

Analisis Perbandingan Biaya Penggunaan Steel Box Girder Berdasarkan Variasi Jumlah dan Dimensi (Studi Kasus: Jembatan Cimanuk Maktal)

HAZAIRIN, EUNEKE WIDYANINGSIH*, NAFISAH NOOR SAKINAH

Program Studi Teknik Sipil, Institut Teknologi Nasional Bandung, Indonesia
Email: eunekewidya@itenas.ac.id

ABSTRAK

Biaya merupakan salah satu hal penting dalam perencanaan konstruksi. Faktor utama yang mempengaruhi biaya adalah dimensi dan jenis material konstruksi. Penentuan dimensi dan jenis material beracuan pada persyaratan yang berlaku. Namun persyaratan tersebut hanya memberikan rentang minimum dan maksimum. Maka perlu dilakukan perbandingan biaya terhadap rentang dimensi tersebut. Dalam kasus ini perhitungan struktur yang dilakukan adalah perhitungan girder jembatan. Dilakukan perhitungan biaya pada 4 variasi dimensi steel box girder. Dari hasil analisis didapatkan girder dengan dimensi 2 x 2 meter sebanyak 2 buah girder membutuhkan biaya sebesar Rp1.835.431.964,00. Dimensi 2,3 x 2,3 meter sebanyak 2 buah girder membutuhkan biaya sebesar Rp2.115.116.834,00. Untuk dimensi 1,5 x 1,6 meter, terdapat 3 buah girder dan membutuhkan biaya sebesar Rp2.294.289.955,00. Dimensi 1 x 1,2 meter membutuhkan sebanyak 4 buah girder dengan biaya sebesar Rp2.377.321.400,00. Maka girder dengan biaya paling rendah adalah girder dengan dimensi 2 x 2 meter.

Kata kunci: steel box girder, estimasi biaya, perancangan struktur

ABSTRACT

Cost is one of the most important things in construction planning. The main factors that affect the cost are the dimensions and the types of construction materials. Determination of dimensions and types of materials refers to the standard. However, the standard only provide the minimum and maximum range of dimension. So it is necessary to compare the costs from the range of dimensions. In this case the calculation of the structure which conducted is the calculation of the bridge girder. Cost calculations were conducted on 4 variations of the steel box girder dimensions. From the analysis, it was found that 2 girders with dimension of 2 x 2 meters require a cost of Rp1,835,431,964,00. Dimension of 2.3 x 2.3 meters as many as 2 girders require a cost of Rp2.115.116.834.00. For the dimension of 1.5 x 1.6 meters, there are 3 girders and they costs Rp2,294,289,955.00. Dimension of 1 x 1.2 meters need 4 pieces of girders and require a cost of Rp2,377,321,400.00. To conclude, the girder with the lowest cost is the girder with the dimension of 2 x 2 meters.

Keywords: steel box girder, cost estimation, structure design

1. PENDAHULUAN

Dalam pembangunan suatu konstruksi, biaya menjadi salah satu komponen utama yang harus dipertimbangkan. Dalam perhitungan biaya banyak sekali faktor yang mempengaruhi, diantaranya adalah jenis dan dimensi material konstruksi. Jenis dan dimensi material dapat ditentukan pada tahap perencanaan. Dalam tahap perencanaan ini ada syarat - syarat yang dijadikan acuan perencanaan dalam konstruksi jembatan, beberapa diantaranya adalah jarak antar *girder* minimum dan maksimum, tinggi minimum *girder* dan lebar maksimum *overhang*. dari persyaratan tersebut terbentuklah *range* yang diperbolehkan. Dengan adanya *range* tersebut didapatkan beberapa variasi dimensi dan jarak *girder*. Oleh sebab itu perlu dilakukan perbandingan variasi jumlah dan dimensi girder yang sudah memenuhi syarat - syarat tersebut untuk menentukan variasi yang memiliki biaya paling rendah. Dalam jurnal ini dilakukan pembahasan mengenai pemodelan struktur, perhitungan jumlah kebutuhan *girder*, perhitungan biaya penggunaan *steel box girder* untuk masing masing variasi dimensi, dan perbandingan biaya terhadap variasi *steel box girder*. Tujuan disusunnya jurnal ini adalah untuk mengetahui dimensi dan jumlah *girder* yang paling rendah, dan mengetahui kemampuan *steel box girder* dalam menahan beban dengan berbagai variasi dimensi.

2. KAJIAN PUSTAKA

2.1 Jembatan *Steel Box Girder*

Pada umumnya jalan tol *elevated* atau *fly over* dibangun menggunakan *concrete box girder*, tapi seiring perkembangan jaman dan kemajuan teknologi penggunaan *steel box girder* bisa menjadi alternatif yang bisa dipertimbangkan dilihat dari berbagai aspek seperti kekuatan bahan, berat struktur yang ringan, metode pelaksanaan yang mudah dan cepat [8]. Jembatan *steel box girder* adalah jembatan yang terdiri dari komponen-komponen *box* baja. Bentang jembatan ini terdiri dari dua jenis yaitu bentang standar mulai dari 30 meter sampai dengan 60 meter dan bentang panjang atau menerus dengan panjang 60 meter sampai dengan 200 meter. Struktur *steel box girder* memiliki beberapa elemen yang sangat menarik dilihat dari kekakuannya menahan lentur yang sangat dibutuhkan pada jembatan bentang menengah ke panjang [5]. Penampang komposit berbentuk kotak ini terdiri dari dua *web*, sebuah *flange* di bawah, dua buah *flange* di atas dan alat penyambung geser (*shear connecor*) yang dilas pada *flange* dari gelagar dan masuk ke dalam pelat untuk mengikat pelat dan gelagar menjadi satu kesatuan di dalam memikul momen-momen dan gaya geser pada gelagar.

2.2 Analisis Pembebanan Jembatan

Perencanaan jembatan pada jurnal ini mengacu pada analisis dengan metode LRFD (*Load and Resistance Factor Design*). Nilai besaran faktor beban dan nilai beban yang bekerja mengacu pada SNI 1725:2016 tentang Pembebanan Jembatan [4]. Adapun beban-beban yang diperhitungkan pada struktur jembatan dalam jurnal ini adalah sebagai berikut:

1. Berat Sendiri (MS).
2. Beban Mati Tambahan (MA)
3. Beban Lajur (TD)
Beban lajur "D" terdiri dari beban terbagi rata (BTR) dan beban garis terpusat (BGT).
4. Beban Truk (TT)
5. Beban Rem (TB)
6. Beban Angin (EW)

2.3 Persyaratan Perancangan *Steel Box Girder*

Perencanaan dimensi struktur dilakukan dengan kontrol-kontrol yang telah ditetapkan di dalam peraturan AASHTO LRFD [10], sebagai berikut:

1. Kontrol kedalaman terhadap ketebalan *web*
Dirumuskan pada AASHTO LRFD 2012 (6.11.2.1.2) [1] untuk gelagar tanpa *longitudinal stiffeners* yaitu kontrol kedalaman terhadap ketebalan *web* seperti tertera pada **Persamaan 1** berikut.

$$\frac{D}{t_w} \leq 150 \quad \dots (1)$$

dengan:

D = kedalaman gelagar [mm],

t_w = ketebalan *web* [mm].

2. Kontrol ketebalan *flange* terhadap lebar *flange*
Berdasarkan AASHTO LRFD 2012 (6.11.2.2) [1], kontrol ketebalan *flange* terhadap lebar *flange* disyaratkan dengan rumus pada **Persamaan 2**.

$$\frac{b_f}{2t_f} \leq 12 \quad \dots (2)$$

dengan:

b_f = lebar *flange* atas [mm],

t_f = ketebalan *flange* atas [mm].

3. Kontrol lebar *flange* terhadap kedalaman gelagar
Berdasarkan AASHTO LRFD 2012 (6.11.2.2) [1], lebar *flange* atas harus dikontrol terhadap kedalaman *girder* dengan rumus sesuai **Persamaan 3** berikut.

$$b_f \geq \frac{D}{6} \quad \dots (3)$$

dengan:

b_f = lebar *flange* atas [mm],

D = kedalaman *girder* [mm].

4. Kontrol ketebalan *flange* terhadap ketebalan *web*
Berdasarkan AASHTO LRFD 2012 (6.11.2.2) [1], tebal *flange* dikontrol terhadap tebal *web* dengan rumus pada **Persamaan 4** berikut.

$$t_f \geq 1,1t_w \quad \dots (4)$$

dengn:

t_w = ketebalan *web* [mm].

5. Kontrol jarak antar *girder*
Berdasarkan AASHTO LRFD 2012 (Gambar 6.11.2.3-1) [1], jarak yang disyaratkan antar *girder* ditentukan dengan rumus seperti tertera pada **Persamaan 5** dan **Persamaan 6** berikut.

$$a \leq 1,2 w \quad \dots (5)$$

$$a \geq 0,8 w \quad \dots (6)$$

dengan:

a = jarak antar *web girder* yang berdekatan [mm],
 w = lebar *girder* [mm].

6. Kontrol lebar *overhang*

Berdasarkan AASHTO LRFD 2012 [1], lebar *overhang* disyaratkan dengan rumus pada **Persamaan 7**.

$$\text{lebar overhang} \leq 0,6 a \quad \dots (7)$$

2.4 Pemodelan Struktur

Pemodelan struktur merupakan tahapan untuk membuat simulasi suatu konstruksi sebagai sarana untuk memudahkan perhitungan dan analisis gaya dalam yang bekerja pada suatu konstruksi. Pemodelan struktur jembatan *steel box girder* pada penelitian ini menggunakan *software* SAP2000. Dari hasil pemodelan akan diperoleh nilai rasio beban terhadap kapasitas yang dapat menunjukkan jembatan dapat menahan beban rencana yang diterimanya.

2.5 Perhitungan Koefisien

Komponen biaya langsung (*direct cost*) terdiri atas komponen alat berat, komponen tenaga kerja, dan komponen material [2]. Perhitungan koefisien komponen biaya tersebut dapat dilihat seperti tertera pada **Persamaan 8 hingga Persamaan 13**.

1. Koefisien Alat Berat

$$Q = \frac{V \times F_a \times 60}{T_s} \quad \dots (8)$$

$$Koeff = \frac{1}{Q} \quad \dots (9)$$

dengan:

Q = produktivitas *mobile crane*,
 V = kapasitas produksi satu buah *mobile crane*,
 F_a = faktor efisiensi alat,
 T_s = waktu siklus.

2. Koefisien Tenaga Kerja

$$Q_t = T_k \times Q \quad \dots (10)$$

$$\text{Koefisien Pekerja} = \frac{(T_k \times P)}{Q_t} \quad \dots (11)$$

$$\text{Koefisien Tukang Batu} = \frac{(T_k \times T_b)}{Q_t} \quad \dots (12)$$

$$\text{Koefisien Mandor} = \frac{(T_k \times M)}{Q_t} \quad \dots (13)$$

dengan:

Q_t = produktivitas alat berat perhari [m³],
 T_k = jam kerja perhari,
 P = jumlah pekerja,

M = jumlah mandor,
 T_b = jumlah tukang batu.

3. Koefisien Material

Koefisien material diperoleh menggunakan perhitungan volume kebutuhan material tersebut.

2.6 Analisis Harga Satuan

Harga satuan pekerjaan adalah jumlah harga bahan dan upah tenaga kerja berdasarkan perhitungan analisis [6]. Analisis harga satuan (AHS) adalah hasil analisis harga satuan dari setiap pekerjaan konstruksi. Besar harga satuan pekerjaan dipengaruhi dari besar harga satuan bahan, tenaga kerja, dan alat. Analisis harga satuan adalah tahapan yang dilakukan dalam analisis biaya konstruksi sebelum dapat dilakukannya perhitungan Rencana Anggaran Biaya konstruksi.

2.7 Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Rencana anggaran biaya adalah perkiraan atau perhitungan biaya yang diperlukan untuk setiap pekerjaan dalam suatu proyek konstruksi sehingga akan diperoleh biaya total yang diperlukan untuk menyelesaikan suatu proyek [7]. Total biaya merupakan jumlah dari hasil perkalian volume atau jumlah elemen struktur dengan harga satuan pekerjaan. Nilai total biaya ini ditambahkan dengan pajak dan keuntungan menjadi nilai harga total proyek konstruksi yang diacu pada pelaksanaan pekerjaan konstruksi.

3. METODOLOGI

Dalam proses penyusunan penelitian ini dilakukan beberapa tahap sebagai berikut:

1. *Preliminary design steel box girder*

Kegiatan *preliminary design* dilakukan guna menentukan mutu material yang digunakan untuk steel box girder. Selain itu dalam tahap *preliminary design* juga dilakukan penentuan dimensi dan mengecek terhadap syarat- syarat yang sudah ditentukan dalam standar baja struktural SNI 1729:2015 [3]. Dalam tahap ini juga dilakukan penentuan 4 jenis variasi dimensi yang akan dikaji ketahanan struktur dan biayanya.

2. Perhitungan pembebanan jembatan

Perhitungan pembebanan dilakukan kepada keempat variasi dimensi *steel box girder*. Tahap ini dilakukan untuk mengetahui beban apa saja yang terjadi pada penampang yang direncanakan. Perhitungan dilakukan dengan beracuan pada standar, yakni SNI 1725:2016 mengenai Pembebanan Jembatan [4]. Perhitungan pembebanan dilakukan setelah *preliminary design* karena dalam tahap perhitungan beban, dimensi dan jenis material menjadi salah satu pengali yang menentukan besaran nilai beban tersebut.

3. Pemodelan *steel box girder* dan perhitungan komponen struktur lainnya

Pemodelan dilakukan dengan menggunakan bantuan *software* SAP 2000. Tujuan dilakukannya pemodelan adalah untuk mengetahui kapasitas penampang dalam memikul beban yang bekerja. Jika terjadi *overstressed* terhadap penampang rencana, maka proses dikembalikan pada tahap *preliminary design*, sehingga didapatkan penampang yang aman ketika diberikan beban rencana. Setelah dilakukan pemodelan, didapatkan penampang yang aman untuk memikul beban yang bekerja di atasnya

4. Perhitungan biaya masing – masing variasi dimensi *steel box girder*

Tahap perhitungan biaya dimulai dengan menjabarkan uraian pekerjaan *steel box girder*. Dari uraian pekerjaan tersebut dapat ditentukan kebutuhan bahan, alat, dan tenaga kerjanya. Selanjutnya dilakukan pencarian harga satuan dari tiap-tiap komponen tersebut yang disajikan dalam bentuk daftar harga satuan. Tahap selanjutnya adalah menghitung volume pekerjaan. Selanjutnya untuk mempermudah perhitungan rekapitulasi biaya maka

dibuat analisis harga satuan pekerjaan untuk tiap sub pekerjaan dengan cara menghitung koefisien kebutuhan bahan, alat, dan tenaga kerja untuk menyelesaikan suatu pekerjaan dengan ukuran tertentu. Jika koefisien sudah diperhitungkan selanjutnya dilakukan pembuatan analisis harga satuan pekerjaan untuk 1 buah *girder*. Langkah terakhir dalam perhitungan biaya ialah membuat RAB. RAB berisi pengalihan harga satuan pekerjaan dengan volume pekerjaan, ditambah dengan pajak dan keuntungan proyek. Maka biaya yang tertera pada RAB tersebut merupakan taksiran biaya konstruksi.

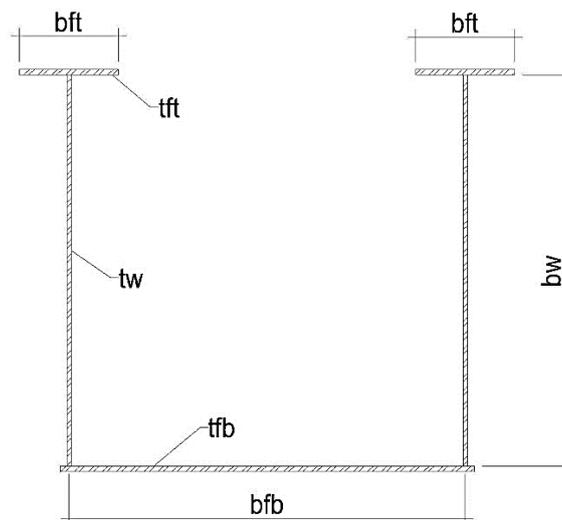
5. Perbandingan biaya keempat variasi dimensi *steel box girder*

Tahap perbandingan biaya merupakan tahap terakhir. Dalam tahap ini dilakukan perbandingan biaya antar 4 variasi dimensi *steel box girder* yang sudah dihitung sebelumnya untuk disimpulkan *steel box girder* dengan dimensi yang mana yang memiliki harga lebih rendah dibanding ketiga dimensi *steel box girder* yang lainnya.

4. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1 Preliminary Design Steel Box Girder

Penampang *steel box girder* direncanakan berbentuk seperti tergambar pada **Gambar 1**. Jenis material baja yang digunakan adalah material BJ41. Untuk mengetahui jumlah *steel box girder* yang paling efektif digunakan pada jembatan tersebut, digunakan 4 alternatif dimensi desain menyesuaikan dengan jumlah *girder* untuk jembatan, yang tercantum pada **Tabel 1**.



Gambar 1. Steel box girder

Tabel 1. Dimensi 4 Variasi Steel Box Girder (SBG)

Jenis <i>Steel Box Girder</i>	b_{ft} [m]	t_{ft} [m]	b_w [m]	t_w [m]	b_{fb} [m]	t_{fb} [m]
Steel Box Girder 2 x 2 meter	0,5	0,028	2	0,022	2	0,028
Steel Box Girder 2,3 x 2,3 meter	0,5	0,028	2,3	0,022	2,3	0,028
Steel Box Girder 1,5 x 1,6 meter	0,5	0,028	1,6	0,022	1,5	0,028
Steel Box Girder 1 x 1,2 meter	0,5	0,028	1,2	0,022	1	0,028

4.2 Perhitungan Pembebanan dan Pemodelan Struktur

Pembebanan mengacu pada SNI 1725:2016 dengan disesuaikan pada pemodelan yang berupa *beam*, maka hasil perhitungan pembebanan yang di-*input* pada model jembatan dapat dilihat pada **Tabel 2**.

Setelah dilakukan pemodelan didapatkan hasil rasio tegangan atau rasio beban terhadap kapasitas jembatan untuk masing-masing dimensi *steel box girder* yang direncanakan. Hasil ini dapat dilihat pada **Tabel 3**.

Tabel 2. Pembebanan pada Masing-masing Alternatif Jumlah Girder

Jenis Beban	Besar Beban pada 4 Variasi SBG [kN/m] / [kN]			
	2 x 2 meter	2,3 x 2,3 meter	1,5 x 1,6 meter	1 x 1,2 meter
MA	15,273	17,564	11,455	7,637
BTR	15,618	17,960	11,713	7,809
BGT	137,2	157,78	102,9	68,6
TT roda depan	26	26	26	26
TT roda belakang	117	117	117	117
TB	4,963	4,963	4,963	4,963
EW Struktur	2,2	2,2	2,2	2,2
EW Kendaraan	4,4	4,4	4,4	4,4

Tabel 3. Nilai *Stress Ratio* Hasil Pemodelan SAP2000

Jenis <i>Steel Box Girder</i>	<i>Stress Ratio</i>
<i>Steel Box Girder</i> 2 x 2 meter	0,894
<i>Steel Box Girder</i> 2,3 x 2,3 meter	0,664
<i>Steel Box Girder</i> 1,5 x 1,6 meter	0,892
<i>Steel Box Girder</i> 1 x 1,2 meter	0,767

4.3 Perhitungan Jarak Antar *Girder* dan Kebutuhan Jumlah *Girder*

Selanjutnya dilakukan perencanaan jarak antar girder. Dalam subbab 2.3 telah disebutkan persyaratan mengenai jarak antar *girder* dan lebar maksimum *overhang* berdasarkan AASHTO LRFD Bridge Design Specification 2012 yakni jarak antar dua *web* yang berdekatan tidak boleh lebih dari 1,2 kali lebar girder dan tidak boleh kurang dari 0,8 kali lebar *girder* [1]. Sedangkan lebar *overhang* tidak boleh lebih besar dari 0,6 kali jarak antar *girder*. Berikut ini adalah hasil perhitungan jarak antar *girder* dan lebar *overhang* disajikan dalam **Tabel 4**.

Tabel 4. Jarak Antar *Girder* dan Lebar *Overhang*

Jenis <i>Steel Box Girder</i>	Syarat Jarak Antar Girder Maksimum $1,2w$ [m]	Syarat Jarak Antar Girder Minimum $0,8 w$ [m]	Jarak Antar Girder [m]	Kebutuhan SBG dalam 1 Bentang	Syarat <i>Overhang</i> 0,6a [m]	Lebar <i>Overhang</i> [m]
<i>Steel Box Girder</i> 2 x 2 meter	2,4	1,6	2,4	2	1,44	1,3
<i>Steel Box Girder</i> 2,3 x 2,3 meter	2,76	1,84	2,6	2	1,56	1,2
<i>Steel Box Girder</i> 1,5 x 1,6 meter	1,8	1,2	1,5	3	0,9	0,75
<i>Steel Box Girder</i> 1 x 1,2 meter	1,2	0,8	1,1	4	0,66	0,7

4.4 Perhitungan Biaya Steel Box Girder

Setelah diketahui dimensi dan jumlah *girder* yang dapat digunakan pada jembatan, dilakukanlah perhitungan analisis harga satuan untuk masing-masing dimensi *girder*. Harga satuan untuk *girder* dan jumlah *girder* telah menyesuaikan komponen bahan, tenaga kerja dan peralatan untuk kebutuhan pembangunan jembatan dengan bentang pada studi kasus ini.

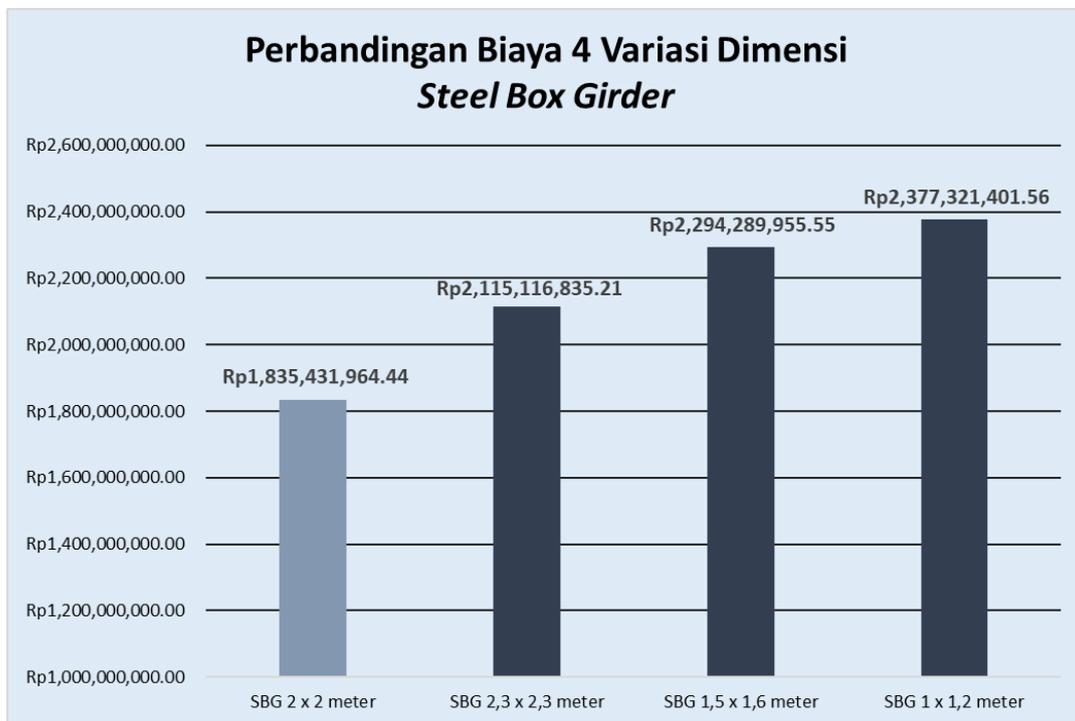
Dengan jumlah *girder* yang berbeda untuk masing-masing dimensi alternatif, dimana terdapat alternatif dengan jumlah *girder* per bentang 2, 3, dan 4 buah, RAB total dihitung menggunakan pengali harga satuan terhadap jumlah *girder* tersebut. Diperoleh hasil perbandingan biaya pekerjaan *steel box girder* untuk 4 variasi desain sebagaimana tercantum dalam **Tabel 5** di bawah ini.

Tabel 5. Biaya 4 Variasi Dimensi Steel Box Girder

No.	Uraian Pekerjaan	Satuan	Volume	Harga Satuan	Jumlah
1	Steel Box Girder 2 x 2 meter	buah	2	Rp917.715.982,22	Rp1.835.431.964,44
2	Steel Box Girder 2,3 x 2,3 meter	buah	2	Rp1.057.558.417,61	Rp2.115.116.835,21
3	Steel Box Girder 1,5 x 1,6 meter	buah	3	Rp764.763.318,52	Rp2.294.289.955,55
4	Steel Box Girder 1 x 1,2 meter	buah	4	Rp594.330.350,39	Rp2.377.321.401,56

4.5 Perbandingan Biaya 4 Variasi Dimensi Steel Box Girder

Setelah perhitungan analisis biaya selesai, hasil dari perhitungan biaya masing-masing alternatif tersebut disajikan dalam bentuk diagram batang pada **Gambar 2**. Berdasarkan perhitungan ini dapat dilihat bahwa biaya pelaksanaan *steel box girder* yang paling rendah didapatkan pada *steel box girder* dengan dimensi 2 x 2 meter dimana biaya total yang diperlukan adalah Rp1.835.431.964,44.



Gambar 2. Perbandingan biaya 4 variasi dimensi Steel Box Girder

5. KESIMPULAN

*Analisis Perbandingan Biaya Penggunaan Steel Box Girder Berdasarkan Variasi Jumlah dan Dimensi
(Studi Kasus: Jembatan Cimanuk Makta)*

Dari paparan di atas didapatkan bahwa dengan adanya persyaratan maksimum dan minimum dalam merancang suatu konstruksi maka terbentuklah *range*. Dari *range* tersebut yang menjadi pemberat dalam menentukan dimensi adalah biaya. Setelah dibuat perbandingan biaya antara 4 jenis variasi dimensi dan jarak girder didapatkan *girder* dengan dimensi 2 x 2 meter membutuhkan 2 buah *girder* dalam 1 bentang dengan biaya satu buah *girder* sebesar Rp917.715.982,00 dan biaya satu jembatan sebesar Rp1.835.431.964,00. Untuk dimensi 2,3 x 2,3 meter membutuhkan 2 buah *girder* dengan biaya satu buah *girder* sebesar Rp1.057.558.417,00 dan biaya untuk satu jembatan sebesar Rp2.115.116.834,00. Untuk dimensi 1,5 x 1,6 meter membutuhkan 3 buah *girder* dengan biaya satu buah *girder* sebesar Rp764.763.318,00 dan biaya untuk satu jembatan sebesar Rp2.294.289.955,00. Untuk dimensi 1 x 1,2 meter membutuhkan 4 buah *girder* dengan biaya satu buah *girder* sebesar Rp594.330.350,00 dan biaya untuk satu jembatan sebesar Rp2.377.321.400,00. Maka dapat disimpulkan bahwa biaya yang paling rendah diantara keempat variasi diatas adalah steel box *girder* dengan dimensi 2 x 2 meter. Selain itu, dapat disimpulkan pula bahwa biaya tidak berbanding lurus dengan besarnya dimensi karena adanya faktor jumlah *girder* yang juga sangat berpengaruh besar.

DAFTAR RUJUKAN

- [1] American Association of State Highway and Transportation Officials. (2012). *AASHTO LRFD Bridge Design Specification 6th Edition*. Washington D.C.: American Association of State Highway and Transportation Officials.
- [2] Assayidah, R. & Ayu, S. (2019). *Metode Pelaksanaan, Biaya dan Penjadwalan Overpass Sersan Mayor Muchtar STA.23+956.908 pada Proyek Pembangunan Jalan Tol Cisumdawu. Tugas Akhir*. Bandung: Jurusan Teknik Konstruksi Sipil - Politeknik Negeri Bandung.
- [3] Badan Standardisasi Nasional. (2015). *SNI 1729:2015 tentang Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- [4] Badan Standardisasi Nasional. (2016). *SNI 1725:2016 tentang Pembebanan untuk Jembatan*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- [5] Conrad, P. (1983). *Steel Box Girder Bridges-Design Guides & Methods*. Maryland: Institute for Physical Science and Technology and Civil Engineering Department - University of Maryland.
- [6] Dimiyati, H. & Nurjaman, K. (2014). *Manajemen Proyek*. Bandung: CV Pustaka Setia.
- [7] Djojowirono, S. (1984). *Manajemen Konstruksi*. Yogyakarta: ANDI.
- [8] Putra, R.S.S. (2018). *Perencanaan Elevated Bridge pada Ruas Jalan Tol Jakarta - Cikampek II Menggunakan Struktur Steel Box Girder dengan Metode Double Truss Launcher Erection. Tugas Akhir*. Surabaya: Departemen Teknik Sipil - Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- [9] Sukma, A.T.P.J. & Mustika, D. (2018). *Tinjauan Pelaksanaan Pembuatan dan Erection Steel Box Girder Proyek Pembangunan Jalan Tol Jakarta - Cikampek II Elevated pada Pier 131-132. Tugas Akhir*. Bandung: Jurusan Teknik Konstruksi Sipil - Politeknik Negeri Bandung.
- [10] Sumaidi, Astawa, A.M. & Sudarianto, B.E. (2018). Perencanaan Jembatan Steel Box Girder Komposit Dua Material Baja-Beton dengan Dua Gelagar Seragam. *Jurnal Envirotek*, 10(2), 18-26.