

## PERENCANAAN STRUKTUR ATAS JEMBATAN KOMPOSIT MENGGUNAKAN PLATE GIRDER DI JALAN RAYA SEMEMI SURABAYA

Devina Novita Wardhani<sup>1</sup>, Siswoyo<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Wijaya Kusuma Surabaya

<sup>2</sup>Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Wijaya Kusuma Surabaya

Jl. Dukuh Kupang XX No. 54, Kota Surabaya, 60225, Jawa Timur, Indonesia

E-mail: <sup>1</sup>[devinanovita9@gmail.com](mailto:devinanovita9@gmail.com) & <sup>2</sup>[mrbag212@gmail.com](mailto:mrbag212@gmail.com)

**ABSTRAK:** Tipe jembatan di daerah Surabaya berupa konvensional, *truss span*, *composite* dan *cable stayed*. Namun pada jembatan di Jalan Raya Sememi Surabaya menggunakan plate girder dengan panjang 60m yang menghubungkan Kecamatan Benowo–Tambak Osowilangun. Sedangkan tipe *composite plate girder* ini diharapkan nantinya bisa menjadi pembanding untuk perencanaan yang akan datang. Metode pembebanan mengacu pada Standar Pembebanan untuk Jembatan RSNI – T-02-2005 serta menggunakan Metode Perancah dan Metode LRFD (*Load Resistance Factor Design*). Dari hasil perhitungan rencana di peroleh pada tiang sandaran dengan tinggi 95 cm yang menggunakan tulangan pokok 1D10 mm dan tinggi profil plate girder 2,50 m, tubuh badan 4 cm, luas badan 1000 cm<sup>2</sup>, tebal sayap 16,6 cm.

**KATA KUNCI :** Jembatan, Plate Grider, Sememi Surabaya.

### 1. PENDAHULUAN

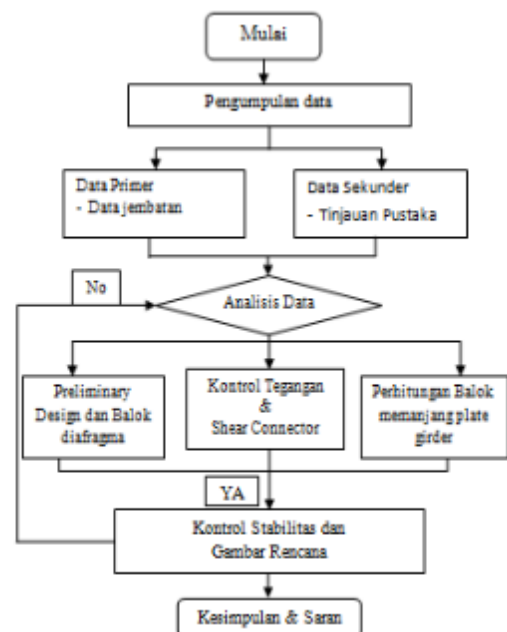
Jembatan komposit pada umumnya berkombinasi antara bahan konstruksi plate girder dengan beton bertulang, yaitu baja sebagai deck (gelagar) dengan beton bertulang sebagai plat lantai jembatan. Struktur jembatan ini mempunyai beberapa hal yang perlu diperhatikan antara lain adalah kekuatan, keawetan serta ekonominya. Dalam perencanaan jembatan baru ini dengan menggunakan struktur jembatan beton dan plate girder komposit yang terdiri dari 2 lajur dengan perkiraan ± 60 m.

Pada perencanaan ini membahas tentang Struktur Jembatan Atas Komposit yang menggunakan Plat Girder Balok yang terbuat dari susunan baja. Metode pembebanan mengacu pada Standar Pembebanan Untuk Jembatan RSNI – T-02-2005, SNI 03 - 1729 - 2002 serta menggunakan Metode Perancah dan Metode LRFD (*Load Resistance Factor Design*). Tujuan dari desain jembatan dengan beton komposit baja ini adalah Untuk mengetahui kekuatan, kekakuan dan kestabilan yang dimiliki struktur jembatan komposit dengan gelagar plat girder dan lantai beton menerima beban pada suatu struktur jembatan, Untuk dapat mengetahui suatu tingkat keamanan agar tidak terjadi kegagalan dalam struktur.

Manfaat yang diharapkan dari hasil yang mengenai tentang perencanaan jembatan komposit ini dapat memberikan manfaat yang

sangat besar pada semua kalangan dalam memperhitungkan nilai pembebanan yang maksimum dari suatu daerah agar tidak terjadi kesalahan awal pada jembatan plat girder.

### 2. METODE PERENCANAAN



Gambar 1. Diagram Alir Perencanaan

## PERENCANAAN STRUKTUR ATAS JEMBATAN KOMPOSIT MENGUNAKAN PLATE GIRDER DI JALAN RAYA SEMEMI SURABAYA (Devina Novita Wardhani, Siswoyo)

### 3. ANALISA DATA DAN PERHITUNGAN

Data yang digunakan dalam pembahasan dan juga sebagai pembandingan hasil perhitungan diambil dari Data Jembatan Atas Komposit Bentang 60 meter dengan 5 balok Plat Girder :

Kelas Jembatan = Kelas A  
Tipe Gelagar = Gelagar Plat ( Plate girder)  
Bentang jembatan = 60 m  
Lebar jembatan = 7 meter  
Jarak gelagar melintang jembatan = 5 meter  
Jarak gelagar memanjang jembatan = 1,75 meter  
Tebal jalan beton (Tb) = 0,6  
Tebal lapisan finishing (aspal) = 0,05 meter  
Tegangan leleh (fy) 355 Mpa  
Tegangan ultimate (fu) 490 Mpa  
Modulus Elastisitas = 200000 Mpa  
Profil Baja BJ 490 Mpa

#### a. Pembebanan

1. Akibat Berat Sendiri  
Berat sendiri pelat =  $0,15 \times 1,00 \times 2,4 = 0,36$  t/m'  
Berat spasi + teghel =  $0,05 \times 1,00 \times 2,2 = 0,11$  t/m'  
Berat pasir urug =  $0,25 \times 1,00 \times 1,8 = 0,43$  t/m'  
Berat air hujan =  $0,03 \times 1,00 \times 1,1 = 0,033$  t/m'  
 $Q_d = 0,933$  t/m'

#### 1. Beban hidup

$q_{UDL} = 9 \text{ KN/m}^2 \rightarrow q_{LL} = 9 \times 1,5 \text{ m} = 13,5 \text{ KN/m}$   
 $p_{KEL} = 49 \text{ KN/m} \rightarrow p_{LL} = 49 \times 1,5 \text{ m} = 73,5 \text{ KN/m}$   
Momen dan gaya lintang akibat beban hidup :  
 $D_{LL} = 1/2 \times q_{LL} \times l + 1/2 \times p_{LL} = 1/2 \times 13,5 \times 60 + 1/2 \times 73,5 = 441,7 \text{ KN}$   
 $M_{LL} = 1/8 \times q_{LL} \times l^2 + 1/2 \times p_{LL} \times l = 1/8 \times 13,5 \times 60^2 + 1/2 \times 73,5 \times 60 = 8280 \text{ KNm}$ .

#### 2. Beban Mati

Berat Sendiri pelat =  $0,20 \cdot 1 \cdot 2400 = 480 \text{ Kg/m}^2$   
Berat air hujan =  $0,05 \times 1 \times 1000 = 50 \text{ Kg/m}^2$   
Berat aspal =  $0,10 \times 2200 = 220 \text{ Kg/m}^2$   
 $q = 750 \text{ Kg/m}^2 = 7,50 \text{ kN/m}^2$

Muatan T yang disebarkan :

$$q = \frac{100 \text{ KN}}{0,7 \times 0,9} = 158,73 \text{ kN/m}^2$$

#### 3. Akibat Beban Sementara

Beban sementara adalah beban angin yang bekerja pada kendaraan sebesar  $q = 150 \text{ kg/m}^2$  pada arah horizontal setinggi 2 (dua) meter dari lantai

$$\begin{aligned} \text{Reaksi pada roda} &= (2 \times 4 \times 1 \times 150) / 1,75 \\ &= 685,71 \text{ kg} \\ &= 6,857 \text{ kN} \end{aligned}$$

Sehingga beban roda,  $T = 100 + 6,857 = 106,857 \text{ kN}$   
Beban T disebarkan =  $106,857 : (0,7 \times 0,9) = 169,6 \text{ kN}$

#### Momen Total ( beban mati + Beban Sementara)

$$\begin{aligned} M_{xm} &= 1,339 + 21,262 \\ &= 22,601 \text{ kNm} \\ M_{ym} &= 1,950 + 3,312 \\ &= 5,262 \text{ kNm} \end{aligned}$$

#### 4. Pendimensian

1. Tinggi Profil =  $\frac{1}{16} - \frac{1}{24}$  (L = panjang bentang)

2. Tebal badan =  $\frac{1}{50} - \frac{1}{60}$  Tinggi profil

3. Luas badan  $\approx$  luas daun

$$L = 60 \text{ m} = h = \frac{1}{24} \times 60 = 2,50 \text{ m}$$

$$\text{Tubuh badan} \left( \frac{1}{50} - \frac{1}{60} \right) h$$

$$tb = \frac{1}{60} \times 250 = 4,16 \text{ cm} \rightarrow 4 \text{ cm}$$

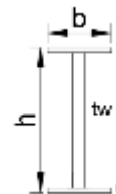
$$\text{Luas badan} = 4 \times 2,50 = 1000 \text{ cm}^2$$

Luas badan  $\approx$  luas daun

$$\begin{aligned} \text{Lebar sayap dipakai } 1/4 h &= 1/4 \times 250 \\ &= 62,50 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\text{diambil } b = 60 \text{ cm}$$

$$ts = \frac{1000}{60} = 16,6 \text{ cm}$$



Gambar 2. Profil Plate Girder Komposit.

#### 5 Penampang Komposit

1. Sifat - sifat Elastis Penampang Transformasi

$$E_c = 0,041 \times 2400^{1,5} \sqrt{25} = 2,41 \times 10^4 \text{ MPa}$$

$$n = \frac{E_s}{E_c} = \frac{200000}{2410298} = 8,3 \approx 8$$

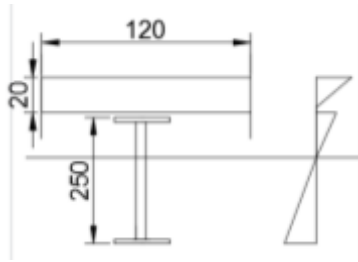
2. Menentukan garis netral

$$B_{tr} = \frac{B_{eff}}{n} = \frac{1,2}{8} = 0,15 \approx 0,2 \text{ m}$$

$$A_{tr} = \frac{b_{eff}}{n} \times t_b = \frac{1,2}{8} \times 0,20 = 0,03 \text{ m}^2$$

$$\begin{aligned} Y_{na} &= \frac{(A_{tr} \cdot \frac{1}{2} tb) + A_s (tb + \frac{1}{2} D)}{A_{tr} + A_s} \\ &= \frac{(0,03 \cdot \frac{1}{2} \cdot 0,20) + 0,00583 (0,20 + \frac{1}{2} \cdot 0,25)}{0,03 + 0,00583} \end{aligned}$$

$Y_{na} = 366 \text{ mm} > tb \text{ 20 mm}$ , maka garis netral ada dibaja.



Gambar 3. Penampang Komposit.

$$I_{tr} = \frac{b_{tr} \times t b^3}{12} + A_{tr} \left( Y_{na} - \frac{t b}{2} \right)^2 + I_x + A_s \left[ \left( \frac{D}{2} + t b \right) - Y_{na} \right]^2$$

$$= \frac{20 \times 20^3}{12} + 330 \left( 36,6 - \frac{20}{2} \right)^2 + 267822 + 0,00583 \left[ \left( \frac{25}{2} + 20 \right) - 36,6 \right]^2$$

$$= 5146502,313 \text{ cm}^4 \approx 51,46 \times 10^9 \text{ mm}^4$$

Modulus Penampang transformasi

$$Y_s = D + t b - Y_{na} = 250 + 20 - 366 = 233 \text{ mm}$$

$$Y_c = Y_{na} - \frac{1}{2} t b = 366 - \frac{1}{2} \times 20 = 356 \text{ mm}$$

$$Strc = \frac{I_{tr}}{Y_c} = \frac{51,46 \times 10^9}{356} = 1,44 \cdot 10^7 \text{ mm}^3$$

$$Strs = \frac{I_{tr}}{Y_s} = \frac{51,46 \times 10^9}{233} = 2,20 \cdot 10^7 \text{ mm}^3$$

Kapasitas momen positif penampang adalah nilai terkecil dari :

$$M_{nx1} = 0,85 F_c \times n \times Strc = 0,85 \times 30 \times 8 \times 1,44 \cdot 10^7 = 2,93 \cdot 10^9 \text{ Nmm}$$

$$M_{nx2} = Strs \times f_y = 2,20 \cdot 10^7 \times 2400 = 5,28 \cdot 10^{10} \text{ Nmm}$$

$$M_{nx} = 2,93 \cdot 10^9 \text{ Nmm}$$

$$M_n \approx \phi M_{nx} = 0,9 \times 2,93 \cdot 10^9 = 2,63 \cdot 10^9 \text{ Nmm} \approx 2637 \text{ KNm}$$

$$M_{u_{dl}} = 3375 \text{ KNm}$$

$$M_n > M_u \rightarrow 2637 > 3375 \text{ ok}$$

**Penampang Komposit Pada Kondisi Plastis**

1. Menentukan garis netral pada kondisi Plastis

$$C = T$$

$$0,85 \cdot f_c \cdot b_{eff} \cdot a = A_s \cdot f_y$$

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c \cdot b_{eff}} = \frac{0,000538 \times 2400}{0,85 \times 240 \times 120} = 52,74 \text{ cm}$$

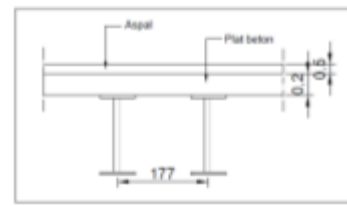
Kapasitas Momen Penampang

$$M_p = c_c \times d^2 \times c_s \times d^2$$

$$= 12910,7 \times 0,067 \times 24479,9 \times 0,995 = 2106,964 \text{ KNm}$$

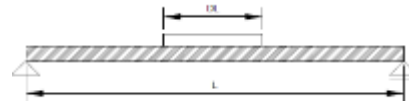
**Balok Memanjang (Plate Girder)**

Balok sederhana tertumpu pada balok melintang A dan B adalah perletakan sederhana. Balok memanjang dihubungkan dengan "simple connection" ke balok melintang.



Gambar 4. Balok Memanjang.

Direncanakan balok memanjang memakai plat girder balok yang terbuat dari susunan baja.

**Tahap 1 (dicor 1/3 bentang)**

$$\text{Momen : } M_l = \frac{1}{8} \times q_{hs} \times l^2 + \frac{1}{24} \times q_r \times l^2$$

$$= \frac{1}{8} \times 690,56 \times 60^2 + \frac{1}{24} \times 720 \times 60^2$$

$$= 5258,88 \text{ kgm} = 52,5888 \text{ kg.cm}$$

$$\text{Tegangan } f_{cr} = \frac{M_l}{S_x} = \frac{5258,88 \text{ kg.cm}}{17264 \text{ cm}^2} = 304,61 \text{ kg/cm}^2$$

**6 Data Sambungan**

Plate girder

$$V_u = 650,68 \text{ KN}$$

$$\delta = 12 \text{ mm}$$

$$f_y = 250 \text{ Mpa}$$

$$f_u = 410 \text{ Mpa}$$

Jumlah bidang geser (m) = 2

Mutu baut = A 490,  $f_y$  baut = 290 Mpa

$$\phi = 0,9$$

Diasumsikan dimensi baut = 20 mm.

1. Nilai resultan gaya pada gelagar memanjang

$$b = 2d + 7d + 2d = 11d = 11(20 \text{ mm}) = 220 \text{ mm}$$

$$e = 1/2 b = 1/2(220 \text{ mm}) = 110 \text{ mm}$$

$$M_c = ((q_{DL} + q_{LL}) \times L / 2.10 \text{ m}) - (q_{DL} + q_{LL}) \times 10 \text{ m} \times 5 \text{ m}$$

$$= 1410,56 + 13,5) \times 60 / 2 \times 10) - (1410,56 + 13,5) \times 10 \times 5) = 4725 \text{ KNm}$$

Momen yang terjadi (M) =  $V_u \cdot e + M_c$ 

$$= 650,68 \text{ KN} \times 0,11 \text{ m} + 47250000 \text{ kgcm} = 47250071 \text{ kgcm}$$

$$K_p = \frac{V}{n} = \frac{650,68}{18} = 3614,89 \text{ kg}$$

$$K_{Mx} = \frac{M \cdot Y_l}{\Sigma(x_{1^2} + y_{1^2})} = \frac{47250071 \times 32}{882 + 7680} = 110444,03$$

kg

$$K_{My} = \frac{M \cdot X_l}{\Sigma(x_{1^2} + y_{1^2})} = \frac{47250071 \times 7}{882 + 7680} = 24159,63 \text{ kg}$$

$$K_R = \sqrt{K_{Mx}^2 + K_{My}^2 + K_p}$$

## PERENCANAAN STRUKTUR ATAS JEMBATAN KOMPOSIT MENGUNAKAN PLATE GIRDER DI JALAN RAYA SEMEMI SURABAYA (Devina Novita Wardhani, Siswoyo)

$$= \sqrt{(110444,03^2) + (24159,63 + 3614,89)} \\ = 113882,87 \text{ kg}$$

### 2. Menentukan kekuatan baut

$$N_{\text{geser}} = \phi \times 0,5 \times f_u \times A_{\text{baut}} \times m \\ = 0,9 \times 0,5 \times 41000 \times (1/4 \pi \times 0,02^2) \times 2 \\ 11,59 \text{ ton} = 1159 \text{ kg} \\ N_{\text{tumpu}} = \delta_{\text{min}} \times d \times 2,4 \times f_u \times \phi \\ = 0,012 \times 0,02 \times 2,4 \times 41000 \times 0,9 \\ = 21,25 \text{ ton} = 21250 \text{ kg}$$

Jadi  $N_{\text{baut}} = 21250 \text{ kg}$

Syarat sambungan aman :  $K_R \leq N_{\text{baut}}$

**113882,87 kg > 21250 kg ... TDK OK**

$K_R \geq A_{\text{baut}} \rightarrow$  Sambungan tidak aman maka harus ditambah flens

$$h_w = H - 2 \cdot t_f \\ = 60 - 2 \times 16,6 \\ = 26,8 \text{ cm}$$

$$I_{XW} = \frac{1}{12} h_w^3 \cdot t_w \\ = \frac{1}{12} \times 26,8^3 \times 4,16 \\ = 66729,28 \text{ cm}^4$$

$$I_{XS} = 498000 \text{ cm}^4 \\ \frac{M_c \cdot I_{XW}}{I_x} = \frac{4725 \times 66729,28}{498000} = 63312,41 \text{ kg.cm}$$

$$M_u = D_c \times c + M_{CW} \\ = 65068 \times 11 + 63312,41 \\ = 779060,41 \text{ kgcm}$$

$$K_p = \frac{V_u}{n} = \frac{65068}{18} = 3614,89 \text{ kg}$$

$$KM_x = \frac{M_y \cdot I_x}{\Sigma(x_1^2 + y_1^2)} = \frac{47250071 \times 32}{882 + 7680} = 110444,03 \text{ kg}$$

$$KM_y = \frac{M_x \cdot I_y}{\Sigma(x_1^2 + y_1^2)} = \frac{47250071 \times 7}{882 + 7680} = 24159,63 \text{ kg}$$

### 7. Perhitungan Shear Connector

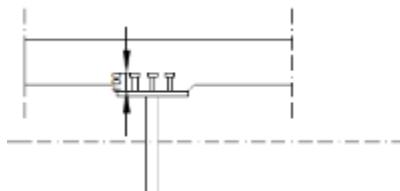
Garis netral = 12,50 cm, ada dibaja.

$$\text{Maka, } S_x = b_{\text{eff}} / n \times d \times y_c \\ = 120/8 \times 20 \times 12,50 \\ = 3750,00 \text{ cm}^4$$

Menggunakan 3 buah Stud (paku) dengan :

$d = 19 \text{ mm}$

$H = 100 \text{ mm}$



**Gambar 5.** Shear Connector.

Shear Connector

$$\frac{H}{d} = \frac{100}{19} = 5,26 < 5,5$$

$$\text{Maka, } Q_n = 10 \times H \times d \times \sqrt{sc}$$

$$= 10 \times 10 \times 1,9 \times \sqrt{1,250}$$

$$= 2124,26 \text{ kg}$$

$$Q_n \text{ Total} = 2124,26 \times 3$$

$$= 6372,78 \text{ kg}$$

Jarak shear connector untuk daerah tumpuan :

$$s = \frac{L}{\frac{2n}{10}} = \frac{750}{10} = 75 \text{ cm.}$$

$$f_{sj} = \frac{M_j}{S_x} \leq f_y$$

$$= \frac{1/4 \times P_j \times L}{S_x} \leq f_y \rightarrow \frac{1/4 \times P_j \times 6000}{17264} = 2400 \rightarrow P_j$$

$$= 86886,55 \text{ kg}$$

$$\Delta = \frac{P_j \times L^2}{87 \times E \times I_x} = \frac{86886,55 \times 6000^2}{87 \times 200000 \times 267822} = 0,671 \text{ cm}$$

Agar tidak terjadi over stress pada baja saat pengecoran beton, maka

$$\Delta < 0,5 = 0,67 \Delta, \text{ diambil nilai } \Delta = 0,5 \Delta$$

$$0,5 \Delta = \frac{P_j \times L^3}{87 \times E \times I_x} = \frac{P_j \times 6000^3}{87 \times 200000 \times 267822} \rightarrow P_j \\ = 4,63 \text{ kg}$$

$$\text{Momen : } M_1 = M_j = 1/4 \times P_j \times L = 1/4 \times 86886,55 \times$$

$$6000 = 13032982,5 \text{ Kgcm}$$

$$\text{Tegangan : } f_{sj} = - \frac{M_j}{S_x} = - \frac{13032982,5 \text{ Kgcm}}{17264 \text{ cm}^3} \\ = -7549,225 \text{ kg/cm}^2$$

### 4. KESIMPULAN

Dari hasil analisa data dan perhitungan pada pembahasan perencanaan dengan judul "Perencanaan Jembatan Atas Plate Girder Jalan Sememi Benowo" dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Pada Tiang Sandaran memperoleh tinggi 90 cm dengan lebar 2,5 cm dan panjang 100 cm. Sedangkan trotoar sebagai perlintasan jalan kaki dan memiliki lebar 100 cm. Lantai kendaraan sebagai perlintasan kendaraan, lebar 750 cm untuk perlintasan dua buah kendaraan dapat melaluinya dengan leluasa. Balok diafragma memperoleh lebar 60 cm dan tinggi 250 cm, sedangkan untuk gelagar memanjang sendiri memperoleh lebar badan 4 cm.
2. Dimensi balok induk atau balok memanjang sendiri mempunyai tinggi 250 cm dengan lebar 60 cm.

### 5. DAFTAR PUSTAKA

Brahmantyo, D. 2012. Contoh Soal Balok Girder. Diakses di <http://dodybrahmantyo.dosen.narotama.ac.id/files/2012/0/2/Contoh-Soal-Balok-Girder.pdf>.

Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Bina Jenderal Bina Marga 2008.

- Perencanaan Struktur Beton Bertulang untuk Jembatan.*  
Departemen Pekerjaan Umum RSNI T-02-2005:Standar Pembebanan untuk Jembatan. Badan Litbang PU.  
RSNI T-02-(2005). *Pembebanan Untuk Jembatan Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.*  
RSNI T-03-(2005). Perencanaan Struktur Baja untuk Jembatan. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.  
Gurki, J. Thambah Sembiring (2010). Beton Bertulang Edisi Revisi. Bandung: Rekayasa Sains : Sunggono kh. (1995). Teknik Sipil Bandung : Nova.  
Setiawan, A. 2008. Perencanaan Struktur Baja dengan Metode LRFD. Penerbit Erlangga Jakarta.  
Supriyadi, B., Muntohar A. S., 2007, Jembatan, Beta Offset, Yogyakarta.  
Struyk, J. H., Van Der Veen, W.C.H.K, 1984, alih bahasa Soemargono, Jembatan, Penerbit Pradnya Pramita.

**PERENCANAAN STRUKTUR ATAS JEMBATAN KOMPOSIT  
MENGUNAKAN PLATE GIRDER DI JALAN RAYA SEMEMI SURABAYA**  
(Devina Novita Wardhani, Siswoyo)

---

Halaman ini sengaja dikosongkan

Halaman ini sengaja dikosongkan