

PERENCANAAN JEMBATAN *CABLE STAYED* 200 METER (Studi Kasus : Jembatan Cijambe Garut)

Syapril Janizar¹, Habdullah², Felix Setiawan³, Lucky
Amperawan Schipper⁴

¹Teknik Sipil Universitas Winaya Mukti

email :

sjanizar@gmail.com¹, habdullahabdul@gmail.com²,
felixsetiawan301@gmail.com³,
amperawanschipper1966@gmail.com⁴

ABSTRAK

Pada tugas akhir ini membahas mengenai Perencanaan Jembatan Cable Stayed Panjang 200 meter. Jembatan ini memiliki panjang 200 meter dengan bentang 180 meter dan bentang tepi 20 meter. Konfigurasi kabel jembatan menggunakan semi harp pattern dengan posisi kabel two planes system. Jembatan memiliki lebar lantai kendaraan 6,00 meter, dan trotoar 1,5 meter kanan dan kiri. Adapun dari hasil perencanaan ini struktur sekunder jembatan terdiri atas railing dengan profil baja hollow diameter 60,5, kerb dengan tebal 250 mm, pelat lantai kendaraan dengan tebal pelat beton 200 mm dan aspal 50 mm, dan gelagar yang terdiri dari gelagar melintang WF 1300.550.28.34, gelagar memanjang WF 600.200.11.17, serta gelagar kantilever WF 300.150.6.5.9 untuk sambungan gelagar sendiri menggunakan simple connection dengan pelat siku L. Sedangkan struktur utama terdiri dari gelagar utama yang menggunakan rectangular twin box girder dengan dimensi 2500.1500.50.50, kemudian stay cable terusun atas 7 – wire strand berdiameter 15,2 mm dan pylon yang didesain menggunakan material beton bertulang dengan dimensi 4000 mm x 3000 mm dengan rongga didalamnya.

Keywords : jembatan, kabel stayed, box girder, *two planes system*.

ABSTRACK

In this final project, we discuss the Planning of a Cable Stayed Bridge with a Length of 200 meters. This bridge has a length of 200 meters with a span of 180 meters and an edge span of 20 meters. The bridge cable configuration uses a semi harp pattern with a two planes system cable position. The bridge has a vehicle floor width of 6.00 meters, and a sidewalk of 1.5 meters right and left. As for the results of this design, the secondary structure of the bridge consists of railings with a hollow steel profile with a diameter of 60.5, curbs with a thickness of 250 mm, a vehicle floor plate with a thickness of 200 mm concrete slab and 50 mm asphalt, and a girder consisting of a WF 1300,550 transverse girder. 28.34, longitudinal girder WF 600.200.11.17, and cantilever girder WF 300.150.6.5.9 for the connection of the girder itself using a simple connection with an L elbow plate. While the main structure consists of the main girder using rectangular twin box girders with dimensions of 2500.1500.50.50, then stay cable is made up of 7 – wire strands with a diameter of 15.2 mm and a pylon which is designed using reinforced concrete material with dimensions of 4000 mm x 3000 mm with a cavity inside.

Keywords : bridge, cable stayed, box girder, *two planes system*.

1. PENDAHULUAN

Jembatan gantung yang menghubungkan kampung cijambe dengan kampung patrol ini pertama kali dibangun pada tahun 2011 dengan bantuan pemerintah Swedia. Panjang jembatan gantung ini mencapai 70 meter dengan lebar sekitar 1,6 meter. Pada tahun 2016 jembatan gantung dikampung cijambe tersebut hancur tersapu banjir bandang sungai cimanuk. Jembatan yang dibangun untuk lokasi tersebut adalah jenis jembatan suspension dengan panjang 200 meter dan lebar 2,6 meter. Pada tahun 2017 jembatan gantung yang menghubungkan kampung cijambe dan kampung patrol dibangun kembali. Proyek penggantian jembatan gantung ini merupakan bagian dari proyek Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR) Direktorat Jendral Bina Marga.

Dalam tugas akhir ini, jembatan gantung yang mengubungkan desa cijambe dengan desa patrol akan direncanakan sebagai jembatan cable stayed. Dengan desain jembatan cable stayed ini akan didapat manfaat yang lebih terutama lebar jembatannya menjadi lebih besar dari pada sebelumnya. Berdasarkan penjelasan tersebut dapat dinyatakan bahwa jembatan cable stayed dapat digunakan sebagai alternatif jembatan gantung.

Berdasarkan uraian diatas maka didapat rumusan masalah yaitu bagaimana merencanakan *preliminary design* jembatan *cable stayed*, bagaimana merencanakan struktur sekunder pada jembatan *cable stayed* dan bagaimana permodelan dan analisa struktur dalam perencanaan jembatan *cable stayed*.

Adapaun untuk batasan masalahnya adalah merencanakan jembatan hanya struktur atas, jembatan yang direncanakan adalah *cable stayed* dengan panjang 200 meter dan lebar 12 meter dan Perencanaan jembatan ini termasuk analisa akibat beban gempa.

Sedangkan untuk tujuan penelitian ini adalah dapat merencanakan *preliminary design* jembatan *cable stayed*, dapat merencanakan jembatan *cable stayed* berdasarkan kekuatan, keamanan dan kenyamanan, dapat merencanakan gelagar, kabel dan *pylon* serta dapat memodelkan dan menganalisa struktur dalam perencanaan jembatan *cable stayed*.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. PENGERTIAN

Jembatan *Cable Stayed* adalah salah satu tipe bentuk jembatan. Jembatan *Cable Stayed* sudah dikenal sejak lebih dari 200 tahun yang lalu (Walther, 1988) yang pada awal era tersebut umumnya dibangun dengan menggunakan kabel vertikal dan miring seperti *Dryburgh Abbey Footbridge* di Skotlandia yang dibangun pada tahun 1817. Pada umumnya jembatan *Cable Stayed* menggunakan gelagar baja, rangka beton, atau beton pratekan sebagai gelagar utama (Zarkast dan Roliansjah, 1995). Pemilihan bahan gelagar tergantung pada ketersediaan bahan, metode pelaksanaan dan harga kontruksi. Penilaian parameter tersebut tidak hanya tergantung pada perhitungan saja, tetapi juga tetapi juga masalah ekonomi dan estetika yang lebih dominan. Kecenderungan sekarang ialah menggunakan gelagar beton, cast in situ atau prefeabricated (pre cast) (Supriyadi dan Muntohar,

2007:197).

2.2. BAGIAN – BAGIAN JEMBATAN

Bagian – bagian pada jembatan *cable stayed* ini terdiri dari 3 (tiga) yaitu gelagar, kabel dan *pylon*.

a) Gelagar

Bentuk gelagar jembatan *cable stayed* sangat bervariasi namun yang paling sering digunakan ada 2 (dua) jenis yaitu *steffening truss* dan *solid web*. Untuk mencari dimensi gelagar melintang dapat ditentukan dengan persamaan sebagai berikut :

$$d \geq \frac{L}{9} \quad (1)$$

Sedangkan untuk menentukan dimensi gelagar kantilever dapat menggunakan rumus persamaan berikut ini :

$$d \geq \frac{L}{6} \quad (2)$$

Sedangkan untuk dimensi gelagar memanjang sebagai pengaku dari gelagar melintang dapat didekati dengan rumus berikut :

$$d \geq \frac{L}{12} \quad (3)$$

Dan untuk gelagar struktur utama yaitu *box girder* dapat didekati dengan rumus sebagai berikut :

$$h = \frac{1}{40} L \geq h \geq \frac{1}{100} L \quad (4)$$

b) Kabel

Sistem kabel merupakan salah satu hal yang mendasar dalam perencanaan jembatan *cable stayed*. Kabel digunakan untuk menopang gelagar diantara dua tumpuan dan memindahkan beban tersebut kemenara atau *pylon*. Untuk mencari luas penampang kabel dapat didekati dengan rumus sebagai berikut :

$$ASC = \frac{(W\lambda + P) \times \cos \theta}{(0,8fu) \times \sin 2\theta / 2 - \gamma \times a} \quad (5)$$

Sedangkan untuk menentukan jumlah kabel dapat didekati dengan rumus sebagai berikut :

$$n = \frac{Asc}{As} \quad (6)$$

Dalam pelaksanaan kabel akan mengalami lendutan akibat berat sendiri. Tetapi dalam analisa dapat digunakan kabel yang lurus dengan koreksi pada nilai modulus elastisitasnya sebagai berikut :

$$E_{eq} = \frac{E}{1 + \frac{(\gamma \times l)^2}{12 \times \sigma^3} \times E} \quad (7)$$

Dalam perencanaan ini kabel yang digunakan yaitu ASTM 416 – 74 grade 270, seperti yang diisyaratkan dalam SNI T – 03 – 2005.

Tabel 2.1 Jenis Kabel dan Angkur

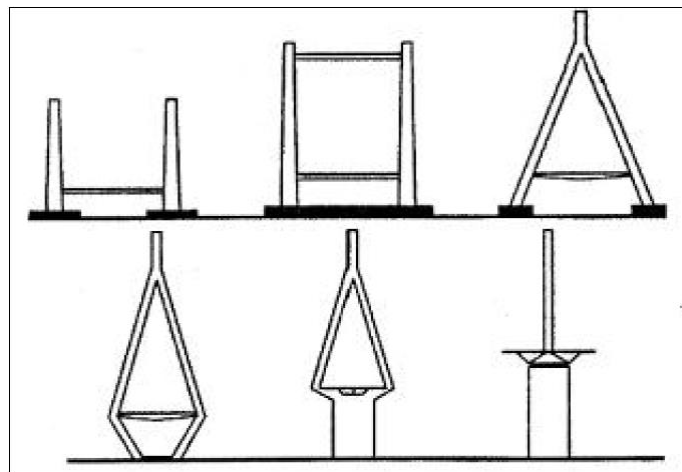
Standard	ASTM A 416 - 74 grade 270	Euronorme 138 – 79
ϕ (mm)	15,2	15,7

Standard	ASTM A 416 - 74 grade 270	Euronorme 138 – 79
As (mm ²)	140	150
Fu (F ijin = 0,7 Fu) (Mpa)	1860 (1302)	1770 (1239)
Ukuran Angkur	7, 12, 19, 31, 37, 61, dan 91 <i>strand</i>	

Sumber : SNI T – 03 – 2005.

c) Menara atau *pylon*

Pemilihan menara sangat dipengaruhi oleh konfigurasi kabel, estetika, dan kebutuhan perencanaan serat pertimbangan biaya. Bentuk – bentuk menara dapat berupa rangka portal trapezoid, menara A, atau menara tunggal (Supriyadi dan Muntohar, 2007:204).



Gambar 2.1 Jenis – jenis menara / *pylon*

Untuk menentukan tinggi *pylon* dapat didekati dengan rumus sebagai berikut :

$$h \geq \frac{L}{6} \text{ sampai } \frac{L}{8} \quad (8)$$

$$\frac{h}{L} = 0,2 \quad (9)$$

Dan untuk luas penampang *pylon* dapat didekati dengan rumus sebagai berikut :

$$A_{\text{perlu}} = \frac{T}{F_{c'}} \quad (10)$$

2.3. KRITERIA PERENCANAAN

Jembatan yang akan direncanakan harus memenuhi beberapa kriteria agar layak digunakan dan memberikan rasa kekuatan, keamanan dan kenyamanan bagi penggunanya, diantaranya sebagai berikut :

KRITERIA STRUKTUR

Untuk kriteria struktur ini dibagi menjadi 2 (dua) bagian yaitu :

1) Struktur Atas

Untuk perencanaan struktur atas jembatan ini harus mengacu antara lain :

- a) *Limit States* atau Rencana Keadaan Batas berupa *Ultimate Limit States* (ULS) dan *Serviceability Limit States* (SLS).
- b) Lendutan dari struktur atas jembatan harus dihitung dengan cermat, baik untuk jangka pendek maupun jangka panjang agar tidak melampaui nilai batas yang diizinkan yaitu simple beam $< L/800$ dan kantilever $L/400$.
- c) Memperhatikan perilaku jangka panjang material dan kondisi lingkungan jembatan berada khususnya selimut beton, permeabilitas beton, atau tebal elemen baja dan galvanis terhadap resiko korosi ataupun potensi degradasi material.

KRITERIA PEMBEBANAN

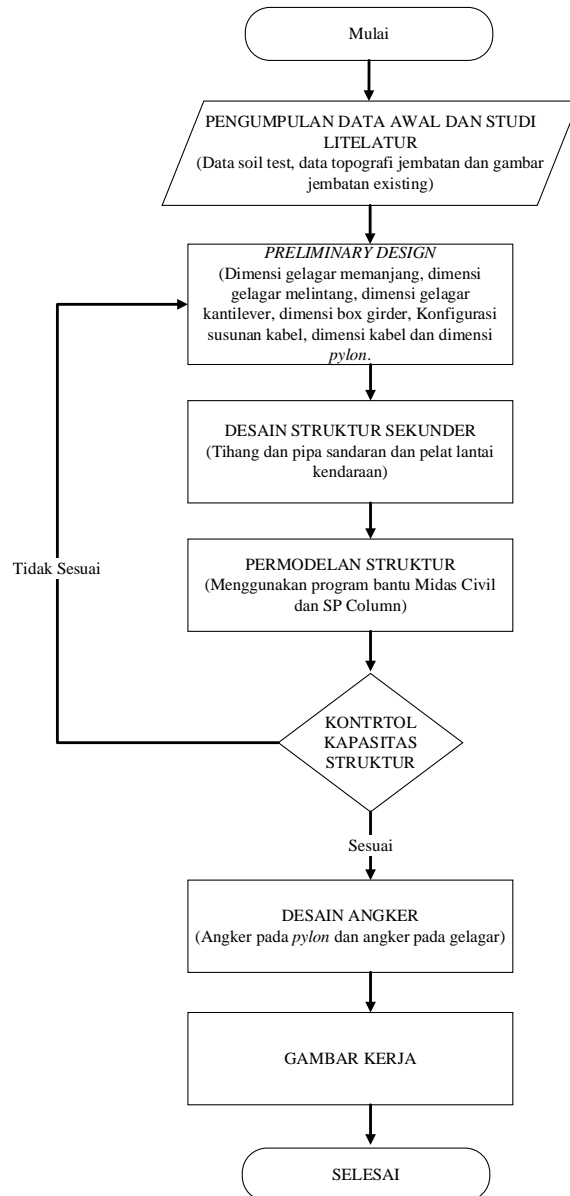
- 1) Beban pada Struktur sekunder
 - a) Pembebanan pada trotoar (SNI 1725 – 2016 pasal 8.9)
 - b) Pembebanan pada railing (SNI 1725 – 2016 pasal 11)
- 2) Beban pada struktur utama
 - a) Pembebanan pada lantai kendaraan (SNI 1725 – 2016 pasal 7)
 - b) Penentuan beban angin (SNI 1725 – 2016 pasal 9.6)
 - c) Penentuan beban gempa (SNI 1725 – 2016 pasal 9.7)
 - d) Penentuan beban aksi lingkungan (SNI 1725 – 2016 pasal 9)
- 2) Kombinasi pembebanan (SNI 1725 – 2016 pasal 6)

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1. LOKASI PENELITIAN

Lokasi penelitian jembatan yang direncanakan ini menghubungkan Kampung Patrol Desa Sukaratu dengan Kampung Cijambe Desa Sindanglaya Kecamatan Banyuresmi Kabupaten Garut. Jembatan tersebut berada dialiran sungai cimanuk. Berikut ini gambar yang menunjukkan lokasi tersebut.





Gambar 3.2 Diagram alir penyusunan

4. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1. PRELIMINARY DESIGN

Dalam melakukan perhitungan suatu struktur jembatan, perlu dilakukan perkiraan dari dimensi struktur, elemen struktur awal jembatan berdasarkan referensi – referensi terkait yang telah disesuaikan dengan parameter yang sudah ada sebelumnya.

- a) Panjang Total Jembatan = 200 meter
- b) Panjang bentang = 180 meter
- c) Panjang bentang tepi = 20 meter
- d) Tinggi *pylon* = 79,5 meter
- e) Jarak antar kabel = 20 meter

- f) Gelagar melintang = WF 700.300.12.22
- g) Gelagar memanjang = WF 500.300.11.15
- h) Gelagar kantilever = WF 200.200.8.12
- i) Box girder (*twin rectangular*) = 2500.1500.50.50

4.2. STRUKTUR SEKUNDER

1) Pipa Sandaran

Data yang digunakan :

- a) Mutu Beton = 35 Mpa
- b) Mutu Baja = 240 Mpa
- c) Diameter luar = 48,6 mm
- d) Berat pipa = 4,10 kg/m
- e) Tebal pipa = 3,7 mm

$$\phi Mn > Mr \quad (11)$$

3,464832 kNm > 0,5450 kNm, sehingga profil dapat dipakai

2) Tiang Sandaran

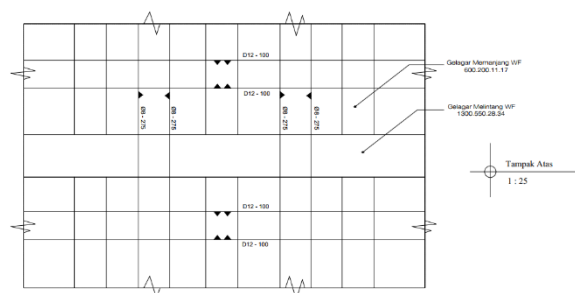
Tiang sandaran digunakan untuk memberi rasa aman bagi kendaran dan orang yang akan melewati jembatan tersebut. Fungsi dari tiang sandaran adalah sebagai perletakan dari pipa sandaran.

3) Pelat Lantai Kendaraan

Data yang digunakan :

- a) Mutu beton = 40 Mpa
- b) Mutu baja tulangan utama = 390 Mpa
- c) Mutu baja tulangan susut = 240 Mpa
- d) Tebal pelat lantai = 20 cm
- e) Tebal aspal = 5 cm

Sehingga didapat penulangan pelat lantai kendaraan sebagai berikut :



Gambar 4.1 Tampak atas penulangan pelat lantai kendaraan

4.3. GELAGAR

Tabel 4.1 Gelagar

ITEM	GELAGAR		
	Memanjang	Melintang	Kantilever

WF	600.200.11.17	1300.550.28.34	300.150.6,5.9
Tegangan Leleh	250 Mpa	250 Mpa	250 Mpa
Tegangan Ultimate	410 kg/mm ²	410 kg/mm ²	410 kg/mm ²
Modulus Elastisitas	200000 Mpa	200000 Mpa	200000 Mpa

GELAGAR MEMANJANG

Kontrol *local buckling* :

Sayap

$$\frac{bf}{2tf} \leq \frac{170}{\sqrt{f_y}} \quad (12)$$

$$10,679 \leq 10,752 \quad (\text{OK !!!})$$

Badan

$$\frac{h}{tw} \leq \frac{1680}{\sqrt{f_y}} \quad (13)$$

$$47,455 \leq 106,253 \quad (\text{OK !!!})$$

Penampang kompak

$$\phi Mn > Mu \quad (14)$$

$$58207,5 \text{ kgm} > 40039,0625 \text{ kgm} \quad (\text{OK !!!})$$

Kontrol *lateral buckling* :

$$\phi Mn > Mu \quad (15)$$

$$5054388,465 > 40039,0625 \quad (\text{OK !!!})$$

Kontrol rencana geser :

$$\phi Vn > V_{max} \quad (16)$$

$$775170 \text{ kg} > 32031,25 \text{ kg} \quad (\text{OK!!!})$$

Kontrol lendutan

$$\delta' \leq \delta \quad (17)$$

$$0,4908 \text{ cm} \leq 0,625 \text{ cm} \quad (\text{OK!!!})$$

4.4. Permodelan Dan Analisa Struktur

Permodelan Struktur



Gambar 4.2 Tampak perspektif jembatan

4.4.1. Hasil Analisa Statis

Tabel 4.2 Kombinasi pembebanan static

Kuat I	1,3MS+2MA+1,8TB+1,8TD+1,2EU _n +1Cable
Kuat III	1,3MS+2MA+1,2EU _n +1,4EW _s +1Cable
Daya Layan I	1MS+1MA+1TB+1TD+1EU _n +0,3EW _s +1EW _L +1Cable
Daya Layan II	1MS+1MA+1,3TB+1,3TD+1,2EU _n +1Cable
Daya Layan IV	1MS+1MA+0,70EW _s +1,2EU _n

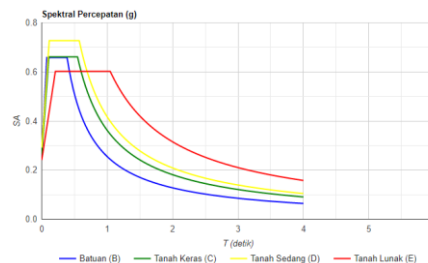
Tabel 4.3 Hasil analisa struktur *static* box girder

	Axial (kN)	Shear-y (kN)	Shear-z (kN)	Torsion (kNm)	Moment-y (kNm)	Moment-z (kNm)
Kuat I	21035.33	99.21	5805.31	6242.28	63981.75	817.71
Kuat III	6884.73	59.77	1920.32	1032.21	20358.32	120.45
Daya Layan I	5118.12	79.11	1859.02	2724.8	19009.18	465.76
Daya Layan II	6337.38	69.8	2021.27	4254.75	20821.45	588.4
Daya Layan IV	-542.96	31.97	1257.12	915.29	12885.4	81.64

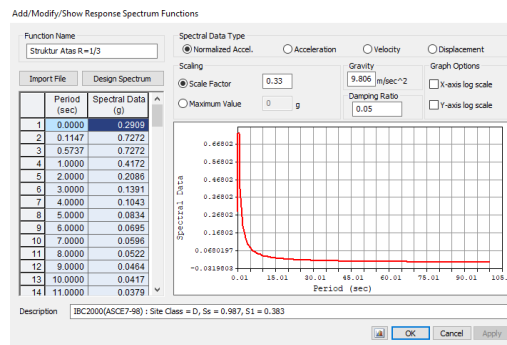
Tabel 4.4 Hasil analisa struktur *static* pylon

	Axial (kN)	Shear-y (kN)	Shear-z (kN)	Torsion (kNm)	Moment-y (kNm)	Moment-z (kNm)
Kuat I	46576.44	14323.69	2281.35	5692.69	237986.34	64499.36
Kuat III	36765.03	10574.79	1931.47	1487.44	187439.68	47780.34
Daya Layan I	34867.36	11121.62	2733.48	3456.54	175889.33	87882.67
Daya Layan II	36405.56	11152.27	2534.26	3779.83	183748.49	88367.06
Daya Layan IV	29318.77	11103.61	2300.12	2702.37	147234.68	87409.95

4.4.2. Hasil Analisa Dinamis



Gambar 4.3 Grafik response spectrum tanah sedang hasil desain
www.pusjatan.go.id



Gambar 4.4 Grafik response spectrum hasil program bantu *finite element*

Tabel 4.5 Kombinasi pembebanan dinamis

Ekstream 1 ke X	$1,3MS+1,3MA+0,3R=3x+0,3R=3y+1Cable$
Ekstream 1 ke Y	$1,3MS+1,3MA+0,3R=3x+1R=3y+1Cable$
Ekstream 2	$1,3MS+1,3MA+0,3TB+0,3TD+1Cable$

Tabel 4.6 Hasil analisa struktur dinamis box girder

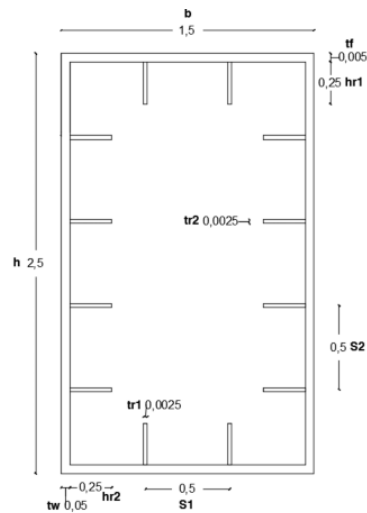
	Axial (kN)	Shear-y (kN)	Shear-z (kN)	Torsion (kNm)	Moment-y (kNm)	Moment-z (kNm)
Ekstream 1 ke X	1894.91	25.35	959.11	560.24	14307.66	300.23
Ekstream 1 ke Y	3615.26	76.66	1148.86	1486.78	14625.73	933.91
Ekstream 2	4206.24	28.47	1825.85	1933.37	19497	232.3

Tabel 4.7 Hasil analisa struktur dinamis *pylon*

	Axial (kN)	Shear-y (kN)	Shear-z (kN)	Torsion (kNm)	Moment-y (kNm)	Moment-z (kNm)
Ekstream 1 ke X	33344.71	9569.09	1845.61	1911.77	170675.02	63117.07
Ekstream 1 ke Y	33483.77	9736.84	2389.48	2469.9	171472.72	64690.86
Ekstream 2	35283.97	10207.03	1689.29	1945.41	180550.27	60682.59

4.5. Box Girder

Desain gelagar utama jembatan single span *cable stayed* ini menggunakan *twin rectangular* (box girder) dengan dimensi 2500.1500.50.50 dengan rusuk pada sisi atas, bawah, kiri dan kanan.



Gambar 4.5 Detail gelagar utama (satuan m)

Analisa batang tarik (SNI 1729 – 2015 D2 – 1)

$$\phi P_n \geq P_u \quad (18)$$

$$102937,5 \text{ kN} \geq 21035,33 \text{ kN} \quad (\text{OK !!!})$$

Analisa kelangsingan sumbu Z

$$\phi P_n \geq P_u \quad (19)$$

$$83477,382 \text{ kN} \geq 21035,33 \text{ kN} \quad (\text{OK !!!})$$

Analisa kuat geser sumbu y

$$\phi V_n > V_{uy} \quad (20)$$

$$20250 \text{ kN} > 99,21 \text{ kN} \quad (\text{OK !!!})$$

Analisa kuat geser sumbu z

$$\phi V_n > V_{uz} \quad (21)$$

$$20250 \text{ kN} > 99,21 \text{ kN} \quad (\text{OK !!!})$$

Kontrol tekuk local sayap

$$\lambda < \lambda_p \quad (22)$$

$$15 < 31,678 \quad (\text{OK!!!})$$

Kontrol tekuk local badan

$$\lambda < \lambda_p \quad (23)$$

$$25 < 68,448 \quad (\text{OK!!!})$$

Maka gelagar box termasuk penampang kompak.

$$M_n = Z \times f_y \text{ (SNI 1729 – 2015 F7.1)} \quad (24)$$

Momen Arah Z (pada sayap)

$$\phi M_{nz} > M_{uz} \quad (25)$$

$$527343,75 \text{ kNm} > 51969,184 \text{ kNm} \quad (\text{OK!!!})$$

Momen Arah Y (pada badan)

$$\phi M_{ny} > M_{uy} \quad (26)$$

$$316406,25 \text{ kNm} > 75595,791 \text{ kNm} \quad (\text{OK!!!})$$

Kombinasi Lentur + Aksial

$$\frac{Pr}{P_c} + \frac{8}{9} \times \left(\frac{Mr_z}{M_{cz}} + \frac{Mr_y}{M_{cy}} \right) \leq 1 \quad (\text{SNI 1729 – 2015, H1 – 1a}) \quad (27)$$

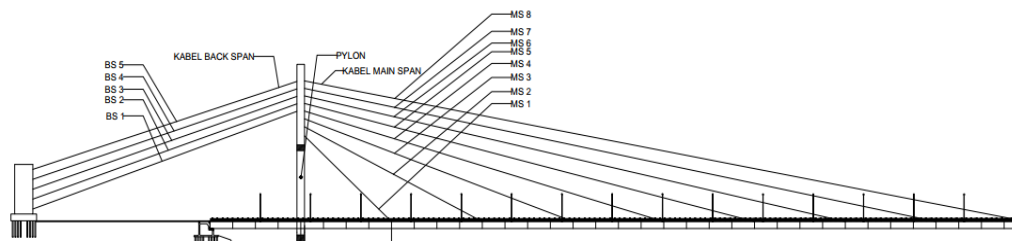
$$0,5520 \leq 1 \quad (\text{OK!!!})$$

Analisa Kuat Torsi

$$\phi T_c > T \quad (28)$$

$$47893,44 \text{ kNm} > 6242,28 \text{ kNm} \quad (\text{OK!!!})$$

4.6. Struktur Kabel



Gambar 4.6 Tatanan system kabel dan penamaan kabel

Tabel 4.8 Perhitungan penampang dan jumlah strand kabel

No.	θ	$W\lambda + P$	a	A_{sc}	A_{sc}	n	r	d
	°	Kn	m	m^2	mm^2	kabel	m	m
Bs1	50,344	1502,11	60	0,001320	1319,599	9,426	0,021	0,041
Bs2	47,570	1502,11	60	0,001376	1376,293	9,831	0,021	0,042
Bs3	44,779	1502,11	60	0,001442	1442,156	10,301	0,021	0,043
Bs4	41,964	1502,11	60	0,001519	1519,214	10,852	0,022	0,044
Bs5	39,136	1502,11	60	0,001610	1609,629	11,497	0,023	0,045
Ms1	89,612	7208,86	21	0,005744	5744,378	41,031	0,043	0,086
Ms2	49,901	7208,86	40	0,006360	6360,362	45,431	0,045	0,090
Ms3	36,236	7208,86	60	0,008250	8249,763	58,927	0,051	0,103
Ms4	29,353	7208,86	80	0,009980	9980,248	71,287	0,056	0,113
Ms5	25,211	7208,86	100	0,011529	11528,832	82,349	0,061	0,121
Ms6	22,445	7208,86	120	0,012916	12916,409	92,260	0,064	0,128
Ms7	20,469	7208,86	140	0,014168	14167,520	101,197	0,067	0,134
Ms8	18,985	7208,86	160	0,015304	15303,906	109,314	0,070	0,140

4.6.1. Gaya Stressing

Dalam pelaksanaan masing – masing kabel diberi gaya tarik (*stressing*) terlebih dahulu sebelum dibebani. Hal ini dimaksudkan untuk mengatur posisi gelagar agar sesuai dengan posisi akhir sebelum menerima beban hidup. Apabila gaya tarik ini tidak diberikan pada kabel, gelagar akan melendut terlebih dahulu sebelum menerima beban hidup, hali ini terjadi akibat deformasi kabel karena dibebani oleh lantai kendaraan.

Tabel 4.9 Gaya masing – masing kabel

Kabel	<i>Pretension</i>	
Ms1	4,519	kN
Ms2	14,982	kN
Ms3	7,37	kN
Ms4	19,94	kN
Ms5	19,54	kN
Ms6	12,58	kN
Ms7	11,37	kN
Ms8	7,35	kN

Tabel 4.10 Kebutuhan luas penampang kabel sebenarnya (A_{pakai})

Kabel	Fijin	Force	A_{perlu}	A_{perlu}	N_{Perlu}	N_{Pakai}	A_{pakai}
	(Kg/m ²)	Kg	m ²	mm ²	Kabel	Kabel	(mm)
Ms1	85350229,2	905579,229	0,017229	17229,232	123,066	127	17780
Ms2	85350229,2	129466,434	0,002463	2463,183	17,594	37	5180
Ms3	85350229,2	255515,045	0,004861	4861,339	34,724	37	5180
Ms4	85350229,2	9391,629	0,000179	178,682	1,276	37	5180
Ms5	85350229,2	32206,083	0,000613	612,742	4,377	37	5180
Ms6	85350229,2	7100,334	0,000135	135,088	0,965	37	5180
Ms7	85350229,2	11575,017	0,000220	220,222	1,573	37	5180
Ms8	85350229,2	38760,884	0,000737	737,451	5,268	37	5180

Tabel 4.11 Gaya masing – masing kabel

Kabel	<i>Pretension</i>	
Ms1	8880,839744	kN
Ms2	1269,65219	kN
Ms3	2505,78646	kN
Ms4	92,101887	kN
Ms5	315,838805	kN
Ms6	69,631598	kN
Ms7	113,513942	kN
Ms8	380,120464	kN

Tabel 4.12 Kontrol kemampuan kabel dari A_{perlu}

Kabel	Fijin	A_{pakai}	P_n	P	Kontrol
	(kN/mm ²)	(mm ²)	(kN)	(kN)	
Ms1	0,83700	17780	9960,298	8880,840	OK!!!
Ms2	0,83700	5180	4335,659	1269,652	OK!!!
Ms3	0,83700	5180	4335,659	2505,786	OK!!!
Ms4	0,83700	5180	4335,659	92,102	OK!!!
Ms5	0,83700	5180	4335,659	315,839	OK!!!
Ms6	0,83700	5180	4335,659	69,632	OK!!!
Ms7	0,83700	5180	4335,659	113,514	OK!!!
Ms8	0,83700	5180	4335,659	380,120	OK!!!

5. KESIMPULAN

Hasil dari seluruh analisa yang kemudian dikontrol dari desain jembatan *cable stayed* ini, disajikan pada bab kesimpulan dengan rincian sebagai berikut :

- 1) Dari hasil *preliminary design* didapat :
 - a) Profil gelagar memanjang WF. 600.200.11.17
 - b) Profil gelagar melintang WF. 1300.550.28.34
 - c) Profil gelagar kantilever WF. 300.150.6,5.9
 - d) Gelagar utama berupa *rectungular twin box girder* dengan dimensi 2500.1500.50.50
 - e) Kabel yang digunakan adalah *VSL 7 – wire strand*, tipe ASTM A416 – 05 grade 270.
 - f) Struktur *pylon A* dengan dimensi 4 meter x 3 meter berupa beton bertulang. Untuk penulangannya didapat :
 - Tulangan lentur 184D32
 - Tulangan geser arah Y 3D22 – 250 mm²
 - Tulangan geser arah Z 3D22 – 400 mm²
 - Tulangan torsi longitudinal 20D32
 - Tulangan torsi transversal 2D22 – 250 mm²
 - g) Tinggi total *pylon* 79 meter.
- 2) Dari hasil perhitungan struktur sekunder jembatan *cable stayed* ini didapat :
 - a) Pipa sandaran berupa profil pipa baja dengan dimensi Ø60,5 mm.
 - b) Tihang sandaran menggunakan beton bertulang dengan mutu beton $F_c' 24,9$ Mpa dan tegangan leleh baja $F_y 240$ Mpa.
 - c) Dimensi tihang sandaran 0,2 m x 0,15 m x 1,2 m.
 - d) Pelat lantai kendaraan menggunakan beton bertulang dengan ketebalan 0,2 meter dan tebal aspal 0,05 meter.
- 3) Dari hasil permodelan dan analisa struktur menggunakan program bantu didapat :
 - a) Dengan menggunakan program bantu *finite element* dalam menganalisis struktur menjadi semakin ringan dan cepat atau efektif.
 - b) Dengan program bantu *finite element* ini desain pembebanan juga menjadi lebih sederhana.
 - c) Pada tugas akhir ini didapatkan hasil gaya – gaya dalam dengan analisis program bantu *finite element* yang masuk akal dan dapat diterima jika dilihat dari apa yang sudah dihitung dan dikontrol pada perhitungan gelagar utama, kabel dan struktur *pylon*.

DAFTAR PUSTAKA

- Alfath, Y., Farni, I., & Permata, R. (2019). Perencanaan Ulang Jembatan Cable Stayed Siak Sri Inderapura Riau. *Abstract of Undergraduate Research, Faculty of Civil and Planning Engineering, Bung Hatta University, 1(1)*.
- ANWAR, K. (2018). *Menghitung Ulang Cable-Stayed Jembatan Suramadu* (Doctoral dissertation, Universitas Islam Sultan Agung).
- Aqil, S. G. (2018). *DESAIN ULANG JEMBATAN LOLONG KOTA PADANG DENGAN MENGGUNAKAN METODA CABLE STAYED* (Doctoral dissertation, Universitas Andalas).
- Gimsing, Neils J. dan Christos T. Georgakis, 1983. *Cable Supported Bridge : Concepts and Design (First Edition)*. West Sussex : John Wiley and Sons Inc.
- Hidayat, I. (2011). Analisa konstruksi jembatan cable stayed menggunakan metode Kantilever: studi kasus Jembatan Suramadu= Analysis of cable stayed.
- Irawan Redrik, Trisanto Lanneke, WN Virlanda Tommy. 2011. *Perencanaan Teknis Jembatan Cable Stayed*. Bandung : Pusat Penelitian dan Pengembangan Jalan dan Jembatan.
- Manan, S., Bayzoni, B., & Sebayang, S. (2018). Desain dan Analisis Jembatan Cable Stayed Dengan Bentang 800 m. *Jurnal Rekayasa Sipil dan Desain (JRSDD)*, 6(4), 411-420.
- Nugraha, Rizky. 2017. *Design Alternatif Jembatan Musi III Menggunakan Sistem Multi – Span – Stayed dengan Fishbone Model*. Surabaya : Jurusan Teknik Sipil ITS.
- Prasetyo, W. (2013). Perencanaan Ulang Jembatan Sungai Brantas pada Jalan Tol Kertosono–Mojokerto dengan Metode cable Stayed.
- Podolny & Scalm J.B. 1976. *Construction and Design of Cable Stayed Bridge*. New York : John Wiley & Sons Inc.
- Purnawan, R. (2017). *Desain Jembatan Cable Stayed Sembayat Baru dengan Single Plane System Menggunakan Metode Pelaksanaan Balanced Cantilever* (Doctoral dissertation, Institut Teknologi Sepuluh Nopember).
- Standar Nasional Indonesia. *Perencanaan Jembatan Terhadap Beban Gempa*. RSNI 2833 – 2016. Departemen PU Dirjen Bina Marga.
- Standar Nasional Indonesia, *Perencanaan Struktur Baja untuk Jembatan*. RSNI T-03-2005. Departemen PU Dirjen Bina Marga.
- Standar Nasional Indonesia. *Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung*. SNI 2847 – 2013. Badan Standarisasi Nasional.
- Standar Nasional Indonesia. *Standar Pembebanan untuk Jembatan*. SNI 1725 – 2016. Departemen PU Dirjen Bina Marga.
- Standar Nasional Indonesia. *Tata Cara Pelaksanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung*. SNI 1729 – 2015. Departemen PU Dirjen Bina Marga.
- Supriadi dan Muntohar. 2007. *JEMBATAN (Edisi Ke – IV)*. Yogyakarta : Beta Offset.
- Surat Edaran Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. *Pedoman Perencanaan Teknis Jembatan Beruji Kabel*. SK PU 23 April 2015. Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.
- Troitsky, M.S. 1997. *Cable Stayed Bridge : Theory and Design*. London : BSP Professional Book.
- Troitsky, M.S. 1997. *Cable Stayed Bridge : Theory and Design*. London : Crosby Lockwood Staples.
- Utomo, R. B., & Purwoko, S. (2000). Analisis dan Desain Struktur Jembatan" Cable-



Stayed".

Walter, R. , Houriet, Isler, Moia, Klien. 1999. *Cable Stayed Bridge Second Edition*. London : Thomas Telford Publishing.