

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Fly Over atau Overpass

Jembatan yaitu suatu konstruksi yang memungkinkan suatu jalan menyilang sungai atau saluran air, lembah atau menyilang jalan lain atau melintang tidak sebidang yang tidak sama elevasi permukaannya. Dalam perencanaan dan perancangan tipe jembatan modern di daerah perkotaan, sebaiknya mempertimbangkan fungsi kebutuhan transportasi, persyaratan teknis dan estetika arsitektural yang meliputi: aspek lalu lintas, aspek teknis dan aspek estetika (Supriadi dan Muntohar, 2007).

2.2. Bentuk dan Tipe Jembatan

Pengelompokan jenis dan macam jembatan dapat ditinjau dari fungsinya, lokasi, bahan konstruksi, dan jenis strukturnya. Jika diuraikan, tipe jembatan yang dapat dibedakan sesuai dengan jenis struktur adalah sebagai berikut (Supriadi dan Muntohar, 2007):

1. Jembatan lengkung batu (*arch stone bridge*)

Jembatan pelengkung (busur) dari bahan utama batu, telah ditemukan pada masa lampau, di masa Babylonia. Pada perkembangannya, jembatan jenis ini semakin banyak ditinggalkan, jadi saat ini hanya berupa sejarah (Supriadi dan Muntohar, 2007).



Gambar 2.1. The Bridge across Kupa River in Sisak
 Sumber : *Aesthetics And Sustainability Of Arch Bridges* (2013)

2. Jembatan rangka (*truss bridge*)

Jembatan rangka dapat terbuat dari bahan kayu atau logam. Jembatan rangka kayu (*wooden truss*) termasuk tipe klasik yang sudah banyak tertinggal mekanika bahannya. Jembatan rangka kayu, hanya sebatas untuk mendukung beban yang tidak terlalu besar. Pada perkembangannya setelah ditemukan bahan baja, tipe rangka menggunakan rangka baja, dengan berbagai macam bentuk (Supriadi dan Muntohar, 2007).



Gambar 2.2. Steel Truss Bridge
 Sumber : *Bridges With Rolled Section* (2009)

3. Jembatan gantung (*suspension bridge*)

Semakin majunya teknologi dan demikian banyak tuntutan kebutuhan transportasi, manusia mengembangkan tipe jembatan gantung, yaitu dengan memanfaatkan kabel-kabel baja. Tipe ini tentunya sangat menguntungkan bila digunakan. Tipe ini sering digunakan untuk jembatan bentang panjang. Pertimbangan pemakaian tipe jembatan gantung adalah dapat dibuat untuk bentang panjang tanpa pilar ditengahnya. Jembatan gantung terdiri atas pelengkung penggantung dan batang penggantung (*hanger*) dari kabel baja dan bagian yang lurus berfungsi mendukung lalu lintas (*deck* jembatan). Selain bentang utama, biasanya jembatan gantung mempunyai bentang luar (*side span*) yang berfungsi untuk mengikat/mengangkerkan kabel utama pada blok angker. Walaupun pada kondisi tertentu terdapat keadaan dimana kabel utama dapat langsung diangkerkan pada ujung jembatan dan tidak memungkinkan adanya bentang luar, bahkan kadangkala tidak membutuhkan dibangunnya pilar (Supriadi dan Muntohar,2007).



Gambar 2.3. Suspension Bridge

Sumber : *Bridges and Civil Structure* (2009)

4. Jembatan beton (*concrete bridge*)

Beton telah banyak dikenal dalam dunia konstruksi. Saat ini, dengan kemajuan teknologi beton dimungkinkan untuk memperoleh bentuk penampang beton yang beragam, bahkan dalam kenyataan sekarang jembatan beton ini tidak hanya berupa beton bertulang konvensional saja, tetapi telah dikembangkan berupa jembatan prategang (Supriadi dan Muntohar, 2007).

a. Jembatan slab beton bertulang

Suatu jembatan *slab* pada tumpuan sederhana tersusun dari pelat monolit, dengan bentang dari tumpuan ke tumpuan tanpa didukung oleh gelagar atau balok melintang (*stringer*). Jembatan beton bertulang dengan tipe struktur atas berupa *slab* akan lebih efisien bila digunakan untuk bentang pendek. Hal ini

disebabkan berat *slab* yang tidak ekonomis lagi untuk bentang yang lebih panjang lagi. Sistem bentang menerus akan menambah penghematan panjang bentang, dengan pertimbangan kesederhanaan dalam desain dan pekerjaan lapangan. Pada bentang sederhana, panjang bentang adalah jarak ke pusat tumpuan (Supriadi dan Muntohar, 2007).



Gambar 2.4. Jembatan *Slab* Beton Bertulang
Sumber : *Bridges With Rolled Section* (2009)

b. Jembatan gelagar kotak (*box girder*)

Jembatan gelagar kotak (*box girder*) tersusun dari gelagar longitudinal dengan slab di atas dan di bawah yang berbentuk rongga (*hollow*) atau gelagar kotak. Tipe gelagar ini digunakan untuk jembatan bentang panjang. Gelagar kotak beton prategang dalam desain biasanya lebih menguntungkan untuk bentang menerus dengan panjang bentang ± 100 meter. Keutamaan gelagar kotak adalah pada tahanan terhadap beban torsi (Supriadi dan Muntohar, 2007).

Karena dapat menahan torsi lebih baik. *Fly over* menggunakan *box girder* yang umumnya dipadukan dengan sistem prategang. Pada prategang keadaan gaya tarik awal yang diterima tendon sebagai tulangan tariknya dan menghasilkan momen perlawanan dari gaya eksentris sehingga munculnya tegangan total negatif. Keuntungan lainnya yang dihasilkan box girder yaitu struktur akan bersifat elastis karena beton tidak mencapai tegangan tarik dan tendon tidak mencapai titik plastis.



Gambar 2.5. Box Grider Bridge

Sumber : *The Design of Prestressed Concrete Bridges Concept and Priciples* (2008)

c. Jembatan gelagar-dek (*deck girder*)

Jembatan gelagar-dek terdiri atas gelagar utama arah longitudinal dengan *slab* beton membentangi diantara gelagar. Spasi gelagar longitudinal atau balok lantai dibuat sedemikian sehingga hanya cukup mampu menggunakan *slab* tipis,

sehingga beban mati menjadi relatif kecil. Jembatan gelagar-dek mempunyai banyak variasi dalam desain dan fabrikasi. Salah satunya adalah seperti jembatan beton balok-T (*T-Beam*). Jembatan tipe ini digunakan secara luas dalam konstruksi jalan raya, tersusun dari *slab* beton yang didukung secara integral dengan gelagar. Jembatan gelagar-dek juga lebih sederhana dalam desain dan relatif mudah untuk dibangun, serta akan ekonomis bila dibangun pada bentang yang sesuai (Supriadi dan Muntohar, 2007).



Gambar 2.6. Jembatan Gelagar Deck
Sumber : *Bridges With Rolled Section* (2009)

5. Jembatan (*cable stayed*)

Menurut Supriadi dan Muntohar (2007) jembatan tipe ini sangat baik dan menguntungkan bila digunakan untuk jembatan bentang panjang. Kombinasi penggunaan kabel dan dek beton

prategang merupakan keunggulan jembatan tipe ini. Menurut Walther, pada jembatan *cable stayed* sudah dikenal sejak lebih dari 200 tahun yang lalu yang pada awal era tersebut umumnya dibangun dengan menggunakan kabel vertikal dan miring seperti Dryburgh Abbey Footbridge di Skotlandia yang dibangun tahun 1817. Jembatan seperti ini masih merupakan kombinasi dari jembatan *cable stayed modern*. Sejak saat itu jembatan *cable stayed* mengalami banyak perkembangan dan mempunyai bentuk yang bervariasi baik dari segi jenis material yang digunakan maupun segi estetika (Supriadi dan Muntohar, 2007).



Gambar 2.7. Jembatan *Cable Stayed*

Sumber : *The Design of Prestressed Concrete Bridges Concept and Principles* (2008)

2.3. Unsur-unsur Struktur Atas Fly Over

Dari berbagai pemahaman bentuk dan tipe untuk berbagai macam jembatan di atas pun secara singkat dalam tugas akhir Perancangan Struktur Atas *Fly Over* Gejayan kali ini menggunakan *box girder* yang merupakan salah satu dari jenis jembatan beton (*concrete bridge*). Yang diharapkan dalam tugas akhir ini tentu tetap memperhatikan kelengkapan selayaknya perancangan sebuah *fly over* dengan melihat keamanan, nyaman.

Struktur atas yang berada pada *fly over* adalah bagian yang menerima beban langsung dari kendaraan yang melintas. Struktur atas yang dimiliki *fly over* secara umum memiliki beberapa bagian, diantaranya sebagai berikut:

1. Dinding Pagar Tepi
2. Trotoar
3. *Slab*
4. *Box Girder*
5. Diafragma
6. *Deck Slab*

2.4. Dasar Perencanaan

Pada saat merencanakan sebuah perancangan tentu memiliki unsur atau aspek penting yang perlu diperhatikan, sebagai berikut:

1. Observasi yang dilanjutkan dengan *survey* awal untuk mengetahui kondisi geografis lingkungan sekitar bertujuan agar sesuai dengan kelayakan untuk dilakukan perancangan.

2. Merancang desain awal dalam hal ini desain geometri, alinemen *vertical* dan *horizontal* yang akan diasumsikan dengan kondisi lingkungan, namun jika memungkinkan desain awal dapat digunakan atau tidak.
3. Pengumpulan data baik data sekunder dan data primer yang diperlukan dapat berupa data geometri dan lingkungan yang didapatkan dengan bantuan citra satelit menggunakan *Google Earth*
4. Menentukan bagian yang mempengaruhi pembebanan pada struktur atas *fly over*.
5. Analisis struktur *fly over* dengan menggunakan *Structural Analysis Program (SAP)*.
6. Melakukan cek sesuai dengan Standar Nasional Indonesia.

2.5. Sistem Pembebanan

Berdasarkan “Badan Standarisasi Nasional (SNI) tahun 2016 Tentang Pembebanan Untuk Jembatan” data pembebanan di uraikan sebagai berikut:

1. Beban mati atau berat sendiri struktur atas (MS)
Berat sendiri (*self weight*) adalah berat bahan dan bagian jembatan yang merupakan elemen struktural, ditambah dengan elemen non-struktural yang dipikulnya dan bersifat tetap.
2. Beban Mati Tambahan (MA)

Beban mati tambahan (*superimposed dead load*) adalah berat seluruh bahan yang menimbulkan suatu beban pada jembatan yang merupakan elemen non-struktural, dan mungkin besarnya berubah selama umur jembatan. Jembatan dianalisis harus mampu menahan beban tambahan seperti:

- a. Penambahan lapisan awal (*overlay*) di kemudian hari,
 - b. Genangan air hujan jika sistem drainase tidak bekerja dengan baik,
 - c. Pemasangan tiang listrik dan instalasi mekanikal elektrikal.
3. Beban lajur "D" (TD)

Beban kendaraan yang berupa beban lajur "D" terdiri dari Beban Terbagi Rata (BTR), yang digabung dengan Beban Garis (BGT).

4. Beban truk "T" (TT)

Selain beban "D", terdapat beban lalu lintas lainnya yaitu beban truk "T". Beban truk "T" tidak dapat digunakan bersamaan dengan beban "D". Beban truk dapat digunakan untuk perhitungan struktur lantai jembatan.

5. Faktor beban dinamis

Faktor beban dinamis (FBD) merupakan hasil interaksi antara kendaraan yang bergerak dan jembatan. Besarnya FBD tergantung pada frekuensi dasar dari suspensi kendaraan, biasanya antara 2 Hz sampai 5 Hz untuk kendaraan berat dan

frekuensi dari getaran lentur jembatan. Untuk sebuah perencanaan, FBD dinyatakan sebagai beban statis ekuivalen.

6. Gaya rem (TB)

Pengaruh pengereman dari lalu lintas diperhitungkan sebagai gaya dalam arah memanjang dan dianggap bekerja pada permukaan lantai jembatan.

7. Beban pedestrian atau pejalan kaki (TP)

Jembatan jalan raya direncanakan mampu memikul beban hidup merata pada trotoar yang besarnya tergantung pada luas bidang trotoar yang didukungnya.

8. Beban angin (EW)

Beban angin yang berpengaruh pada jembatan dibagi menjadi beberapa bagian:

- a. Angin yang meniup bidang samping jembatan
- b. Angin yang meniup kendaraan
- c. Beban angin total pada *abutment*
- d. Transfer beban angin ke lantai jembatan

9. Pengaruh temperatur (ET)

Untuk memperhitungan 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.

10. Beban gempa (EQ)

Beban gempa yang diperhitungkan dalam perancangan jembatan diuraikan menjadi:

- a. Beban gempa statik ekivalen
- b. Beban gempa arah memanjang jembatan (arah sumbu x)
- c. Beban gempa arah melintang jembatan (arah sumbu y)

2.6. Tipe Box Girder

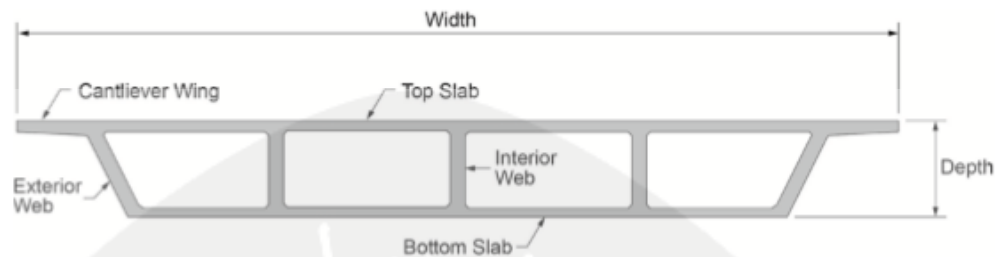
Dikutip dari U.S. *Department of Transportation federal Highway Administration* tahun 2016 bagian penampang dari superstruktur jembatan dengan *box girder prestress* biasanya dibagi menjadi 2 jenis yaitu *box girder* dengan multi *cell* dan *single cell* atau *cell* tunggal.

Komponen dasar pada penampang *box girder* adalah sebagai berikut:

1. *Slab* atas adalah seluru lebar dek beton, termasuk bagian antara dinding tengah dan dinding samping dari *box girder*
2. Sayap kantilever adalah bagian yang menggantung dari dek beton bagian atas. Sayap kantilever biasanya juga disebut dengan istilah eksterior.

Box girder dengan kedua jenis ini dapat diaplikasikan untuk lebar jembatan bervariasi sesuai dengan mengkombinasikan dengan panjang bentang dan jumlah dinding yang berpengaruh pada jumlah *cell*. Untuk memperjelas jenis dari *box girder* berikut gambar melintang dari setiap jenisnya.

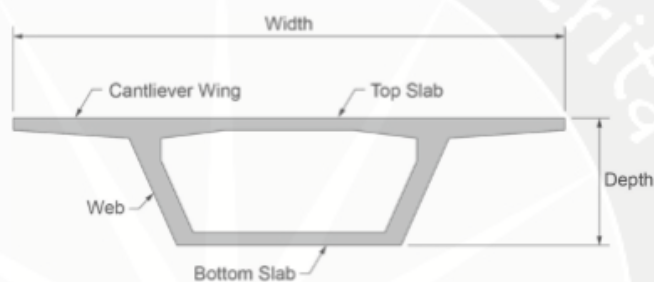
1. Multi cell box girder



Gambar 2.8. Multi Cell Box Girder

Sumber : U.S. Department of Transportation federal Highway Administration (2016)

2. Single cell atau cell tunggal box girder

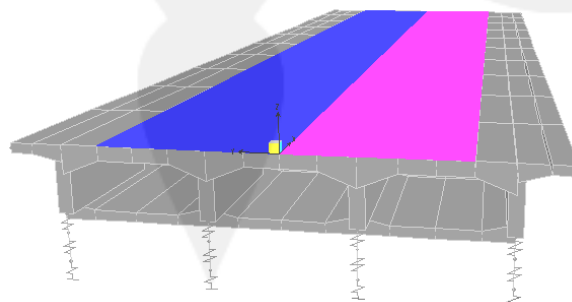


Gambar 2.9. Single Cell Box Girder

Sumber : U.S. Department of Transportation federal Highway Administration (2016)

Pada pemodelan *box girder* di dalam program *SAP (Structure Analysis Program)* terdapat beberapa tipe dek beton untuk bagian dinding dan eksterior sebagai berikut.

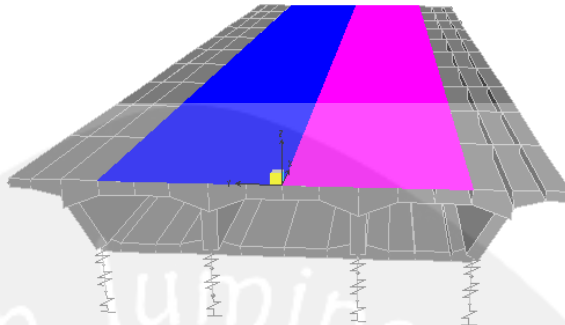
1. Eksterior girder vertical



Gambar 2.10. Eksterior Girder Vertikal

Sumber : *SAP (Structure Analysis Program) Volume 14.*

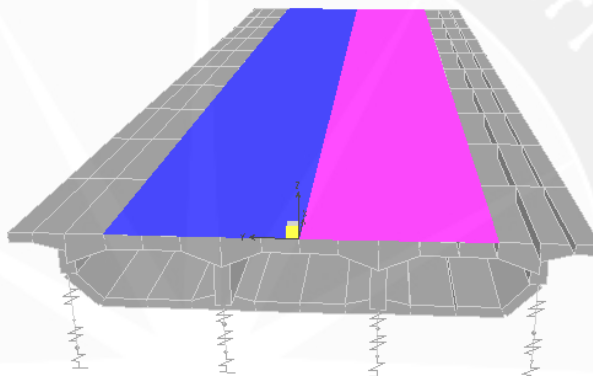
2. Eksterior *girder sloped*



Gambar 2.11. Eksterior Girder Sloped

Sumber : SAP (Structure Analysis Program) Volume 14.

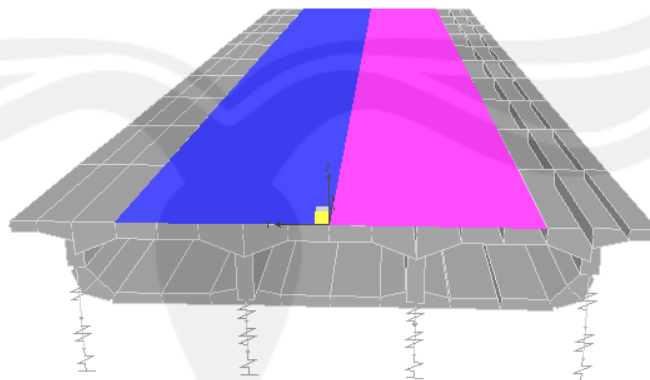
3. Eksterior *girder clipped*



Gambar 2.12. Eksterior Girder Clipped

Sumber : SAP (Structure Analysis Program) Volume 14.

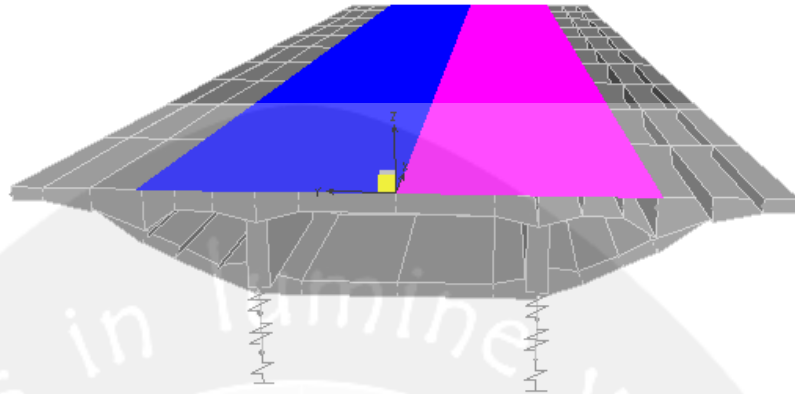
4. Eksterior *girder dengan radius*



Gambar 2.13. Eksterior Girder Radius

Sumber : SAP (Structure Analysis Program) Volume 14.

5. Eksterior *girder sloped max*



Gambar 2.14. Eksterior Sloped Max

Sumber : SAP (Structure Analysis Program) Volume 14.