

Review Jembatan Sutami di Bandar Lampung

Akhmad Dendi Nosya¹⁾

Fikri Alami²⁾

Surya Sebayang³⁾

Abstract

Many structural systems are available to build a bridge. One of them is prestressed concrete bridge. The purpose of this research is to review the design of prestressed concrete bridge using SAP 2000 ver. 14 software.

From the analysis results, the longitudinal girder requires bending reinforcement of 12 D13, skin reinforcement of 6 Ø13, and 18 strand with dia. of 0.5" in each tendon. Slab requires bending reinforcement of Ø16-200, shrinking reinforcement and temperature of Ø13-250, however the existing design used denser reinforcement, this difference is due to changes in the bending reduction factor which follows the recent code of 2013. Diaphragms requires bending reinforcement of 2 D28, skin reinforcement of 5 Ø13, and shear reinforcement of Ø13-500. Barrier wall requires bending reinforcement of Ø19-150 for the thickening area below the wall, Ø13-150 for the above area, and shear reinforcement of 10 Ø13.

The conclusion that can be taken is that the reinforcement used for the main structure component is correct, but some bending reinforcement are used under the need of pmin and concrete standard of 2013.

Keywords: bridge, prestressed concrete, SAP 2000 ver. 14

Abstrak

Banyak sistem struktur yang tersedia untuk membangun sebuah jembatan. Salah satunya adalah jembatan beton prategang. Penelitian ini bertujuan mereview desain perencanaan jembatan beton prategang menggunakan *software* SAP 2000 ver.14.

Dari hasil analisis, pada gelagar memanjang diperlukan tulangan lentur 12 D13, tulangan kulit 6 Ø13, dan 18 strand 0,5" pada masing-masing tendon. Pelat lantai kendaraan diperlukan tulangan lentur Ø16-200, tulangan susut serta suhu Ø13-250. Diafragma diperlukan tulangan lentur 2 D28, tulangan kulit 5 Ø13, serta tulangan geser Ø13-500. Tiang sandaran diperlukan tulangan lentur Ø19-150 untuk daerah penebalan bawah sandaran, Ø13-150 untuk daerah di atasnya, serta 10 Ø13 tulangan geser.

Kesimpulan yang dapat diambil yaitu tulangan yang dipakai pada struktur utama telah memenuhi standar perencanaan, namun ada beberapa tulangan lentur yang digunakan dibawah kebutuhan pmin/peraturan beton tahun 2013. Diharapkan akan adanya penelitian lanjutan menggunakan *software* CSI Bridge, dan rencana anggaran biayanya.

Kata kunci : jembatan, beton prategang, SAP 2000 ver. 14.

¹⁾ Mahasiswa pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung. surel: bz182u@gmail.com

²⁾ Staf pengajar pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung. Jalan. Prof. Sumantri Brojonegoro 1. Gedung Meneng Bandar Lampung. 35145.

³⁾ Staf pengajar pada Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Lampung. Jalan Prof. Sumantri Brojonegoro 1. Gedung Meneng Bandar Lampung. 35145.

1. PENDAHULUAN

Jembatan adalah salah satu sarana dalam sistem transportasi yang penting, dan berperan dalam kelancaran arus lalu lintas kendaraan. Perkembangan transportasi khususnya jembatan semakin erat kaitannya dengan pertumbuhan ekonomi yang berfungsi untuk memperlancar arus kendaraan sehingga tercipta efisiensi waktu dalam beraktivitas. Oleh karena itu, diperlukan penguasaan teknologi jembatan baik dari aspek perencanaan, peralatan, material, dan juga pada saat proses pelaksanaan.

Banyak sistem struktur yang dapat dipilih dalam membangun sebuah jembatan. Salah satunya adalah sistem jembatan beton prategang. Pada jembatan beton prategang, kekuatan dan kehandalan sebuah jembatan sangat dipengaruhi oleh mutu balok girder. Balok beton prategang adalah suatu struktur beton khusus dengan cara memberi tegangan awal tertentu pada balok dengan arah berkebalikan dengan arah beban luar yang akan bekerja. Gaya prategang diberikan dengan menarik baja mutu tinggi yang bentuknya seperti untai kabel yang disebut sebagai tendon. Karena baja yang digunakan memiliki kuat tarik tinggi, maka menuntut penggunaan beton dengan kuat tekan tinggi. Pada saat ini penggunaan jembatan konstruksi beton prategang semakin banyak dipergunakan, karena jembatan ini memberikan kemudahan dalam pelaksanaannya dan memiliki berat yang lebih ringan dibandingkan jembatan beton yang lain. Hal ini dikarenakan berat baja prategang jauh lebih kecil dibandingkan jumlah berat besi beton biasa, yang tidak lepas dari keberhasilan teknologi pada beton mutu tinggi ($f_c' \geq 40$ MPa), sedangkan baja yang digunakan sebagai pemberi prategang pada beton merupakan baja dengan mutu sangat tinggi. Baja bermutu tinggi seperti itu dapat mengimbangi kehilangan prategang dan mempunyai taraf tegangan sisa yang dapat menahan gaya prategang yang dibutuhkan.

Salah satu contoh dari penggunaan jembatan dengan konstruksi beton prategang adalah jembatan Sutami yang merupakan jembatan yang berada di ruas jalan Tol Trans Sumatera dengan bentang 40,8 m, sedangkan lebar perkerasan lalu-lintas dari jembatan ini yaitu 23,4 m. Pada tugas akhir ini dilakukan kontrol ulang penulangan struktur atas jembatan beton prategang Sutami. Untuk mengetahui perencanaan jembatan konstruksi beton prategang yang benar diperlukan perencanaan perhitungan yang mengacu pada standar yang ada. Sehingga diharapkan akan mendapatkan gambaran yang jelas dan dapat memahami garis besar dari suatu perencanaan jembatan.

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat yang berupa informasi mengenai perencanaan pada struktur atas (*Superstructures*) suatu jembatan beton prategang (*prestressed*) secara cepat, dan akurat dengan menggunakan bantuan program SAP 2000 ver. 14. Program ini akan membantu mempercepat proses analisis, simulasi, dan desain yang sebelumnya dilakukan dengan manual yang cukup memakan waktu, serta tidak terjamin ketelitiannya. Batasan masalah yang diambil dalam melakukan analisa ini adalah jembatan yang di analisis hanya pada struktur atasnya, perhitungan pembebanan yang digunakan pada jembatan ini mengacu pada peraturan SNI 1725 (2016), kehilangan prategang pada ACI 318 (1995), dan perhitungan kekuatan strukturnya mengacu pada SNI T-12 (2004). Perencanaan ini hanya ditinjau dari aspek teknik saja, dan tidak dilakukan analisa dari segi biaya dan waktu. Untuk analisis perhitungan gempa menggunakan tanah sedang pada daerah gempa yang sesuai dengan kondisi tanah pada jembatan sutami. Perhitungan gaya dalam struktur menggunakan program SAP 2000 ver. 14. Serta Hasil gambar perencanaan berupa gambar penampang dan detail sambungan.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Tinjauan Umum

Jembatan dapat diartikan sebagai suatu konstruksi yang berfungsi untuk menghubungkan jalan yang melalui suatu rintangan. Rintangan ini dapat berupa jalur lalu lintas pada persimpangan jalan, saluran irigasi, rawa, danau, sungai, laut, jurang, dan sebagainya.

Revisi desain jembatan pada skripsi ini adalah jembatan beton prategang. Variasi dari jenis jembatan berdasarkan sistem struktur, beserta bentangnya dapat dilihat pada tabel berikut ini :

Tabel 1. Variasi jenis jembatan, dan bentang.

Jenis Jembatan Berdasarkan Sistem Struktur	Bentang (meter)
Jembatan lengkung	100 - 300
Jembatan gelagar	5 - 40
Jembatan <i>cable-stayed</i>	100 - 600
Jembatan gantung	1000 - 1400
Jembatan beton prategang	20 - 40
Jembatan rangka	50 - 100
Jembatan box girder	20 - 40

2.2. Pembagian Struktur Jembatan

Elemen struktur utama penyusun jembatan dapat dibedakan menjadi tiga, antara lain :

1. Struktur Atas

Struktur atas jembatan adalah struktur yang menerima beban langsung yang meliputi beban mati, hidup, angin, dan gempa.

2. Struktur Bawah

Struktur bawah jembatan adalah struktur berfungsi untuk meneruskan seluruh beban yang diterima struktur atas menuju pondasi.

3. Pondasi

Pondasi pada jembatan adalah struktur yang berfungsi meneruskan seluruh beban yang diterima struktur bawah jembatan ke tanah keras pada bagian bawah jembatan.

2.3. Perencanaan Jembatan Beton Prategang PCI-Girder

Prinsip perencanaan jembatan didasarkan pada batas-batas tertentu yang diterapkan terhadap kekuatan, dan kemampuan layan yang berhubungan dengan penggunaan struktur dari tersebut. Pada perhitungan pembebanan, beban harus dikalikan dengan faktor beban, sedangkan pada analisis dari kekuatan pada kapasitas bahan struktur harus dikalikan dengan faktor reduksi kekuatan.

2.3.1. Pembebanan Pada Jembatan

Pada perencanaan beton prategang terdapat dua tahap pembebanan yang diperhitungkan, yaitu tahap transfer dan tahap layan. Pada setiap tahap pembebanan tersebut harus dilakukan kontrol terhadap batas-batas tegangan dari penampang girder.

1. Tahap Transfer

Pada tahap ini beban yang bekerja adalah berat sendiri struktur, sedangkan beban hidup dianggap belum bekerja. Gaya prategang awal bekerja setelah dilakukan transfer beban/*stressing*. Tegangan awal kabel prategang sendiri dapat diambil sebesar 75 % dari tegangan tarik batas tendon prategang (f_{pu}).

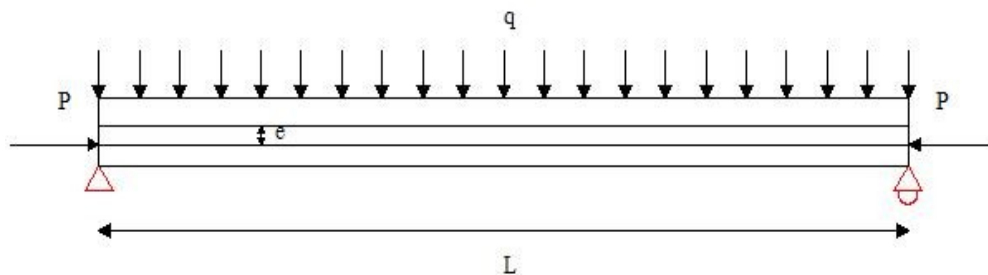
2. Tahap Layan

Tahap layan dimulai ketika beton prategang difungsikan sebagai komponen struktur. Pada tahap ini beban luar yang berupa beban mati, hidup, angin, dan gempa harus diperhitungkan, pada tahap ini juga semua kehilangan gaya prategang sudah harus dipertimbangkan di dalam analisa strukturnya.

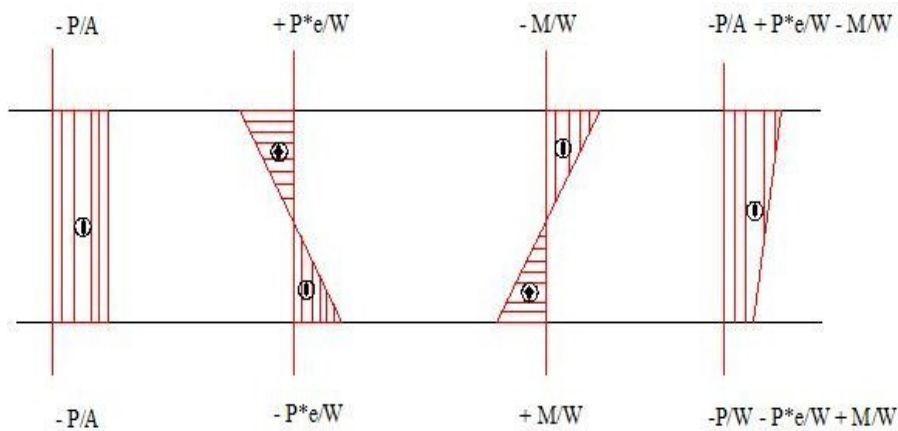
2.3.2. Perhitungan Struktur Beton Prategang

1. Gaya Prategang

Pemberian gaya prategang pada beton prategang akan menyebabkan penampang beton prategang mengalami tegangan tekan. Tegangan ini memberikan perlawanan terhadap beban luar yang bekerja. Jika gaya prategang bekerja dengan eksentrisitas, hal tersebut memberikan tegangan tambahan akibat dari eksentrisitas tersebut.



Gambar 1. Prategang Dengan Eksentrisitas.



Gambar 2. Diagram Tegangan Pada Beton Prategang.

Berdasarkan asumsi dan gambar diatas diperoleh persamaan tegangan pada balok beton prategang sebagai berikut :

Tegangan serat bawah balok (f_b) :

$$f_b = \frac{-Pe}{A} + \frac{Me.Yb}{I} - \frac{Mn.Yb}{I} = 0 \quad (1)$$

Tegangan serat atas balok (f_a) :

$$f_a = \frac{-Pe}{A} - \frac{Me.Yb}{I} + \frac{Mn.Yb}{I} = 0 \quad (2)$$

2. Tegangan Izin Beton

Menurut Peraturan Perencanaan Struktur Beton Untuk Jembatan SNI T-12 (2004), Pasal 4.4.1.2. Tegangan izin pada beton adalah sebagai berikut :

a. Tegangan ijin prategang pada kondisi transfer gaya prategang tidak boleh melebihi nilai berikut ini :

1) Tegangan serat tekan terluar, sebesar $0,60.f_{ci}'$

2) Tegangan serat tarik terluar, sebesar $0,25.\sqrt{f_{ci}'}$

b. Tegangan beton pada kondisi beban layan tidak boleh melebihi nilai berikut ini:

1) Tegangan serat tekan terluar sebesar $0,45.f_c'$

3) Tegangan serat tarik terluar sebesar $0,5.\sqrt{f_c'}$

3. Lintasan Inti Tendon

Untuk menentukan lintasan pada masing-masing tendon yang bekerja pada balok prategang, dapat digunakan rumus berikut ini:

$$Y = \frac{4.f_i \cdot X}{L^2} \times (L - X) \quad (3)$$

Dengan :

Y = Persamaan lintasan tendon

X = Jarak yang ditinjau (m)

L = Panjang bentang jembatan (m)

$f_i = e_s$ = Eksentrisitas tendon (m)

4. Kehilangan Gaya Prategang

Kehilangan prategang yaitu berkurangnya gaya yang bekerja dalam tendon pada tahap-tahap pembebanan.

Kehilangan prategang langsung atau kehilangan sesaat setelah transfer adalah :

$$P_i = P_j - (\Delta f_{s(short term)} \times P_j) \quad (4)$$

Sedangkan kehilangan prategang akibat pengaruh waktu adalah :

$$P_i = P_j - (\Delta f_{s(long term)} \times P_j) \quad (5)$$

5. Kontrol Lendutan

Karena adanya eksentrisitas kabel prategang, menyebabkan balok prategang mengalami defleksi keatas. Untuk menentukan nilai lendutan keatas digunakan rumus berikut ini :

$$C = \frac{\frac{5}{48} \times P_j \cdot e_s \cdot L^2}{E.I} \quad (6)$$

dimana :

c = Lendutan ke atas (mm)

P_j = Gaya prategang yang terjadi akibat *jacking* (N)

L = Panjang jembatan (mm)

E_c = Modulus elastisitas beton (MPa)

I = Momen inersia balok prategang (mm⁴)

Dalam perencanaan, besarnya defleksi ke atas dan ke bawah harus diperiksa dan dibatasi agar tidak melampaui batas yang diizinkan. Berdasarkan SNI T-12 (2004), batasan dari

lendutan akibat beban rencana untuk daya layan Jembatan Jalan Raya adalah 1/250 bentang.

3. METODE PENELITIAN

3.1. Objek Penelitian

Objek penelitian pada tulisan ini adalah struktur atas jembatan yang menggunakan beton prategang PCI-Girder yang terletak pada ruas Jalan Tol Trans Sumatera yang melewati Jalan Sutami, Bandar Lampung. Panjang bentang jembatan adalah 40,8 m dengan lebar jembatan 25,2 meter dan tinggi bersih jembatan adalah 6 m.

3.2. Pengumpulan Data

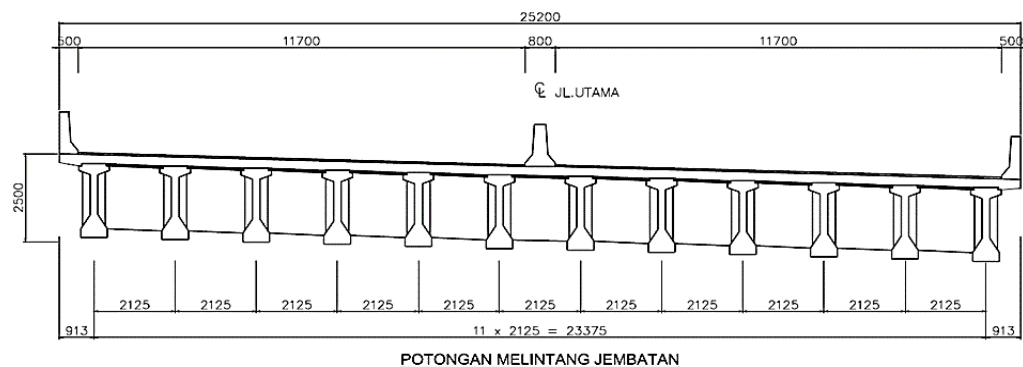
Data yang dikumpulkan dalam penelitian ini diperoleh dari literatur-literatur yang berisi standar perencanaan yang diterbitkan oleh Ditjen Bina Marga, SNI, ACI, laporan-laporan dan tulisan-tulisan dari penelitian terdahulu, buku-buku serta *website-website* yang memuat standar perencanaan jembatan, data asumsi, serta literatur-literatur lain yang terkait dengan perencanaan jembatan. Sedangkan, data umum jembatan diperoleh dari P.T. Waskita Karya, selaku pelaksana pekerjaan Jalan Tol Trans Sumatera seksi 2.

3.3. Analisis Data dan Hasil

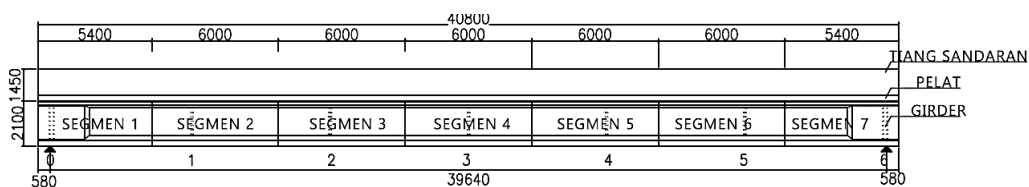
Analisis dari data-data yang diperoleh akan dilakukan secara manual dan juga dengan bantuan program komputer yang mendukung, sesuai dengan standar perencanaan yang berlaku. Data pembebanan, dan momen nominal akan dianalisis secara manual, dan dengan bantuan program *Microsoft Excel*, sedangkan perhitungan gaya-gaya dalam seperti momen, gaya geser, dan gaya normal yang bekerja pada jembatan, akan dihitung secara manual ataupun dengan bantuan program *Microsoft Excel*, dan SAP 2000 V.14.

4. PEMBAHASAN

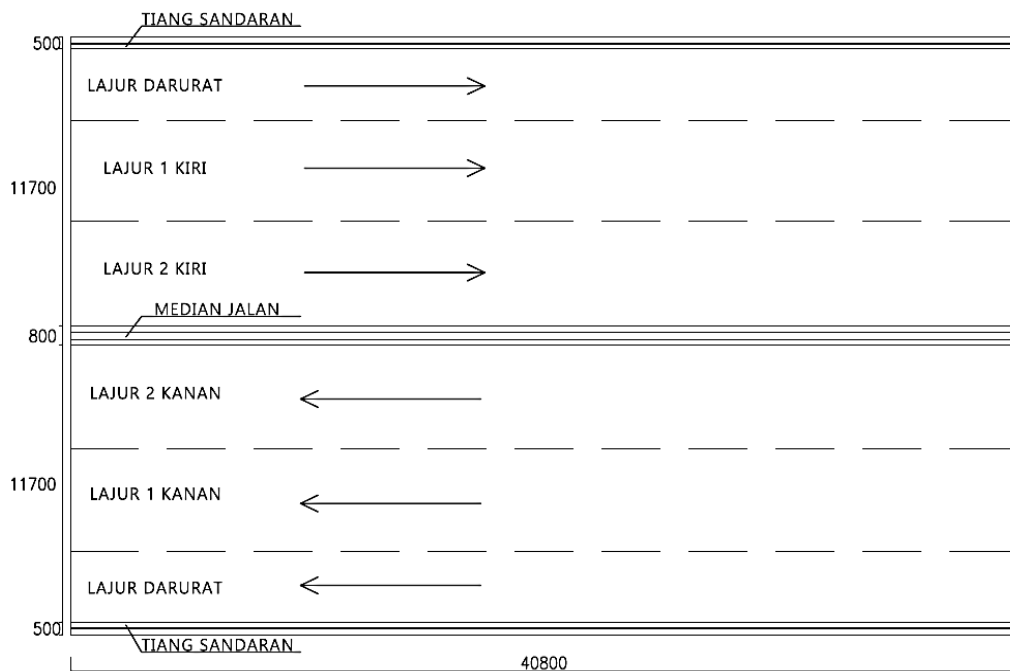
4.1. Data Umum Jembatan



Gambar 3. Potongan Melintang Jembatan.



Gambar 4. Potongan Memanjang Jembatan.



Gambar 5. Tampak Atas Jembatan.

Data umum dari jembatan sutami antara lain :

1. Bentang jembatan (L) : 40,8 meter
2. Lebar jalur lalu-lintas : 11,7 meter
3. Jumlah jalur lalu-lintas : 2
4. Lebar total jembatan : 25,2 meter
5. Jumlah balok girder : 12 buah
6. Jarak antar balok girder (s) : 2,125 m
7. Tebal lapisan aspal (ta) : 0,05 meter
8. Tebal genangan air hujan : 0,05 meter
9. Tebal pelat lantai (tp) : 0,25 meter
10. Tebal *deck slab* : 0,07 meter
11. Lebar balok diafragma : 0,4 meter
12. Tinggi balok diafragma : 1,78 meter

4.2. Material

1. Data Beton Prategang

Mutu Beton = K600

Kuat tekan beton:

(saat layan) $(f'_c) = 49,8 \text{ MPa}$

(saat transfer) 85% $(f'_{ci}) = 0,85.f'_c = 39,84 \text{ MPa}$

Modulus elastik beton:

Berat volume beton, $(w_c) = 2500 \text{ kg/m}^3$

(saat layan) $(E_c) = w_c^{1,5} \cdot 0,043 \sqrt{f'_c} = 37930,8993 \text{ MPa}$

(saat transfer) $(E_c) = w_c^{1,5} \cdot 0,043 \sqrt{f'_{ci}} = 33926,4278 \text{ MPa}$

Tegangan ijin beton saat penarikan (saat transfer):

Tegangan ijin tekan, $(0,6.f_{ci}') = 23,9 \text{ MPa}$ (SNI T-12 (2004) Pasal 4.4.1.2.2)

Tegangan ijin tarik, $(0,25.\sqrt{f_{ci}'}) = 1,6 \text{ MPa}$ (SNI T-12 (2004) Pasal 4.4.1.2.4)

Tegangan ijin beton pada keadaan akhir (saat layan)

Tegangan ijin tekan, $(0,45.f_c') = 22,4 \text{ MPa}$ (SNI T-12 (2004) Pasal 4.4.1.2.1)

Tegangan ijin tarik, $(0,5.\sqrt{f_c'}) = 3,5 \text{ MPa}$ (SNI T-12 (2004) Pasal 4.4.1.2.3)

2. Beton untuk Pelat

Mutu Beton = K300

Kuat tekan beton, $(f_c') = 24,9 \text{ MPa}$

Berat volume beton, $(w_c) = 2500 \text{ kg/m}^3$

Modulus elastik beton: $(E_c) = 4700.\sqrt{f_c'} = 23452,9529 \text{ MPa}$

3. Baja prategang

Tegangan leleh strand, $(f_{py}) = 1674 \text{ MPa}$

Kuat tarik strand, $(f_{pu}) = 1860 \text{ MPa}$

Diameter selubung tendon, $(D_t) = 190 \text{ mm}$

Diameter strand, $(D) = 12,7 \text{ mm}$

Luas penampang, $(A_s) = 98,78 \text{ mm}^2$

Beban putus minimal satu strand, $(P_{bs}) = 183,7 \text{ kN}$

Modulus elastik strand, $(E_s) = 193000 \text{ MPa}$

4.3. Metode Desain Dengan SAP 2000 ver. 14

4.3.1. Permodelan, dan Analisis pada Pelat

1. Modeling

Untuk analisa struktur pelat jembatan sutami dengan software SAP 2000 ver. 14, struktur dimodelkan 2D. Struktur pelat dimodelkan sebagai elemen frame, dengan jarak antar girder 2,125 m.

2. Material, dan Penampang.

Mengisi data material, yaitu beton dengan berat volume 25 kN/m^3 , modulus elastisitas $23452,953 \text{ MPa}$, dan kuat tekan, (f_c') $24,9 \text{ MPa}$. Setelah mengisi data material beton, selanjutnya mengisi data penampang pada pelat beton.

3. Mendefinisikan Beban, dan Mengaplikasikan Beban pada Balok.

Berikutnya yaitu mendefinisikan masing-masing beban yang bekerja pada pelat.

Langkah selanjutnya yaitu mendefinisikan kombinasi beban ultimit sesuai SNI pembebanan untuk jembatan pada pelat. Aplikasikan masing-masing beban yang telah dihitung yang terdiri dari beban mati sendiri, beban mati tambahan, dan beban truk. Untuk mengaplikasikannya klik *Assign>Frame Loads*, pilih *Points* untuk beban titik, dan *Distributed* untuk beban merata.

4. Analisis Struktur.

Untuk menganalisa struktur klik *Analyze>Set Analysis Options*, lalu klik tombol *Plane Frame-XZ Frame>OK*. Lalu klik tombol *Run Analysis*, sorot *Modal*, kemudian klik tombol *Run/Do not run*, terakhir klik tombol *Run now*.

5. Hasil Analisa Struktur

a. Momen Ultimit Di Lapangan

Momen lapangan akibat berat sendiri, (M_{MS}) = 1,19 kNm

Momen lapangan akibat beban mati tambahan, (M_{MA}) = 0,56 kNm

Momen lapangan akibat beban truk, (M_T) = 42,42 kNm

$M_u = K_{MS} \cdot M_{MS} + K_{MA} \cdot M_{MA} + K_T \cdot M_T = 79,023 \text{ kNm}$

b. Momen Ultimit Di Tumpuan

Momen tumpuan akibat berat sendiri, (M_{MS}) = 2,6 kNm

Momen tumpuan akibat beban mati tambahan, (M_{MA}) = 0,76 kNm

Momen tumpuan akibat beban truk, (M_T) = 39,67 kNm

$M_u = K_{MS} \cdot M_{MS} + K_{MA} \cdot M_{MA} + K_T \cdot M_T = 76,3060 \text{ kNm}$

4.3.2. Permodelan, dan Analisis pada Balok Prategang

1. Modeling

Untuk analisa struktur balok girder jembatan sutami dengan software SAP 2000 ver. 14, struktur dimodelkan 2D. Struktur gelagar dimodelkan sebagai elemen *frame*, dengan jarak antar tumpuan 39,64 m.

2. Material, dan Penampang.

Untuk data material, yaitu beton dengan berat volume beton 25 kN/m^3 , modulus elastisitas beton 37931 MPa, dan kuat tekan beton, (f'_c) 49,8 MPa. Setelah mengisi data material beton, selanjutnya mengisi data penampang pada balok beton.

3. Mendefinisikan Beban, dan Mengaplikasikan Beban pada Balok.

Berikutnya yaitu mendefinisikan masing-masing beban yang bekerja pada balok girder. Langkah selanjutnya yaitu mendefinisikan kombinasi beban berdasarkan SNI pembebanan untuk jembatan tahun 2016.

Aplikasikan masing-masing beban yang telah dihitung yang terdiri dari beban mati sendiri, beban mati tambahan, beban hidup, beban rem, beban angin, dan beban gempa. Untuk mengaplikasikannya klik *Assign>FrameLoads*, pilih *Points* untuk beban titik, dan *Distributed* untuk beban merata.

Untuk merancang jalur beban berjalan di lantai kendaraan klik *bridge>lanes*, lalu isikan data *lane*.

Selanjutnya untuk mendefinisikan beban berjalan klik *bridge>vehicles*, dan isikan data untuk truk semi trailer.

Langkah berikutnya menetapkan jenis truk sebagai beban berjalan dengan mengklik *bridge>vehicle classes*.

4. Menggambar Kabel Prategang, dan Mengaplikasikan Beban Prategang Pada Tendon.

Kabel prategang digambar dengan meng-klik menu *draw>frame/cable/tendons*, lalu pilih *Tendon* pada *Line object type*. Selanjutnya pada kedua ujung balok, akan ditampilkan kotak *define parabolic tendon layout*, selanjutnya klik *parabolic calculator*. Masukkan angka 1,2, dan 3 pada *Number of Points*, lalu ganti nilai pada *Coord 2* sesuai jarak titik tengah tendon dengan titik tengah balok, seperti contoh pada tendon 1 yang disajikan pada gambar 68, lalu klik *Done*. Lakukan juga langkah tersebut pada tendon 2, 3, dan 4.

Selanjutnya klik *Add* pada *Tendon loads*, lalu mengisi data gaya prategang, dan kehilangan gaya prategang yang telah dihitung sebelumnya.

5. Analisis Struktur.

Untuk menganalisa struktur klik *Analyze>Set Analysis Options*, lalu klik tombol *Plane Frame-XZ Frame>OK*. Lalu klik tombol *Run Analysis*, sorot *Modal*, kemudian klik tombol *Run/Do not run*, terakhir klik tombol *Run now*.

6. Hasil Analisa Struktur.

Tabel 2. Rekapitulasi Momen dan Gaya Geser Pada Girder.

No	Jenis Beban	Simbol	Beban KN/m	Geser kN	Momen kNm
1	Berat Sendiri	MS	36,5619	724,6565	7181,346
2	Beban mati tambahan	MA	3,3798	66,9879	663,8499
3	Beban hidup	TT	24,1579	605,7265	4745
4	Gaya rem	TB	-	10,0531	199,2531
5	Beban angin	EW	0,7509	14.882	147,4805
6	Beban gempa	EQ	29,3026	580.7774	5755,5041

4.4. Perbandingan Perencanaan Penulangan dari PT. Arkonin

Dari perhitungan yang telah dilakukan menggunakan pembebanan jembatan menggunakan acuan SNI 1725 (2016), perhitungan beton untuk jembatan dengan acuan SNI T-12 (2004), perhitungan beton bertulang SNI 2847 (2013), dan kehilangan prategang dengan acuan ACI 318 (1995), terdapat perbedaan pemakaian penulangan dari pihak perencana, dengan rincian sebagai berikut :

Tabel 3. Perbandingan Perencanaan Penulangan.

Jenis	Perencana			Geser	Hasil Perhitungan		
	Tulangan Lentur				Tulangan Lentur		Geser
Tiang Sandaran	Bagian Atas	Bagian Bawah	Susut, dan Suhu	Ø13-200	Bagian Atas	Bagian Bawah	Susut, dan Suhu
	Ø13-150	Ø19-150	Ø13-250		Ø13-150	Ø19-150	Ø13-250
Diafragma	Tumpuan 2 D25	Lapangan 2 D25			Tumpuan 2 D28	Lapangan 2 D28	Ø13-500
Pelat	Tumpuan	Lapangan	Susut, dan Suhu	Ø13-200	Tumpuan	Lapangan	Susut, dan Suhu
	Ø16-150	Ø16-150	Ø13-200		Ø16-200	Ø16-200	Ø13-250
Gelagar	Tumpuan	Lapangan	Strand	12 D13	Tumpuan	Lapangan	Strand
	6 D13	6 D13	19 D12,7		12 D13	12 D13	18 D12,7

5. KESIMPULAN

Berdasarkan *review* desain jembatan sutami ini dapat di tarik kesimpulan bahwa:

1. Dimensi melintang perkerasan jalan kendaraan adalah 23,4 m untuk 2 jalur 2 arah dengan lebar total beserta tiang sandaran adalah 25,2 m.
2. Tiang sandaran diperlukan penulangan Ø19-150 untuk daerah penebalan bawah sandaran, Ø13-150 untuk daerah diatasnya, serta 10 Ø13 untuk tulangan geser. Hal ini sama dengan perencanaan dari PT. Arkonin selaku perencana jembatan sutami, dengan demikian dapat disimpulkan bahwa tulangan yang dipakai telah memenuhi peraturan perencanaan beton tahun 2013.

3. Diafragma menggunakan tulangan lentur 2 D28, dengan tulangan kulit 5 Ø13, serta tulangan geser Ø13-500. Ada perbedaan perencanaan pada tulangan lentur, dan tulangan geser dari PT. Arkonin yang menggunakan tulangan lentur 2 D25, serta tulangan geser Ø13-200. Perbedaan ini disebabkan adanya perubahan dalam faktor reduksi untuk tulangan lentur pada standar perencanaan beton tahun 2002, dan 2013, sedangkan pada tulangan geser yang dipakai oleh perencana telah memenuhi peraturan perencanaan beton tahun 2013.
4. Pelat lantai kendaraan memiliki tebal 250 mm, penulangan Ø16-200 untuk daerah tumpuan, serta lapangan, dan tulangan susut serta suhu Ø13-250. Ada perbedaan penulangan dibandingkan dengan perencanaan dari PT. Arkonin yaitu Ø16-150 untuk daerah tumpuan, serta lapangan, dan tulangan susut serta suhu Ø13-200. Perbedaan ini juga disebabkan adanya perubahan dalam faktor reduksi untuk tulangan lentur pada peraturan perencanaan beton tahun 2013.
5. Gelagar memanjang digunakan tulangan lentur tarik 12 D13, tulangan lentur tekan 12 D13, tulangan kulit 6 Ø13, dan 18 strand 0,5" yang dipasang pada masing-masing tendon. Hal ini berbeda dengan perencanaan dari PT. Arkonin yang menggunakan tulangan lentur tarik 6 D13, tulangan lentur tekan 6 D13, tulangan kulit 6 Ø13, dan 19 strand 0,5" yang dipasang pada masing-masing tendon. Perbedaan ini disebabkan dalam perhitungan yang telah dilakukan, diperlukan jumlah tulangan lentur yang sesuai dengan pmin yaitu 12 D13, namun oleh pihak perencanaan jembatan sutami tidak dipakai jumlah tulangan yang memenuhi kebutuhan pmin tersebut, sedangkan pada strand yang dipakai, telah memenuhi peraturan perencanaan yang berlaku.
6. Pada permodelan dengan menggunakan program SAP 2000 ver. 14 bisa dilihat secara visual, bagaimana pola pembebanan maksimum, dan perilaku yang kemungkinan terjadi akibat beban eksternal, sehingga memudahkan perencanaan dalam menentukan kebutuhan tulangan yang digunakan.

DAFTAR PUSTAKA

- ACI 318, 1995, *ACI 318: Building Code Requirements for Reinforced Concrete*, American Concrete Institute (ACI), Farmington Hills.
- SNI 1725, 2016, *Standar Pembebanan untuk Jembatan* (SNI 1725-2016), Badan Standardisasi Nasional (BSN) Indonesia, Jakarta.
- SNI 2847, 2013, *Perencanaan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung* (SNI 2847-2013), Badan Standardisasi Nasional (BSN) Indonesia, Jakarta.
- SNI T-12, 2004, *Perencanaan Struktur Beton untuk Jembatan* (SNI T-12-2004), Badan Standardisasi Nasional (BSN) Indonesia, Jakarta.