# BAB II

## STUDI PUSTAKA

### 2.1 Beban

#### 2.1.1 Jenis Beban

Jembatan kereta api harus menahan jenis beban sebagai berikut :

1. Beban Mati
2. Beban Hidup
3. Beban Kejut
4. Beban Horizontal :
    a. Beban Setrifugal
    b. Beban Lateral Kereta
    c. Beban Rem dan Traksi
    d. Beban Rel Panjang Longitudinal
5. Beban Angin
6. Beban Gempa

Apabila ditetapkan didalam persyaratan, efek beban berikut ini juga harus dipertimbangkan ;

1. Perubahan temperatur
2. Pemuaian, penyusutan dan/ atau rangkak dari beton
3. Penurunan

4. dan lain – lain.

## 2.2 Beban Mati

Beban mati terdiri dari berat sendiri komponen struktur baja, berat sendiri rel, bantalan, dan balas.

Beban jenis bahan yang biasanya dalam perhitungan beban mati adalah sebagai berikut :

**Tabel 2.2-1** Berat Jenis Bahan

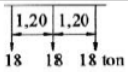
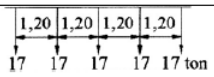
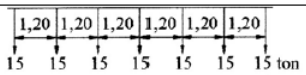
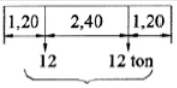
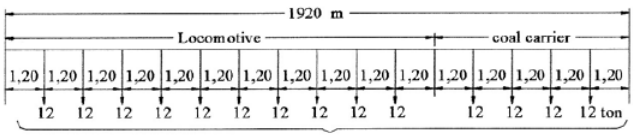
| **Material** | **Satuan** |
|---|---|
| Baja, Baja cor | 78.50 KN/$m^3$ |
| Besi Cor | 72.50 KN/$m^3$ |
| Kayu | 8 KN/$m^3$ |
| Beton | 24 KN/$m^3$ |
| Aspal Anti Air | 11 KN/$m^3$ |
| Ballast Gravel atau Batu Pecah | 19 KN/$m^3$ |

*Sumber : Standar Teknis Kereta Api Indonesia Untuk Jembatan Baja, 2006*

## 2.3 Beban Hidup

Beban Kereta yang akan digunakan sebagai beban hidup adalah 100% RM 1921, sebagaimana tertera pada tabel di bawah. Perhitungan menunjukan bahwa biasanya 100% RM 1921 merupakan beban yang paling membahayakan.

**Tabel 2.3-1** Skema Pembebanan RM 1921

| JUMLAH GANDAR | SKEMA PEMBEBANAN 100% RM 1921 |
|---|---|
| 1 GANDAR |  |
| 2 GANDAR |  |
| 3 GANDAR |  |
| 4 ATAU 5 GANDAR |  |
| 6 ATAU 7 GANDAR |  |
| MENGGUNAKAN GERBONG DENGAN NILAI TIDAK TERTENTU<br>Beban Total = 24 ton atau 5 ton/m$^1$ |  |
| > 8 GANDAR<br>Beban Total 168 ton atau 8.75 ton/m$^1$ |  |

*Sumber : Standar Teknis Kereta Api Indonesia Untuk Jembatan Baja, 2006*

## 2.4 Beban Kejut

Beban kejut diperoleh dengan mengalikan faktor ***i*** terhadap beban kerata. Perhitungan paling sederhana untuk faktor ***i*** adalah dengan menggunakan rumus sebagai berikut.

a. Untuk rel pada alas balas $$\boldsymbol{i} = 0.1 + \frac{22.5}{50+\boldsymbol{L}} \quad (2.4\text{-}1)$$

b. Untuk rel pada peletakan kayu $$\boldsymbol{i} = 0.2 + \frac{25}{50+\boldsymbol{L}} \quad (2.4\text{-}2)$$

c. Untuk rel secara langsung pada baja $$\boldsymbol{i} = 0.3 + \frac{25}{50+\boldsymbol{L}} \quad (2.4\text{-}3)$$

Dimana ***i*** = faktor kejut, ***L*** = panjang bentang (m)

## 2.5 Beban Horizontal

### 2.5.1 Beban Sentrifugal

Beban Sentrifugal diperoleh dengan mengalikan faktor α terhadap beban kereta. Beban bekerja pada pusat gaya berat kereta pada arah tegak lurus rel secara horizontal.

$$\alpha = \frac{V^2}{127\ R} \qquad (2.5.1\text{-}3)$$

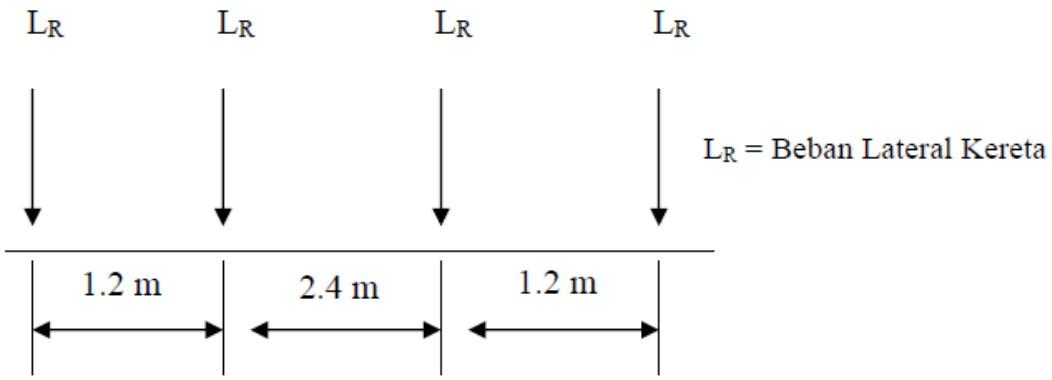
dimana : α = koefisien beban sentrifugal

V = kecepatan maksimum kereta pada tikungan (km/jam)

R = radius tikungan (m)

### 2.5.2 Beban Lateral Kereta

Beban lateral kereta adalah sebagaimana ditunjukan pada Gambar 2.5.2-1. Beban bekerja pada bagian atas dan tegak lurus arah rel, secara horizontal. Besaran adalah 15% atau 20% dari beban gandar untuk masing – masing lokomotif atau kereta listrik/diesel.




**Gambar 2.5.2-1** Beban Lateral

*Sumber : Standar Teknis Kereta Api Indonesia Untuk Jembatan Baja, 2006*

### 2.5.3 Beban Pengereman dan Traksi

Beban Pengereman dan Traksi masing – masing adalah 25% dari beban kereta, bekerja pada pusat gaya berat kereta ke arah rel (secara longitudinal).

### 2.5.4 Beban Rel Panjang Longitudinal

Beban rel panjang longitudinal pada dasarnya adalah 10 KN/m, maksimum 2000 KN.

## 2.6 Beban Angin

Beban angin bekerja tegak lurus rel, secara horizontal , tipikal nilainya adalah

a. 3.0 kN/m pada areal proyeksi vertikal jembatan tanpa kereta di atasanya. Namun demikian, 2.0 kN/m2 pada areal proyeksi rangka batang pada arah datangnya angin, tidak termasuk areal sistem lantai.
b. 1.5 kN/m pada areal kereta dan jembatan, dengan kereta diatasnya, pengecualian 1.2 kN/m2 untuk jembatan selain gelagar dek/rasuk atau

jembatan komposit, sedangkan 0.8 kN/m2 untuk areal proyeksi rangka batang pada arah datangnya angin.

## 2.7 Beban Gempa

Metode paling sederhana untuk menganalisa beban gempa adalah metode pergeseran dasar (atau metoda koefisien gempa), dimana beban ditetapkan sebagai berikut :

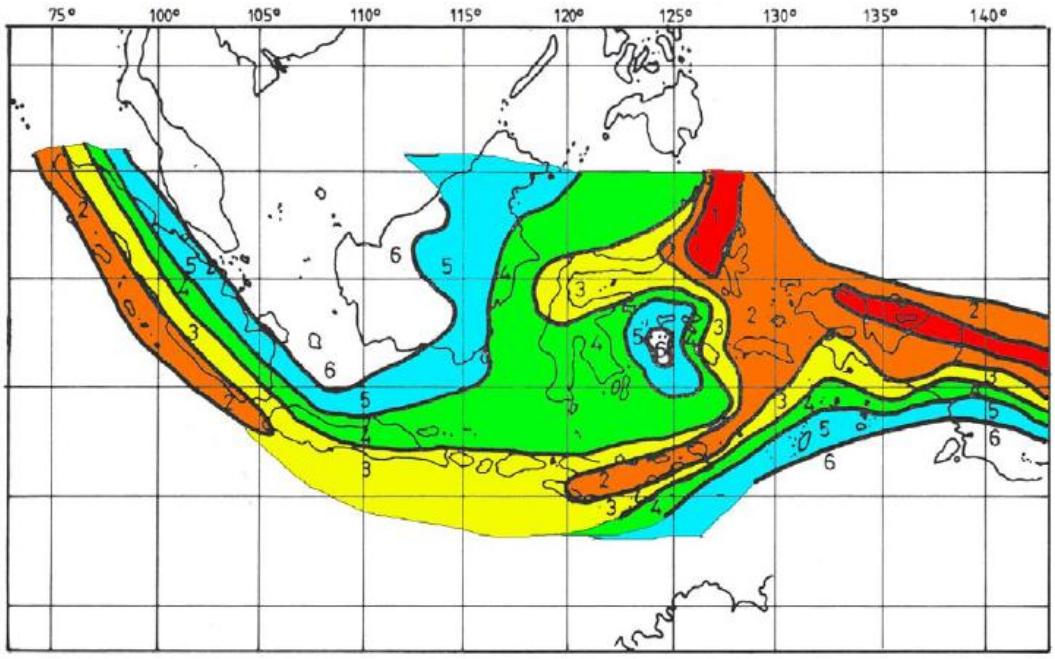
$$Kh = Kr \quad \text{atau} \quad Kv = 0.5\ Kh \qquad (2.7\text{-}1)$$

Dimana : Kh = koefisien gempa horizontal

Kv = koefisien gempa vertikal

Kr = koefisien respos gempa

Zona gempa mengacu pada Standar Indonesia SNI 03-2833-1992: Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Jembatan.




**Gambar 2.7-1** Zona Gempa

*Sumber : Standar Teknis Kereta Api Indonesia Untuk Jembatan Baja, 2006*

## 2.8 Tipe Jembatan Kereta Api

Tipe jembatan kereta api dibagi kedalam empat tipe dasar tergantung dari bentuk posisi struktur. Sketsa tipikal ditunjukan untuk Gelagar Dinding (Through Girder) pada Gambar 2.8.1-1, Gelagar Rasuk (Deck Girder) pada Gambar 2.8.2-1, Rangka Dinding (Trough Truss) pada Gambar 2.8.3-1, dan Rangka Rasuk (Deck Truss) pada Gambar 2.8.4-1.

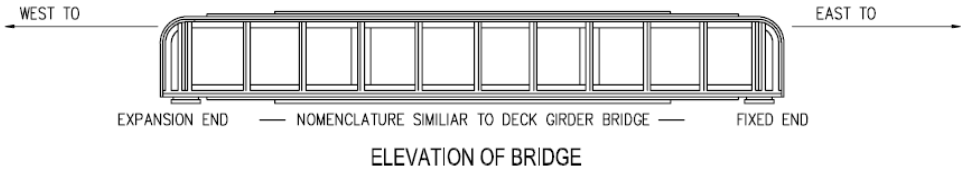
### 2.8.1 Jembatan Gelagar Dinding (Trough Girder Bridge)

Jembatan Gelagar Dinding (Trough Girder) adalah jembatan dimana elevasi di dekat bagian bawah dan kereta melintas langsung di antara gelagar. Gelagar adalah komponen lentur yang merupakan komponen atas utama atau primer dan yang menerima beban dari balok lantai dan balok memanjang.



**Gambar 2.8.1-1** Jembatan Gelagar Dinding (Trough Gider Bridge) 3D

*Sumber : atlaso.com*




**Gambar 2.8.1-2** Jembatan Gelagar Dinding (Trough Gider Bridge) 2D

*Sumber : Standar Teknis Kereta Api Indonesia Untuk Jembatan Baja, 2006*

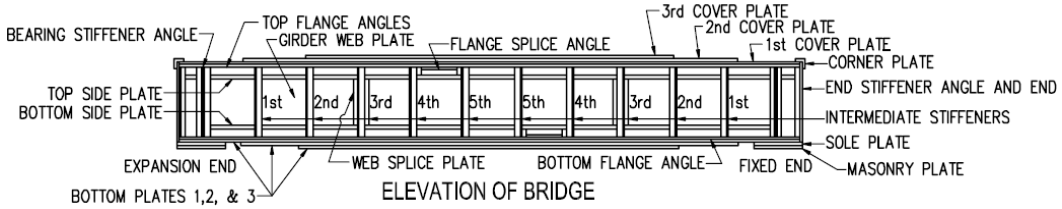
### 2.8.2 Jembatan Gelagar Rasuk (Deck Girder Bridge)

Jembatan Gelagar Rasuk (Deck Girder Bridge) adalah jembatan dimana komponen penahan seluruhnya berada di bawah jalan rel.



**Gambar 2.8.2-1** Jembatan Gelagar Rasuk (Deck Girder Bridge) 3D

*Sumber : osbornsmodels.com*




**Gambar 2.8.2-2** Jembatan Gelagar Rasuk (Deck Girder Bridge) 2D

*Sumber : Standar Teknis Kereta Api Indonesia Untuk Jembatan Baja, 2006*

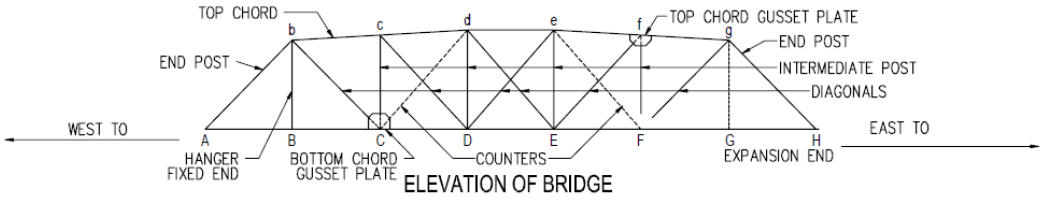
### 2.8.3 Jembatan Rangka Dinding (Trough Truss Bridge)

Jembatan Rangka Dinding (Trough Truss Bridge) adalah Jembatan dimana kereta melewati langsung jembatan rangka. Rangka adalah struktur gabungan yang terdiri dari masing – masing komponen yang disusun dan disambungkan biasanya dengan pola segitiga, dan memindahkan beban kereta sebagai struktur atas penahan utama.



**Gambar 2.8.3-1** Jembatan Rangka Dinding (Trough Truss Bridge) 3D

*Sumber : atlasrr.com*




**Gambar 2.8.3-2** Jembatan Rangka Dinding (Trough Truss Bridge) 2D

*Sumber : Standar Teknis Kereta Api Indonesia Untuk Jembatan Baja, 2006*

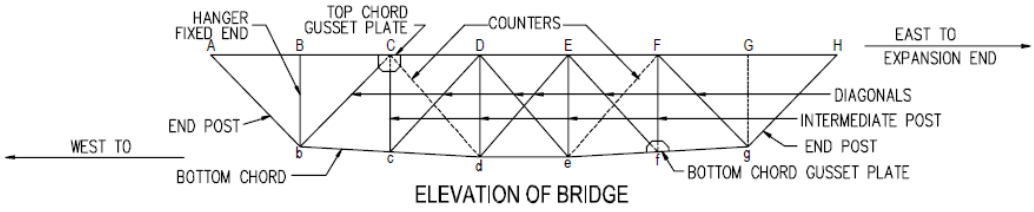
### 2.8.4 Jembatan Rangka Rasuk (Deck Truss Bridge)

Jembatan Rangka Rasuk (Deck Truss Bridge) adalah jembatan dimana rangka berada dibawah rel kereta .



**Gambar 2.8.4-1** Jembata Rangka Rasuk (Deck Truss Bridge) 3D

*Sumber : gaugemaster.com*




**Gambar 2.8.4-2** Jembata Rangka Rasuk (Deck Truss Bridge) 2D

*Sumber : Standar Teknis Kereta Api Indonesia Untuk Jembatan Baja, 2006*

## 2.9 Komponen Jembatan

### 2.9.1 Struktur Bawah

Struktur bawah jembatan merupakan struktur yang dibangun untuk mentransfer gaya pada struktur atas jembatan (jembatan rangka dan beban hidup) langsung ke tanah. Pada umumnya struktur bawah dapat berupa kepala jembatan (abutment) dan pilar (piers).

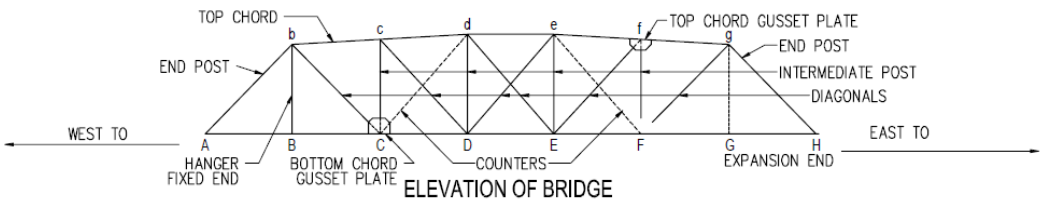
### 2.9.2 Struktur Atas

Struktur atas terdiri dari beberapa komponen yang lebih banyak dibandingkan dengan komponen struktur bawah jembatan. Komponen tersebut secara umum berupa rangka utama, portal ujung (end post), gelagar melintang, gelagar

memanjang atas atau bawah (top chords) dan (bottom chords), ikatan angin / lateral bracing, plat buhul atas atau plat buhul bawah (top chord gusset plate) dan (bottom chord gusset plate) , hanger fixed end, counters dan lantai kendaraan.

### 2.9.2.1 Rangka Utama

Rangka utama merupakan pemikul utama keseluruhan beban jembatan, pada jembatan rangka rasuk memiliki rangka utama sebagai berikut diantaranya adalah gelagar atas(top chord), gelagar bawah (bottom chord), gelagar diagonal (diagonals), hanger fixed end dan counters.




**Gambar 2.9.2.1-1** Komponen Rangka Utama Jembatan Rangka Rasuk (Deck Truss Bridge) 2D

*Sumber : Standar Teknis Kereta Api Indonesia Untuk Jembatan Baja, 2006*

### 2.9.2.2 Portal Ujung (End Post)

Portal ujung merupakan rangkaian profil baja yang terletak pada ujung jembatan rangka. Portal ujung harus kaku sehingga dapa menahan bebaan horizontal, terutama akibat angin. Sehingga portal ujung akan memiliki dimensi yang besar dibandingkan dengan rangka lain.



**Gambar 2.9.2.2-1** Portal Ujung (End Post)

*Sumber : Wikipedia.org*

### 2.9.2.3 Gelagar Melintang (Cross Girder / Cross Beam)

Gelagar melintang bawah (Cross Girder) memikul beban kendaraan atau beban hidup lainnya melalui gelagar memanjang (stringer ) dimana gelagar melintang atas sebagai penyalur beban angin dan memperkaku struktur atas jembatan.

### 2.9.2.4 Gelagar Memanjang (Stringer)

Gelagar memanjang menyalurkan beban beban lantai kendaraan (beban mati, dan beban hidup)hal ini dikarenakan gelagar memanjang menumpu gelagar melintang. Gelagar memanjang ini mempunya dimensi sama dengan portal ujung jembatan.

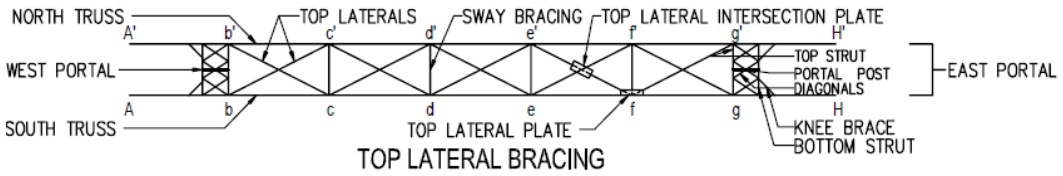


**Gambar 2.9.2.4-1** Gelagar Memanjang

*Sumber : heritage.kereta-api.co.id*

### 2.9.2.5 Ikatan Angin (Lateral Bracing)

Ikatan angin merupakan rangkaian baja yang berfungsi sebagai penahan gaya angin ikatan angin ini biasanya terletak pada atas gelagar memanjang.




**Gambar 2.9.2.5-1** Ikatan Angin (Lateral Bracing)

*Sumber : Standar Teknis Kereta Api Indonesia Untuk Jembatan Baja, 2006*

### 2.9.2.6 Pelat Buhul (Gusset Plate)

Pelat buhul adalah satu komponen jembatan yang berfungsi sebagai penghubung atau sambungan antara rangkaian profil – profil jembatan. Profil – profil rangka ini disambungkan melalui pelat buhul dengan menggunakan baut atau sambungan las. Pelat buhul harus mempunyai ketebalan yang lebih besar dibandingkan dengan profil pelat pada baja. Hal ini dikarenakan semua gaya yang bekerja pada struktur utama disalurkan melalui pelat buhul ini.

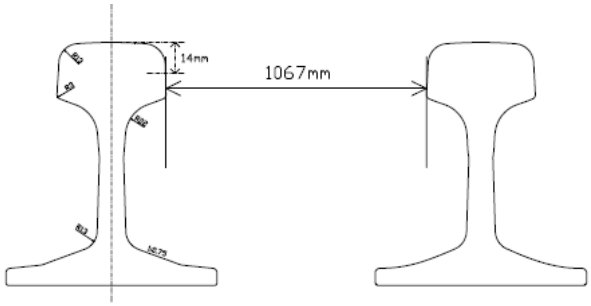


**Gambar 2.9.2.2-1** Pelat Buhul (Gusset Plate)

*Sumber : cesco.com*

### 2.9.2.7 Lantai Kendaraan

Lantai Kendaraan merupakan komponen utama jembatan yang berkontak langsung dari beban kendaraan pada jembatan. Konstruksi jalan rel (bantalan dan rel) merupakan lantai kendaraan untuk jembatan kereta api.

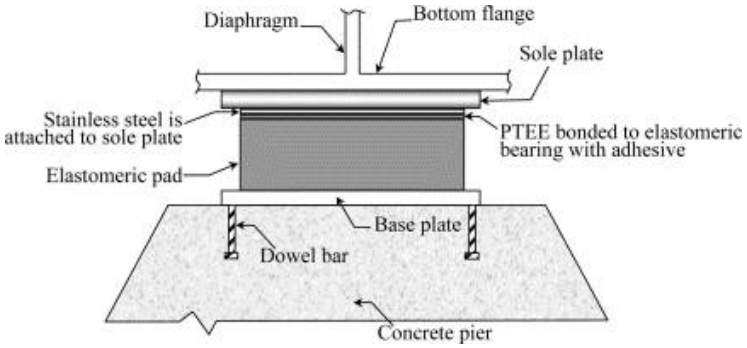



**Gambar 2.9.2.7-1** Rel Kereta Api

*Sumber : Standar Teknis Kereta Api Indonesia Untuk Jembatan Baja, 2006*

### 2.9.2.8 Elastomeric Bridge Bearing (Bantalan Karet Jembatan)

Elastomeric Bridge Bearing ( Bantalan Karet Jembatan ) adalah sebuah komponen pada jembatan yang berbentuk karet dan berisikan pegas (per) di dalmanya, yang berfungsi sebagai tumpuan untuk memperkecil tumbukan akibat gaya vertikal pada jembatan. Gaya vertikal ini selanjutnya akan dilanjutkan menuju abutment hingga pondasi.




**Gambar 2.9.2.8-1** Elastomeric Bridge Bearing ( Bantalan Karet Jembatan )

*Sumber : bearingpad.blogspot.co.id*

## 2.10 Jenis Tumpuan

Tumpuan ialah tempat perletakan konstruksi atau dukungan bagi konstruksi dalam meneruskan gaya-gaya yang bekerja ke pondasi.

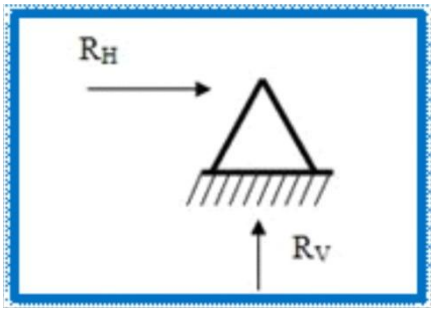


**Gambar 2.10-1** Tumpuan Pada Jembatan Rangka

*Sumber : belajarilmubangunan.blogspot.com*

### 2.10.1 Tumpuan Sendi

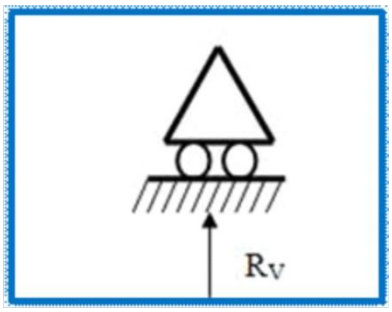
Tumpuan sendi sering disebut juga sebagai tumpuan engsel, karena cara kerjanya mirip dengan engsel. Tumpuan mampu memberikan reaksi gaya horizontal dan vertikal, artinya tumpuan sendi dapat menahan gaya vertikal maupun gaya horizontal dan tidak dapat menahan momen.




**Gambar 2.10.1-1** Tumpuan Sendi

### 2.10.2 Tumpuan Rol

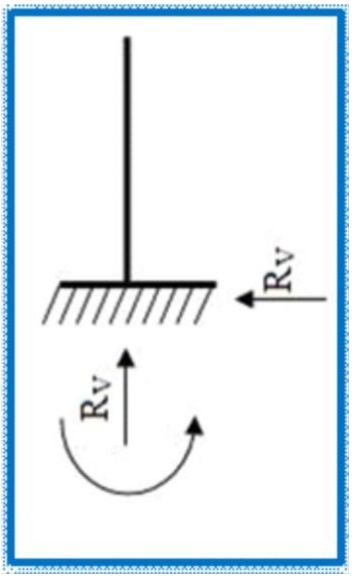
Tumpuan rol adalah tumpuan yang dapat bergeser kea rah horizontal sehingga tumpuan ini tidak dapat menahan gaya horizontal. Pada tumpuan rol terdapat roda yang dapat bergeser yang gunanya untuk mengakomodir pemuaian pada konstruksi sehingga konstruksi tidak rusak. Tumpuan rol hanya mampu memberikan reaksi arah vertikal saja, artinya tumpuan rol hanya bias menahan gaya secara vertikal saja dan tidak bias menahan gaya horizontal dan momen.




**Gambar 2.10.2-1** Tumpuan Rol

### 2.10.3 Tumpuan Jepit

Tumpuan jepit ialah merupakan tumpuan berupa balok yang terjepit pada tiang atau kolom. Pada tumpuan ini mampu memberikan reaksi terhadap gaya vertikal, horizontal bahkan mampu memberikan reaksi terhadap putaran momen.




**Gambar 2.10.3-1** Tumpuan Jepit