

PERENCANAAN STRUKTUR ATAS JEMBATAN JALAN RAYA DENGAN KONTRUKSI LENGKUNG DI SUNGAI DISANAH DESA MARPARAN KECAMATAN SRESEH KABUPATEN SAMPANG

Moh Qosim¹, Ir. Pujo Priyono, MT², Ilanka Cahya Dewi, ST., MT³
Universitas Muhammadiyah Jember^{1,2,3}

ABSTRAK

Perencanaan jembatan ini menggunakan kontruksi beton bertulang dengan tipe Deck Arch yang mengacu pada RSNI T-02-2005 (peraturan pembebanan untuk jembatan) dan RSNI T-12-2004 (perencanaan struktur beton untuk jembatan). Jembatan yang direncanakan memiliki panjang bentang total sepanjang 160 meter yang terletak pada wilayah gempa zona 2. Permasalahan yang diambil adalah perencanaan elemen-elemen struktur atas. Analisis struktur menggunakan program komputer SAP 2000 V.14. Struktur dimodelkan sebagai open frame tiga dimensi. Perancangan struktur jembatan tersebut meliputi perencanaan pelat, balok memanjang, balok melintang, balok kantilever, tiang railing, kolom, dan balok pelengkung. Perencanaanya meliputi tulangan lentur, geser, torsi dan hubungan balok kolom. Sedang beban yang dianalisis meliputi beban tetap, beban lalu lintas, beban gaya rem, beban untuk pejalan kaki, beban pengaruh temperatur, beban angin, dan beban akibat gempa. Dari hasil perancangan, dihasilkan berbagai variasi dimensi dan penulangan untuk masing-masing elemen struktur yang dalam analisis telah memenuhi syarat kekuatan dan keamanan struktur. Untuk pelat lantai kendaraan digunakan pelat dengan tebal 220 mm. Pada balok memanjang di gunakan dimensi 1000 mm x 1200 mm sedangkan balok melintang digunakan dua tipe balok dengan dimensi dan penulangan yang berbeda-beda. Untuk kolom terdiri dari tiga buah tipe dengan dimensi 1000 mm x 1000 mm (K1), 1000 mm x 1500 mm (K2), dan 1000 mm x 2000 mm (K3). Elemen balok pelengkung berdimensi 1000 mm x 1300 mm. Untuk balok kantilever berdimensi 400 mm x 300 mm.

Kata Kunci: Jembatan, balok pelengkung, deck arch, beban jembatan.

ABSTRACT

Planning this bridge using reinforced concrete construction with Arch Deck type that refers to RSNI T-02-2005 (loading rules for bridges) and RSNI T-12-2004 (planning of concrete structures for bridges). The bridge is planned to have a total span length of 160 meters along which lies in the earthquake area zone 2. Problems taken is planning structural elements above. Analysis of the structure using a computer program SAP 2000 v.14. The structure is modeled as an open frame in three dimensions. The design of the structure of the bridge structure includes planning plates, longitudinal beams, transverse beams, cantilever beams, railing pillars, columns, and beams arch. Perencanaanya include flexural, shear, and torsion beam column relationship. Average load analyzed include fixed load, traffic load, load brake force, the burden for pedestrians, the load effect of temperature, wind loads and loads due to the earthquake. From the result of design, produced a wide variety of dimensions and reinforcement for each structural element in the analysis are qualified strength and security structures. For plates used vehicle floor plates with a thickness of 220 mm. On beam extending in use dimensions of 1000 mm x 1200 mm while the transverse beams are used two types of reinforcement beams with dimensions and different. For column consists of three types with dimensions of 1000 mm x 1000 mm (K1), 1000 mm x 1500 mm (K2), and 1000 mm x 2000 mm (K3). Arch beam elements dimension 1000 mm x 1300 mm. For a cantilever beam dimensions of 400 mm x 300 mm.

Keywords: bridge, arch beam, deck arch, the bridge load.

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pembangunan infrastruktur transportasi merupakan peranan penting untuk meningkatkan perkembangan sosial budaya dan ekonomi suatu wilayah. Keberadaan infrastruktur yang memadai sangat diperlukan seperti halnya infrastruktur jalan dan jembatan. Fungsi utama dari jembatan adalah sebagai prasarana lalu lintas guna mendukung kelancaran arus barang dan jasa serta aktifitas masyarakat. Kemampuan jembatan untuk memberikan pelayanan lalu lintas secara optimal juga erat hubungannya dengan bentuk atau dimensi dari jembatan tersebut. Sedangkan faktor lain yang diperlukan agar jembatan dapat memberikan pelayanan secara maksimal adalah kekuatan dari konstruksi jembatan itu sendiri. Hal-hal inilah yang menjadi dasar pemikiran elemen struktur bangunan yang tepat dan baik sesuai dengan kondisi yang ada di lapangan sehingga elemen struktur yang dihasilkan dapat lebih aman, nyaman, dan ekonomis.

Perencanaan jembatan Marparan ini dibangun dengan menggunakan konstruksi beton bertulang dengan konsep lengkung. Dengan alasan karena elevasi jembatan yang ditentukan oleh bentuk alinyemen memanjang dari geometri jalan dan dari tinggi bebas di atas muka air banjir rencana yang disesuaikan dengan kebutuhan ruang bebas lalu lintas yang ada di bawahnya, serta untuk mengurangi timbunan yang tinggi dibagian oprit dan terjadinya korosi pada jembatan jika menggunakan struktur baja. Selain itu, jika dilihat dari segi estetika jembatan pelengkung mempunyai struktur yang kokoh namun dengan tampilan yang sederhana, rapi, dan indah.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan di atas, maka diperoleh rumusan masalah dalam penulisan skripsi ini adalah:

1. Bagaimana cara merencanakan elemen struktur jembatan bagian atas yang mampu menahan beban-beban yang bekerja pada struktur dengan aman?
2. Bagaimana merencanakan struktur jembatan bagian atas sehingga mampu menahan beban-beban yang bekerja pada struktur dengan pertimbangan segi

ekonomis dan estetika?

1.3. Batasan Masalah

Agar penulisan skripsi dapat terarah dan terencana, maka penulis membuat suatu batasan masalah sebagai berikut :

1. Perencanaan struktur meliputi struktur bagian atas jembatan Marparan Kecamatan Sreseh Kabupaten Sampang yang terdiri dari dua buah bentang dengan panjang bentang total 160 meter yang terbagi menjadi dua bagian yaitu:
 - a. Bentang 1 (ABT₁ – P₁): panjang 100 meter.
 - b. Bentang 2 (P₁ – ABT₂): panjang 60 meter.
2. Tipe struktur jembatan adalah jembatan lengkung beton bertulang dengan lantai kendaraan berada diatas.
3. Tidak melakukan peninjauan terhadap rencana biaya dan waktu perencanaan.
4. Tidak merencanakan perkerasan jalan pada jembatan.
5. Analisis struktur dilakukan dengan menggunakan bantuan program *SAP2000 V.14*
6. Pembebanan struktur jembatan mengacu pada RSNI T-02-2005 (standar pembebanan untuk jembatan).
7. Data teknis material yang digunakan :
 - Beton : menggunakan beton bertulang dengan $f'_c = 58,1$ MPa.
 - Baja : menggunakan baja tulangan, Diameter > 12 mm : $f_y = 390$ MPa. Dan diameter ≤ 12 mm: $f_y = 240$ MPa

1.4. Maksud Dan Tujuan

Maksud dan tujuan dari penulisan skripsi ini adalah:

1. Untuk mengetahui tahap-tahap perencanaan elemen struktur jembatan bagian atas yang mampu menahan beban-beban yang bekerja pada struktur dengan aman.
2. Dapat merencanakan struktur jembatan bagian atas yang mampu menahan beban-beban yang bekerja pada struktur dengan pertimbangan segi ekonomis dan estetika.

1.5. Manfaat Perencanaan

Manfaat yang diharapkan dari perencanaan ini adalah:

1. Perencanaan ini diharapkan dapat berguna sebagai alternatif lain dalam merencanakan jembatan.
2. Untuk memperoleh pengetahuan dan wawasan perencanaan struktur jembatan bagian atas serta sebagai usaha dalam merealisasikan ilmu-ilmu yang berkaitan dengan teori perencanaan struktur yang diperoleh selama masa perkuliahan di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember.

1.6. Lokasi Rencana Jembatan

Lokasi rencana jembatan Marparan ini berada di wilayah Desa Marparan, Kecamatan Marparan, Kabupaten Sampang, Provinsi Jawa Timur.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Umum

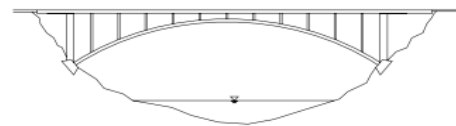
Jembatan adalah suatu struktur yang digunakan untuk menghubungkan dua tempat dimana terdapat halangan berupa jurang, laut, sungai, bangunan, atau halangan lainnya. Jembatan ini dapat digunakan sebagai tempat lewatnya pejalan kaki, kendaraan, jalur kereta api, pipa gas, atau kabel listrik. Jembatan Lengkung (*arch bridge*) didefinisikan sebagai struktur jembatan yang mana struktur utamanya dibuat dan di tumpu sedemikian rupa sehingga sebagian besar beban lateralnya disalurkan ke pondasi melalui gaya tekan pada elemennya. Jembatan tipe lengkung lebih efisien digunakan untuk jembatan dengan panjang bentang 100 – 300 meter.

Jembatan lengkung yang direncanakan ini adalah struktur setengah lingkaran dengan abutment dan pier di satu sisinya. Desain pelengkung (setengah lingkaran) secara alami akan mengalihkan beban yang diterima lantai kendaraan jembatan menuju ke abutment dan pier yang menjaga kedua sisi jembatan agar tidak bergerak kesamping.

2.2 Tipe Jembatan Lengkung

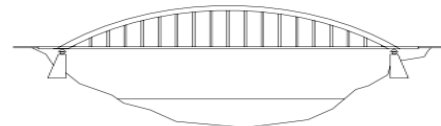
Berdasarkan letak lantai kendaraannya, ada beberapa bentuk tipe yang umum dipakai, yaitu:

- *Deck Arch* adalah Salah satu tipe jembatan pelengkung dimana lantai kendaraan yang dilalui oleh lalu lintas transportasi berada pada bagian atas dari struktur lengkung jembatan (gambar 2.1). Tipe *deck arch* dikenal juga sebagai jembatan pelengkung sejati. Hal ini dikarenakan struktur lengkung dari jembatan adalah satu-satunya penerima gaya luar yang memanfaatkan bentuk busur sebagai pendistribusi gayanya. Fungsi dari bagian lantai kendaraan selain sebagai tempat lalu lintas lewat juga sekaligus berperan sebagai pengaku bagi struktur jembatan.



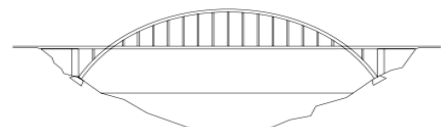
Gambar 1. Jembatan Lengkung *Deck Arch*

- *Through arch* adalah tipe jembatan pelengkung dimana lantai kendaraan yang dilalui oleh lalu lintas transportasi berada pada bagian bawah dari struktur lengkung jembatan (gambar 2).



Gambar 2. Jembatan Lengkung *Through Arch*

- *Half-through arch* adalah tipe jembatan pelengkung dimana lantai kendaraan berada pada bagian bawah dan atas dari struktur lengkung jembatan (gambar 3).



Gambar 3. Jembatan Lengkung *Half-Through Arch*

2.3 Pembebanan Pada Jembatan

Pada perencanaan jembatan yang perlu diperhatikan adalah beban-beban yang terjadi pada jembatan. Beban-beban tersebut akan mempengaruhi besarnya dimensi dari struktur jembatan serta banyak tulangan yang digunakan. Pembebanan pada perencanaan jembatan ini mengacu pada peraturan teknik perencanaan jembatan RSNI-T-2005 Beban-beban meliputi:

2.3.1 Beban Tetap

Beban tetap didefinisikan sebagai semua beban yang akan selalu ditahan oleh struktur dalam keadaan apapun. Beban tetap pada jembatan terdiri atas bagian struktural dan non-struktural.

2.3.1.1 Berat Sendiri

Berat sendiri adalah berat dari profil dan elemen struktural dan non-struktural yang direncanakan sejak awal dan tidak akan mengalami perubahan yang signifikan selama masa layan jembatan kecuali diadakan perubahan-perubahan terhadap struktural jembatan. Oleh karena itu, beban untuk berat sendiri ini nilainya dianggap selalu tetap.

2.3.1.2 Beban Mati Tambahan

Beban mati tambahan diasumsikan sebagai semua beban non-struktural yang ditahan oleh struktur jembatan dan bukan merupakan kesatuan bagian dari struktur itu sendiri sehingga beratnya dapat berubah pada suatu waktu selama masa layan jembatan. Perubahan tersebut bisa akibat penggantian elemennya ataupun dikarenakan perubahan dari kualitas material tersebut.

2.3.2 Beban Lalulintas

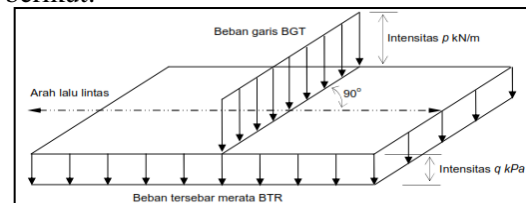
Beban lalu lintas untuk perencanaan jembatan terdiri atas beban lajur "D" dan beban truk "T". Beban lajur "D" bekerja pada seluruh lebar jalur kendaraan dan menimbulkan pengaruh pada jembatan yang ekuivalen dengan suatu iring-iringan kendaraan yang sebenarnya. Jumlah total beban lajur "D" yang bekerja tergantung pada lebar jalur kendaraan itu sendiri. Beban truk "T" adalah satu kendaraan berat dengan 3 as yang ditempatkan pada beberapa posisi dalam lajur lalu lintas rencana. Tiap as terdiri dari dua bidang kontak

pembebanan yang dimaksud sebagai simulasi pengaruh roda kendaraan berat. Hanya satu truk "T" diterapkan per lajur lalu lintas rencana.

Secara umum, beban "D" akan menjadi beban penentu dalam perhitungan jembatan yang mempunyai bentang sedang sampai panjang, sedangkan beban "T" digunakan untuk bentang pendek dan lantai kendaraan.

2.3.2.1 Beban Lajur "D"

Beban lajur "D" terdiri dari beban tersebar merata (UDL) yang digabung dengan beban garis (KEL) seperti terlihat pada gambar berikut:



Gambar 4. Beban Lajur "D" (Sumber : RSNI T-02-2005)

Penempatan beban ini dilakukan dengan ketentuan sebagai berikut:

- Beban merata UDL dengan intensitas q kPa, dengan q tergantung pada panjang yang dibebani total (L) sebagai berikut:
 $L \leq 30 \text{ m}; q = 9 \text{ kPa}$.
 $L > 30 \text{ m}; q = 9,0 (0,5 + 15/L) \text{ kPa}$.
- Beban garis satu KEL dengan intensitas p kN/m ditempatkan dalam kedudukan sembarang sepanjang jembatan dan tegak lurus pada arah lalu lintas. Besarnya adalah 49 kN/m.
- Faktor beban dinamis (DLA) merupakan suatu interaksi antara kendaraan yang bergerak dengan jembatan. Besarnya DLA tergantung dari frekuensi dasar dari suspensi kendaraan, biasanya antara 2 sampai 5 Hz untuk kendaraan berat, dan frekuensi dari getaran lentur jembatan. DLA dinyatakan sebagai beban statis ekuivalen. Untuk pembebanan "D": DLA merupakan fungsi dari panjang bentang ekuivalen seperti tercantum dalam gambar 2.4. Untuk bentang tunggal panjang bentang ekuivalen

diambil sama dengan panjang bentang sebenarnya. Untuk bentang menerus panjang bentang ekuivalen LE; diberikan dengan rumus:

$$LE = L_{av} \times L_{max}$$

Dimana:

L_{av} = Panjang bentang rata-rata dari kelompok bentang yang disambung secara menerus.

L_{max} = Panjang bentang maksimum dalam kelompok bentang yang disambung secara menerus.

2.3.2.2 Beban Truk "T"

Beban truk "T" terdiri dari beban traktor, truk dan semi trailer dengan beban sumbu dan konfigurasi beban dari tiap sumbu dibagi merata menjadi dua beban merata antara 4,0 m sampai 9,0 m bertujuan untuk menghasilkan efek maksimum longitudinal. Kendaraan truk "T" ini harus ditempatkan ditengah-tengah lajur lalu lintas rencana dan hanya ada satu kendaraan yang biasa di tempatkan lajur lalu lintas rencana tersebut.

2.3.3 Beban Gaya Rem

Peraturan menentukan pengaruh gaya longitudinal sebesar 5% beban "D" tanpa factor kejutan untuk seluruh lajur dengan arah lalu lintas sama. Besarnya gaya rem arah memanjang jembatan tergantung panjang total jembatan (L_t) sebagai berikut:

$$H_{TB} = 250 \text{ kN} \quad \text{untuk } L_t < 80 \text{ m}$$

$$H_{TB} = 250 + 2,5 (L_t - 80) \text{ kN} \quad \text{untuk } 80 < L_t < 180 \text{ m}$$

$$H_{TB} = 500 \text{ kN} \quad \text{untuk } L_t > 180 \text{ m.}$$

2.3.4 Beban Pejalan Kaki

Trotoar pada jembatan jalan raya direncanakan mampu memikul beban sebagai berikut:

Beban hidup merata pada trotoar:

$$A \leq 10 \text{ m}^2 \quad \text{Untuk } q = 5 \text{ kPa}$$

$$10 \text{ m}^2 < A \leq 100 \text{ m}^2 \quad \text{Untuk } q = 5 - 0.033 * (A - 10) \text{ kPa}$$

$$A > 100 \text{ m}^2 \quad \text{Untuk } q = 2 \text{ kPa}$$

A = luas bidang trotoar yang dibebani pejalan kaki (m^2)

2.3.5 Beban Pengaruh Temperatur

Untuk memperhitungkan tegangan maupun deformasi struktur yang timbul akibat pengaruh temperatur, diambil perbedaan temperatur yang besarnya setengah dari selisih antara temperatur maksimum dan temperatur minimum rata-rata pada lantai jembatan.

2.3.6 Beban Angin

Gaya nominal ultimit dan daya layan jembatan akibat angin tergantung kecepatan angin rencana seperti berikut:

$$T_{EW} = 0.0006 C_w (V_w)^2 A_b \text{ kN}$$

Dimana : C_w = koefisien seret
 V_w = kecepatan angin rencana (m/s)
 A_b = luas ekuivalen bagian samping jembatan (m^2).

Beban garis merata tambahan arah horisontal pada permukaan lantai jembatan akibat angin yang meniup kendaraan di atas lantai jembatan juga bisa dihitung dengan rumus $T_{EW} = 0,0012 C_w (V_w)^2 \text{ kN/m}$. Dengan $C_w = 1,2$

Bidang vertikal yang ditiup angin merupakan bidang samping kendaraan dengan tinggi 2 m di atas lantai kendaraan.

2.3.7 Beban Gempa

Gaya gempa ditentukan berdasarkan Tata cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Jembatan Jalan Raya, PU, SNI 03-2833-1992.

3. METODOLOGI PERENCANAAN

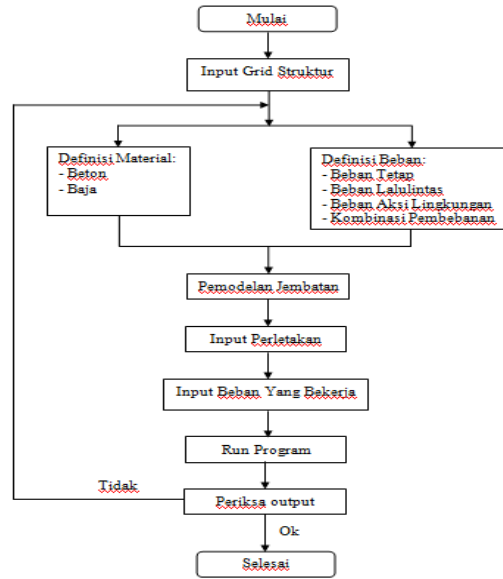
3.1 Data Teknis Jembatan

1. Kelas jembatan : Kelas 1 Bina Marga
2. Tipe kelengkungan : Parabola
3. Persamaan kelengkungan¹

$$= y = -\frac{4f \times x}{l} \left[\frac{x}{l} - 1 \right]$$

4. Tipe jembatan : *Deck arch*
5. Jumlah bentang : 2 bentang
6. Panjang jembatan
 - a. Panjang total jembatan: 160 m
 - b. Panjang bentang 1: 100 m
 - c. Panjang bentang 2 : 60 m
7. Lebar jembatan
 - a. Lebar total jembatan : 20 m

- b. Lebar jalur lalu lintas : 2 x 8 m
- c. Lebar trotoar : 2 x 1.5 m
- d. Lebar median : 1.0 m
- 8. Konstruksi bangunan atas
 - a. Lantai kendaraan : Beton bertulang
 - b. Tebal *deck* lantai jembatan : 22 cm
 - c. Tebal lapisan aspal+*over-lay*: 10 cm
 - d. Tebal genangan air hujan : 5 cm
 - e. Tebal trotoar : 30 cm
 - f. Jarak antar balok memanjang (utama) : 300 cm
 - g. Jarak antar balok melintang: 500 cm
 - h. Jarak antara kolom penyangga : 500 cm
- 9. Jumlah abutmen : 2 bh
- 10. Jumlah pier : 1 bh
- 11. Standar beton : $f'c = 5.81$ MPa
- 12. Standar baja
 - a. Baja tulangan $\phi > 12$ mm : (U-39), $f_y = 390$ MPa
 - b. Baja tulangan $\phi \leq 12$ mm : (U-24), $f_y = 240$ MPa
- 13. Umur rencana jembatan : 50 tahun

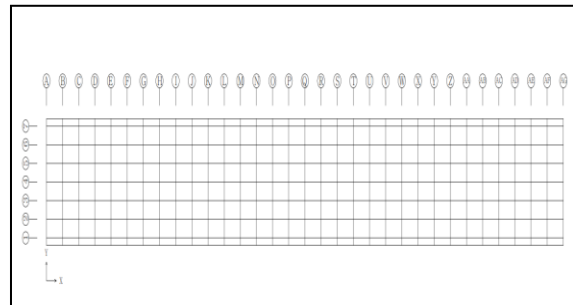


Gambar 3.2. Diagram Alir Program SAP2000

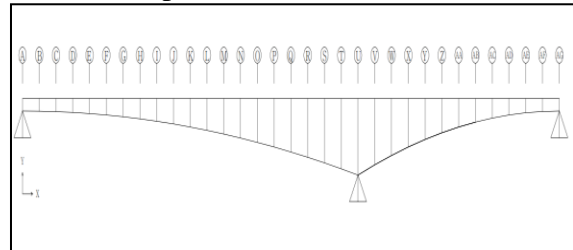
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Blok Data SAP2000

Pemodelan jembatan pada program SAP2000



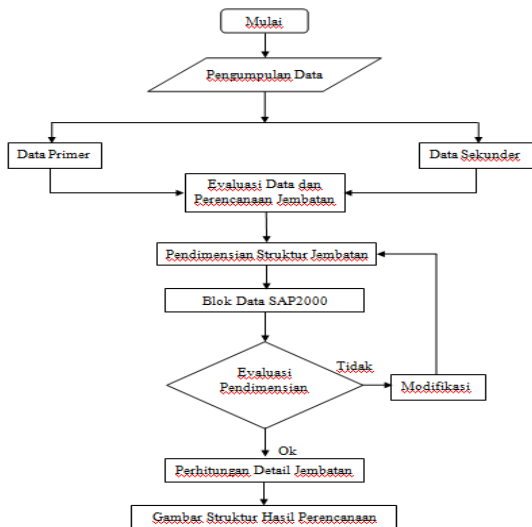
Gambar 5. Gambar SAP2000 Tampak X-Y



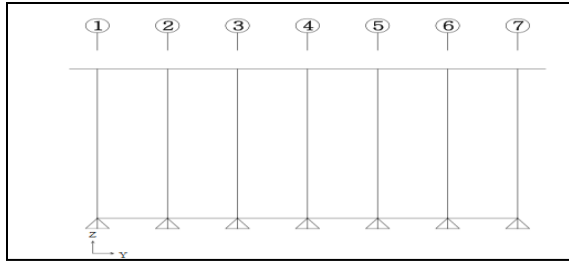
Gambar 6. Gambar SAP2000 Tampak X-Z

3.2 Diagram Alir Perencanaan

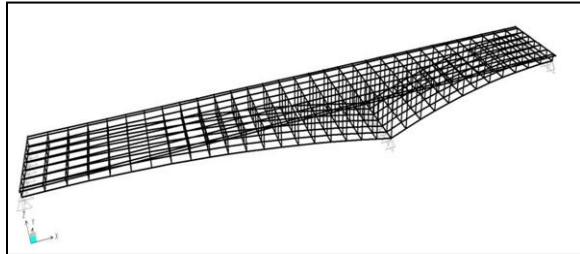
Untuk lebih jelasnya tahapan perencanaan disajikan secara sistematis dalam diagram alir di bawah ini:



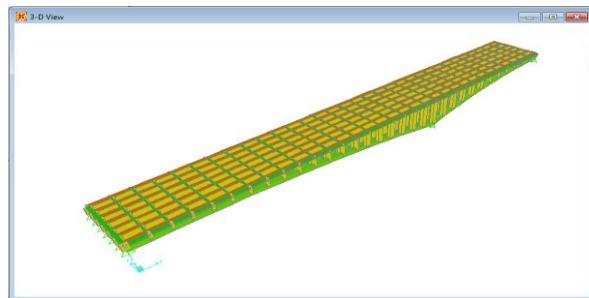
Gambar 3.1 Diagram alir perencanaan jembatan.



Gambar 7. Gambar SAP2000 Tampak Y-Z

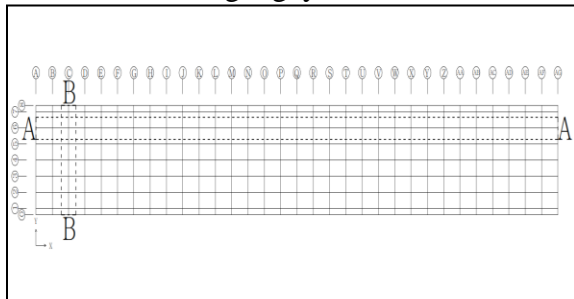


Gambar 8. Gambar SAP2000 Tampak 3-d

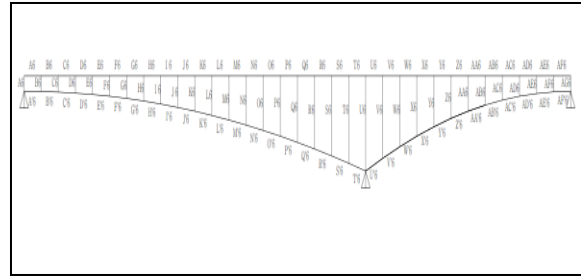


Gambar 9. Gambar SAP2000 Tampak 3-d Extrude View

Dari kombinasi pembebanan diatas diambil kombinasi pembebanan yang paling menentukan sebagai gaya dan momen total.

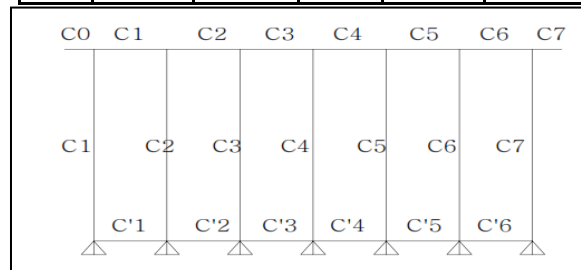


Gambar 4.8 Denah Portal



Gambar 10. Potongan A-A

No.	Bagian	Panjang (m)	Batang	Pu (kN-m)	Mu (kN-m)
1	Kolom (K-1)	4.99	E1	178.16	2370.78
2	Kolom (K-1)	5.69	F1	120.82	479.85
3	Kolom (K-1)	6.34	G5	248.03	1450.93
4	Kolom (K-1)	4.50	AE4	157.80	801.56
5	Kolom (K-1)	3.19	AF5	180.59	2698.34
6	Kolom (K-1)	1.75	AG6	1522.5	2353.78



Gambar 11. Potongan B-B

4.2 Kombinasi Pembebanan Pada Keadaan Batas Ultimate

Aksi / Beban	Faktor Beban	Kombinasi				
		1	2	3	4	5
A. Aksi Permanen						
Berat sendiri	K_{MS}	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3
Beban Mati Tambahan	K_{MA}	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
B. Aksi Transien						
Beban (TD/TT)	K_{TD}	1.8	1.8	1.8	1.8	
Gaya Rem	K_{TB}	1.8	1.8	1.8	1.8	
Pengaruh Temperatur	K_{ET}		1.2		1.2	
Beban Angin	K_{EW}			1.2	1.2	
C. Aksi Khusus						
Beban Gempa	K_{EQ}					1.0

Dari hasil perhitungan dengan SAP2000 V 14, diambil gaya yang paling menentukan diantara beberapa kombinasi beban maka didapat:

Tabel Tabel Gaya Dalam Pada Balok

No.	Bagian	Panjang (m)	Batang	Momen (kN-m)		Gaya Geser (kN-m)		Torsi (kN-m)
				Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan	
1	Balok Memanjang	5	T6	8320.76	1146.89	2997.70	2717.89	14.09
		5	S6	7682.29	303.88	3079.51	2799.71	23.72
		5	A7	6002.84	638.30	2213.00	2066.28	103.07
2	Balok Melintang Atas	3	K6	166.20	60.29	253.07	35.87	0.17
		3	AE3	45.58	15.67	64.2750	12.56	116.23
3	Balok Melintang Bawah	3	K'6	4.69	0.42	4.14	2.67	0.01
4	Balok Kantilever	1.2	K0	55.64	4.92	161.62	2.91	75.48
		1.2	S0	4.33	3.16	64.2730	6.89	116.23
5	Batang Diagonal (Pelengkung)	5.077	T'6	9598.66	1647.78	3183.15	3077.46	59.37

Tabel Tabel Gaya Dalam Pada kolom

No.	Bagian	Panjang (m)	Batang	Pu (kN-m)	Mu (kN-m)
1	Kolom (K-2)	1.75	A2	2832.3	7265.4
2	Kolom (K-2)	2.63	B2	315.14	7750.8
3	Kolom (K-2)	3.46	C2	220.36	7453.8
4	Kolom (K-2)	4.25	D2	193.52	5388.6
5	Kolom (K-2)	6.95	H5	334.17	4152.2
6	Kolom (K-2)	7.51	I4	404.22	5763.7
7	Kolom (K-2)	7.69	AB3	474.33	5476.0
8	Kolom (K-2)	6.75	AC2	361.33	3933.8
9	Kolom (K-2)	5.69	AD1	236.51	1698.2

No.	Bagian	Panjang (m)	Batang	Pu (kN-m)	Mu (kN-m)
1	Kolom (K-3)	8.03	J4	407.54	8056.6

2	Kolom (K-3)	8.50	K4	621.80	9530.2
3	Kolom (K-3)	8.93	L4	495.49	10906
4	Kolom (K-3)	9.31	M4	520.81	11711
5	Kolom (K-3)	9.65	N4	564.55	12341
6	Kolom (K-3)	9.94	O4	575.65	12858.0
7	Kolom (K-3)	10.19	P4	530.43	12718.1
8	Kolom (K-3)	10.39	Q4	618.27	13641.4
9	Kolom (K-3)	10.55	R6	673.80	13970.9
10	Kolom (K-3)	10.66	S5	631.01	14142.1
11	Kolom (K-3)	10.73	T6	889.50	13819.5
12	Kolom (K-3)	10.75	U4	5174.91	2997.18
13	Kolom (K-3)	10.69	V6	908.00	8332.47
14	Kolom (K-3)	10.50	W6	679.56	8938.74
15	Kolom (K-3)	10.19	X6	681.66	8888.14
16	Kolom (K-3)	9.75	Y4	623.64	8745.67
17	Kolom (K-3)	9.19	Z4	586.36	8443.58
18	Kolom (K-3)	8.50	AA3	702.0	7660.0

4.3 Perencanaan Lantai Kendaraan

Menurut RSNI T-12-20014 Pasal 5.5.2. Untuk tebal minimum pelat lantai kendaraan harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

$$t_s \geq 200 \text{ mm}$$

$$t_s \geq 100 + 40 \ell = 100 + 40 (3) = 220 \text{ mm}$$

Jadi dipakai tebal pelat, $t_s = 220 \text{ mm}$

Dimana: t_s = Tebal pelat lantai kendaraan

ℓ = Bentang pelat lantai antara pusat tumpuan (m)

4.3.1 Penulangan Lantai Kendaraan

Data perencanaan:

- Mutu beton, $f_c = 58.1 \text{ Mpa}$
- Arah melintang, $L_x = 3 \text{ m}$
- Mutu baja, $f_y = 390 \text{ Mpa}$
- Arah memanjang, $L_y = 5 \text{ m}$
- *Decking* beton, $d' = 50 \text{ mm}$

a. Penulangan Arah Melintang

Dipakai :

Tulangan D 16 – 140 ($A_s = 1435.43 \text{ mm}^2$)

b. Penulangan Arah Memanjang

Dipakai :

Tulangan D13 – 150 ($A_s = 884.43 \text{ mm}^2$)

4.4 Perencanaan Trotoar dan Tiang Railing

4.4.1 Penulangan Trotoar

Data perencanaan:

- Mutu beton, $f_c = 58.1 \text{ Mpa}$
- Arah melintang, $L_x = 1.5 \text{ m}$
- Mutu baja, $f_y = 390 \text{ Mpa}$
- Arah memanjang, $L_y = 5 \text{ m}$
- *Decking* beton, $d' = 50 \text{ mm}$

a. Penulangan Arah Melintang

Dipakai :

Tulangan D 32 – 100 ($A_s = 8034.40 \text{ mm}^2$)

b. Penulangan Arah Memanjang

Dipakai :

Tulangan D 12 – 250 ($A_s = 452.16 \text{ mm}^2$)

4.4.2 Penulangan Tiang Railing

Data perencanaan:

- Mutu beton, $f_c = 58.1 \text{ MPa}$
- Mutu baja, $f_y = 390 \text{ MPa}$
- *Decking* beton, $d' = 50 \text{ mm}$
- Jarak antar tiang railing, $L = 2.5 \text{ m}$

Dipakai :

- Tulangan lentur 4 $\varnothing 10$ ($A_s = 314 \text{ mm}^2$)
- Tulangan geser praktis, $\varnothing 8 - 150$

4.5 Penulangan Balok Memanjang

Data perencanaan:

- Mutu beton, $f_c = 58.1 \text{ Mpa}$
- Tinggi Balok = 1200 mm
- Mutu baja, $f_y = 390 \text{ Mpa}$
- Lebar Balok = 1000 mm
- *Decking* beton, $d' = 98 \text{ mm}$

a. Tulangan pada tumpuan

Dipakai :

- Tulangan tekan 34 D 32 ($A_s = 27330.56 \text{ mm}^2$)
- Tulangan tarik 7 D 32 ($A_s = 5626.88 \text{ mm}^2$)

b. Tulangan pada lapangan

Dipakai :

- Tulangan tekan 9 D 16 ($A_s = 1808.64 \text{ mm}^2$)
- Tulangan tarik 9 D 32 ($A_s = 7234.56 \text{ mm}^2$)
- c. Tulangan geser = 6 kaki $\varnothing 12 - 100$

4.6 Penulangan Balok Melintang Atas

Data perencanaan:

- Mutu beton, $f_c = 58.1 \text{ Mpa}$
- Tinggi Balok = 400 mm
- Mutu baja, $f_y = 390 \text{ Mpa}$
- Lebar Balok = 300 mm
- *Decking* beton, $d' = 89 \text{ mm}$

a. Tulangan pada tumpuan

Dipakai :

- Tulangan tekan 3 D 25 + 3 D 19 ($A_s = 2322.03 \text{ mm}^2$)

- Tulangan tarik 2 D 19 ($A_s = 566.77 \text{ mm}^2$)

b. Tulangan pada lapangan

Dipakai :

- Tulangan tekan 3 D 25 + 3 D 19 ($A_s = 2322.03 \text{ mm}^2$)

- Tulangan tarik 2 D 19 ($A_s = 566.77 \text{ mm}^2$)

c. Tulangan geser = $\varnothing 12 - 125$

d. Tulangan torsi sisi kanan = sisi kiri : 2 D 19 ($A_s = 566.77 \text{ mm}^2$)

4.7 Penulangan Balok Melintang Bawah

Data perencanaan:

- Mutu beton, $f_c = 58.1 \text{ Mpa}$
- Tinggi Balok = 200 mm
- Mutu baja, $f_y = 390 \text{ Mpa}$
- Lebar Balok = 150 mm
- *Decking* beton, $d' = 43 \text{ mm}$

a. Tulangan pada tumpuan

Dipakai :

- Tulangan tekan 2 D 12 ($A_s = 226.8 \text{ mm}^2$)

- Tulangan tarik 2 D 12 ($A_s = 226.8 \text{ mm}^2$)

b. Tulangan geser praktis = $\varnothing 8 - 150$

4.8 Penulangan Balok kantilever

Data perencanaan:

- Mutu beton, $f_c = 58.1 \text{ Mpa}$
- Tinggi Balok = 400 mm
- Mutu baja, $f_y = 390 \text{ Mpa}$
- Lebar Balok = 300 mm
- *Decking* beton, $d' = 56 \text{ mm}$

. Tulangan pada tumpuan

Dipakai :

- Tulangan tekan 3 D 22 ($A_s = 1139.82 \text{ mm}^2$)

- Tulangan tarik 2 D 19 ($A_s = 566.77 \text{ mm}^2$)

- b. Tulangan geser = $\emptyset 8$ -150
 c. Tulangan torsi sisi kanan = sisi kiri : 2 D 19
 ($A_s = 566.77 \text{ mm}^2$)

4.9 Penulangan Balok Pelengkung

Data perencanaan:

- Mutu beton, $f'_c = 58.1 \text{ Mpa}$
- Tinggi Balok = 1300 mm
- Mutu baja, $f_y = 390 \text{ Mpa}$
- Lebar Balok = 1000 mm
- *Decking* beton, $d' = 98 \text{ mm}$

a. Tulangan pada tumpuan

Dipakai :

- Tulangan tekan 36 D 32 ($A_s = 28938.24 \text{ mm}^2$)
- Tulangan tarik 9 D 32 ($A'_s = 7234.56 \text{ mm}^2$)

b. Tulangan pada lapangan

Dipakai :

- Tulangan tekan 8 D 32 ($A_s = 6430.72 \text{ mm}^2$)
- Tulangan tarik 8 D 16 ($A'_s = 1607.68 \text{ mm}^2$)

c. Tulangan geser = $\emptyset 13$ -130

4.9 Penulangan Batang Vertikal/ Kolom

Data perencanaan:

- Mutu beton, $f'_c = 58.1 \text{ Mpa}$
- Mutu baja, $f_y = 390 \text{ Mpa}$
- *Decking* beton, $d' = 98 \text{ mm}$

a. Tulangan lentur pada kolom (K-1)

- Lebar Kolom = 1000 mm
- Tinggi Kolom = 1000 mm

Dipakai : - Tulangan 36 D 32 ($A_s = 28938 \text{ mm}^2$)

- Rasio Tulangan 2.89%
- Tulangan geser = $\emptyset 12$ -200

b. Tulangan lentur pada kolom (K-2)

- Lebar Kolom = 1000 mm
- Tinggi Kolom = 1500 mm

Dipakai : - Tulangan 52 D 32 ($A_s = 41800 \text{ mm}^2$)

- Rasio Tulangan 2.79%
- Tulangan geser = 6 kaki $\emptyset 12$ -150

c. Tulangan lentur pada kolom (K-3)

- Lebar Kolom = 1000 mm
- Tinggi Kolom = 2000 mm

Dipakai : - Tulangan 64 D 32 ($A_s = 51446 \text{ mm}^2$)

- Rasio Tulangan 2.57%
- Tulangan geser = 6 kaki $\emptyset 12$ -130

4.10 Hubungan Balok Kolom

Digunakan sengkang berpenampang, $\emptyset = 12 \text{ mm}$ dan dipasang tulangan transversal : 9 kaki $\emptyset 12$ – 100 pada luas efektif join.

5.KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Hasil perencanaan jembatan ini diperoleh pelat lantai kendaraan berdimensi 3 m x 5 m dengan tebal 220 mm yang dapat menahan momen lentur maupun gaya geser yang disebabkan oleh beban kendaraan rencana.
2. Dalam perencanaan balok, diperoleh beberapa dimensi balok yang berbeda. Dalam perencanaan balok-balok tersebut dihasilkan jumlah tulangan lentur, geser, dan torsi yang berbeda-beda sesuai dengan gaya dan momen yang ada.
3. Dalam perencanaan kolom, terdapat tiga tipe kolom dengan dimensi 1000 mm x 1000 mm, 1000 mm x 1500 mm, dan 1000 mm x 2000 mm. Untuk kebutuhan tulangan lentur dan geser yang digunakan dari hasil perencanaan didapatkan hasil yang berbeda antara kolom satu dengan yang lainnya.
4. Dari hasil analisis perhitungan struktur, seluruh dimensi yang direncanakan memenuhi syarat kekuatan dan keamanan struktur dan perbedaan dimensi maupun diameter tulangan dapat menjadikan lebih efisien dan ekonomis.
5. Dari perencanaan ini didapatkan jembatan Marparan dengan bentang total 160 meter yang terdiri dari dua bentang yang indah, rapi secara estetika dan tanpa adanya timbunan yang tinggi dibagian oprit.

5.2 Saran

1. Sebelum merencanakan suatu jembatan, sebaiknya diadakan proses survey terlebih dahulu agar diperoleh desain yang paling sesuai dengan kebutuhan dan menguntungkan dalam berbagai hal.
2. Pada perencanaan struktur atas jembatan lengkung ini masih diperlukan studi kelayakan yang teliti dan referensi yang lengkap.

DAFTAR PUSTAKA

- Priyono, Pujo.(1999). *Struktur Beton 1 Jilid 2*. Universitas Muhammadiyah Jember.
- Priyono, Pujo. (2015). *Struktur Beton 1 Jilid 1*. Universitas Muhammadiyah Jember.
- Departemen Pekerjaan Umum. (1992). *Peraturan Perencanaan Teknik Jembatan Bridge Management*

- system 1992 - Lampiran A Persyaratan Tahan Gempa*. Direktorat Bina Program Jalan - Direktorat Jenderal Bina Marga
- Departemen Pekerjaan Umum. (2005). *Standar Pembebanan Untuk Jembatan* (RSNI T 02-2005).
- Departemen Pekerjaan Umum. (2004). *Perencanaan Struktur Beton Untuk Jembatan* (RSNI T-12-2004).
- Departemen Pekerjaan Umum. (2008). *Standar Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Jembatan* (SNI 2833:2008).
- Departemen Pekerjaan Umum. (2002). *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung* (SNI 03-2847-2002).
- Nasution, Amrinsyah. (2009). *Analisis dan Desain Struktur Beton Bertulang*. Penerbit ITB Bandung. 2009