

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Pengertian Jembatan

Pengertian jembatan menurut Veen dan Struyk (1984) adalah konstruksi yang berguna untuk menghubungkan jalan melalui suatu rintangan yang berada pada elevasi lebih rendah. Rintangan ini berupa jalan lain (jalan air maupun lalu lintas biasa). Jembatan dapat digolongkan sebagai berikut :

1. Jembatan tetap.
2. Jembatan mampu digerakkan.
  - a. Golongan 1 dibagi dalam :
    - 1) Jembatan kayu.
    - 2) Jembatan baja, terbagi atas :
      - a) Jembatan sederhana dengan lantai kendaraan berada langsung diatas gelagar.
      - b) Jembatan gelagar kembar.
      - c) Jembatan pemikul melintang dan pemikul memanjang.
      - d) Jembatan pelengkung.
      - e) Jembatan gantung.
    - 3) Jembatan beton bertulang, termasuk jembatan yang gelagarnya di dalam beton.
    - 4) Jembatan batu.

b. Golongan 2 dibagi dalam:

- 1) Jembatan yang dapat berputar diatas poros mendatar, yaitu :
  - a) Jembatan angkat.
  - b) Jembatan baskul.
  - c) Jembatan lipat Strauss.
- 2) Jembatan dapat berputar diatas poros mendatar .
- 3) Jembatan dapat berputar diatas poros tegak.
- 4) Jembatan dapat berkisar tegak lurus atau mendatar seperti:
  - a) Jembatan angkat.
  - b) Jembatan beroda.
  - c) Jembatan gojah.

## **2.2 Klasifikasi Jembatan**

Menurut Supriyadi dan Muntohar (2007) jembatan saat ini dapat diklasifikasikan dalam beberapa bentuk struktur atas jembatan sebagai berikut:

### 1. Jembatan lengkung batu

Jembatan lengkung (busur) dari batu ditemukan saat masa Babylonia. Pada perkembangan jembatan ini semakin ditinggalkan, saat ini hanya berupa sejarah.

### 2. Jembatan rangka

Jembatan rangka terbuat dari bahan kayu atau logam. Jembatan rangka kayu terbatas untuk mendukung beban yang cenderung tidak besar. Pada perkembangan ditemukan tipe rangka menggunakan rangka baja dengan berbagai macam bentuk

### 3. Jembatan gantung

Dalam kemajuan teknologi semakin banyak tuntutan untuk kebutuhan transportasi. Manusia melakukan pengembangan untuk tipe jembatan gantung dengan menggunakan bahan kabel baja. Tipe ini sering digunakan untuk rintangan dengan bentang panjang. Pemakaian tipe jembatan gantung dapat dibangun untuk bentang panjang tanpa ada pilar di tengahnya.

### 4. Jembatan beton

Beton telah banyak digunakan dalam dunia konstruksi. Kemajuan teknologi beton memungkinkan untuk dibangun dengan bentuk penampang yang bermacam-macam. Di jaman sekarang, jembatan beton ini hanya berupa beton bertulang konvensional, tetapi telah dikembangkan dengan jembatan beton prategang.

#### a. Jembatan *slab* beton bertulang

Jembatan *slab* tersusun dari plat monolit dengan bentang dari tumpuan ke tumpuan tanpa dukungan oleh gelagar atau balok melintang. Jembatan beton bertulang dengan struktur atas berupa *slab* lebih efisien digunakan untuk bentang yang relatif pendek. Hal tersebut dikarenakan berat *slab* tidak ekonomis bila digunakan pada bentang yang relatif panjang. Sistem bentang menerus akan menambah penghematan dengan pertimbangan kesederhanaan dalam desain dan pekerjaan lapangan. Pada bentang sederhana, panjang bentang ditentukan dari jarak ke pusat tumpuan.

b. Jembatan gelagar kotak

Jembatan gelagar kotak (*box girder*) terdiri dari gelagar longitudinal dengan slab pada sisi atas dan sisi bawah berbentuk rongga (*hollow*). Tipe gelagar ini sering digunakan untuk jembatan bentang panjang. Gelagar kotak dari beton prategang biasanya lebih menguntungkan untuk bentang menerus dengan panjang bentang  $\pm 100$  meter. Kelebihan dari gelagar kotak adalah tahanan terhadap beban torsi.

c. Jembatan gelagar-dek

Jembatan gelagar-dek terdiri dari gelagar utama pada arah longitudinal dengan slab beton membentang diantara gelagar. Variasi pada tipe ini salah satunya adalah jembatan beton balok-T (*T-Beam*). Tipe jembatan ini digunakan dalam konstruksi jalan raya. Kelebihan dari jembatan ini adalah lebih sederhana dalam perencanaan, relatif mudah dibangun.

5. Jembatan haubans (*cable stayed*)

Jembatan tipe ini lebih menguntungkan bila dibangun dengan bentang yang panjang. Keunggulan tipe jembatan ini ada pada kombinasi penggunaan kabel baja dan dek beton prategang.

Menurut Manu (1995) jembatan dapat dikategorikan dari kegunaannya antara lain :

1. Jembatan jalan kereta api (*railway bridge*).
2. Jembatan jalan raya (*highway bridge*).
3. Jembatan jalan pipa (*pipeway bridge*).
4. Jembatan jalan air (*waterway bridge*).

5. Jembatan pejalan kaki atau penyebrangan (*pedestrian bridge*).
6. Jembatan militer (*military bridge*).

Klasifikasi jembatan menurut kelas muatan (Bina Marga, 2007) yang dibangun setelah tahun 1988, berdasarkan persentase beban hidup yang melintasi jembatan dapat dikategorikan antara lain :

1. Jembatan Kelas A dengan standar sesuai perencanaan 100% muatan “T” dan 100% muatan “D”. Lebar jembatan adalah  $1,00 + 7,00 + 1,00$  meter.
2. Jembatan Kelas B dengan standar sesuai perencanaan 100% muatan “T” dan 100% muatan “D”. Lebar jembatan adalah  $0,50 + 6,00 + 0,50$  meter.
3. Jembatan Kelas C dengan standar sesuai perencanaan 70% muatan “T” dan 70% muatan “D”. Lebar jembatan adalah  $0,50 + 4,50 + 0,50$  meter.

### **2.3 Jembatan Beton Prategang**

Menurut Bina Marga (2011), beton prategang merupakan beton bertulang yang mengalami tegangan internal yang besar dan distribusikan sehingga dapat mengimbangi sampai batas tertentu tegangan yang terjadi diakibatkan oleh beban eksternal. Metode beton prategang merupakan salah satu solusi untuk menghadapi gaya tarik yang terjadi pada struktur beton terkhusus pada struktur beton dengan bentang relatif panjang. Sistem kabel baja yang digunakan berupa selongsong, kabel (*wire, strand, bar*) dan ankur.

#### **2.3.1 Beton prategang**

Menurut Nawy (2001), beton prategang mempunyai tinggi penampang yang lebih kecil dibanding beton bertulang dengan bentang dan beban rencana yang

sama. Tinggi penampang pada struktur beton prategang biasa direncanakan antara 65% - 80% dari tinggi penampang beton bertulang.

Lin dan Burn (1993) menjabarkan konsep yang dapat digunakan untuk menjelaskan dan menganalisa sifat dasar dari beton prategang sebagai berikut :

1. Konsep pertama adalah meninjau beton prategang sebagai bahan elastis sehingga dapat direncanakan dan dianalisa menurut tegangan sampai regangan elastis. Hal ini adalah sebuah pemikiran Eugene Freyssinet yang menggambarkan beton dari bahan getas menjadi bahan yang elastis dengan memberi tekanan berlebihan dahulu pada bahan tersebut. Konsep ini memunculkan kriteria “tidak ada tegangan tarik” pada beton.
2. Konsep kedua adalah meninjau beton prategang serupa dengan beton bertulang lalu meninjau kekuatan batasnya. Untuk konsep *ultimate*, analisa dengan kekuatan *ultimate* beton prategang hampir sama dengan beton bertulang.
3. Konsep ketiga meninjau beton prategang digunakan untuk menyeimbangkan gaya yang terjadi pada struktur. Konsep ini dikenal dengan metode Penyeimbang Beban (*Load Balancing Methode*).

### 2.3.2 Baja prategang

Pada beban layan yang tinggi, penggunaan kabel baja dan beton mutu tinggi akan lebih efisien. Baja dengan tegangan elastis tinggi cocok digunakan untuk beton prategang. Penggunaan baja tulangan mutu tinggi tidak hanya suatu keuntungan, tetapi merupakan suatu keharusan. Prategang menghasilkan elemen yang lebih ringan, bentang yang lebih panjang dan biaya yang ekonomis bila dilihat pada segi pemasangannya dibandingkan dengan beton bertulang biasa.

Kabel baja (tendon) yang digunakan pada beton prategang terdapat tiga macam, yaitu :

1. Kawat tunggal (*wire*), biasa dipakai sebagai baja prategang untuk beton prategang sistem pratarik (*pretension*).
2. Kawat untaian (*strands*), biasa dipakai sebagai baja prategang untuk beton prategang sistem paskatarik (*post tension*).
3. Kawat batangan (*bar*), biasa dipakai sebagai baja prategang untuk beton prategang sistem pratarik (*pretension*).

Kawat tunggal yang dipakai untuk beton prategang disyaratkan dengan spesifikasi yang terdapat ASTM A 421. Kawat berupa untaian (*strands*) yang digunakan harus memenuhi syarat yang terdapat ASTM A 416. Untaian kawat (*strands*) yang banyak digunakan berupa untaian tujuh kawat.

### 2.3.3 Tipe gelagar jembatan beton prategang

Menurut AASHTO-PCI (2011), gelagar jembatan beton prategang memiliki beberapa tipe, antara lain :

#### 1. Balok Penampang I (*I-beam*)

Balok penampang I tersebut memusatkan gaya yang berada pada daerah serat paling luar sehingga lebih sesuai digunakan dalam mendukung gaya tekan baik saat kondisi peralihan maupun beban kerja dan beban *ultimate*. Berdasarkan AASHTO-PCI, balok penampang I memiliki tipe I-VI efektif digunakan pada bentang antara 23 m sampai 46 m.

## 2. Balok Penampang T (*T-beam*)

Balok penampang T memiliki kelebihan dimana perbandingan beban mati lebih besar dari beban hidup. Menurut AASHTO-PCI, balok penampang T memiliki tipe BT - 54, BT - 63, BT - 72 yang efektif digunakan pada bentang antara 38 m sampai 47 m.

## 3. Balok Penampang U

Balok penampang U merupakan tipe balok yang sering digunakan untuk jembatan layang serta memiliki kelebihan pada susunan tendon yang berpasangan sehingga saat penarikan kabel *strands* harus menggunakan dua dongkrak sekaligus pada *girder*. Menurut AASHTO-PCI, penampang U memiliki tipe U-40, 54, 66G5, 78G5 dan efektif digunakan dengan bentang antara 32 m sampai 41 m.

## 4. Balok Penampang Kotak (*Box Girder*)

Balok penampang kotak biasa digunakan sebagai balok langsing dimana beban yang bekerja adalah beban lateral sehingga perlu penyeimbang terhadap beban lateral dan momen puntir. Menurut AASHTO-PCI, balok penampang kotak memiliki 2 tipe yaitu tipe 36 dan 48 dengan nomor seri B-I sampai B-IV yang efektif dipakai pada bentang antara 24 m sampai 37 m.

### 2.4 Cara Penegangan Beton Prategang

Menurut Lin dan Burns (1982), cara penegangan untuk beton prategang ada dua acara, yaitu *Pre-tensioned Prestressed Concrete* dan *Post-tensioned Prestressed Concrete*.



#### 2.4.1 *Pre-tensioned prestressed concrete*

Berdasarkan Lin & Burn (1982) cara penegangan *pre-tension* dilakukan dengan tendon ditegangkan sebelum beton dicor atau sebelum beton mengeras dan gaya prategang dipertahankan sampai beton mengeras. Setelah kekuatan beton sesuai dengan yang diperlukan, tegangan pada jangkar dilepas perlahan dan baja terjangkar pada ujung komponen.

Gaya prategang akan didistribusikan ke beton melalui panjang transmisi tertentu yang tergantung pada kondisi penampang, bentuk profil baja, diameternya dan kekuatan beton. Gaya prategang juga dipengaruhi efek penjangkaran pada ujung baja prategang yang cenderung kembali ke ukuran diameter semula.

Kelebihan dari metode *pre-tensioned prestressed concrete* adalah sebagai berikut :

1. Daya lekat bagus dan kuat terjadi diantara baja prategang dan beton pada keseluruhan panjang.
2. Supervisi yang cenderung mudah dikerjakan, sebab biasanya *pretensioning* dikerjakan di pabrik.
3. Curing dari beton lebih mudah dilakukan.

#### 2.4.2 *Post-tensioned prestressed concrete*

Berdasarkan Lin dan Burn (1982), cara penegangan *post-tension* adalah metode dimana setelah beton mengeras, baja yang tidak melekat pada beton diberi tegangan. Pada metode ini, beton dicor dahulu dan dibiarkan mengeras lalu diberi gaya prategang. Baja dapat ditempatkan dalam posisi seperti profil yang telah ditentukan, lalu dilakukan pengecoran dalam beton, dilakukan penyelubungan baja

dengan membuat saluran atau pipa untuk tempat kabel untuk menghindari lekatan baja dengan beton.

Bila kekuatan beton yang diperlukan telah dicapai, maka baja ditegangkan pada ujungnya dan dijangkar. Gaya prategang didistribusikan ke beton melalui jangkar pada saat baja ditegangkan dan beton ditekan.

Profil baja yang lengkung biasa digunakan pada *post-tensioning* karena memungkinkan pendistribusian yang efektif pada gaya prategang dalam penampang-penampang yang dikehendaki.

Baja tegangan dapat berupa kawat (*wire*) atau untaian (*strands*), kabel yang terdiri dari kawat terpisah atau untaian, atau batang campuran yang ditempatkan dalam pipa atau saluran, alur terbuka atau tertanam dalam beton, atau sama sekali diluar beton

## **2.5 Sistem Pembebanan**

Menurut Standarisasi Nasional Indonesia (2016) tentang “Pembebanan Untuk Jembatan” data pembebanan diuraikan sebagai berikut :

### 1. Beban mati atau berat sendiri (*MS*)

Berat sendiri (*self weight*) merupakan berat bahan dan bagian jembatan itu sendiri yang termasuk elemen struktural.

### 2. Beban mati tambahan (*MA*)

Beban mati tambahan merupakan berat dari seluruh bahan yang menjadi beban pada jembatan berupa elemen non-struktural, dan besaran beban dapat berubah selama umur jembatan. Beban tambahan yang diperhitungkan seperti:

#### a. Penambahan lapisan perkerasan (*overlay*).

- b. Genangan air hujan bila sistem drainase tidak bekerja dengan baik.
- c. Instalasi tiang listrik dan instalasi mekanikal elektrik.

3. Beban lajur “D” (*TD*)

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

4. Beban truk “T” (*TT*)

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 kontak antara kendaraan yang melintas dengan jembatan. Besar 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 perencanaan, FBD dinyatakan sebagai beban statis ekuivalen.

6. Gaya rem (*TB*)

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

7. Beban pedestrian atau pejalan kaki (*TP*)

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

8. Beban angin (*EW*)

Beban angin yang mempengaruhi jembatan dapat dibedakan 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 perhitungan tegangan dan deformasi struktur yang terjadi akibat pengaruh temperatur, digunakan perbedaan temperatur yang besarnya setengah dari selisih antara temperatur maksimum dan temperatur minimum rerata pada lantai jembatan.

10. Beban gempa (*EQ*)

Beban gempa yang dipertimbangkan dalam perancangan jembatan dapat 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)