

Analisa Perkiraan Fondasi Dengan Bentang 80 Meter Tipe Camel Back Truss Atas Jembatan Rangka Baja

Andri Fauzi Hasibuan

¹Program Studi Teknik Sipil, ²Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Medan
Jl. Muchtar Basri No. 3, Glugur Darat II, Kec. Medan Timur, Kota Medan, Sumatera Utara

andrihasibuan98@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini membahas perencanaan struktur atas jembatan kereta api tipe camel back truss dengan bentang panjang. Pembebanan yang terjadi pada struktur atas jembatan antara lain beban mati, beban mati tambahan, beban hidup, beban kejut, beban lateral, beban rem dan traksi, beban rel longitudinal, beban angin struktur, beban angin kendaraan, beban gempa, dan beban temperatur. Dari hasil Analisa kombinasi kuat I diperoleh bahwa gaya aksial tekan yang terjadi pada model 1 yaitu 6958,37 kN, model 2 yaitu 6739,26 kN, model 3 yaitu 6725,66 kN dan model 4 yaitu 7153,10 kN. Gaya aksial tarik yang terjadi pada model 1 yaitu 4415,28 kN, model 2 yaitu 3782,63 kN, model 3 yaitu 4876,53 kN dan model 4 yaitu 4041,68 kN. Dengan desain kondisi aman lendutan pada rangka yang terjadi akibat kombinasi daya layan I pada model 1 yaitu 6,47 cm, model 2 yaitu 5,59 cm, model 3 yaitu 8,24 cm dan model 4 yaitu 9,81 cm. Kombinasi daya layan II menghasilkan lendutan pada rangka pada model 1 yaitu 7,93 cm, model 2 yaitu 6,95 cm, model 3 yaitu 10,07 cm dan model 4 yaitu 11,15 cm. Analisa terhadap volumetrik struktur jembatan perlu dilakukan. Volumetrik model 1 yaitu 3096,35 m³, model 2 yaitu 3142,87 m³, model 3 yaitu 3249,47 m³ dan model 4 yaitu 39,04 m³.

Kata Kunci: *Jembatan kereta api, jembatan bentang panjang, jembatan camel back truss, jembatan baja.*

1. PENDAHULUAN

Jembatan kereta api merupakan sebuah sarana transportasi bebas hambatan salah satunya sungai. Dalam analisis perhitungan pembebanan jembatan kereta api tidak adanya beban aspal yang terdapat dalam perencanaan jembatan ini. Pembebanan pada jembatan kereta api berupa beban rel, bantalan dan penambat pada beban mati tambahan. Beban hidup yang bekerja pada struktur atas jembatan kereta api adalah beban yang berasal dari rangkain kereta api yang besarnya ditentukan berdasarkan Rencana Muatan 1921 (RM. 1921).

Pada perencanaan jembatan menggunakan material baja dikarenakan baja mempunyai berbagai sifat penting seperti kekuatan yang tinggi serta ketahanan dan sifat mekanik berupa tegangan leleh dan tegangan putus. Dalam pengerjaan jembatan kereta api, terdapat beberapa persyaratan yang harus dipenuhi diantara lain seperti ketahanan terhadap segala beban-beban yang akan terjadi dan lendutan. Lendutan pada struktur akan berbanding lurus dengan panjang bentang struktur tersebut, artinya semakin panjang bentangan yang ada maka akan semakin mengurangi keamanan struktur.

Tujuan penelitian ini dilakukan Untuk mengetahui pengaruh perbedaan pembagian segmen dan tinggi batang terhadap gaya aksial dan garis pengaruh yang terjadi pada struktur jembatan yang diakibatkan beban-beban yang bekerja. Untuk mengetahui besar lendutan yang terjadi terhadap pengaruh perbedaan pembagian segmen dan tinggi batang pada struktur jembatan. Dan untuk mengetahui volumetrik material baja yang digunakan pada perencanaan struktur jembatan.

Menurut Struyck dan Van Der Veen (1984), jembatan merupakan sebuah struktur yang dibangun melewati suatu rintangan yang berada lebih rendah. Rintangan-rintangan tersebut dapat berupa jurang, lembah, jalan rel, sungai, badan air, atau rintangan fisikal lainnya.

Jembatan rangka baja merupakan bangunan atas jembatan yang disusun dari beberapa panel segitiga dan dirangkai satu persatu dengan hubungan baut untuk menahan beban rencana jembatan yang sesuai dengan peraturan beban yang berlaku pada saat itu.

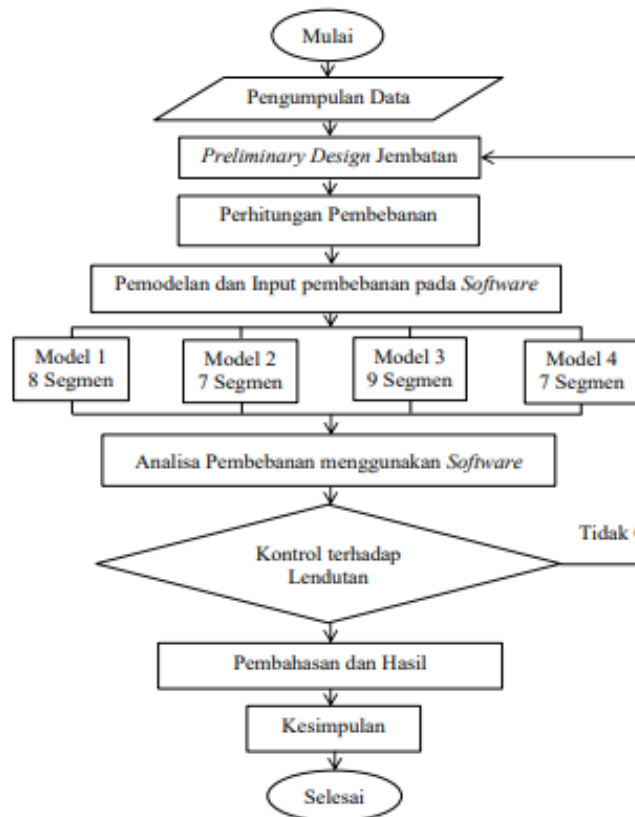
Jembatan rangka baja memiliki keuntungan karena memiliki kuat tarik dan kuat tekan yang tinggi serta proses maintenance yang lebih mudah dan pemasangannya lebih cepat jika dibandingkan dengan jembatan beton. Namun jembatan rangka memiliki kekurangan karna lebih mudah berkarat dan akan lebih berisik jika digunakan sebagai jembatan untuk perlintasan kereta api.

Penggunaan jembatan tipe camelback truss dikarenakan konstruksinya yang lebih ringan dibandingkan dengan yang berbentuk trapesium. Selain itu strukturnya yang berbentuk lengkung sehingga menghasilkan estetika yang lebih indah dibanding trapesium. Jembatan tipe camelback truss memiliki penghubung atas yang tinggal sejajar dengan penghubung bawah. Hal ini menciptakan struktur yang lebih ringan tanpa kehilangan kekuatan, ada sedikit beban mati di ujung kekuatan lebih terkonsentrasi di pusat.

Di dalam Peraturan Menteri Perhubungan nomor PM 28 Tahun 2011 telah diatur tentang persyaratan teknis bangunan jembatan kereta api. Dalam perencanaan jembatan kereta api ada syarat-syarat yang harus dipenuhi sebagai berikut: 1. Beban Gandar 2. Lendutan 3. Stabilitas Konstruksi.

2. METODE PENELITIAN

Diagram alir perencanaan struktur atas jembatan kereta api ini sebagai berikut:



Gambar 1 : Alur Penelitian

Preliminary Design

Adapun preliminary design jembatan yaitu:

Model 1

1. Panjang jembatan (ΣL) = 80 m
2. Jumlah segmen (n) = 8
3. Panjang persegmen (L) = $\Sigma L/n = 80 \text{ m} / 8 = 10 \text{ m}$
4. Tinggi Jembatan
 - Puncak tertinggi = $1,25 \times L = 1,25 \times 10 \text{ m} = 12,5 \text{ m}$
 - Puncak ke-2 = $1,125 \times L = 1,125 \times 10 \text{ m} = 11,25 \text{ m}$
 - Puncak terendah = $0,75 \times L = 0,75 \times 10 \text{ m} = 7,5 \text{ m}$
5. Lebar jembatan = 5
6. Kelas jalan = II
7. Tipe rel = R54
8. Jenis bantalan = Kayu
9. Dimensi bantalan = $1,8 \times 0,22 \times 0,2 \text{ m}$

Model 2

1. Panjang jembatan (ΣL) = 80 m
2. Jumlah segmen (n) = 7
3. Panjang persegmen (L) = $\Sigma L/n = 80 \text{ m} / 7 = 11,429 \text{ m}$

4. Tinggi Jembatan
 - Puncak tertinggi = $1,25 \times L = 1,25 \times 11,429 \text{ m} = 14,29 \text{ m}$
 - Puncak ke-2 = $1,125 \times L = 1,125 \times 11,429 \text{ m} = 12,86 \text{ m}$
 - Puncak terendah = $0,75 \times L = 0,75 \times 11,429 \text{ m} = 8,57 \text{ m}$
5. Lebar jembatan = 5
6. Kelas jalan = II
7. Tipe rel = R54
8. Jenis bantalan = Kayu
9. Dimensi bantalan = $1,8 \times 0,22 \times 0,2 \text{ m}$

Model 3

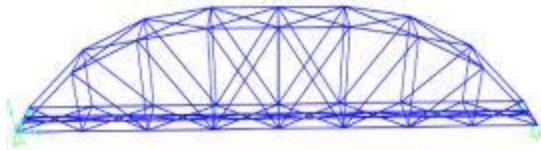
1. Panjang jembatan (ΣL) = 80 m
2. Jumlah segmen (n) = 9
3. Panjang persegmen (L) = $\Sigma L/n = 80 \text{ m} / 9 = 8,889 \text{ m}$
4. Tinggi Jembatan
 - Puncak tertinggi = $1,25 \times L = 1,25 \times 8,889 \text{ m} = 11,11 \text{ m}$
 - Puncak ke-2 = $1,125 \times L = 1,125 \times 8,889 \text{ m} = 10 \text{ m}$
 - Puncak ke-3 = $(1,125 - ((1,125 - 0,75)/2)) \times L$
= $(1,125 - ((1,125 - 0,75)/2)) \times 8,889 = 8,33 \text{ m}$
 - Puncak terendah = $0,75 \times L = 0,75 \times 8,889 \text{ m} = 6,67 \text{ m}$
5. Lebar jembatan = 5
6. Kelas jalan = II
7. Tipe rel = R54
8. Jenis bantalan = Kayu
9. Dimensi bantalan = $1,8 \times 0,22 \times 0,2 \text{ m}$

Model 4

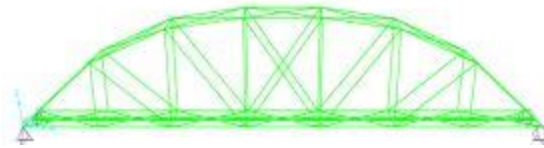
1. Panjang jembatan (ΣL) = 80 m
2. Jumlah segmen (n) = 7
3. Panjang persegmen (L) = $\Sigma L/n = 80 \text{ m} / 7 = 11,429 \text{ m}$
4. Tinggi Jembatan
 - Puncak tertinggi = 12,5 m
 - Puncak ke-2 = 11,25 m
 - Puncak terendah = 7,5 m
5. Lebar jembatan = 5
6. Kelas jalan = II
7. Tipe rel = R54
8. Jenis bantalan = Kayu
9. Dimensi bantalan = $1,8 \times 0,22 \times 0,2 \text{ m}$

Pemodelan Jembatan

Pemodelan dilakukan dengan menggunakan software. Analisis model dilakukan bertujuan untuk melihat perbandingan nilai garis pengaruh, gaya aksial dan lendutan serta perbedaan volume struktur dengan jumlah segmen yang berbeda.



Gambar 2. Struktur Model 1



Gambar 3. Struktur Model 2



Gambar 4. Struktur Model 3



Gambar 5. Struktur Model 4

3. HASIL

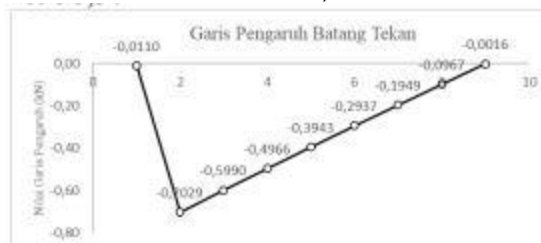
Hasil Analisis Gaya Aksial dan Garis Pengaruh (Influence) Model 1

Besar nilai aksial tarik maksimum adalah 4415,28 kN



Gambar 6: Garis pengaruh batang tarik Model 1

Besar nilai aksial tekan maksimum adalah -6958,37 kN



Gambar 7: Garis pengaruh batang tekan Model 1

Model 2

Besar nilai aksial tarik maksimum adalah 3782,63 kN.



Gambar 8: Garis pengaruh batang tarik Model 2

Besar nilai aksial tekan maksimum adalah -6739,26 kN



Gambar 9: Garis pengaruh batang tekan Model 2

Model 3

Besar nilai aksial tarik maksimum adalah 4876,53 kN.



Gambar 10: Garis pengaruh batang tarik Model 3

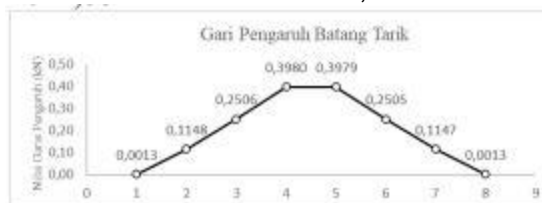
Besar nilai aksial tekan maksimum adalah -6725,66 kN



Gambar 11: Garis pengaruh batang tekan Model 3

Model 4

Besar nilai aksial tarik maksimum adalah 4041,68 kN



Gambar 12: Garis pengaruh batang Tarik Model 4

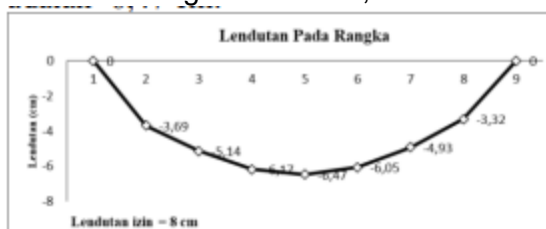
Besar nilai aksial tekan maksimum adalah -7153,1 kN.



Gambar 13: Garis pengaruh batang tekan Model 4

Hasil Analisis Lendutan Akibat Daya Layan I Model 1

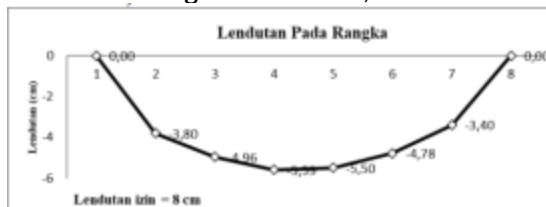
Besar lendutan pada struktur rangka adalah -6,47 cm.



Gambar 14: Grafik lendutan pada rangka Model 1

Model 2

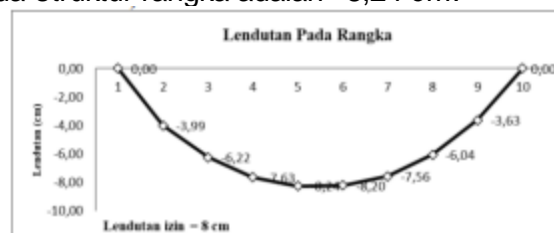
Besar lendutan pada struktur rangka adalah -5,59 cm



Gambar 15: Grafik lendutan pada rangka Model 2

Model 3

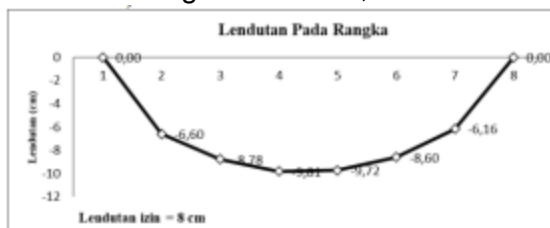
Besar lendutan pada struktur rangka adalah -8,24 cm.



Gambar 16: Grafik lendutan pada rangka Model 3

Model 4

Besar lendutan pada struktur rangka adalah -9,81 cm.

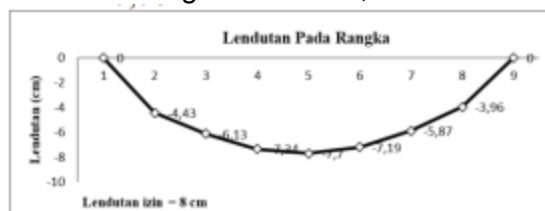


Gambar 17: Grafik lendutan pada rangka Model 4

Hasil Analisis Lendutan Akibat Daya Layan II

Model 1

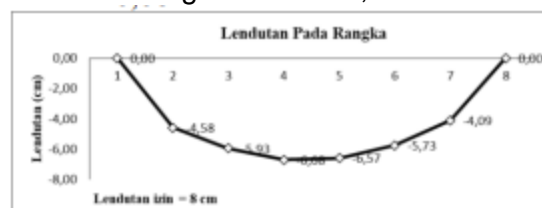
Besar lendutan pada struktur rangka adalah -7,70 cm.



Gambar 18: Grafik lendutan pada rangka Model 1

Model 2

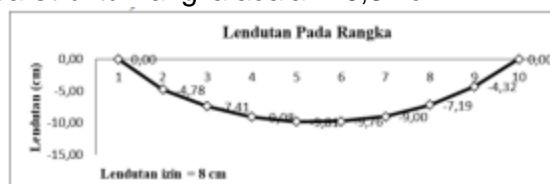
Besar lendutan pada struktur rangka adalah -6,68 cm



Gambar 19: Grafik lendutan pada rangka Model 2

Model 3

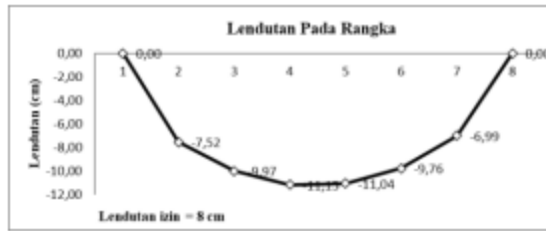
Besar lendutan pada struktur rangka adalah -9,81 cm



Gambar 20: Grafik lendutan pada rangka Model 3

Model 4

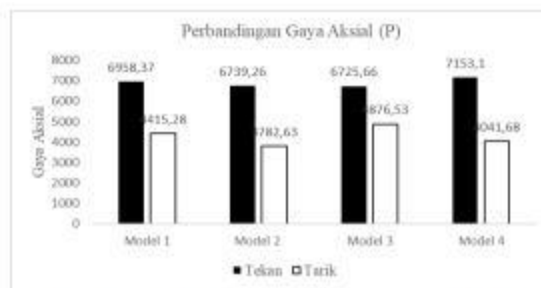
Besar lendutan pada struktur rangka adalah -11,15 cm.



Gambar 21: Grafik lendutan pada rangka Model 4

4. PEMBAHASAN

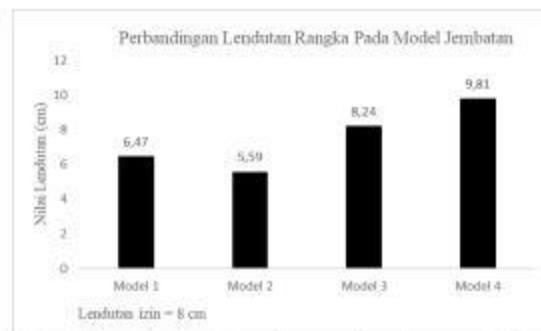
Perbandingan gaya aksial pada model



Gambar 22: Perbandingan gaya aksial

Gaya aksial tekan terbesar terjadi pada model 4 yaitu 7153,1 kN. Sedangkan gaya aksial tarik terbesar terjadi pada model 3 yaitu 4876,53 kN. Hal ini dikarenakan pengaruh dari tinggi struktur jembatan dan pembagian segmen yang dilakukan.

Perbandingan lendutan rangka pada model jembatan akibat daya layan I

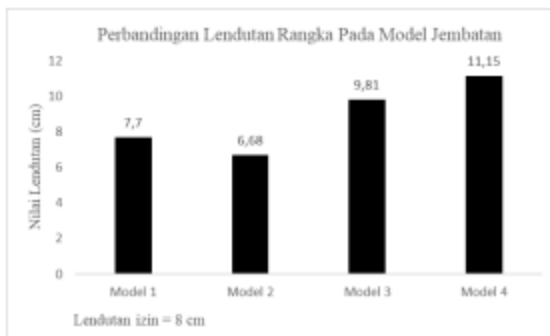


Gambar 23: Perbandingan lendutan akibat daya layan I

Nilai lendutan rangka pada model 1 dan model 2 lebih kecil dari lendutan izin maka syarat pada kedua model sudah terpenuhi. Sedangkan lendutan rangka pada model 3 dan model 4 lebih besar dari lendutan izin maka syarat pada kedua model belum terpenuhi.

Perbandingan lendutan rangka pada model jembatan akibat daya layan II

Nilai lendutan rangka pada model 1 dan model 2 lebih kecil dari lendutan izin maka syarat pada kedua model sudah terpenuhi. Sedangkan pada model 3 dan model 4 lendutan pada rangka belum memenuhi syarat izin.



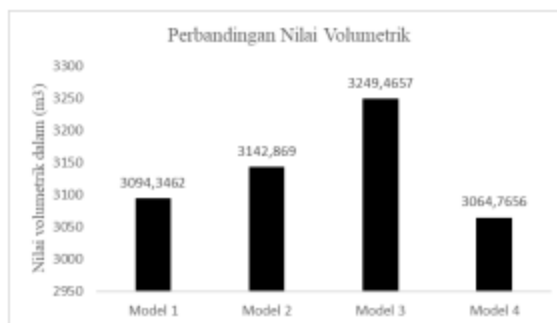
Gambar 24: Perbandingan lendutan akibat daya layan II

Hasil Analisis Volumetrik Jembatan

Tabel 1: Perbandingan berat dan volume struktur

| Nama | Berat Struktur (Kg) | Volume Struktur (m ³) |
|---------|---------------------|-----------------------------------|
| Model 1 | 309634,6201 | 39,4439 |
| Model 2 | 314286,9030 | 40,0365 |
| Model 3 | 324946,5719 | 41,3945 |
| Model 4 | 306476,5677 | 39,0416 |

Berat dan volume struktur pada model 3 memiliki nilai yang paling besar. Hal ini dikarenakan pada model 3 memiliki rangka yang lebih banyak dibandingkan dengan model 1, model 2 dan model 4.



Gambar 25: Grafik perbandingan nilai volumetrik pada model jembatan

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis data dan pembahasan maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Nilai-nilai gaya aksial dan garis pengaruh yang terjadi pada model 1, model 2, model 3 dan model 4 dari hasil analisis didapat sebagai berikut:
 - a. Model 1 memiliki gaya aksial tekan maksimum sebesar 6958,37 kN dan memiliki nilai garis pengaruh maksimum sebesar 0,7029 kN. Gaya aksial tarik maksimumnya sebesar 4415,28 kN dan memiliki garis pengaruh maksimum sebesar 0,4438 kN.

- b. Model 2 memiliki gaya aksial tekan maksimum sebesar 6739,26 kN dan memiliki nilai garis pengaruh maksimum sebesar 0,6831 kN. Gaya aksial tarik maksimumnya sebesar 3782,63 kN dan memiliki garis pengaruh maksimum sebesar 0,3479 kN.
 - c. Model 3 memiliki gaya aksial tekan maksimum sebesar 6725,66 kN dan memiliki nilai garis pengaruh maksimum sebesar 0,6845 kN. Gaya aksial tarik maksimumnya sebesar 4876,53 kN dan memiliki garis pengaruh maksimum sebesar 0,5346 kN.
 - d. Model 4 memiliki gaya aksial tekan maksimum sebesar 7153,10 kN dan memiliki nilai garis pengaruh maksimum sebesar 0,7430 kN. Gaya aksial tarik maksimumnya sebesar 4041,68 kN dan memiliki garis pengaruh maksimum sebesar 0,3980 kN.
 - e. Gaya aksial tekan terbesar terjadi pada model 4 yaitu 7153,10 kN dan gaya tarik terbesar terjadi pada model 3 yaitu 4876,53 kN.
2. Lendutan yang terjadi pada model 1, model 2, model 3 dan model 4 dari hasil analisis didapat sebagai berikut:
- a. Lendutan maksimum akibat kombinasi daya layan I
 - Model 1 memiliki lendutan maksimum pada rangka sebesar 6,47 cm dan pada gelagar sebesar 6,66 cm.
 - Model 2 memiliki lendutan maksimum pada rangka sebesar 5,59 cm dan pada gelagar sebesar 5,81 cm.
 - Model 3 memiliki lendutan maksimum pada rangka sebesar 8,24 cm dan pada gelagar sebesar 8,45 cm.
 - Model 4 memiliki lendutan maksimum pada rangka sebesar 9,81 cm dan pada gelagar sebesar 10,01 cm.
 - Lendutan pada rangka terbesar terjadi pada model 4 yaitu 9,81 cm.
 - b. Lendutan maksimum akibat kombinasi daya layan II
 - Model 1 memiliki lendutan maksimum pada rangka sebesar 7,70 cm dan pada gelagar sebesar 7,93 cm.
 - Model 2 memiliki lendutan maksimum pada rangka sebesar 6,68 cm dan pada gelagar sebesar 6,95 cm.
 - Model 3 memiliki lendutan maksimum pada rangka sebesar 9,81 cm dan pada gelagar sebesar 10,07 cm.
 - Model 4 memiliki lendutan maksimum pada rangka sebesar 11,15 cm dan pada gelagar sebesar 11,42 cm.
 - Lendutan pada rangka terbesar terjadi pada model 4 yaitu 11,15
3. Volumetrik yang diperoleh pada model 1, model 2, model 3 dan model 4 dari hasil analisis didapat sebagai berikut:
- a. Model 1 memiliki berat sebesar 3096,3462 kN dan volumetrik sebesar 39,4439 m³.
 - b. Model 2 memiliki berat sebesar 3142,869 kN dan volumetrik sebesar 40,0365 m³.
 - c. Model 3 memiliki berat sebesar 3249,4657 kN dan volumetrik sebesar 41,3945 m³.
 - d. Model 4 memiliki berat sebesar 3064,7656 kN dan volumetrik sebesar 39,0416 m³. - Volumetrik terbesar terjadi pada model 3 yaitu 41,3945 m³.

REFERENSI

- Aditya Wahyu Erlangga.Dadang Sanjaya Atmaja.Puspita Dewi.2017. Perancangan Superstructure Jembatan Kereta Api Bentang 100 Meter Tipe Rangka Baja.Jurnal Perkeretaapian Indonesia.Vol I.
- Asfiati, S., & Mutiara, D. T. (2021). STUDI KESELAMATAN DAN KEAMANAN TRANSPORTASI DI PERLINTASAN SEBIDANG ANTARA JALAN REL DENGAN JALAN UMUM (Studi Kasus Perlintasan Kereta Api Di Jalan Padang, Bantan Timur, Kecamatan Medan Tembung). *PROGRESS IN CIVIL ENGINEERING JOURNAL*, 1(2).
- Asfiati, S., & Zurkiyah, Z. (2021, August). POLA PENGGUNAAN LAHAN TERHADAP SISTEM PERGERAKAN LALU LINTAS DI KECAMATAN MEDAN PERJUANGAN, KOTA MEDAN. In *Seminar Nasional Teknik (SEMNASTEK) UISU* (Vol. 4, No. 1, pp. 206-216).
- Asfiati, S. (2018, June). TINGKAT KERUSAKAN JALAN PADA PERKERASAN KAKU AKIBAT VOLUME KENDARAAN DI JALAN PERKOTAAN. In *SEMNASTEK UISU 2018*.
- Dary, R. W., Frapanti, S., & Utami, C. (2019). Evaluasi Kekakuan Batu Bata Lubuk Pakam Pada Bangunan Bertingkat Dengan Analisis Pushover. *Portal: Jurnal Teknik Sipil*, 11(2), 11-15.
- Faisal, A. (2019). Studi parametrik kinerja dinding pengisi bata merah pada struktur beton bertulang akibat beban gempa. *KUMPULAN JURNAL DOSEN UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA*, 9(2).
- Frapanti, S., Asfiati, S., & Hadipramana, J. (2020). Pendampingan Legalitas Mutu Berstandart SNI Guna Meningkatkan Pendapatan Home Industri Batu Bata Di Desa Sido Urip Kecamatan Beringin Kabupaten Deli Serdang. *JURNAL PRODIKMAS Hasil Pengabdian Kepada Masyarakat*, 5(1), 41-46.
- Frapanti, S. (2018). Analisa Portal yang Memperhitungkan Kekakuan Dinding Bata dari Beberapa Negara Pada Bangunan Bertingkat Dengan Pushover. *Kumpulan Jurnal Dosen Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*.
- Hadipramana, J., & Syahputra, J. (2021). PERBANDINGAN SIMULASI GAYA AKSIAL DAN LATERAL PLAIN WALL BETON RINGAN ANTARA CAMPURAN STYROFOAM DENGAN LAPISAN COATING DAN ABU SEKAM PADI DENGAN FLY ASH. *PROGRESS IN CIVIL ENGINEERING JOURNAL*, 1(2).
- Hikma Dewita. B, Linda Supriantini, Harry Wibisono.2016.Perencanaan Struktur Atas Jembatan Kedaung-Jenggot Di Kabupaten Tangerang Dengan Menggunakan Rangka Baja.
- Mohamad, N., Zulaika, M. S., Samad, A. A. A., Goh, W. I., Hadipramana, J., & Wirdawati, A. (2016). Fresh State and Mechanical Properties of Self Compacting Concrete Incorporating High Volume Fly Ash. In *MATEC Web of Conferences* (Vol. 47, p. 01001). EDP Sciences.
- Muhammad Ridha, Khairul Miswar.2016.Perencanaan Struktur Rangka Atas Jembatan Rangka Baja Pada Gampong Leubok Pempeng Kecamatan Peureulak Kabupaten Aceh Timur.
- Rashidi, A., Majid, T. A., Fadzli, M. N., Faisal, A., & Noor, S. M. (2017, October). A Comprehensive Study on the Influence of Strength and Stiffness eccentricities to the On-plan Rotation of Asymmetric Structure. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 1892, No. 1, p. 120013). AIP Publishing LLC.
- Riza, F. V., Lubis, D. S., & Manurung, F. V. B. (2021). ANALISIS MEKANIS BETON BUSA DENGAN KOMBINASI SERAT SABUT KELAPA SERTA BAHAN TAMBAHAN ABU SEKAM PADI DAN SERBUK CANGKANG TELUR. *PROGRESS IN CIVIL ENGINEERING JOURNAL*, 1(2).
- Siswo Hadi Murdoko, Karyoto.2017. Analisis Perencanaan Struktur Atas Jembatan Busur Rangka Baja.

- Sri¹, F., Zulkarnain¹, F., & Asfiati¹, S. (2020). *The Comparison of Brick as a Load and a Structure with Non-Linear Analysis of Soft Storey Behaviour in Multi-storey Buildings* (No. 4387). EasyChair.
- Syamsudin.Andi Darma.Eko Azis Aminudin.2015.Perencanaan Struktur Bangunan Atas jembatan Rangka Baja A-60 M Di Kabupaten Supiori Provinsi Papua.
Perencanaan Jembatan Terhadap Beban Gempa (SNI 2833:2016).
Pembebanan Untuk Jembatan (SNI 1725:2016).
Perencanaan Struktur Baja Untuk Jembatan (RSNI T-03-2005).
- Reissa Rachmania.2017.Perencanaan Struktur Atas Jembatan Trough Pratt Truss Tiga Tumpuan. Rekayasa Teknik.Sipil.Vol 3.
- Zulkarnain, F. (2021, August). Pengembangan dan Analisis Campuran Beton Mutu Tinggi untuk Struktur Dermaga di Indonesia. In *Seminar Nasional Teknologi Edukasi Sosial dan Humaniora* (Vol. 1, No. 1, pp. 54-58).
- Zulkarnain, F., & Ramli, M. (2011). Rational proportion for mixture of foamed concrete design. *Jurnal Teknologi*, 1â-12.
- Zulkarnain, F., & Suleiman, M. (2008). Properties of latex ferrocement in flexure.