

ALTERNATIF DESAIN JEMBATAN RANGKA BAJA MENGGUNAKAN *TROUGH BALTIMORE TRUSS* PADA *OVERPASS* DI KABUPATEN TANGERANG

Basirun¹, Rully Angraeni Safitri², Sintia Klarantika³

^{1,2,3} Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammdiyah Tangerang, Jl. Perintis Kemerdekaan 1 Cikokol, Tangerang, Indonesia.

ABSTRAK

Jembatan merupakan sarana transportasi penting yang berfungsi menghubungkan wilayah dan mendukung aktivitas ekonomi maupun sosial. Berdasarkan SE.MEN PUPR No.07/SE/M/2015, jembatan rangka baja memiliki bentang ekonomis 40–200 meter, sehingga sesuai untuk kebutuhan eksisting. Dalam pemilihan struktur jembatan, perlu diperhatikan aspek kekuatan, estetika, efisiensi biaya dan kenyamanan pengguna. Penelitian tugas akhir ini membahas perbandingan volume pekerjaan dan rencana anggaran biaya (RAB) antara jembatan eksisting dan jembatan perencanaan ulang pada Overpass yang melintasi Tol Tangerang–Merak. Metode penelitian yang digunakan pada studi ini adalah metode analisis kualitatif dengan mengambil satu studi kasus jembatan eksisting yang dilakukan perancangan ulang sebagai alternatif desain. Penelitian ini juga dilakukan dengan menggunakan pendekatan studi pustaka serta studi literatur terdahulu. Pada Penelitian ini membandingkan dua jenis tipe struktur jembatan berupa jembatan tipe *Steel Box Girder 1-Cell* pada struktur eksisting dan perancangan ulang dengan jembatan tipe rangka baja menggunakan *Trough Baltimore Truss*. Pada detail perancangannya studi ini melakukan perancangan ulang untuk struktur atas pemikul utama maupun struktur bawah abutmen dan pondasinya menggunakan *Software*. Hasil desain penggunaan elemen baja meliputi *Top Chord* H428x407x20x35, *Bottom Chord* H428x40 x20x35, *Diagonal* H400x408x21x21, *Bracing* H248x249x8x13, *Cross girder* H428x407x20x35, *Stringer* H 350x350x12x19 dan, Portal Ujung H400x400x13x21, serta pondasi *Bore Pile* diameter 1 m dengan kedalaman 30 m, *pilecap* 10,5x6x1 m, dan abutmen 10,5x1,5x4,1 m. Hasil perhitungan menunjukkan volume penggunaan baja jembatan eksisting sebesar 37.623,20 kg, sedangkan jembatan perencanaan 45.324,60 kg, sehingga penggunaan *Steel Box Girder 1-Cell* lebih efisien 15,79%.

Trough Baltimore Truss, Jembatan, Rangka Baja, Perbandingan Volume, Perbandingan Harga.

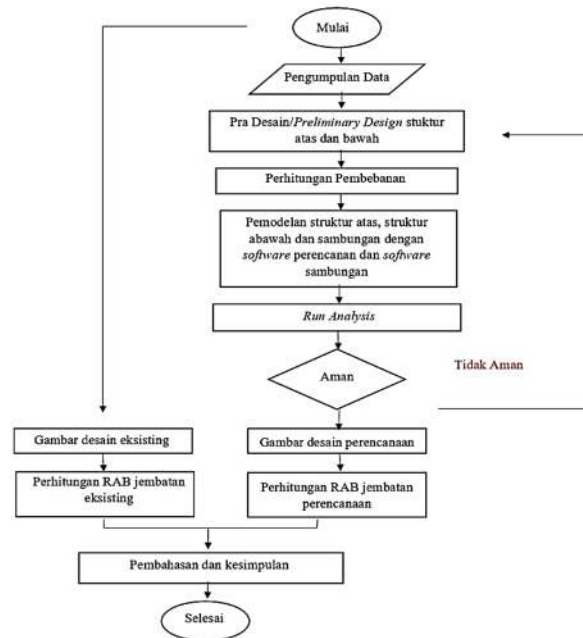
PENDAHULUAN

Jembatan merupakan salah satu sarana transportasi yang sangat penting bagi masyarakat pada saat ini, dimana dengan adanya jembatan dapat menjadi penghubung antara satu daerah dengan daerah lainnya. Selain itu dengan adanya jembatan dapat membantu lancarnya perekonomian, memperlancar aktifitas yang dilakukan oleh pemerintahan, pertukaran kebudayaan dan lain-lain. Dalam studi ini dilakukan perancangan ulang *Overpass* di kabupaten Tangerang dengan bentang 60 meter menjadi jembatan rangka baja tipe *Baltimore Truss*. Jembatan rangka baja tipe *Baltimore Truss* memiliki beberapa persamaan dengan tipe *truss Pratt*, namun terdapat perbedaan dimana tipe *truss Baltimore* memiliki batang *diagonal* tambahan di bagian bawah *section* untuk mencegah gaya tekan (kompresi) dan dapat mengontrol terjadinya *defleksi* serta menunjukkan desain yang sederhana dan sangat kuat. Selain itu, menurut SE.MEN PUPR No.07/SE/M/2015 tanggal 23 April 2015, jembatan rangka baja memiliki bentang ekonomis 40 – 200 meter, dimana bentang tersebut memenuhi kriteria jembatan eksisting sehingga menarik untuk dilakukan kajian. Penggunaan struktur *Baltimore Truss* sebagai rangka baja pada jembatan dengan bentang 60 meter dapat menjadi solusi yang efektif, khususnya untuk jembatan yang memikul beban berat dan memerlukan kestabilan struktur tinggi. Dengan konfigurasi tambahan *sub-diagonal* dan sub-vertikal, tipe ini memberikan efisiensi dalam distribusi beban serta mengurangi deformasi pada bentang panjang. Oleh karena itu, *Baltimore Truss* sangat sesuai digunakan pada bentang menengah seperti 60 meter, dikarenakan mampu menahan beban berat seperti kereta api maupun kendaraan berat. (Chen & Duan, 2014; Lin & Yoda, 2017). Dalam pemilihan suatu struktur jembatan perlu diperhatikan beberapa persyaratan keamanan dan kenyamanan ataupun aspek yang dapat mempengaruhi jembatan tersebut baik dari: aspek kekuatan strukturnya, aspek estetika, aspek ekonomis, serta aspek dari segi biaya yang akan dianggarkan. Rencana anggaran biaya, atau RAB merupakan salah satu bagian dari pekerjaan perancangan dan manajemen konstruksi. Rencana anggaran biaya merupakan langkah awal dalam memperkirakan biaya yang diperlukan serta perhitungan jumlah biaya yang dibutuhkan untuk pekerjaan baik dari segi *material*, bahan, alat alat yang digunakan dan kebutuhan tenaga kerja pada setiap pekerjaan konstruksi. (Fenny Binti Yusri, 2024) Perhitungan rencana anggaran biaya dilakukan untuk mengetahui atau memberikan gambaran mengenai besarnya biaya yang dikeluarkan pada masa pelaksanaan pekerjaan suatu proyek. Pada pembangunan suatu jembatan tentunya diperlukannya pembiayaan dan konstruksi yang ekonomis dan efisien karena setiap perbedaan pada jembatan baik dari bahan, *material*, volume pekerjaan, dan biaya yang digunakan setiap pekerjaan jembatan bisa berbeda-beda berdasarkan tiap tipe – tipe jembatan yang

digunakan.

METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan pada studi ini adalah metode analisis kualitatif dengan mengambil satu studi kasus jembatan eksisting yang dilakukan perancangan ulang sebagai alternatif desain. Penelitian ini juga dilakukan dengan menggunakan pendekatan studi pustaka serta studi literatur terdahulu. Proses perencanaan jembatan dimulai dengan pengumpulan data lapangan, kemudian dibuat pra desain struktur atas dan bawah. Setelah itu dilakukan perhitungan beban dan pemodelan struktur dengan *software* untuk dianalisis. Jika hasil analisis menunjukkan struktur tidak aman, maka dilakukan desain ulang sampai memenuhi syarat. Jika aman, dilanjutkan dengan pembuatan gambar desain eksisting dan perencanaan, perhitungan RAB setiap pekerjaan, tahap akhir adalah pembahasan dan kesimpulan, lalu proses dinyatakan selesai.



Gambar 1 Bagan Alir

Pada Penelitian ini membandingkan dua jenis tipe struktur jembatan berupa jembatan tipe *Steel Box Girder I-Cell* pada struktur eksisting dan perancangan ulang dengan jembatan tipe rangka baja menggunakan *Trough Baltimore Truss*. Pada detail perancangannya studi ini melakukan perancangan ulang untuk struktur atas pemikul utama maupun struktur bawah abutmen dan pondasinya menggunakan Software.

Perbandingan yang dilakukan dengan membandingkan volume struktur eksisting terhadap struktur perancangan ulang yang dilanjutkan dengan konversi besaran pembiayaan serta selisih total pembiayaan dari kedua struktur yang dilakukan perbandingan tersebut.

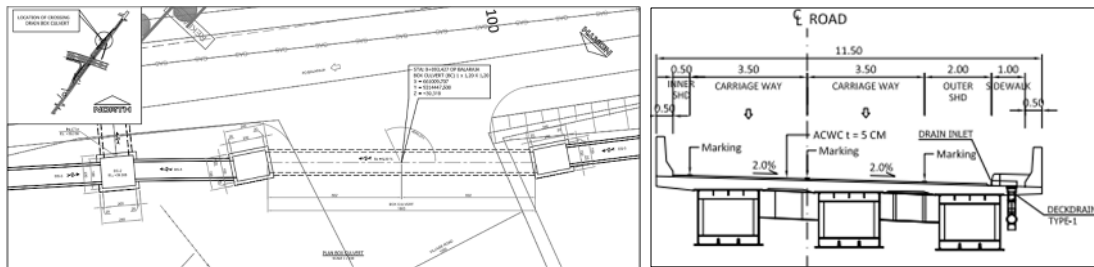


Gambar 2 Jembatan Eksisting

Data Jembatan *Steel Box Girder I-Cell* Eksisting

Data jembatan eksisting adalah sebagai berikut:

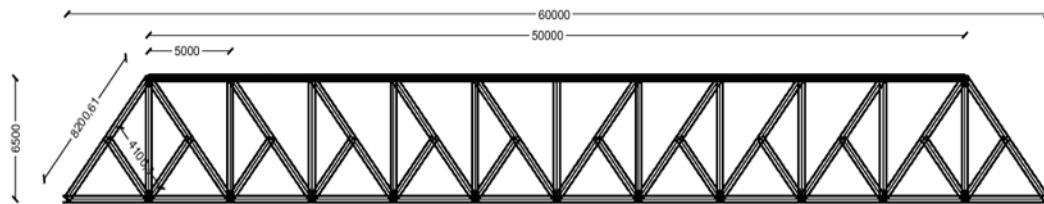
- a. Nama Jembatan : *Overpass* Balaraja Barat B
- b. Lokasi jembatan : Kabupaten Tangerang
- c. Jenis Jembatan : *Overpass*
- d. Jenis Struktur Jembatan : *Steel Box Girder 1-Cell*
- e. Panjang Total Jembatan : 60 meter
- f. Jumlah Laju Lintas : 1 Lajur
- g. Lebar Total Jembatan : 11,5 meter
- h. Lebar Jalur Laju Lintas : 9,5 meter
- i. Lebar Trotoir : 1 meter
- j. Diameter *Bore Piles* : 1 meter
- k. Panjang *Bore Piles* : 30 meter
- l. Jumlah *Bore Piles* : 16 tiang:
- m. *Abutment*
 - 1) *Pilecap* : 2,0 meter
 - 2) *Wall* : 1,7 meter
 - 3) *Head* : 0,6 meter
- n. Tebal Pelat Lantai : 0,2 meter
- o. Tebal Trotoir : 0,4 meter



Gambar 3 Detail Jembatan Eksisting

Data Jembatan Rangka Baja Alternatif Desain

Adapun data dari jembatan rangka baja alternatif desain adalah sebagai berikut:



Gambar 4 Jembatan Rencana

Data jembatan eksisting adalah sebagai berikut:

- a. Nama Jembatan : *Overpass* Balaraja Barat B
- b. Lokasi jembatan : Kabupaten Tangerang
- c. Jenis Jembatan : *Overpass*
- d. Jenis Struktur Jembatan : Rangka Baja
 - 1) *Top chord* : H 428x407x20x35
 - 2) *Bottom chord* : H 428x407x20x35
 - 3) *Diagonal* : H 400x408x21x21
 - 4) *Bracing* : H 248x249x8x13
 - 5) *Cross girder* : H 428x407x20x35
 - 6) *Stringer* : H 350x350x12x19
 - 7) Portal ujung : H 400x400x13x21
- e. Panjang Total Jembatan : 60 meter
- f. Jumlah Laju Lintas : 1 Lajur

- g. Lebar Total Jembatan : 11,5 meter
- h. Lebar Jalur Lalu Lintas : 9,5 meter
- i. Lebar Trotoir : 1,0 meter
- j. Diameter *Bore Pile* : 1,0 meter
- k. Panjang *Bore Pile* : 30,0 meter
- l. Jumlah *Bore Pile* : 16 tiang
- m. *Abutment*
 - 1) *Pilecap* : 1 meter
 - 2) *Wall* : 1,5 meter
 - 3) *Head* : 0,6 meter
- n. Tebal Pelat Lantai : 0,2 meter
- o. Tebal Trotoir : 0,4 meter

Standar Perancangan

- a. SNI 2833:2016 – Perencanaan Jembatan terhadap Beban Gempa
- b. SNI 1725:2016 – Pembebanan untuk Jembatan
- c. RSNi T-12-2004 – Perencanaan Struktur Beton untuk Jembatan
- d. RSNi T-03 2005 – Perencanaan Struktur Baja untuk Jembatan
- e. SE Men PUPR No.07/SE/M/2015 tentang Pedoman Persyaratan Umum Perencanaan Jembatan.
- f. Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia Nomor 8 tahun 2023 – Pedoman Penyusunan Perkiraan Biaya Pekerjaan Konstruksi Bidang Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat.

Data Tanah

Dari data investigasi tanah diketahui bahwa nilai karakteristik tanah di lokasi studi adalah nilai $N' = 23,523$. Nilai N' tersebut berdasarkan Tabel 5 klasifikasi situs SNI 1726:2019 masuk kedalam kategori tanah sedang berdasarkan ketentuan tanah sedang pada nilai N' interval 15 sampai 50.

Pembebanan

Pembebanan pada jembatan ulang mengacu berdasarkan SNI 1725:2016 dan didapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel 10 Data Input Pembebanan

No	Pemodelan	Data Input	Area diinput	Satuan
1	Ms - <i>Steel</i>	1,10	<i>selfweight</i>	kN/m
2	Ms – Lantai Beton	24,00	<i>Cross girder</i> tengah	kN/m
3	Ms – Lantai Beton	12,00	<i>Cross girder</i> ujung	kN/m
4	MA _s - Handrail	1,67	<i>Bottom chord</i>	kN/m
5	MA _s - Trotoir	24,00	<i>Cross girder</i>	kN/m
6	MA _s – Air hujan	4,91	<i>Cross girder</i> tengah	kN/m
7	MA _s – Air hujan	2,46	<i>Cross girder</i> ujung	kN/m
8	MA _s – Aspal	7,29	<i>Cross girder</i> tengah	kN/m
9	MA _s - Aspal	3,64	<i>Cross girder</i> ujung	kN/m
10	Beban Lajur “D” (TD)	13,50	<i>Cross girder</i> tengah	kN/m
11	Beban Lajur “D” (TD)	6,75	<i>Cross girder</i> ujung	kN/m
12	BTR	24,30	<i>Moving load</i>	kN/m
13	BGT	176,40	<i>Moving load</i>	kN/m
14	Beban rem	0,14	<i>Cross girder</i> tengah	kN/m
15	Beban rem	0,07	<i>Cross girder</i> ujung	kN/m
16	Momen beban rem	1,22	<i>Cross girder</i> tengah	kN/m
17	Momen beban rem	0,61	<i>Cross girder</i> ujung	kN/m
18	Beban pejalan kaki (TP)	25,00	<i>Bottom chord</i> tengah	kN/m
19	Beban pejalan kaki (TP)	12,50	<i>Bottom chord</i> ujung	kN/m
20	Angin tekan	10,83	<i>Joint</i> rangka	kN/m
21	Angin hisap	5,42	<i>Joint</i> rangka	kN/m
22	<i>Temperature</i> : min	15,00	Pada semua rangka	° C

No	Pemodelan	Data Input	Area diinput	Satuan
23	Temperature max	40,00	Pada semua rangka	° C

Untuk kombinasi pembebanan pada alternatif desain *overpass* balaraja barat b ini berdasarkan data SNI 1725:2015, sebagai berikut:

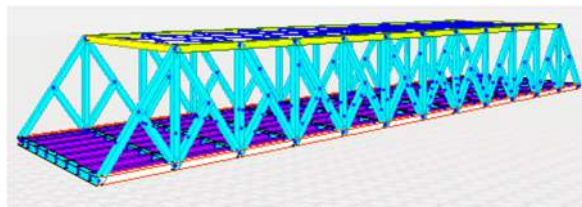
Tabel 11 Kombinasi Pembebanan

Kuat I _s (TD)	: 1,0MS + 1,0MA _s + 1,8TD + 1,8TB + 1,8TP + 0,5E _{un}
Kuat I _s (TT)	: 1,0MS + 1,0MA _s + 1,8TT + 1,8TB + 1,8TP + 0,5E _{Un}
Kuat II _s (TD)	: 1,0MS + 1,0MA _s + 1,4TD + 1,4TB + 1,4TP + 0,5E _{un}
Kuat II _s (TT)	: 1,0MS + 1,0MA _s + 1,4TD + 1,4TB + 1,4TP + 0,5E _{un}
Kuat III _s	: 1,0MS + 1,0MA _s + 1,4E _s WS + 0,5E _{un}
Kuat I _v	: 1,0MS + 1,0MA _s + 0,5E _{un}
Kuat V	: 1,0MS + 1,0MA _s + 0,4E _s WS + 0,5E _{un}
Ekstrem I _s (TD)	: 1,0MS + 1,0MA _s + 0,3TD + 0,3TB + 0,3TP
Ekstrem I _s (TT)	: 1,0MS + 1,0MA _s + 0,3TT + 0,3TB + 0,3TP
Ekstrem II _s (TD)	: 1,0MS + 1,0MA _s + 0,5TD + 0,5TB + 0,5TP
Ekstrem II _s (TT)	: 1,0MS + 1,0MA _s + 0,5TT + 0,5TB + 0,5TP
Layan I _s (TD)	: 1,0MS+1,0MA _s +1,0TD+1,0TB+1,0TP + 0,3E _s WS+1,0E _{un}
Layan I _s (TT)	: 1,0MS+1,0MA _s +1,0TD+1,0TB+1,0TP+0,3E _s WS+1,0E _{un}
Layan II _s (TD)	: 1,0MS + 1,0MA _s + 1,3TD + 1,3TB + 1,3TP + 1,0E _{un}
Layan II _s (TT)	: 1,0MS + 1,0MA _s + 1,3TT + 1,3TB + 1,3TP + 1,0E _{un}
Layan III _s (TD)	: 1,0MS + 1,0MA _s + 0,8TD + 0,8TB + 0,8TP + 1,0E _{un}
Layan III _s (TT)	: 1,0MS + 1,0MA _s + 0,8TT + 0,8TB + 0,8TP + 1,0E _{un}
Layan I _v	: 1,0MS + 1,0MA _s + 0,7E _s WS + 1,0E _{un}
Fatik (TD)	: 0,75TD + 0,75TB + 0,75TP
Fatik (TT)	: 0,75TT + 0,75TB + 0,75TP

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pemodelan dan Analisis Struktur Atas

Proses Perancangan jembatan rangka baja tipe *Baltimore Truss* dilakukan dengan analisis menggunakan software. Analisis software dimulai dengan memodelkan jembatan dengan panjang bentang 60 m, lebar 11,5 m dan tinggi 6,5 m menggunakan beberapa ukuran profil baja. Untuk sambungan dikarenakan tidak dapat di desain pada software yang digunakan maka diasumsikan berat sambungan 10% dari total berat sendiri bangunan rangka baja.



Gambar 5 Pemodelan Struktur Atas

Data cek kapasitas struktur atas jembatan eksisting adalah sebagai berikut:

CH K	MEMB COM	SECT SHR	SEL	Section	
				Material	Fy
OK	74	1	☐	H 428x407x20/35	
	0.852	0.012		SM490	325000
OK	87	2	☐	H 428x407x20/35	
	0.504	0.014		SM490	325000
OK	92	3	☐	H 400x408x21/21	
	0.851	0.045		SM490	325000
OK	339	4	☐	H 248x249x8/13	
	0.228	0.013		SM490	325000
OK	237	5	☐	H 428x407x20/35	
	0.705	0.095		SM490	325000
OK	318	6	☐	H 350x350x12/19	
	0.463	0.017		SM490	325000
OK	327	7	☐	H 400x400x13/21	
	0.172	0.017		SM490	325000

Gambar 6 Check Steel Code

Dari hasil *check steel code*, untuk rasio kelangsingan dari *section 1* didapatkan nilai $KL/r = 48,1$, dimana nilai maksimum tekuk (*buckling*) yang diijinkan yaitu 120, menjadikan nilai rasio kelangsingan tersebut diijinkan. Begitupun dengan *section 2* dengan nilai rasio kelangsingan $KL/r = 48,1$, *section 3* dengan rasio kelangsingan $KL/r = 66,7$, *section 4* dengan nilai rasio kelangsingan $KL/r = 182,8$, *section 5* dengan nilai rasio kelangsingan $KL/r = 14,4$, *section 6* dengan nilai rasio kelangsingan $KL/r = 56,6$, *section 7* dengan nilai rasio kelangsingan $KL/r = 113,9$, yang dimana nilai tersebut kurang dari nilai maksimum tekuk (*buckling*) yang diijinkan.

Untuk nilai *Axial Strength* dari *section 1* didapatkan nilai $P_u/\phi P_n = 0,796$ dimana nilai gaya tarik (*tensile*) dan gaya tekan (*compressive*) yang diijinkan adalah 1, menjadikan nilai dari *Axial Strength section 1* memenuhi nilai maksimum dari gaya tekan dan tarik yang diijinkan. Begitupun untuk nilai *Axial Strength* dari *section 2* dengan nilai $P_u/\phi P_n = 0,389$, *section 3* dengan nilai *Axial Strength* $P_u/\phi P_n = 0,553$, *section 4* dengan nilai *Axial Strength* $P_u/\phi P_n = 0,056$, *section 5* dengan nilai *Axial Strength* $P_u/\phi P_n = 0,342$, *section 6* dengan nilai *Axial Strength* $P_u/\phi P_n = 0,214$ dan *section 7* dengan nilai *Axial Strength* $P_u/\phi P_n = 0,009$, yang dimana nilai tersebut kurang dari nilai maksimum dari gaya tarik dan tekan yang diijinkan, yaitu 1.

Untuk nilai *combined strength (compression + bending)* didapat dengan perhitungan dari hasil $R_{max} = P_u/\phi P_n + 8/9 * [M_{uy}/\phi M_{ny} + M_{uz}/\phi M_{nz}]$ dengan kekuatan kombinasi gabungan dari kompresi dan lentur maksimum yang diijinkan sebesar 1. Maka dari hasil perhitungan tersebut dari *section 1* didapatkan nilai $R_{max} = 0,0852$, *section 2* dengan nilai $R_{max} = 0,504$, *section 3* dengan nilai $R_{max} = 0,851$, *section 4* dengan nilai $R_{max} = 0,0228$, *section 5* dengan nilai $R_{max} = 0,705$, *section 6* dengan nilai $R_{max} = 0,463$ dan *section 7* dengan nilai $R_{max} = 0,172$, yang dimana hasil dari masing – masing *section* kurang dari gaya kompresi dan bending yang diijinkan.

Untuk nilai *shear strength* dari *section 1* dari sumbu y lokal didapatkan nilai $V_{uy}/\phi V_{ny} = 0,001$ dan dari sumbu z lokal $V_{uz}/\phi V_{nz} = 0,012$ yang dimana nilai tersebut kurang dari nilai *shear strength* yang diijinkan dari kedua arah sumbu lokal tersebut yaitu 1. Begitupun dengan nilai *section 2* dengan nilai sumbu y lokal didapatkan nilai $V_{uy}/\phi V_{ny} = 0,012$ dan dari sumbu z lokal $V_{uz}/\phi V_{nz} = 0,014$, *section 3* dengan nilai sumbu y lokal didapatkan nilai $V_{uy}/\phi V_{ny} = 0,021$ dan dari sumbu z lokal $V_{uz}/\phi V_{nz} = 0,045$, *section 4* dengan nilai sumbu y lokal didapatkan nilai $V_{uy}/\phi V_{ny} = 0,000$ dan dari sumbu z lokal $V_{uz}/\phi V_{nz} = 0,013$, *section 5* dengan nilai sumbu y lokal didapatkan nilai $V_{uy}/\phi V_{ny} = 0,011$ dan dari sumbu z lokal $V_{uz}/\phi V_{nz} = 0,095$, *section 6* dengan nilai sumbu y lokal didapatkan nilai $V_{uy}/\phi V_{ny} = 0,017$ dan dari sumbu z lokal $V_{uz}/\phi V_{nz} = 0,005$ dan *section 7* dengan nilai sumbu y lokal didapatkan nilai $V_{uy}/\phi V_{ny} = 0,000$ dan dari sumbu z lokal $V_{uz}/\phi V_{nz} = 0,017$.

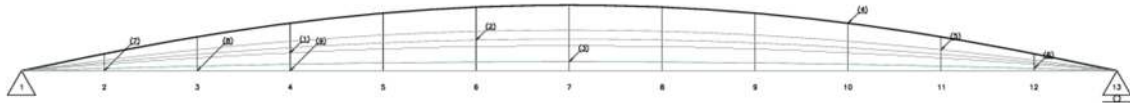
Maka dari data hasil *check steel code* diatas didapatkan ukuran profil baja yang efisien sebagai berikut:

- Top Chord* : H 428 x 407 x 20 x 35
- Bottom Chord* : H 428 x 407 x 20 x 35
- Diagonal* : H 400 x 408 x 21 x 21
- Bracing* : H 248 x 249 x 8 x 13
- Cross girder* : H 428 x 407 x 20 x 35

- f. *Stringer* : H 350 x 350 x 12 x 19
g. *Portal Ujung* : H 400 x 400 x 13 x 21

Dari hasil analisis diperoleh bahwa penggunaan profil baja H lebih efisien, hal ini terkait dengan distribusi gaya luar menjadi gaya dalam yang dalam bentuk gaya aksial tekan atau tarik.

Pengecekan lanjutan yang dilakukan adalah pengecekan camber. Adapun diagram camber hasil analisis adalah sebagai berikut:



Gambar 7 Diagram Camber

Tabel 12 Analisis Camber Seleksi 1

Solution	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
a. <i>Camber of Steel Weight</i>	0	33.2	66.5	93.5	113	125	129	125	113	93.2	66.3	33.1	0
b. <i>Camber of Con'c Deck Slab Weight</i>	0	42.6	85	119	144	159	164	159	144	119	85	42.6	0
c. <i>Camber of Dead Load after Composite</i>	0	11.7	23.7	33.5	40.7	45.1	46.6	45.1	40.7	33.5	23.7	11.7	0
d. <i>Manufacture in Factory (Sum(1)~(3))</i>	0	87.5	175	246	298	329	339	329	298	246	175	87.4	0
e. <i>Lifting Girder (Sum(4)~(1))</i>	0	54.3	109	152	185	204	210	204	185	152	109	54.3	0
f. <i>After First DC Load (Sum(5)~(2))</i>	0	11.7	23.7	33.5	40.7	45.1	46.6	45.1	40.7	33.5	23.7	11.7	0
g. <i>After Second DC Load (Sum(6)~(3))</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabel 13 Analisis Camber Seleksi 2

Solution	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
a. <i>Camber of Steel Weight</i>	0	33.2	66.6	93.5	113	125	129	125	113	93.3	66.3	33.1	0
b. <i>Camber of Deck Slab Weight</i>	0	42.6	85	119	144	159	164	159	144	119	85	42.6	0
c. <i>Camber of Dead Load after Composite</i>	0	11.5	23.3	33	40.1	44.5	45.9	44.5	40.1	33	23.3	11.5	0
d. <i>Manufacture in Factory (Sum(1)~(3))</i>	0	87.3	175	245	297	328	339	328	297	245	175	87.2	0
e. <i>Lifting Girder (Sum(4)~(1))</i>	0	54.1	108	152	184	203	210	203	184	152	108	54.1	0
f. <i>After First DC Load (Sum(5)~(2))</i>	0	11.5	23.3	33	40.1	44.5	45.9	44.5	40.1	33	23.3	11.5	0
g. <i>After Second DC Load (Sum(6)~(3))</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabel 14 Seleksi 3

Solution	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
a. <i>Camber of Steel Weight</i>	0	33.2	66.6	93.5	113	125	129	125	113	93.2	66.3	33.1	0
b. <i>Camber of Deck Slab Weight</i>	0	42.7	85.2	119	144	159	164	159	144	119	85.2	42.7	0
c. <i>Camber of Dead Load after Composite</i>	0	11.7	23.7	33.4	40.7	45.1	46.5	45.1	40.7	33.4	23.7	11.7	0

Solution	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
d. <i>Manufacture in Factory</i> (Sum(1)~(3))	0	87.7	175	246	298	329	340	329	298	246	175	87.5	0
e. <i>Lifting Girder</i> (Sum(4)~(1))	0	54.5	109	153	185	204	211	204	185	153	109	54.4	0
f. <i>After First DC Load</i> (Sum(5)~(2))	0	11.7	23.7	33.4	40.7	45.1	46.5	45.1	40.7	33.4	23.7	11.7	0
g. <i>After Second DC Load</i> (Sum(6)~(3))	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Berdasarkan dari tabel seleksi 1, seleksi 2 dan seleksi 3 dapat disimpulkan untuk titik tertinggi dari *camber* terdapat pada tabel seleksi 1 dan 2 yang berada pada titik 7 ditengah bentang dengan ketinggian 339,14 mm pada solusi *manufactory in factory*, hal tersebut terjadi karena posisi tersebut berada di tengah bentang, dimana efek beban dan *camber* mencapai maksimum. Pada titik tengah, kontribusi *camber* baja, *camber* pelat beton, serta *camber* akibat beban mati setelah komposit saling terakumulasi, sehingga hasil penjumlahan ketiganya (*manufactory in factory*) menghasilkan nilai paling besar dan untuk titik terendah terdapat pada semua tabel yang berada pada di titik 1 dan 13 dengan ketinggian masing – masing 0 mm.

Elastomer

Pemeriksaan kontrol *elastomeric bearing pad* mengacu pada Pedoman Perancangan Bantalan Elastomer Untuk Perletakan Jembatan Nomor 10/SE/M/2015 dan SNI 3967:2016. Adapun hasil dari perhitungan diatas adalah sebagai berikut:

Tabel 15 Data Elastomer

Parameter	Symbol	Nilai	Satuan
Lebar sayap gelagar	L	408	mm
Panjang bantalan	L	480	mm
Luas area bantalan	A_s	182400	mm ²
Modulus geser elastomer	G	0,69	Mpa
Faktor bentuk untuk bantalan persegi	S	10,60	Mpa
Tegangan tekan rata – rata, layan	σ_s	0,17	Mpa
Total <i>deformation</i> geser maksimum bantalan pada <i>service limit</i>	$\Delta_r = \Delta_0$	7	mm
Ketebalan karet internal	h_{ri}	10	mm
Tebal lapisan penutup atas dan bawah	h_{cover}	6	mm
Ketebalan lapisan karet (tidak termasuk lapisan luar/cover)	n_{int}	6	mm
Total tebal <i>elastomer</i> saja	h_{rt}	72	mm
Tebal pelat		2	mm

Adapun hasil dari perencanaan *elastomer* adalah sebagai berikut:

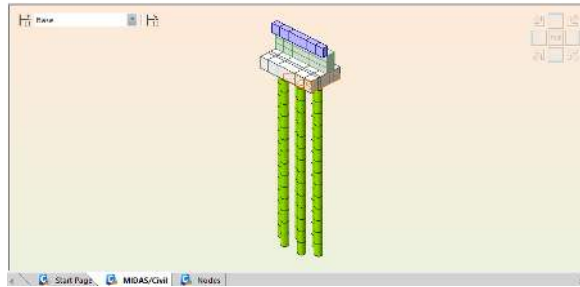


Gambar 8 Gambar Perencanaan Elastomer

Pemodelan dan Analisis Struktur Bawah

Perancangan struktur Bawah dengan memodelkan dan menganalisis abutmen dan pondasi. Analisis dilakukan dengan memberikan pembebanan dari struktur atas, tekanan tanah lateral dan beban lain yang terkait.

Jenis pondasi yang digunakan adalah pondasi dalam berupa *borepile*.



Gambar 9 Pemodelan Struktur Bawah

Tabel 16 Input Pemodelan pada Borepile

Kedalaman (H) (m)	Tebal (m)	NSPT	N'	Ground Level	Coeff. Of subgrade reaction (Kh)	Undrained Cohesion (Cu)
2	2	5	0.400	1	5000	35
4	2	40	0.050	3	40000	280
6	2	45	0.044	5	45000	315
8	2	15	0.133	7	15000	105
10	2	13	0.154	9	13000	91
12	2	21	0.095	11	21000	147
14	2	34	0.059	13	34000	238
16	2	35	0.057	15	35000	245
18	2	38	0.053	17	38000	266
20	2	44	0.045	19	44000	308
22	2	45	0.044	21	45000	315
24	2	50	0.040	23	50000	350
26	2	60	0.033	25	60000	420
28	2	60	0.033	27	60000	420
30	2	60	0.033	29	60000	420

Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Perhitungan Rencana Anggaran Biaya mencakup penentuan harga material, alat dan upah pekerja, dilanjutkan perhitungan analisa harga satuan, perhitungan kuantitas (BOQ) dan perhitungan keseluruhan anggaran baik konstruksi jembatan eksisting maupun jembatan rencana alternatif. Komponen biaya yang dihitung hanya pada komponen struktural (utama) untuk tujuan perbandingan. Harga satuan merujuk hasil analisis penulis berdasarkan data yang dihimpun.

Tabel 17 Hasil Perbandingan Eksisting dan Alternatif Desain

N o	Item	Volume Eksis- ting	Volume Peren- canaan	Harga Satuan	Harga Eksisting	Harga Perencanaan
1	Pekerjaan <i>Bore Pile</i>	480,0	480,0	Rp 2.523.177,55	Rp 1.211.125.221,75	Rp 1.211.125.221,75
2	Pekerjaan Beton Bertulang Abutmen	339,0	235,9	Rp 364.309,26	Rp 123.513.153,40	Rp 85.927.804,03
3	Pekerjaan baja	37623,2	45324,6	Rp 802.616,21	Rp 30.196.988.994,85	Rp 36.378.258.569,23
4	Slab lantai	718,6	718,6	Rp 9.020.096,62	Rp 6.481.841.433,62	Rp 6.481.841.433,62
5	Trotoir	84,4	84,4	Rp	Rp 761.296.155,02	Rp 761.296.155,02

N o	Item	Volume Eksis- ting	Volume Peren- canaan	Harga Satuan	Harga Eksisting	Harga Perencanaan
				9.020.096,62		
6	Elastomer Lama	6,0	4,0	Rp 4.483.860,98	Rp 26.903.165,89	Rp 9.265.176,21
7	Elastomer Baru			Rp 2.316.294,05		
	Total				Rp 38.801.668.124,52	Rp 44.927.714.359,85
	PPN 11%				Rp 4.268.183.493,70	Rp 4.942.048.579,58
	Jumlah Total				Rp 43.069.851.618,22	Rp 49.869.762.939,43
	Selisih					Rp 6.799.911.321,21
	Persentase selisih terhadap biaya awal					15,79%

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perencanaan struktur jembatan perencanaan dapat ditarik beberapa Kesimpulan sebagai berikut:

- Perencanaan jembatan rangka baja tipe *Baltimore Truss* dengan menggunakan *Software* pada bentang 60 m, lebar 11,5 m dan tinggi 6,5 m didapatkan ukuran profil baja yang efisien sebagai berikut:
 - 1) *Top Chord* : H 428 x 407 x 20 x 35
 - 2) *Bottom Chord* : H 428 x 407 x 20 x 35
 - 3) *Diagonal* : H 400 x 408 x 21 x 21
 - 4) *Bracing* : H 248 x 249 x 8 x 13
 - 5) *Cross girder* : H 428 x 407 x 20 x 35
 - 6) *Stringer* : H 350 x 350 x 12 x 19
 - 7) Portal Ujung : H 400 x 400 x 13 x 21
- Hasil komparasi rencana anggaran biaya pada jembatan eksisting dengan jembatan perencanaan ulang. Dari hasil perbandingan volume didapat perbandingan pekerjaan *Bore Pile* 0%, pekerjaan beton bertulang 30%, elastomer sebesar 33%, pekerjaan baja 20%, slab lantai 0% dan Trotoir 0%, dengan total RAB yang memiliki selisih 15,79% sehingga membuat jembatan perencanaan lebih mahal dibanding jembatan eksisting.

DAFTAR PUSTAKA DAN PENULISAN PUSTAKA

- Fenny Binti Yusri. (2024). *Re-Design Struktur Atas dan Struktur Bawah Jembatan Way Dengan Rangka Baja Tipe Warren*. Kota Tangerang: Universitas Muhammadiyah Tangerang.
- Indonesia, D. G. (1992). *Bridge Design Manual Volume 2*.
- Marga, D. J. (2021). *Panduan Praktis Perencanaan Teknis Jembatan Nomor: 06/SE/Db/2021*.
- Nasional, B. S. (2005). *Perencanaan Struktur Baja Untuk Jembatan RSNI-T-03-2005*. Bandung.
- Nasional, B. S. (2016). *SNi 1725:2016 Pembebanan Untuk Jembatan*. Jakarta.
- Nasional, B. S. (2019). *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Gedung dan nongedung*. Jakarta.
- Rakyat, M. P. (2015). *Pedoman Perancangan Bantalan Elastomer Untuk Perletakan Jembatan Nomor: 10/SE/M.2015*. Jakarta.
- Satria, Pandu Persada. (2016). *Alternatif Desain Bangunan Atas Jembatan Tipe Through Baltimore Truss Dengan Metode Lrfd Pada Jembatan Senyiar Muara Ancalong Kutai Timur*. Malang: Institut Teknologi Nasional.
- Sri Darma Agung Pradana, & Taufik Fakrurrahman. (2024). *Redesain Jembatan Beton Prategang Gempolsewu Kecamatan Rowosari Kabupaten Kendal Dengan Menggunakan Building Information Modelling*. Semarang: Universitas Islam Sultan Agung.
- Tedi Hermawan. (2023). *Perencanaan Struktur Atas Jembatan Tipe Warren Panjang 100 Meter Di Grand Wisata Kabupaten Bekasi Dengan Metode Load And Resistance Factor Design Menggunakan Pendekatan Software Sap2000 V.21*. Kota Tangerang: Universitas Muhammadiyah Tangerang.
- Umum, M. P. (2011). *Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor:19/PRT/M/2011 Tentang Persyaratan Teknk Jalan dan Kriteria Perencanaan Teknis Jalan*. Jakarta.

Yatnikasari, S., Asnan, M. N., & Mufassirin, U. W. (2021). Alternatif Perencanaan Jembatan Rangka Baja Dengan Menggunakan Metode Lrfd Di Jembatan Gelatik Kota Samarinda.