendutan ijin ($L/800$) yaitu 34 mm. Tegangan yang terjadi pada batang kritis (*Strain 2*) akibat beban truck AASHTO HS20-44, uji beban statik adalah sebesar 159.69 N/mm² lebih kecil dari tegangan material yang dipersyaratkan sebesar 400 N/mm² (f_y -min). Dengan demikian struktur jembatan dengan beban truck HS20-44 atau setara beban truck 32 ton masih aman, dimana angka aman (*safety factor*) tersedia adalah sebesar 2.5. Sedangkan bila dilihat dari persyaratan lendutan, lendutan jembatan Bailey yang terjadi tidak memenuhi, namun demikian, jembatan Bailey pada dasarnya adalah jembatan semi permanen atau jembatan darurat, sehingga persyaratan lendutan dapat diabaikan asalkan secara kekuatan jembatan masih mampu menahan beban,

Kata Kunci : Bailey, *Trial Assembly*, *Static Loading Test*, AASHTO HS20-44, Lendutan ijin, Angka aman (*Safety Factor*)

PENDAHULUAN

Jembatan merupakan sarana transportasi yang penting bagi kehidupan karena dapat menghubungkan satu daerah dengan daerah lainnya yang dipisah oleh sungai, jurang, laut atau halangan lainnya. Berdasarkan UU 38 tahun 2004, bahwa jalan dan jembatan sebagai bagian dari sistem transportasi nasional mempunyai peran penting terutama dalam bidang ekonomi, sosial dan budaya serta lingkungan yang dikembangkan melalui pendekatan pengembangan wilayah agar tercapai keseimbangan dan pemeran pembangunan antar pulau. Dalam perencanaannya, sebaiknya mempertimbangkan fungsi kebutuhan transportasi, persyaratan teknis dan estetika-aristektural yang

meliputi aspek lalu lintas, aspek teknis, aspek estetika (Supriyadi dan Muntohar, 2007). Pemilihan jenis konstruksi jembatan akan mempengaruhi kekuatan, kenyamanan maupun keamanan pada konstruksi jembatan tersebut. Salah satu contohnya adalah Jembatan Bailey, yang berfungsi sebagai jembatan sementara.

Jembatan Bailey adalah salah satu jenis jembatan darurat atau sementara yang berbentuk rangka baja. Beberapa produk jembatan Bailey ditawarkan dipasaran. Namun, belum diketahui secara pasti apakah jembatan tipe ini aman terhadap beban-beban berdasarkan peraturan pembebanan terbaru. Dalam penelitian ini, dilakukan evaluasi keamanan jembatan Bailey berdasarkan SNI 1725:2016 dan SNI 2833: 2016 untuk pembebanan jembatan dan SK-SNI T-03-2005 standar perencanaan baja untuk jembatan.

Studi kasus yang digunakan pada penelitian ini adalah jembatan Bailey yang diproduksi oleh PT. Wiratama Globalindo Jaya. Karena jembatan Bailey yang diproduksi oleh PT. Wiratama Globalindo Jaya telah banyak digunakan di ruas-ruas jalan Provinsi Maluku Utara, khususnya lagi pada ruas jalan Matuting Rangka-rangga.

Pada penelitian ini analisis kapasitas struktur jembatan dilakukan secara eksperimental yaitu dengan uji beban statik (*static loading test*) skala 1 : 1. Jembatan Bailey kemudian dibebani secara statik bertahap dari beban 8.6 ton hingga 36.4 ton. Namun demikian, beban truck yang menjadi topik utama pada uji beban statik ini adalah beban truck AASHTO HS20-44 atau truck dengan berat setara 32 ton, sesuai kriteria desain dan spesifikasi jembatan Bailey yang diberikan oleh PT. Wiratama Globalindo Jaya sebagai produsen jembatan. Selain itu, pada penelitian ini analisis struktur jembatan juga dilakukan berdasarkan kaidah-kaidah perancangan untuk mengvalidasi dan sebagai kontrol hasil uji beban (*loading test*), dimana pemodelan dan analisis dilakukan dengan bantuan program SAP2000 (*Structure Analysis Program*) versi 24, sedangkan pengolahan data dan angka dilakukan dengan bantuan program Ms. Word dan Excel.

Berdasarkan Latar belakang yang telah dijelaskan, maka peneliti tertarik melakukan penelitian khususnya penggunaan Jembatan Bailey sebagai solusi yang ditawarkan untuk percepatan pembangunan infrastruktur jalan dan jembatan di Provinsi Maluku Utara dengan judul penelitian “Analisis Kekuatan Struktur Jembatan Bailey Jalan provinsi Ruas Maituting Rangka-Rangga”.

Metode Analisis

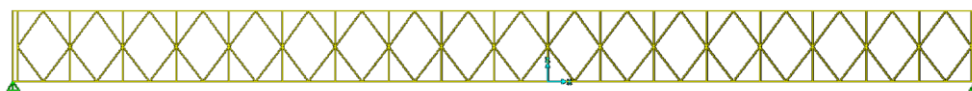
Metode analisis pada penelitian ini adalah Metode Kuantitatif. Dimana hasil pengujian eksperimental yang dilakukan di Laboratorium dianalisis dengan rumus-rumus statistik. Topik utama pada penelitian ini adalah uji beban statik (*static loading test*) di Laboratorium pihak ketiga pada jembatan Bailey yang diproduksi oleh PT. Wiratama Globalindo Jaya yang telah diaplikasikan pada Ruas Jalan Matuting – Rangka-rangga provinsi Maluku Utara. Sebelum melakukan pengujian beban statik, terlebih dahulu dilakukan perhitungan atau analisis struktur dengan bantuan Program SAP2000 versi

24 pada jembatan yang diteliti, sesuai dengan beban pengujian yang akan dilakukan. Hal dimaksudkan untuk mendapatkan gambaran kapasitas atau kemampuan jembatan dalam menahan beban yang akan diujikan. Selain itu, kekuatan struktur jembatan Bailey dalam menahan beban sesuai spesifikasi Teknik yang dikeluarkan oleh Produsen Jembatan (PT. Wiratama Globalindo Jaya) pada dasarnya telah dihitung dan dituangkan dalam bentuk Laporan Analisis Struktur Jembatan Bailey.

Analisis Data

Setelah dilakukan pengumpulan data, selanjutnya dilakukan pengolahan data dengan persamaan-persamaan statistik baik dari hasil-hasil pengujian maupun hasil analisis struktur dengan program SAP2000. Pada penelitian ini penggunaan program SAP2000 dimaksudkan untuk mendapatkan gambaran hasil uji beban statik, dengan demikian sebelum dilakukan uji beban, hendaknya dilakukan analisis struktur terlebih dahulu agar jembatan dapat diprediksi karakteristik dan kemampuannya dalam menahan beban uji.

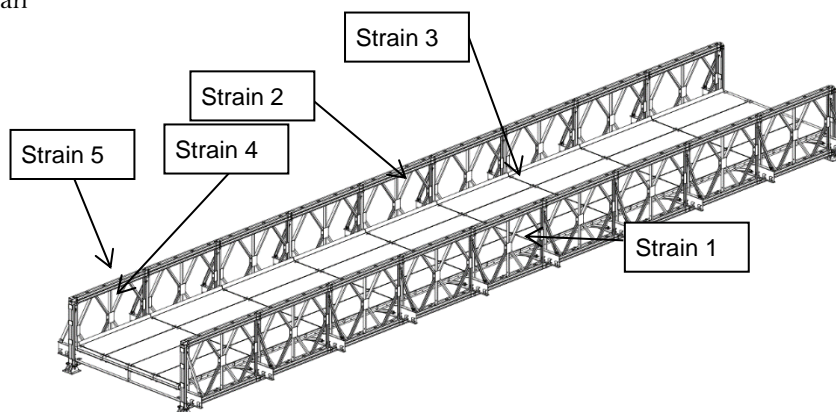
Pemodelan struktur jembatan



Gambar 1. Model geometri jembatan Bailey 27SSR-EW dalam program SAP2000
(Sumber : Analisis pengujian program SAP2000)

Analisis uji beban statik jembatan

a. Tahap persiapan

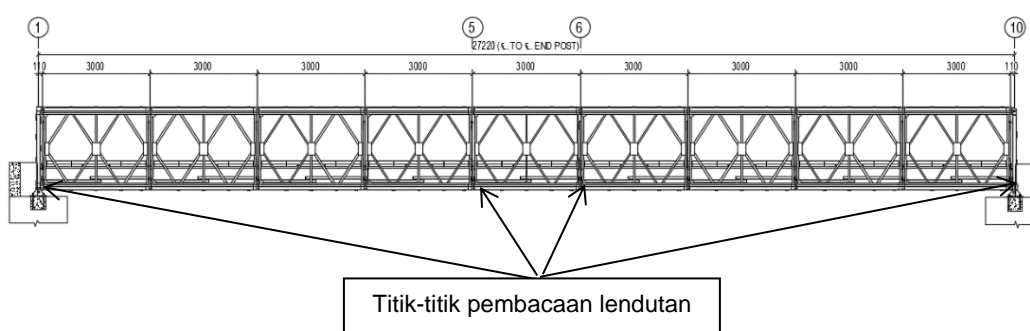


Gambar 2. Lokasi penempatan sensor regangan pada jembatan
(Sumber : Uji beban statik jembatan Bailey Matuting Rangka-rangka)

b. Tahap pemasangan instrumen pengujian



c. Tahap Pembebanan (*Loading*) dan Pembacaan Hasil Pengujian



Gambar 3. Titik pembacaan lendutan pada jembatan Bailey 27SSR-EW
 (Sumber : Hasil olahan)

Besarnya beban gandar pada setiap variasi beban truck dapat dilihat pada Tabel 1 berikut ini.

Tabel 1. Variasi beban gandar pada beban uji

No	Variasi Beban	Total Beban (Ton)	Gandar Depan (25%)	Gandar Belakang (75%)	Keterangan
1	Truck Kosong	8.60	2.150	6.45	
2	Truck Kosong + Muatan #1	24.00	6.000	18.00	
3	Truck Kosong + Muatan #2	32.40	8.100	24.30	
4	Truck Kosong + Muatan #3	36.30	9.075	27.23	

Sumber : Uji beban statik jembatan Bailey Matuting Rangka-rangka

HASIL DAN PEMBAHASAN

Uji tarik Material Jembatan

Pengujian tarik material jembatan dilakukan untuk memastikan spesifikasi material yang diberikan oleh pabrikator jembatan sudah sesuai dengan persyaratan teknis material baja jembatan pada RSNI T-03 2005. Summari hasil pengujian tarik material dapat dilihat pada Tabel 2 berikut ini.

Tabel 2. Summari hasil pengujian tarik material jembatan Bailey 27SSR-EW

No	Spesimen	Grade	Elongation (%)	Yield Strength (N/mm ²)	Tensile Strength (N/mm ²)	Requirement
1	PL10	JIS G 3106 SM490YB	23	390	564	OKE
2	PL12	JIS G 3106 SM490YB	22	390	560	OKE
3	UNP80X45	JIS G 3101 SS540	17	522	680	OKE
4	UNP100X50	JIS G 3101 SS540	20	514	674	OKE
5	WF400X200	JIS G 3101 SS400	23	379	515	OKE
6	PIN	JIS SCM440	17	852	993	OKE

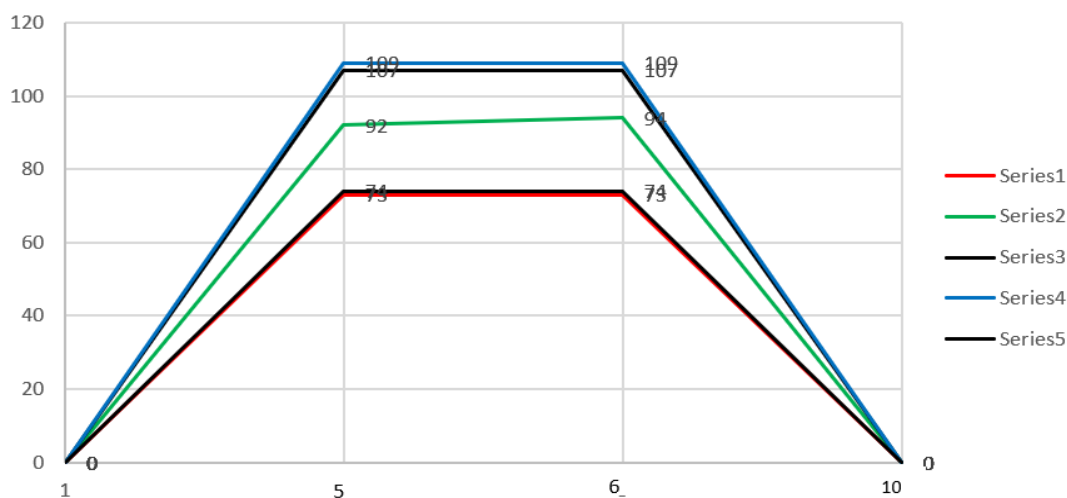
Sumber : Hasil olahan data

Dari hasil pengujian tarik material jembatan diperoleh nilai rata-rata spesimen masih diatas dari spesifikasi teknik yang diberikan oleh pabrikator jembatan dan sudah sesuai dengan persyaratan teknis material baja jembatan pada RSNI T-03 2005.

1.1 Uji Beban Statik Jembatan

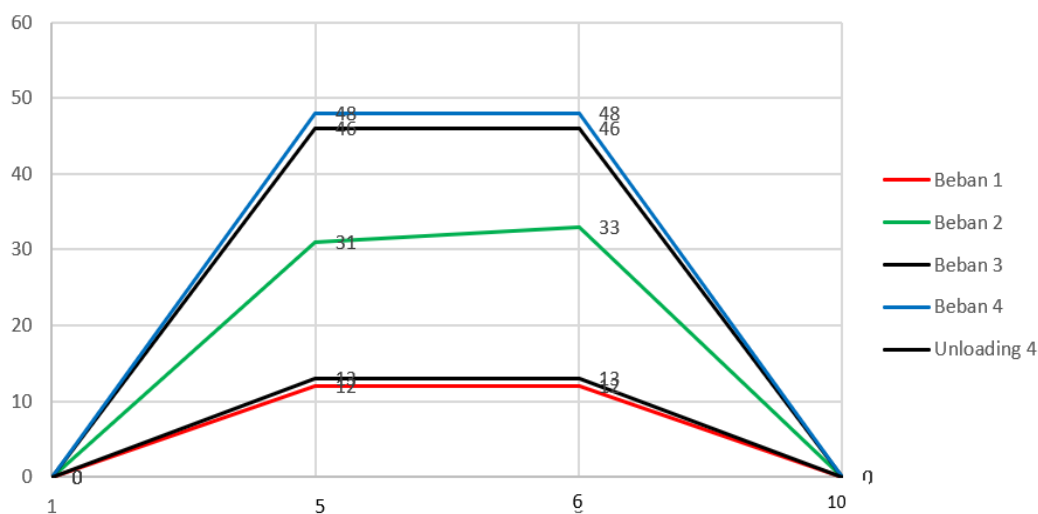
Pembacaan Lendutan (*Displacement*)

Bila disajikan dalam bentuk grafik, dapat dilihat pada Gambar dibawah ini.



Gambar 4. Grafik lendutan beban mati + beban hidup hasil uji beban statik

(Sumber : Hasil olahan)



Gambar 5. Grafik lendutan beban hidup hasil uji beban statik

(Sumber : Hasil olahan)

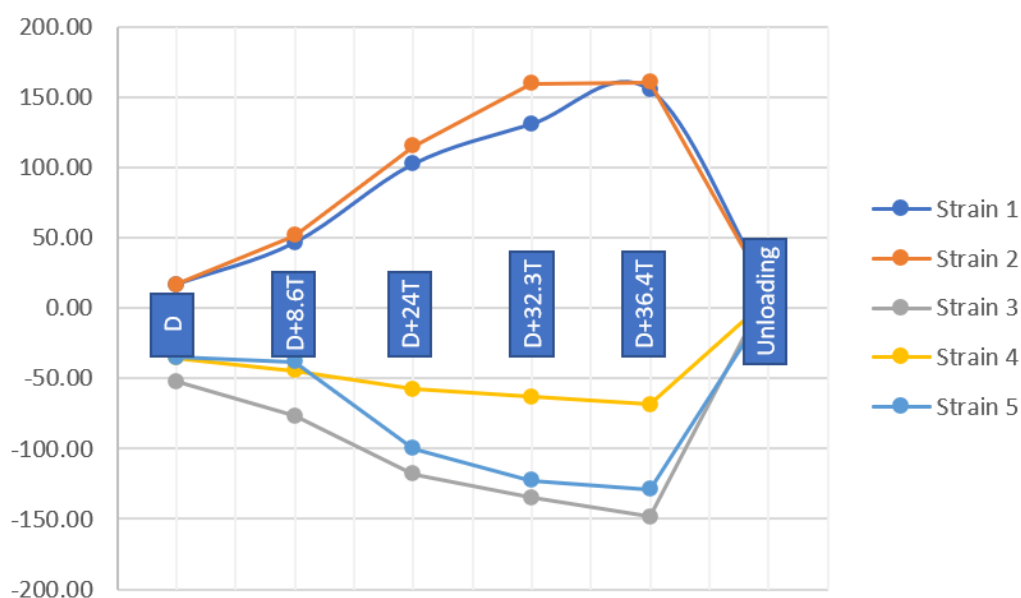
Berdasarkan hasil pembacaan lendutan seperti pada Tabel dan Gambar diatas dapat diuraikan sebagai berikut :

1. Lendutan awal (*initial displacement*) jembatan ditengah bentang (titik 5 dan titik 6) akibat beban mati atau berat sendiri struktur jembatan sebesar 61 mm. besarnya lendutan awal ini dipengaruhi oleh berat sendiri struktur jembatan dan kepresisian dari setiap sambungan antar segmen jembatan disambung dengan material PIN. Semakin besar toleransi lubang PIN pada jembatan Bailey, maka jembatan semakin mudah pemasangannya, namun lendutan awal yang ditimbulkan juga semakin besar.
2. Lendutan maksimum jembatan di Tengah bentang (titik 5 dan titik 6) akibat beban hidup 24 ton (Truck AASHTO HS15-44) adalah masing-masing sebesar 31 mm dan 33 mm. Bila dibandingkan dengan persyaratan nilai lendutan maksimum beban hidup pada jembatan permanen menurut SK-SNI T03 2005 masih memenuhi karena nilainya lebih kecil 34 mm ($L/800$).
3. Lendutan maksimum jembatan di Tengah bentang (titik 5 dan titik 6) akibat beban hidup truck 32.3 ton (Truck AASHTO HS20-44) dan beban hidup truck 36.4 Ton adalah masing-masing sebesar 46 mm dan 48 mm. Bila dibandingkan dengan persyaratan nilai lendutan maksimum beban hidup pada jembatan permanen menurut SK-SNI T03 2005 tidak memenuhi karena nilainya lebih besar 34 mm ($L/800$). Namun demikian, jembatan Bailey pada dasarnya adalah

jembatan semi permanen atau jembatan darurat, sehingga persyaratan lendutan dapat diabaikan asalkan secara kekuatan jembatan masih mampu menahan beban, dan pemakaian jembatan tidak dalam waktu yang relatif lama atau kurang dari 20 tahun dan dilakukan pemeliharaan secara berkala.

4. Lendutan jembatan yang terjadi di Tengah bentang (titik 5 dan titik 6) pada saat beban hidup jembatan ditiadakan (*unloading 4*) sebesar 13 mm. Bila dibandingkan dengan nilai lendutan maksimum pada saat dibebani beban hidup 36 ton yaitu sebesar 48 mm, pada dasarnya menunjukkan bahwa material dasar baja jembatan masih berperilaku elastik linear, karena nilai lendutan pada saat *unloading 4* sebesar 13 mm dan lendutan awal adalah 0 mm relatif sama. Walaupun ada sedikit perbedaan nilai lendutan awal dan lendutan *unloading 4*, dikarenakan terdapat gesekan antara sambungan setiap segmen jembatan yang tidak dapat diabaikan. Pembacaan nilai lendutan pada saat uji statik jembatan juga dapat diverifikasi atau dianalisis melalui pembacaan sensor regangan pada beberapa element struktur.

Pada Gambar 6 berikut ini disajikan dalam bentuk grafik hasil analisis tegangan dari hasil uji beban statik pada beberapa kombinasi beban



Gambar 6. Grafik hasil analisis tegangan uji beban statik beberapa kombinasi beban

(Sumber : Hasil olahan uji beban statik jembatan)

Bila hasil analisis tegangan pada uji beban statik jembatan dalam nilai angka aman (safety factor) dapat dilihat pada Tabel 3 berikut ini.

Tabel 3. Angka aman (safety factor) hasil analisis tegangan pada uji beban statik jembatan

No	Titik Strain Gauge	Angka aman (Safety Factor)					Keterangan
		Berat sendiri (D)	D+Truck 8.6T	D+HS15-44	D+HS20-44	D+Truck 36.4T	
1	Strain 1	21.16	8.61	3.91	3.06	2.58	
2	Strain 2	21.16	7.78	3.47	2.50	2.49	
3	Strain 3	6.76	5.19	3.39	2.96	2.70	
4	Strain 4	10.01	8.93	6.90	6.35	5.84	
5	Strain 5	10.08	10.44	4.00	3.26	3.10	

Sumber : Hasil olahan uji beban statik jembatan

Dari hasil analisis tegangan dan regangan pada uji beban statik diatas dapat diuraikan sebagai berikut :

1. Tegangan maksimum yang terjadi pada batang kritis (*Strain 3*) pada kombinasi beban mati dan beban hidup (D+Truck HS15-44) diperoleh nilai tegangan sebesar -118.14 N/mm^2 lebih kecil dari tegangan material yang dipersyaratkan sebesar 400 N/mm^2 . Dengan demikian struktur jembatan dengan beban truck HS15-44 atau total beban truck sebesar 24 ton masih aman, dimana angka aman (safety factor) sebesar 3.39.
2. Tegangan maksimum yang terjadi pada batang kritis (*Strain 2*) pada kombinasi beban mati dan beban hidup (D+Truck HS20-44) diperoleh nilai tegangan sebesar 159.69 N/mm^2 lebih kecil dari tegangan material yang dipersyaratkan sebesar 400 N/mm^2 . Dengan demikian struktur jembatan dengan beban truck HS20-44 atau total beban truck sebesar 32.3 ton masih aman, dimana angka aman (*safety factor*) sebesar 2.5.
3. Tegangan maksimum yang terjadi pada batang kritis (*Strain 2*) pada kombinasi beban mati dan beban hidup (D+Truck 36.4T) diperoleh nilai tegangan sebesar 160.44 N/mm^2 lebih kecil dari tegangan material yang dipersyaratkan sebesar 400 N/mm^2 . Dengan demikian struktur jembatan dengan beban truck sebesar 36.4 ton masih aman, dimana angka aman (*safety factor*) sebesar 2.49.
4. Dari hasil uji beban statik jembatan, dimana pada beban truck maksimum sebesar 36.4 ton, tegangan yang terjadi lebih kecil dari tegangan leleh minimum material baja ($f_y\text{-min } 400 \text{ N/mm}^2$) sehingga material jembatan masih berperilaku elastik, hal ini juga dapat dilihat pada saat beban

truck 36.4 ton ditiadakan (*unloading*), regangan yang terjadi relatif sama dengan regangan sebelum dibebani.

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian ini dapat ditarik beberapa kesimpulan :

1. Besarnya lendutan yang terjadi di tengah bentang akibat beban truck AASHTO HS20-44 setara beban truck 32.4 Ton pada uji beban statik (*static loading test*) jembatan Bailey adalah sebesar 46 mm. Bila dibandingkan dengan persyaratan nilai lendutan maksimum beban hidup pada jembatan permanen menurut SK-SNI T03 2005 tidak memenuhi karena nilai lendutan lebih besar 34 mm ($L/800$). Namun demikian, jembatan Bailey pada dasarnya adalah jembatan semi permanen atau jembatan darurat, sehingga persyaratan lendutan dapat diabaikan asalkan secara kekuatan jembatan masih mampu menahan beban, dan pemakaian jembatan tidak dalam waktu yang relatif lama atau kurang dari 20 tahun dan dilakukan pemeliharaan jembatan secara berkala.
2. Besar tegangan yang terjadi pada batang kritis (*Strain 2*) akibat beban truck AASHTO HS20-44 setara beban truck 32.4 Ton pada uji beban statik adalah sebesar 159.69 N/mm² lebih kecil dari tegangan material yang dipersyaratkan sebesar 400 N/mm² (f_y -min). Dengan demikian struktur jembatan dengan beban truck HS20-44 sebesar 32.3 ton masih aman, dimana angka aman (*safety factor*) tersedia adalah sebesar 2.5.
3. Berdasarkan hasil analisis dan desain program SAP2000, besarnya angka aman (*safety factor*) jembatan Bailey yang tersedia akibat beban truck AASHTO HS20-44 atau setara beban truck 32.4 Ton adalah sebesar 1.82 lebih besar dari yang angka yang dipersyaratkan yaitu sebesar 1.5. Dengan demikian struktur jembatan dengan beban truck HS20-44 masih aman. Sedangkan lendutan yang terjadi adalah sebesar 35.68 mm lebih besar dari nilai lendutan yang dipersyaratkan sebesar 34 mm ($L/800$).

DAFTAR PUSTAKA

- Ayunani, Luthfia & Triwiyono, Andreas. 2019. Analisis Kekuatan Struktur Atas Jembatan Bailey Berdasarkan SNI 1725:2016, *Aashto Lrfd Bridge Design Specification 6th Edition*, Dan SNI 2833:2016. <http://etd.repository.ugm.ac.id/>. Hal. 1-2
- Badan Standarisasi Nasional. 2016. Standar Pembebanan Jembatan. SNI 1725-2016. Jakarta
- E. Johnson, W. Devenport, and A. Borgoltz. (2022). "Experiment 2 - STATIC RESPONSE OF A BEAM" <https://borgoltz.aoe.vt.edu/aoe3054/manual/expt2/text.html>, 18 oktober 2022

- Harahap, Sabrina., Tjaronge, Muh. Wihardi., Irmawaty, Rita. 20... Evaluasi Jembatan Bailey Molintogupo Pasca Penggantian Girder Dan Lantai Kendaraan. Hal. 1-6
- Hare & Forbes Pty Ltd, "Machinery House" <https://www.machineryhouse.com.au/m055>, 18 oktober 2022
- Hidayat, Akh. Taufk. 2016. Perencanaan Struktur Atas Jembatan Rangka Baja Type (K-Truss) Dengan Menggunakan MetodeLRFD Di Jembatan Kalilanang, Desa Pandanrejo, Kecamatan Bumiaji, Kota Batu. Skripsi. Institut Teknologi Nasional.
- Kurniawan, Feldi. 2021. Analisis Lendutan Rangka Batang Akibat Beban Tetap Dan Sementara Terhadap Jembatan Rangka (Studi Kasus : Jembatan Desa Petapahan Kec. Gunung Toar Kab. Kuantan Singingi). Tugas Akhir. Universitas Islam Riau
- Listiowati, Wiwik., Iswandi, Agung., & Kamil, Firmanilah. 2022. Perbandingan Metode Pelaksanaan Standar Konstruksi Jembatan *Bailey* dengan Metode yang Dilaksanakan di Lokasi Ruas Jalan Pesaguan-Kendawangan. *Journal Of Civil Engineering As Applied Science (Rigid)*. Vol. 1 No. 1 (2022) 6-12
- Purnamasari, Alifyanti., Tjaronge, M.W., Irmawaty, Rita. 20...Evaluasi Kondisi Eksisting Struktur Atas Jembatan Bailey Molintogupo, Kabupaten Bone Bolango, Gorontalo. Hal. 1-7
- PT. Wiratama Globalindo Jaya. (2021). Manual Petunjuk Teknis Pemasangan Jembatan Bailey, Paket Peningkatan Jalan dan Jembatan Ruas Matuting - Rangka-Rangga, Halmahera Selatan. Tangerang Selatan
- PT. Wiratama Globalindo Jaya. (2021). Report Design Jembatan Bailey, Paket Peningkatan Jalan dan Jembatan Ruas Matuting - Rangka-Rangga, Halmahera Selatan. Tangerang Selatan
- PT. Wiratama Globalindo Jaya. (2021). QC Dossier Document Jembatan Bailey, Paket Peningkatan Jalan dan Jembatan Ruas Matuting - Rangka-Rangga, Halmahera Selatan. Tangerang Selatan
- Standar Nasional Indonesia. (2005). *Jembatan Pembebanan untuk (RSNI T-02-2005)*. Jakarta : Badan Standarisasi Nasional.7
- Standar Nasional Indonesia. (2005). *Perencanaan Struktur Baja untuk Jembatan (RSNI T-03-2005)*. Jakarta : Badan Standarisasi Nasional.7
- Susanto, Agus., Renaningsih., & Putri, P Diocta Ichi. 2019. Perencanaan Ulang Fondasi Tiang Pancang Pada Abutment Jembatan Kolonel Sunandar Kab. Demak-Kudus Jawa Tengah. Simposium Nasional RAPI XVIII – 2019. ISSN 1412-9612. Hal. 209-215
- REALPARS, "Linear Variable Differential Transformer" <https://realpars.com/lvdt>, 18 oktober 2022