

PERENCANAAN JEMBATAN PENYEBERANGAN ORANG DENGAN STRUKTUR BAJA CASTELLATED DAN STRUKTUR BETON PRATEGANG VOIDED SLAB

(Studi kasus Kawasan Industri Rembang Pasuruan
Jl. Raya Surabaya-Pasuruan Km 50, Raci, Pasuruan)

Muhammad Ferdian Ramadianto¹, Sugeng Riyanto², Qomariah³

¹Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang

^{2,3}Dosen Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang

E-mail: m.ferdian.r@gmail.com

Abstract

The existing traffic conditions at the gate of Pasuruan Industrial Estate Rembang (PIER) located on Surabaya-Pasuruan Highway KM 50, Desa Raci, Bangil, Pasuruan is classified the National Highway type II class 1. It has an average volume of 286 pedestrian / hour (V) and 5175 vehicle / hour (P), so PV^2 value is equal to 7.66×10^9 . It can be a traffic accident-prone area, especially for pedestrians. Therefore, it needs the facility of Pedestrian Cross Bridge of 17.5 m span and 2.5 m wide. That is why, the writer examines the difference between the two structures in terms of cost. This study comprises planning, detailed engineering design, implementation methods, and cost estimate of castellated steel structures and prestressed concrete voided slab structures.

The result of study are as follow : the castellated steel main girder WF 700 x 300 x 13 x 24 at IDR 723,247,800.00 and prestressed concrete voided slab with a size of 970 x 875 diameter 340 mm at IDR 496,282,628.00. From these results, it is concluded that construction of of prestressed concrete voided slab structure is cheaper with price difference IDR 226,965,172.00.

Keyword : Pedestrian Bridge, Castellated Steel, Prestressed Concrete Voided Slab, Estimate Cost

1. PENDAHULUAN

Hasil studi dari Institut Studi Transportasi (INSTRAN) mendapatkan bahwa 65% kecelakaan lalu lintas berakibat kematian adalah pejalan kaki pada tahun 2010. Klasifikasi Jalan Raya Surabaya-Pasuruan KM 50, Desa Raci, Kecamatan Bangil, Kabupaten Pasuruan ini merupakan klasifikasi Jalan Nasional dengan tipe II kelas 1 yang memiliki kecepatan rencana maksimum 60 Km/jam. Penyusun telah melakukan survei lapangan dengan hasil rata-rata volume kendaraan (P) sebesar 5175 kendaraan/jam, rata-rata volume pejalan kaki (V) sebesar 286 orang/jam, dan nilai PV^2 adalah sebesar $7,66 \times 10^9$, sehingga *Department of Transport, Road, and Local Transport* memberi rekomendasi dalam dokumen *Departmental Advice Note TA/10/80* bahwa tipe fasilitas penyeberangan yang cocok adalah jembatan penyeberangan. Hal ini didukung dengan kondisi eksisting menurut Peta Rawan Laka Lantas 2013 milik Satlantas Polres Pasuruan yang menyebutkan bahwa Jalan Raya Surabaya-Pasuruan KM 49-51, Raci, Pasuruan merupakan daerah rawan kecelakaan lalu lintas.

Pada umumnya perencanaan struktur konstruksi jembatan penyeberangan orang (JPO) di Indonesia menggunakan konstruksi baja, akan tetapi Standar Nasional Indonesia hanya memiliki panduan untuk konstruksi beton, sehingga dilakukan penelitian mengenai apa perbedaan kedua struktur tersebut dari segi biaya.

2. TINJAUAN PUSTAKA

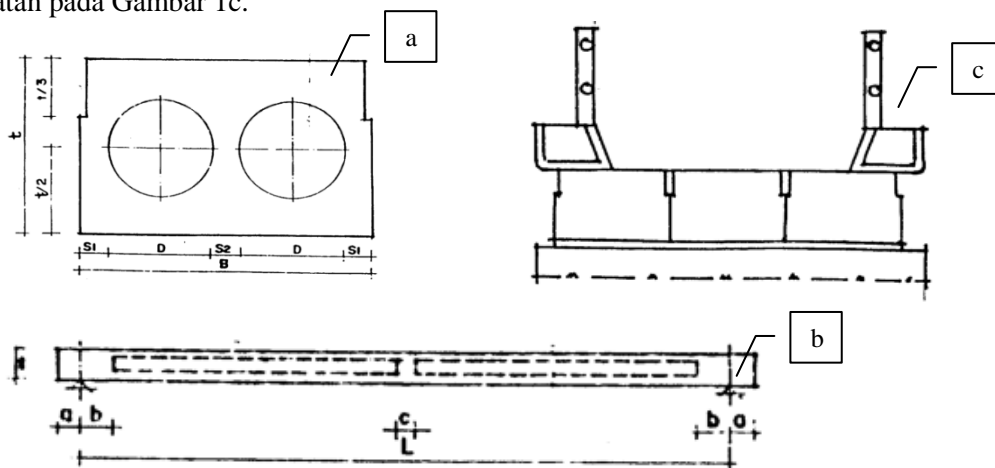
2.1. Jembatan Beton Prategang *Voided Slab*

Menurut SNI Pd T-02-2004-B, Jembatan Beton Prategang Pratarik (*Pretension*) Tipe Plat Berongga atau jembatan *Voided Slab* merupakan struktur beton dimana tegangan-tegangan yang terjadi akibat beban luar sampai pada tingkat yang diinginkan.

Beton prategang pretension pada jembatan ini memiliki metode yang sama pada struktur beton prategang pada umumnya dengan tahap-tahap sebagai berikut:

- Dilakukan persiapan cetakan untuk beton prategang,
- Tendon baja (*strand*) terlebih dahulu dilakukan penegangan yang diikat pada tumpuannya dengan pasak baja,
- Pengecoran dilakukan di dalam cetakan,
- Jika beton telah mencapai kekuatan yang diinginkan, maka dilakukan pemotongan pada *strand*, sehingga beton mengalami tekanan,

Transfer prategang ke beton biasanya dilaksanakan dengan dongkrak hidrolik atau dongkrak sekrup yang besar, dimana semua kawat dilepas secara bersamaan setelah beton mencapai kekuatan tekan yang disyaratkan. Dalam ketentuan dimensi gelagar jembatan beton prategang *voided slab*, SNI 027/T/Bt/1995 telah menetapkan potongan melintang dengan lebar (B) 0.97 m dan tinggi (t) 0.05 panjang bentang (L) pada Gambar 1a, panjang bentang jembatan beton antara 6–8 m pada Gambar 1b, dan tampak depan jembatan pada Gambar 1c.



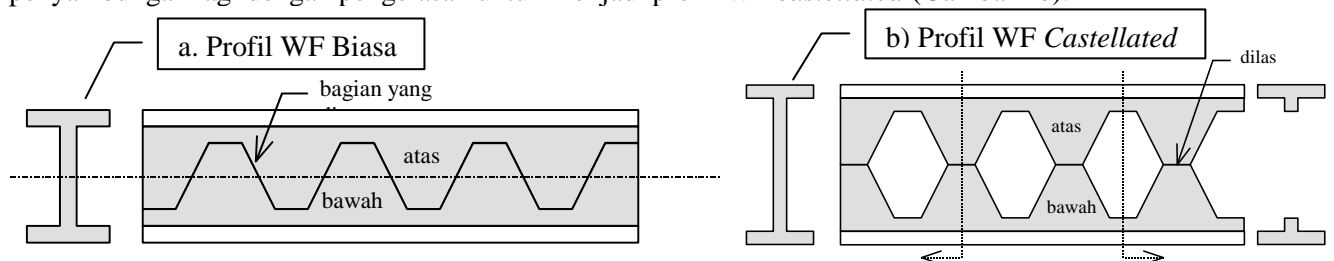
Gambar 1. Penentuan dimensi gelagar jembatan beton prategang voided slab

Sumber : Tata Cara Perencanaan Jembatan Penyeberangan Untuk Pejalan Kaki di perkotaan 027/T/BT/1995

2.2. Jembatan Baja *Castellated*

Balok Kastella (*castellated beam*) adalah balok yang dipakai untuk konstruksi jembatan bentang panjang (lebih dari 8 meter), yang berupa 2 profil baja yang disatukan menjadi 1 untuk mendapatkan tinggi profil yang sesuai. Balok kastella disebut juga *honey comb beam*, karena bentuk lubang segi enamnya yang menyerupai sarang lebah (*honey comb*).

Besarnya sudut kemiringan θ antara 45' sampai 70', sedangkan yang sering dipakai di lapangan adalah 45' dan 60'. Sudut θ ditentukan dengan memperhitungkan tegangan geser yang terjadi pada bagian garis netral badan sehingga tidak melebihi tegangan ijinnya. Proses membuat profil WF biasa menjadi WF *castellated* harus diperhatikan saat pemotongan profil WF biasa (Gambar 2a), kemudian dilakukan penyambungan lagi dengan pengelasan untuk menjadi profil WF *castellated* (Gambar 2b).



Gambar 2. Proses pembuatan profil baja *castellated*

Sumber : Louis F.G (*Load and Resistance Factor Design of Steel Structure*)

Dalam aplikasinya, sistem baja *castellated* memiliki kelemahan yaitu gaya lintang yang diperbolehkan lebih kecil, sehingga sangat cocok untuk bentang panjang dengan beban kecil.

2.3. Data Perencanaan

Data perencanaan yang disusun dalam Perencanaan Perencanaan Detail Jembatan Penyeberangan Orang di Area Gerbang Kawasan Industri Rembang Pasuruan (PIER) yang berlokasi di Jl. Raya Surabaya-Pasuruan KM 50, Raci, Pasuruan. Direktorat Jenderal Bina Marga telah mengatur dan menentukan Spesifikasi Jembatan Penyeberangan Orang dengan mempertimbangkan faktor kenyamanan, keselamatan, keamanan, dan estetika bagi pejalan kaki dalam Tata Cara Perencanaan Jembatan Penyeberangan Untuk Pejalan Kaki di Perkotaan Nomor 027/T/Bt/1995 dan Rancangan Standar Nasional Indonesia (RSNI) T-02-2005.

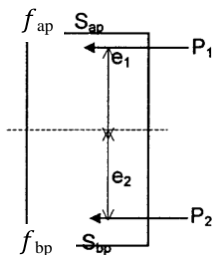
2.4. Analisa Struktur Atas Jembatan

2.4.1 Jembatan Beton Prategang *Voided Slab*

Kekuatan struktur jembatan *voided slab* dianalisis dengan kapasitas lentur penampang ditentukan dengan cara Analisis Momen Lentur *Serviceability* yang dihitung tulangan prategang tekan untuk menghitung gaya tekan

- Analisis tegangan akibat gaya prategang (SNI T-02-2004-B)

Tegangan akibat gaya prategang dari strand atas (P_1) dan strand bawah (P_2) akan membuat gelagar beton mengalami tegangan tekan untuk ikut memikul beban luar yang terjadi seperti pada Gambar 3, dan Persamaan 1 dan Persamaan 2.



Gambar 3. Analisis tegangan akibat gaya prategang

$$f_{ap} = -\frac{P_1}{A} - \frac{P_2}{A} - \frac{P_1 e_1 y}{I_x} + \frac{P_2 e_2 y}{I_x} \quad (1)$$

$$f_{bp} = -\frac{P_1}{A} - \frac{P_2}{A} + \frac{P_1 e_1 y}{I_x} - \frac{P_2 e_2 y}{I_x} \quad (2)$$

dimana:

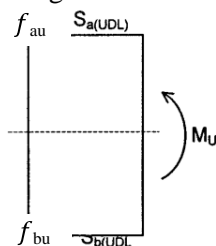
- | | |
|------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| f_{ap} : Tegangan atas prategang | f_{bp} : Tegangan bawah prategang |
| e_1 : Jarak dari titik berat ke <i>strand</i> atas | e_2 : Jarak dari titik berat ke <i>strand</i> bawah |
| P_1 : Kekuatan <i>strand</i> atas | P_2 : Kekuatan <i>strand</i> bawah |
| I_x : Momen inersia penampang | y : 0,5 dari tinggi beton prategang |

Catatan:

- (+) : Serat berada di daerah tarik, (-) : Serat berada di daerah tekan

- Analisis tegangan akibat pembebanan (SNI T-02-2004-B)

Beban yang terjadi pada gelagar akan mengakibatkan momen *ultimate* (M_u), sehingga terjadi tegangan tekan pada serat atas (f_{AU}) dan tegangan tarik pada serat bawah gelagar (f_{BU}) seperti pada Gambar 4 serta digunakan Persamaan 3, Persamaan 4, dan Persamaan 5.



Gambar 4. Analisa tegangan akibat pembebanan

$$M_U = M_{DL} + M_{LL} \tag{3}$$

$$f_{AU} = -\frac{M_U}{W_x} \tag{4}$$

$$f_{BU} = \frac{M_U}{W_x} \tag{5}$$

dimana:

M_U : Momen *ultimate*

M_{DL} : Momen beban mati

M_{LL} : Momen beban hidup

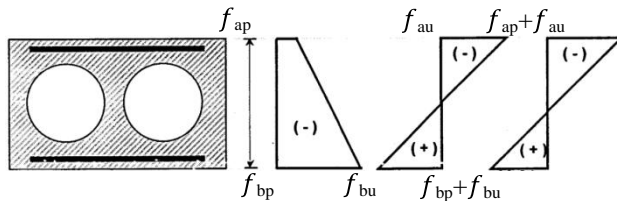
f_{AU} : Tegangan atas *ultimate*

f_{BU} : Tegangan bawah *ultimate*

W_x : I_x/y

– Kontrol kekuatan *serviceability*

Tegangan keseluruhan yang terjadi akibat gaya prategang dan beban luar diakumulasikan untuk mendapatkan tegangan total, sehingga kontrol kekuatan gelagar dapat dilakukan seperti pada Gambar 5, Persamaan 8 dan Persamaan 9.



Gambar 5. Diagram tegangan akibat gaya luar balok tepi

Tegangan ijin penampang

$$\bar{f}_A = 0,45f_c' \tag{6}$$

$$\bar{f}_B = 0,5\sqrt{f_c'} \tag{7}$$

dimana:

\bar{f}_A : Tegangan ijin serat atas

\bar{f}_B : Tegangan ijin serat bawah

Tegangan total akibat gaya luar

$$\bar{f}_A \geq f_{AP} + f_{AU} \tag{8}$$

$$\bar{f}_B \geq f_{BP} + f_{BU} \tag{9}$$

2.4.2 Jembatan Baja *Castellated*

Dalam perencanaan jembatan baja *castellated* dilakukan pemilihan profil baja, analisa statika, kemudian kontrol struktur jembatan. Kontrol struktur jembatan baja *castellated* meliputi:

– Kontrol gelagar memanjang

$$\frac{M_{max}}{f_y} \leq S_x \tag{10}$$

$$\bar{\tau} = \bar{\sigma} \frac{4(\text{Radians } (\theta))}{3 \tan(\theta)} \leq 0.4 f_y \tag{11}$$

dimana:

M_{max} : Momen lapangan jembatan baja (kgm)

f_y : Tegangan leleh baja (MPa)

S_x : Modulus penampang profil awal (cm³)

θ : Sudut tekuk (°)

h : Tinggi profil (mm)

t_w : Tebal web (mm)

E : Elastisitas baja (kg/cm²)

$$\bar{\sigma} : \left[1 - \frac{10.434}{C_c^2} \left(\frac{h}{t_w} \right)^2 \right] \times 0.6 \times f_y \tag{12}$$

$$C_c : \sqrt{\frac{2 \pi E}{f_y}} \tag{13}$$

– Kontrol lendutan jembatan

$$\Delta_{ijin} = \frac{L}{800} \tag{14}$$

$$\Delta_{terjadi} = \frac{5 q_{total} L^4}{384 E I_x} \leq \Delta_{ijin} \quad (15)$$

dimana:

Δ_{ijin} : Lendutan ijin (m) $\Delta_{terjadi}$: Lendutan yang terjadi (m)
 L : Panjang bentang jembatan (m) q_{total} : Beban hidup dan beban mati (kg/m)
 I_x : Momen Inersia (cm⁴)

- Kontrol penampang profil

Pada sayap profil *castellated*

$$\frac{b}{t_f} \leq \frac{190}{\sqrt{f_y}} \quad (16)$$

dimana:

b : Lebar profil WF (mm) t_f : Tebal flange pada profil WF (mm)

Pada badan profil *castellated*

$$\frac{d}{t_w} \leq \frac{4000}{\sqrt{f_y}} \quad (17)$$

dimana:

d : Tinggi profil (mm) t_w : Tebal web pada profil WF (mm)

2.5. Analisa Struktur Bawah Jembatan

2.5.1 Daya Dukung Tiang Tunggal

Dalam perhitungan daya dukung tiang pancang tunggal dari data sondir digunakan rumus sebagai berikut:

$$Q_{ijin} = \frac{q_c A_p}{3} + \frac{JHL K_p}{10} \quad (18)$$

dimana:

q_c : Perlawanan konus (ujung tiang) (kg/cm²) JHL : Jumlah hambatan lekat (kg/cm)
 K_p : Keliling x panjang tiang A_p : Luas penampang ujung tiang

2.5.2 Daya Dukung Tiang Kelompok

Dalam perhitungan daya dukung tiang pancang berkelompok digunakan rumus dari Converse Laborre sebagai berikut:

$$P_{ijin grup} = N \times P_{ijin 1 tiang} \times E_{ff} \quad (19)$$

$$E_{ff} = 1 - \frac{\theta}{90} \left(2 - \frac{1}{m} - \frac{1}{n} \right) \quad (20)$$

dimana:

N : Jumlah tiang dalam grup θ : Arc tan D/S
 D : Diameter tiang S : Jarak antar sumbu tiang (2,5D - 3D)
 m : Jumlah tiang per baris (lajur x) n : Jumlah tiang per kolom (lajur y)

2.5.3 Beban Maksimum Tiang

Beban maksimum tiang dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$P_{max} = \frac{\sum P_u}{n} + \frac{M_y \times X_{max}}{\sum X^2} + \frac{M_x \times Y_{max}}{\sum Y^2} \leq P_{ult} \quad (21)$$

dimana:

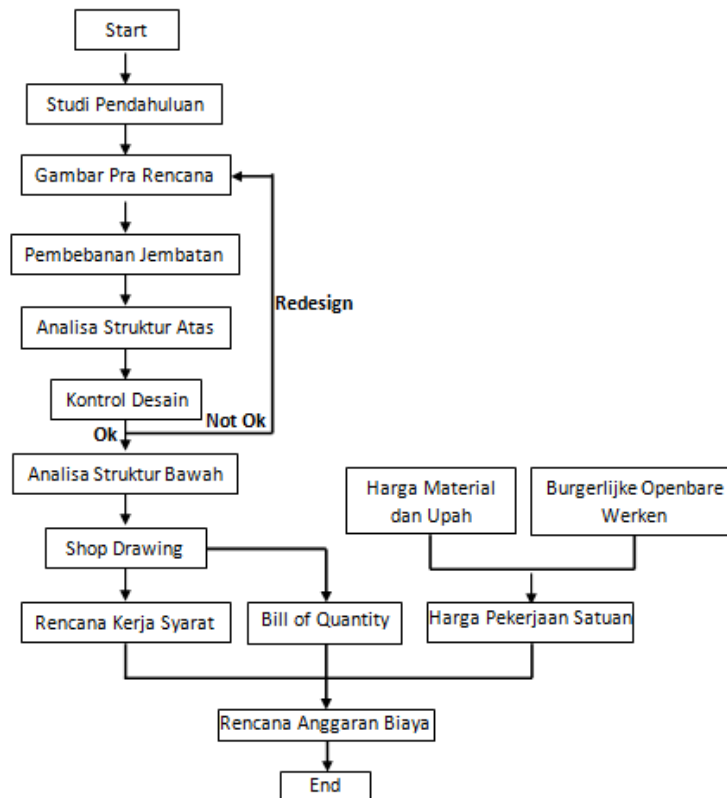
P_{ult} : Daya dukung tiang dalam 1 kelompok P_{max} : Beban maksimum 1 tiang pancang
 $\sum P_u$: Jumlah total beban aksial n : Banyak tiang dalam 1 kelompok tiang
 M_x : Momen yang terjadi pada arah x M_y : Momen yang terjadi pada arah y
 X_{max} : Absis terjauh terhadap titik berat kelompok tiang
 Y_{max} : Ordinat terjauh terhadap titik berat kelompok tiang
 $\sum X^2$: Jumlah kuadrat absis tiang pancang $\sum Y^2$: Jumlah kuadrat ordinat tiang pancang

2.6. Rencana Anggaran Biaya

Hasil dari pekerjaan yang diurutkan adalah *Work Breakdown Structure* (WBS), kemudian dihitung volume pekerjaan atau *Bill of Quantity* (BOQ) dengan melihat shop drawing. Kemudian BOQ dikalikan dengan harga satuan pekerjaan untuk mendapatkan harga paket pekerjaan atau *Work Package* (WP). Setelah itu, WP dari masing-masing pekerjaan dijumlahkan untuk mendapatkan Rencana Anggaran Biaya.

3. METODOLOGI PELAKSANAAN

Penyusunan skripsi ini dilakukan dengan berbagai tahap yang sistematis untuk mendapatkan hasil yang maksimal, sehingga dibuatlah alur kerja metodologi pelaksanaan pada Gambar 6.



Gambar 6. Alur Kerja Perencanaan

Gambaran umum langkah-langkah perencanaan yang memiliki saling keterkaitan sebagai berikut:

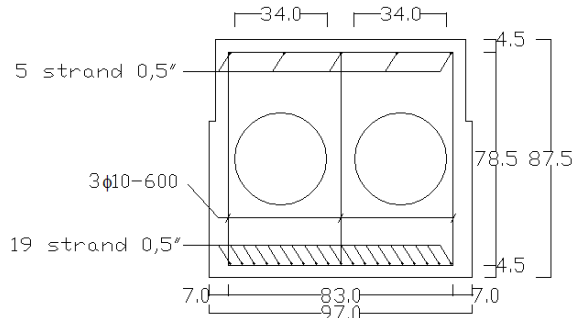
- Dalam data perencanaan dilakukan survei lapangan untuk menentukan desain gambar pra rencana jembatan yang berdasarkan spesifikasi pra rencana jembatan, kemudian di desain pula pembebanan apa saja yang berada pada jembatan,
- Data pembebanan dan gambar pra rencana dimasukkan dalam *detail engineering design* khususnya pada analisa struktur jembatan. Setelah itu dibuat gambar shop drawing yang mengacu pada hasil analisa struktur jembatan, kemudian dengan panduan Gambar *shop drawing* dibuatlah rencana kerja syarat sebagai panduan kerja kontraktor di lapangan,
- Dalam *engineer's estimate*, gambar *shop drawing* dan metode pelaksanaan sangat dibutuhkan untuk menghitung volume pekerjaan (*Bill of Quantity*). Setelah *Bill of quantity* didapat lalu dikalikan dengan harga satuan pekerjaan untuk menghasilkan Rencana Anggaran Biaya,
- Disaat perhitungan harga satuan pekerjaan (HSP) yang diperoleh dari perkalian harga material dan upah dengan indeks HSP, bisa diketahui selisih biaya total antara Jembatan Beton Prategang *Voided slab* dan Jembatan Baja *Castellated*, sehingga dipilih biaya konstruksi termurah untuk dilaksanakan.

4. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1. Analisa Struktur Atas Jembatan

4.1.1 Jembatan Beton Prategang *Voided slab*

Setelah dilakukan perhitungan analisa statika dan kontrol didapatkan penampang gelagar beton prategang *voided slab*, jumlah strand prategang, dan tulangan geser seperti pada Gambar 8.



Gambar 8. Penampang gelagar beton

Gelagar jembatan beton prategang *voided slab* harus dikontrol dari segi keamanan struktur pada Tabel 1.

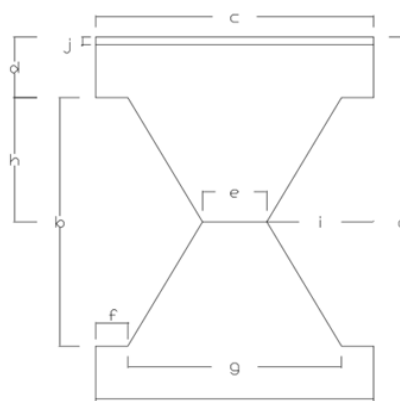
Tabel 1. Kontrol gelagar jembatan beton prategang *voided slab*

No.	Analisa Struktur	Tegangan Serat Atas (kg/cm ²)	Tegangan Serat Bawah (kg/cm ²)
1	Tegangan gaya prategang	12,47	- 106,73
2	Tegangan beban <i>ultimate</i>	- 99,32	99,32
3	Tegangan total (+)	86,85	7,41
4	Tegangan ijin	157,52	9,35
5	Kontrol Tegangan	Dapat diterima	Dapat diterima

Ket : (+) = Tegangan tekan dibuat positif untuk bisa dikontrol

4.1.2 Jembatan Baja *Castellated*

Setelah dilakukan perhitungan analisa statika dan kontrol, didapatkan profil WF 700 x 300 yang telah dimodifikasi menjadi profil WF 1050 x 300 seperti pada Gambar 9.



Data profil castellated (Gunung Garuda):

a = 1050 mm	b = 705 mm
c = 761,4 mm	d = 172,5 mm
e = 176,3 mm	f = 88,1 mm
g = 585,2 mm	h = 352,5 mm
I = 292,6 mm	j = 24 mm
I _x = 473222,7 cm ⁴	i _y = 7,6 cm
I _y = 10801,5 cm ⁴	S _x = 9013,8 cm ³
i _x = 50 cm	S _y = 720,1 cm ³

Gambar 9. Gelagar baja *castellated*

Gelagar jembatan baja *castellated* harus dikontrol dari segi keamanan analisa struktur seperti pada Tabel 2.

Tabel 2. Kontrol gelagar jembatan baja *castellated*

No.	Analisa Struktur	Nilai
1 Kontrol Gelagar Memanjang		
-	M_{max} / f_y	1470,88 cm ³
-	Modulus penampang profil awal (S_x)	9013.84 cm ³
-	$(M_{max} / f_y) < S_x$	Dapat diterima
2 Kontrol Lendutan		
-	Lendutan yang terjadi ($\Delta_{terjadi}$)	1,32 cm
-	Lendutan ijin (Δ_{ijin})	2,19 cm
-	Kontrol ($\Delta_{terjadi} < \Delta_{ijin}$)	Dapat diterima
3 Kontrol Penampang profil		
- Sayap Profil WF		
	b/t_f	12,5
	$190/(f_y^{0,5})$	29,82
	Kontrol ($b/t_f < (190/(f_y^{0,5}))$)	Dapat diterima
- Badam Profil WF		
	d/t_w	80,77
	$4000/(f_y^{0,5})$	627,76
	Kontrol ($d/t_w < (4000/(f_y^{0,5}))$)	Dapat diterima

4.1.2 Tangga Jembatan

Perhitungan struktur tangga jembatan penyeberangan orang struktur beton prategang *voided slab* dan struktur baja *castellated* menghasilkan dimensi beton atau profil baja tangga pada Tabel 3.

Tabel 3. Tangga jembatan

No.	Keterangan	Jembatan Beton	Jembatan Baja
1	Model Struktur	Pembalokan	Portal Bergoyang
2	Metode	Cross Balok	Cross Portal Bergoyang
3	Dimensi		
-	Tangga	Plat Tebal 12 cm	WF 350 x 175
-	Balok Bordes	20 x 30	WF 300 x 150
-	Kolom	25 x 25	WF 175 x 175

Struktur tangga jembatan beton menggunakan metode cross karena gaya dari plat tangga atau bordes dilanjutkan ke balok terlebih dahulu sebelum ke kolom, sehingga seperti pembalokan. Pada jembatan baja, gaya dari plat tangga atau bordes langsung dilanjutkan ke kolom seperti sebuah portal, dan karena pembebanan pada portal tidak simetris, maka portal dapat dipastikan bergoyang.

4.2. Analisa Struktur Bawah Jembatan

Dari perhitungan analisis yang telah dilakukan didapatkan daya dukung tanah, daya dukung kelompok tiang, dan beban maksimum tiang seperti pada Tabel 4.

Tabel 4. Analisis struktur bawah jembatan

No.	Keterangan	Jembatan Beton	Jembatan Baja
1	Pembebanan		
	- P_u	138,75 ton	46,82 ton
	- M_u	29,53 ton	41,18 ton
2	Daya dukung tanah (Q_{ijin})		
	- $D_f = 4,4$ m	40,47 ton	27,38 ton
	- $D_f = 4,6$ m	62,30 ton	41,15 ton
3	Tiang Pancang		
	- Dimensi	25 X 25	20 X 20
	- Karakteristik	450	450
	- Tulangan utama	4 D 16	4 D 13
	- P_{ijin}	50 ton	35 ton
	$P_{ijin} < Q_{ijin}$	Dapat diterima	Dapat diterima
	- Jumlah	8 buah	6 buah
4	Daya dukung kelompok tiang		
	- $Q_{i(group)}$	256,39 ton	186,89 ton
	$Q_{i(group)} > P_u$	Dapat diterima	Dapat diterima
5	Beban maksimum tiang		
	- P_{max}	39,34 ton	29,77 ton
	$P_{max} < P_{ijin}$	Dapat diterima	Dapat diterima

5. RENCANA ANGGARAN BIAYA

5.1. Biaya Alat Berat

Pada pengerjaan konstruksi jembatan beton prategang *voided slab* dan jembatan baja *castellated* digunakan alat berat *mobile crane* untuk *erection* gelagar dan *hammer pile* untuk pemancangan pondasi tiang pancang. Estimasi biaya dan waktu untuk penggunaan alat berat dijelaskan pada Tabel 5.

Tabel 5. Estimasi biaya dan waktu alat berat

No.	Alat berat	Jembatan Beton	Jembatan Baja	Satuan
1	Mobile Crane (2 buah)			
	- Jumlah gelagar	3	1	buah
	- Biaya sewa	Rp 625,000.00	Rp 625,000.00	/ jam
	- Proses waktu			
	Penggikatan sling pada gelagar	3	6	Menit
	Pengangkatan gelagar	5	8	Menit
	Pengangkutan gelagar ke titik tumpu	15	25	Menit
	Pengaturan posisi gelagar	15	20	Menit
	Penurunan Gelagar	10	45	Menit
	Alat kembali ke posisi semula	5	5	Menit
	Total Waktu	53	109	Menit
	- Biaya yang dikeluarkan	Rp 3,312,500.00	Rp 2,270,833.00	
2	Hammer Pile (1 buah)			
	- Jumlah tiang pancang	16	12	buah
	- Biaya Sewa	Rp 535,000.00	Rp 535,000.00	/ jam
	- Proses waktu (1 tiang pancang)			
	Penggikatan sling pada tiang pancang	2	2	Menit
	Posisi tiang pancang	3	3	Menit
	Proses hammer	15	10	Menit
	Bobok tiang pancang	10	10	Menit
	- Biaya yang dikeluarkan	Rp 4,280,000.00	Rp 2,675,000.00	

5.2. Biaya Konstruksi

Biaya konstruksi proyek didapat dari perkalian *Bill of Quantity* (volume pekerjaan) dengan analisa harga satuan pekerjaan sebagai berikut:

Tabel 6. Biaya konstruksi jembatan penyeberangan

No	Pekerjaan	Jembatan Beton		Jembatan Baja	
A.	Pekerjaan Persiapan	Rp	56,291,505.72	Rp	56,291,505.72
B.	Pekerjaan Tanah	Rp	2,406,589.41	Rp	2,918,556.35
C.	Pekerjaan Pembetonan	Rp	72,958,579.32	Rp	12,842,930.81
D.	Pekerjaan Pembesian	Rp	95,218,965.77	Rp	495,517,777.69
E.	Pekerjaan kayu	Rp	111,713,581.37	Rp	11,302,572.89
F.	Pekerjaan Finishing	Rp	14,304,832.96	Rp	3,632,550.29
G.	Pekerjaan lain - lain	Rp	143,388,573.67	Rp	140,741,906.67
Total Biaya		Rp	496,282,628.21	Rp	723,247,800.42

6. KESIMPULAN

Dari penyusunan skripsi Perencanaan Jembatan Penyeberangan Orang dengan Struktur Baja *Castellated* dan Struktur Beton Prategang *Voided Slab* di Area Gerbang Kawasan Industri Rembang Pasuruan (PIER) yang berlokasi di Jl. Raya Surabaya-Pasuruan KM 50, Raci, Pasuruan ini didapat suatu kesimpulan yaitu:

1. *Detailed Engineering Design* dilakukan dengan perencanaan data struktur, gambar rencana, perhitungan struktur atas dan bawah. Hasil dari *Detailed Engineering Design* yang telah dilakukan, maka didapat struktur beton prategang *voided slab* dengan menggunakan gelagar dimensi 87,5 x 97 cm dengan 2 lubang berdiameter 34 cm dan struktur baja *castellated* dengan menggunakan gelagar WF 700 x 300 yang dimodifikasi menjadi WF 1050 x 300.
2. Aplikasi perencanaan struktur pada jembatan beton prategang *voided slab* lebih mudah dilakukan karena sedikitnya tahapan dan jenis perhitungan struktur daripada jembatan baja *castellated*, sedangkan pada penerapan metode pelaksanaan jembatan beton prategang *voided slab* dan jembatan baja menggunakan metode konvensional, kecuali pada pengerjaan erection menggunakan 2 mobile crane dan pemancangan pile yang menggunakan hammer pile.
3. Dalam penyusunan Engineer Estimate didapatkan biaya konstruksi jembatan beton prategang *voided slab* sebesar Rp 496.282.628,00 dan biaya konstruksi jembatan baja *castellated* sebesar Rp. 723.247.800,00.
4. Dari hasil rencana anggaran biaya, jembatan beton prategang *voided slab* lebih murah Rp. 226.965.172,00 daripada jembatan baja *castellated*, sehingga disarankan untuk memilih jembatan beton prategang *voided slab* dari segi biaya konstruksi.

7. DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standardisasi Nasional. 2005. RSNI T-02-2005. *Standar Pembebanan Untuk Jembatan*. Bandung: Departemen Pekerjaan Umum.
- Badan Standardisasi Nasional. 2005. RSNI T-03-2005. *Perencanaan Struktur Baja Untuk Jembatan*. Bandung: Departemen Pekerjaan Umum
- Badan Standardisasi Nasional. 1995. *Tata Cara Perencanaan Jembatan Penyeberangan Untuk Pejalan Kaki di Perkotaan 027/T/Bt/1995*. Bandung : Departemen Pekerjaan Umum.
- Direktorat Jenderal Bina Marga. 1980. *Standar Konstruksi Jembatan Type Pretensioned Precast Concrete Voided Slab*. Jakarta : Departemen Pekerjaan Umum.
- Badan Standardisasi Nasional.2004. *Perkuatan Eksternal pada Jembatan Beton Prategang Voided Slab SNI Pd-T-02-2004-B*. Bandung : Departemen Pekerjaan Umum.
- Aponno, Gerard. 2012. *Laporan Penyelidikan Tanah Proyek Gedung Serbaguna Al Hambra Jalan Hiu, Bangil, Pasuruan*. Malang : Laboratorium Mekanika Tanah Politeknik Negeri Malang.