



# DASAR PERENCANAAN JEMBATAN CABLE - STAY

Lanneke Tristanto

## RINGKASAN

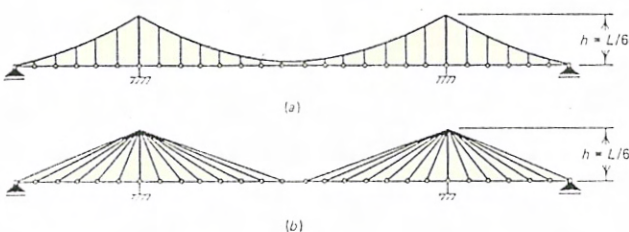
Jembatan cable-stay adalah jembatan berjenis majemuk. Lantai jembatan merupakan jenis gelagar, pelat atau rangka yang digantung pada susunan cable-stay yang berjenis menyebar- radiating, sejajar-harp, kipas-fan, bintang-star atau susunan kabel kombinasi. Dasar perencanaan bentuk beberapa jenis jembatan cable-stay dibahas secara singkat dalam makalah ini.

## SUMMARY

A cable stay bridge is a multitype bridge. The superstructure is a girder, slab or truss type, which is supported by the cable-stay system with a radiating-harp-fan-star arrangement or a combined cable arrangement. The basics of design for several cable stay bridge types briefly explained in this paper.

## 1. PENDAHULUAN

Jembatan cable-stay adalah sebenarnya suatu struktur bangunan atas (gelagar, pelat atau rangka) diatas beberapa perletakan. Perletakan tidak berada dibawah melainkan diatas struktur lantai. Perletakan atau stay tersebut tidak dibebani oleh tekan melainkan tarik. Stay tidak vertikal, tetapi tedapat sudut  $\alpha$  (dengan  $\alpha$  90 derajat) antara stay dan sumbu memanjang jembatan (lihat gambar 1).



Gambar 1. Struktur kabel : a. jembatan gantung, b. jembatan cable-stay

Cable-stay memikul lantai jembatan. Bila beban mati lantai adalah  $q_d/m^2$ , lebar lantai jembatan adalah  $b$  dan jarak antara dua sistim stay adalah  $l_s$  (dalam arah

bentang), gaya tarik  $N_d$  dalam stay dapat dihitung sebagai berikut :

$$N_d = b \cdot l_s \cdot q_d / \sin \alpha$$

Selain terjadi gaya tarik  $N_d$  dalam stay, komponen horisontal yaitu gaya tekan  $N_h$  bekerja dalam lantai :

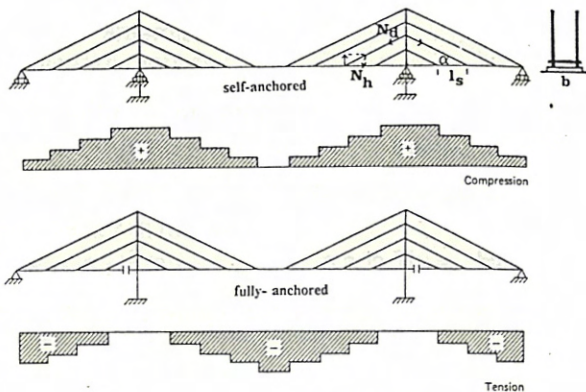
$$N_h = b \cdot l_s \cdot q_d / \tan \alpha$$

Dengan demikian penjangkaran dari setiap stay menimbulkan gaya horisontal dalam struktur lantai. Struktur lantai telah diperkuat oleh kabel luar atau prategang luar - external prestressing. Kabel yang berada diatas struktur lantai dijangkar kedalam menara - pilon. Sebagai hasil, gaya tekan dalam lantai jembatan dengan stay sejajar meningkat dari nol (atau tarik) di tengah bentang sampai  $\approx 0.5 b \cdot l_s \cdot q_d / \tan \alpha$  di dekat perletakan menara (lihat Gambar 2.) Perlu diperhatikan bahwa pada jembatan dengan stay jenis kipas, sudut  $\alpha$  berlainan untuk setiap stay.

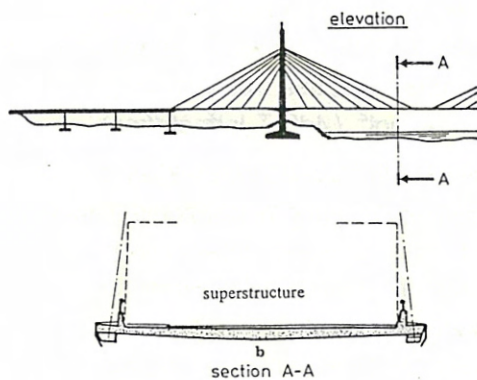
Jembatan cable stay merupakan penerapan khas untuk beton struktural dengan prategang luar (lihat Gambar 3). Pelat lantai harus diberi tulangan atau prategang. Daerah penyaluran dari gaya stay kedalam pelat lantai harus didetail sangat teliti. Perhatian



husus harus diberikan pada distribusi gaya stay pada lebar pelat lantai. Hal ini tergantung pada jarak antara stay, dalam arah bentang atau antara dua stay dalam satu potongan, bila prategang dalam pelat diperlukan dalam arah bentang dan dalam arah melintang. Umumnya kekakuan pelat lantai adalah kecil. Dengan demikian bentang besar dari pelat lantai antara dua stay yang berdekatan harus dihindari. Perhatian khusus juga harus diberikan pada bentuk memanjang dari struktur jembatan.



Gambar 2. Jembatan jenis stay sejajar dan gaya aksial dalam lantai.



Gambar 3. Jembatan jenis stay kipas dengan bangunan atas beton.

## 2. KONFIGURASI CABLE-STAY

Ikhtisar dari berbagai jenis kabel serta kombinasinya diberikan dalam tabel 1, dimana terlihat bahwa ter-

dapat banyak variasi dan kombinasi susunan kabel yang mungkin.

## 3. PERHITUNGAN GAYA CABLE-STAY

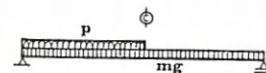
Tabel 1. Konfigurasi cable stay arah memanjang

| Single | Double | Triple | Multiple | Comined |           |
|--------|--------|--------|----------|---------|-----------|
|        |        |        |          |         | Radiating |
|        |        |        |          |         | Harp      |
|        |        |        |          |         | Fan       |
|        |        |        |          |         | Star      |

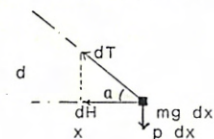
### Jenis menyebar tunggal - single radiating



Komponen gaya horisontal kabel:  $H$  tinggi menara diatas lantai:  $d$  bentang utama:  $l$



Berat sendiri  $mg$  simetrik beban hidup  $p$  asimetrik



Keseimbangan gaya pada berat sendiri dan beban hidup

Komponen horisontal gaya tarik kabel dihitung sebagai berikut :

$$dT \cos a = dH$$

$$mg dx = dT \sin a = dH \tan a$$

$$dH (d/x) = mg dx$$

$$dH = (mg x/d) dx \text{ dan } dH' = (p x/d) dx$$

$$H = \int_0^{l/2} \frac{mg x dx}{d} = \frac{mg l^2}{8d}$$

$$H' = \int_0^{l/2} \frac{p x dx}{d} = \frac{p l^2}{8d}$$

gaya geser di menara :

$$H + H' = mgl^2/8d + pl^2/8d$$

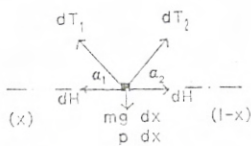
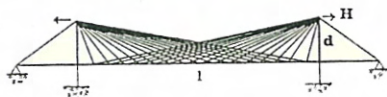
momen lentur di menara :

$$Hd + H'd = mg l^2/8 + p l^2/8$$

gaya aksial memanjang maksimum dalam lantai:

$$H + H'$$

### Jenis menyebarkan ganda - double radiating



keseimbangan gaya pada berat sendiri simetris dan beban hidup asimetris

Komponen horizontal gaya tarik kabel dihitung sebagai berikut :

$$dT_1 \cos \alpha_1 = dT_2 \cos \alpha_2 = dH$$

$$dT_1 \sin \alpha_1 + dT_2 \sin \alpha_2 = mg dx$$

$$dH (\tan \alpha_1 + \tan \alpha_2) = mg dx$$

$$dH \left\{ \frac{d}{x} + \frac{d}{(l-x)} \right\} = mg dx$$

$$dH = mg x (l-x) dx / l d \quad \text{dan}$$

$$dH' = p x (l-x) dx / l d$$

$$H = \int_0^{l/2} \frac{mg (lx - x^2) dx}{ld} = \frac{mg l^2}{6d}$$

$$H' = \int_0^{l/2} \frac{p (lx - x^2) dx}{ld} = \frac{p l^2}{12d}$$

gaya geser di menara :

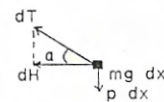
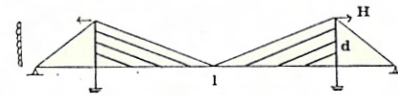
$$H + H' = mgl^2/6d + pl^2/12d$$

momen lentur di menara :

$$Hd + H'd = mgl^2/6 + pl^2/12$$

gaya aksial memanjang tidak terjadi dalam lantai

### Jenis sejajar tunggal - single harp



keseimbangan gaya pada berat sendiri mg simetris dan beban hidup p asimetris

komponen horizontal gaya tarik kabel dihitung sebagai berikut :

$$dT \sin \alpha = mg dx$$

$$dH = dT \cos \alpha$$

$$= mg dx \cos \alpha / \sin \alpha = (mgl/2) dx / d$$

$$dH' = (pl/2) dx / d$$

$$H = \int_0^{l/2} \frac{mg l dx}{2d} = \frac{mg l^2}{4d}$$

$$H' = \int_0^{l/2} \frac{p l dx}{2d} = \frac{p l^2}{4d}$$

gaya geser di menara :  $H + H' = mgl^2/4d + pl^2/4d$

gaya geser merata pada menara :

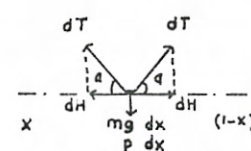
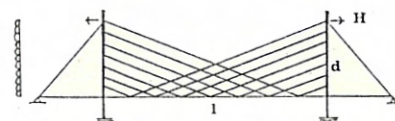
$$(H + H')/d = mgl^2/4d^2 + pl^2/4d^2$$

momen lentur di menara :  $mgl^2/8 + pl^2/8$

gaya aksial memanjang maksimum dalam lantai :

$$H + H'$$

### Jenis sejajar ganda - double harp



keseimbangan gaya pada berat sendiri mg simetris dan beban hidup p asimetris



komponen horisontal gaya tarik kabel dihitung sebagai berikut :

$$2 dT \sin a = mg dx$$

$$\begin{aligned} dH &= dT \cos a \\ &= mg dx / 2 \tan a = mg (1-x) dx / 2d \end{aligned}$$

$$dH' = p (1-x) dx / 2d$$

$$H = \int_0^1 \frac{mg (1-x) dx}{2d} = \frac{mg l^2}{4d}$$

$$H' = \int_0^{1/2} \frac{p (1-x) dx}{2d} = \frac{3 p l^2}{16d}$$

gaya geser di menara :

$$H + H' = mgl^2/4d + 3 pl^2 / 16d$$

gaya geser merata pada menara :

$$(H + H')/d = mgl^2 / 4d^2 + 3 pl^2 / 16d^2$$

momen lentur di menara :

$$mgl^2 / 8 + 3 pl^2 / 32$$

gaya aksial memanjang tidak terjadi dalam lantai

ngan penjangkaran berjarak merata dan lebih dekat, sehingga gelagar utama lantai dapat diperkecil dan tidak perlu diperkuat pada gelagar melintang. Demikian juga, gaya kabel pada menara lebih merata dan tidak terjadi pemusatan

- iv. Kabel dapat dijangkar kedalam menara atau disalurkan melalui pelana. Bila jumlah kabel sedikit, lebih baik digunakan sistem pelana. Bila jumlah kabel banyak, lebih baik digunakan sistem penjangkaran.

#### 4.2. Saran

- i. Perlindungan korosi untuk cable-stay perlu dipertimbangkan dan dijamin.
- ii. Penjangkaran cable-stay pada lantai dan menara perlu direncanakan dengan sek-sama.
- iii. Perilaku cable-stay pada pembebanan dinamik perlu dipertimbangkan dari segi keamanan dan kenyamanan.

## 4. KESIMPULAN DAN SARAN

### 4.1 Kesimpulan

- i. Luas masing-masing kabel pada sistem ganda - sejajar dan kipas - adalah lebih kecil dibanding sistem kabel tunggal. Tetapi berat total kabel pada sistem ganda adalah lebih besar dibanding sistem tunggal.
- ii. Penggunaan jumlah kabel yang sedikit menghasilkan gaya tarik besar yang memerlukan penjangkaran berat dan rumit untuk lantai maupun untuk menara, yang disebabkan oleh pemusatan beban. Selain ini, lantai mempunyai bentang lebih besar antara perletakan sehingga memerlukan dimensi lebih besar. Demikian juga, gelagar melintang perlu diperkuat untuk menyalurkan gaya terpusat pada penjangkaran kabel.
- iii. Penggunaan jumlah kabel yang banyak mempunyai keuntungan bahwa hubu-

## 5. Pustaka

- i. Structural Concrete - Theory and its application , A.S.G. Bruggeling, A.A. Balkema/Rotterdam/Brookfield/1991
- ii. Construction and Design of Cable-Stayed Bridges, Walter Podolny Jr. and John B. Scalzi, John Wiley and Sons, 1976.
- iii. Cable Structures, H.M Irvine, University of New South Wales, Australia.

Penulis :

*Ir. Lanneke Tristante, Ajun Peneliti Bidang Konstruksi Bangunan Pelengkap Jalan. Bekerja di Direktorat Bina Program Jalan, Bina Marga tahun 1970 - 1979. Dan di Pusat Litbang Jalan tahun 1979 - Sekarang.*