

# KAJIAN PERENCANAAN JEMBATAN INTEGRAL (THE STUDY OF INTEGRAL BRIDGE DESIGN)

N. Retno Setiati

Pusat Litbang Jalan dan Jembatan  
Jl. A.H. Nasution No. 264, Bandung 40294  
E-mail : retnosetiati@yahoo.com  
Diterima : 04 Juni 2010; Disetujui : 10 Agustus 2010

## ABSTRAK

*Jembatan integral merupakan jembatan yang dibuat tanpa adanya pergerakan antar bentang (spans) atau antara bentang dengan abutment. Permukaan jalan dibuat menerus dari timbunan oprit yang satu dengan timbunan oprit yang lainnya. Jembatan integral dimaksudkan untuk menghindari permasalahan perawatan jembatan yang sangat mahal yang dikarenakan adanya penetrasi air/debu melalui pergerakan joint, dapat meningkatkan kenyamanan bagi pengguna jalan, dan mudah dilaksanakan di lapangan. Sistem jembatan integral terdiri dari integral penuh (full integral) dan integral sebagian (semi integral). Jembatan integral dengan bentang kurang dari 20 meter untuk kondisi di beberapa daerah di Indonesia paling optimum menggunakan tipe beton bertulang dengan sistem full integral, sedangkan untuk bentang lebih dari 20 meter lebih diutamakan menggunakan tipe prategang dengan sistem semi integral. Kajian ini membahas tentang pengembangan teknologi jembatan integral untuk tipe struktur beton, baik metode perhitungan, parameter pembebanan maupun desain dengan simulasi model jembatan menggunakan program analisis struktur. Sebagai contoh dibuat model jembatan integral untuk tipe beton bertulang bentang tunggal Hasil kajian sistem full integral paling optimum dibuat untuk bentang sampai 20 m.*

*Kata Kunci : integral penuh, integral sebagian, beton bertulang, perawatan, siar muai*

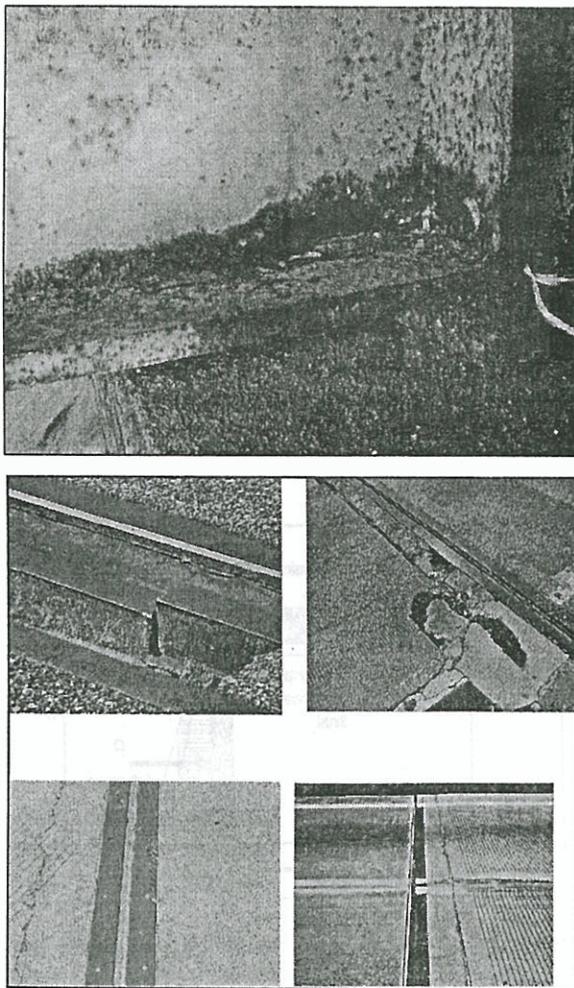
## ABSTRACT

*Integral bridge is made without existence of movement between spans or between spans with abutment. The road surface is continuously made by the approach embankment. The integral bridge type avoids the problem of maintenance for joints and bearings, in particular if water and dust penetrates through the joints and also effect the bearings, can made safe for road users and simple applicative method. Bridge integral system consist of full integral and semi integral. Integral bridge with spans less than 20 metre to the condition in Indonesia most optimum use reinforced concrete type with system of full integral, while if more than 20 metre more suggested to use type of prestress with semi integral system. This study explaining about development of integral bridge technology for the type of concrete structure. like calculation method, encumbering parameter and also of desain with simulation model bridge use program analyse structure. For example made integral bridge model for the type of reinforced concrete with single span. Result of study of full integral most is optimum made to spans until 20 m.*

*Keywords : full integral, semi integral, reinforced concrete, maintenance, expansion joint*

## PENDAHULUAN

Sebagian besar pembangunan jembatan di Indonesia, khususnya pada ruas jalan Kabupaten dan Kota menggunakan jenis *simple beam* (sistem jembatan di atas dua tumpuan). Pada struktur jembatan dengan menggunakan *simple beam* pada umumnya terdapat siar muai (*expansion joint*) dan celah (dilatasi) antara struktur bangunan atas dan bangunan bawah. Akibatnya, apabila tidak dilakukan perawatan jembatan dengan baik dapat menyebabkan terjadinya kerusakan-kerusakan (misalnya terjadi retak di sekitar siar muai dan kerusakan pada tumpuan), selain itu dapat berakibat ketidaknyamanan bagi pengguna jalan akibat adanya siar muai tersebut.



Gambar 1. Kerusakan yang terjadi pada jembatan konvensional

Oleh karena itu perlu adanya kajian konstruksi jembatan yang terintegrasi antara bangunan atas dan bangunan bawah sehingga permasalahan-permasalahan tersebut di atas dapat dihilangkan.

Jembatan integral adalah jembatan yang dibuat tanpa adanya pergerakan antar bentang (*spans*) atau antara bentang dengan abutment (Direktorat Jenderal Bina Marga Dep. PU, 2007). Permukaan jalan dibuat menerus dari timbunan oprit yang satu dengan timbunan oprit yang lainnya. Jembatan integral dimaksudkan untuk menghindari permasalahan perawatan jembatan yang sangat mahal yang dikarenakan adanya penetrasi air/debu melalui pergerakan *joint*.

Maksud dari pengkajian ini adalah untuk melihat perbandingan perencanaan antara jembatan konvensional dengan jembatan integral. Pengkajian ini juga bertujuan untuk melakukan pengembangan teknologi tepat guna untuk jembatan integral yang disesuaikan dengan kondisi Indonesia.

Tantangan dalam desain jembatan integral adalah perhitungan distribusi dari beban, karena bangunan atas jembatan, pilar, abutment, timbunan dan pondasi harus diperhitungkan sebagai sistem satu kesatuan. Tidak hanya beban yang harus diperhatikan, tetapi keseragaman dari material juga harus diperhatikan. Bagaimanapun dalam jembatan integral keseluruhan struktur harus diperkirakan secara realistis, sebab semua distribusi beban tergantung pada kekakuan relatif semua komponen. Perhitungan numerik dengan program analisis struktur untuk distribusi pembebanan akan sangat membantu dalam merencanakan desain jembatan integral.

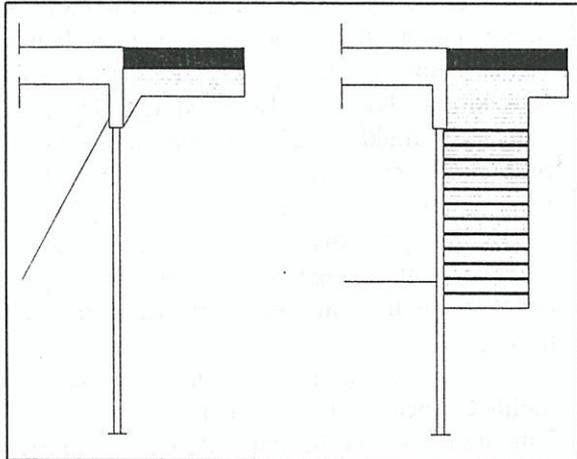
## KAJIAN PUSTAKA

### Kepala Jembatan Integral

Tipe kepala jembatan pada jembatan integral penuh (*full integral bridge*) dapat diklasifikasikan sebagai berikut :

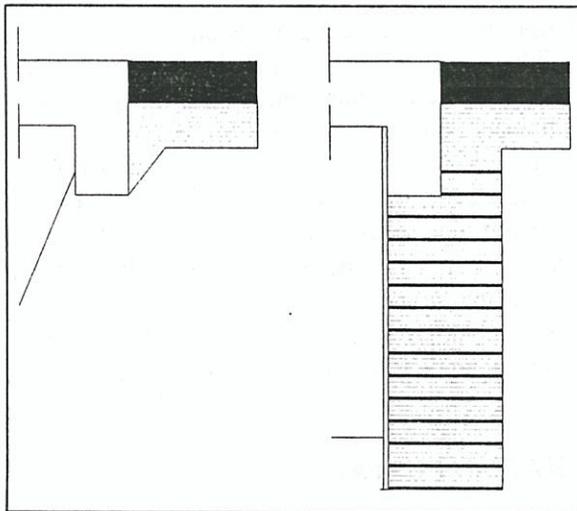
- a. *Pile foundation*, dimana beban vertikal dipikul oleh pondasi, tapi yang menjadi

permasalahan adalah dalam memikul rotasi dari timbunan sehingga perlu ditambahkan *bank seats* dibelakang abutment (Abendroth, 1989). Tipe ini dapat dilihat seperti pada Gambar 2.



Gambar 2. Full integral bridge tipe pile foundation

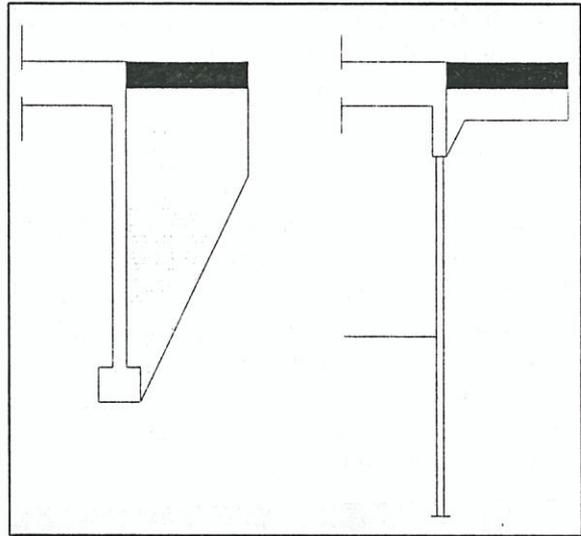
*Spread footings*, jenis ini digunakan jika penurunan pondasi kecil (Abendroth, 1989). Tipe ini dapat dilihat seperti pada Gambar 3.



Gambar 3. Full integral bridge tipe spread footing

*Full height abutments*, tipe ini sangat cocok jika digunakan untuk bentang pendek sebaliknya untuk bentang panjang akan sangat

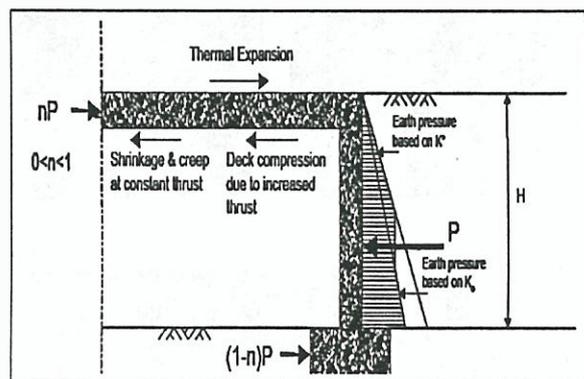
sulit (Abendroth, 1989). Tipe ini dapat dilihat seperti pada Gambar 4.



Gambar 4. Full integral bridge tipe full-height abutments

### Pengaruh Beban Yang Bekerja Pada Jembatan Integral

Berdasarkan standar AASHTO 1989, dengan menghilangkan siar muai pada jembatan maka perlu untuk dikaji pengaruh suhu dan rangkai pada jembatan yang mengakibatkan pergerakan horisontal pada jembatan integral seperti pada Gambar 5.

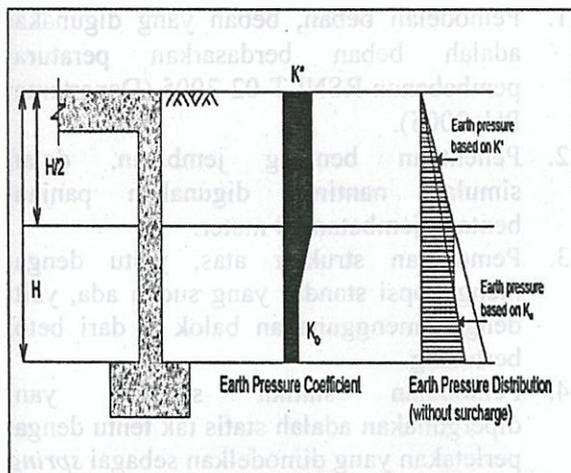


Gambar 5. Beberapa pengaruh tegangan pada jembatan integral

Beberapa studi dari pengaruh tegangan pada jembatan integral tersebut antara lain adalah:

1. Pengaruh suhu. Tegangan lateral pada abutment yang diakibatkan oleh suhu tergantung pada koefisien suhu terhadap pemuaian. Dalam aturan (Departement of Transport, 1996) menyebutkan bahwa besarnya koefisien tersebut adalah  $12 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$  untuk beton. Untuk material beton ringan atau material lainnya mempunyai koefisien yang lebih kecil.
2. Rangkak dan susut. Deformasi akibat rangkai dan susut dari girder beton prategang mempunyai pengaruh yang signifikan pada masa layan yang harus diperhitungkan.
3. Tekanan tanah. Distribusi tekanan tanah akan berbeda untuk jembatan integral dari beberapa tipe berikut (Noorany, Iraj, 1970):
  - a. *Shallow height bank pad and end screen abutments* ;
  - b. *Full height frame abutments* ;
  - c. *Full height embedded wall abutments.*

Distribusi tekanan tanah untuk *full height abutments* dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Distribusi tekanan tanah sistem full height abutments

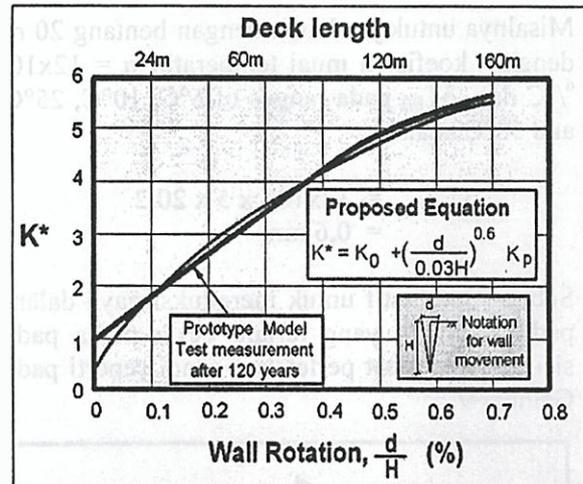
Berdasarkan Gambar 6.  $K^*$  adalah koefisien tekanan tanah aktif dan  $K_0$  adalah koefisien tekanan tanah diam yang dihitung dengan rumus sebagai berikut ini :

$$K^* = K_0 + (d/0,025H)^{0,4} K_p \dots\dots\dots(1)$$

Perlu diperhatikan bahwa nilai  $K^*$  harus lebih besar dari tekanan tanah pada kondisi 'at rest'  $K_0$  and  $K_p/3$ , adalah :

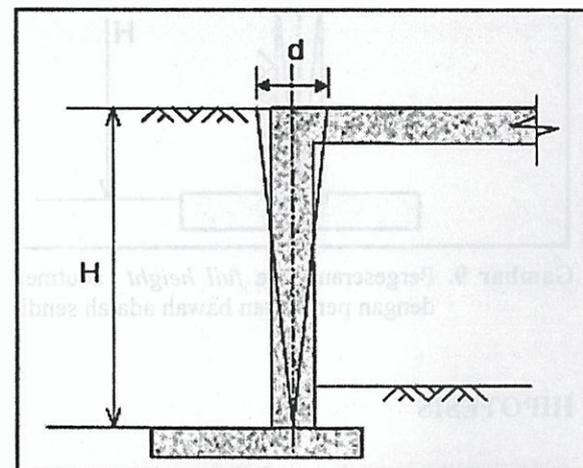
$$K_0 = (1 - \sin \phi') \dots\dots\dots(2)$$

Dengan pengertian  $\phi'$  adalah sudut geser efektif dan  $K_p$  adalah koefisien tekanan tanah pasif. Persamaan desain yang direkomendasikan oleh England (2002) adalah seperti pada Gambar 7.



Gambar 7. Diagram hubungan tekanan tanah aktif dengan pergeseran kepala jembatan

Akibat tekanan horisontal maka pada sisi atas kepala jembatan akan mengalami pergeseran seperti pada Gambar 8.



Gambar 8. Pergeseran pada full height abutments akibat gaya horisontal

Berdasarkan perumusan Emerson (1976) d dapat dihitung seperti berikut :

$$d = \alpha \cdot \delta T_{EB} \cdot L \dots\dots\dots(3)$$

keterangan :

L = panjang bentang jembatan (m)

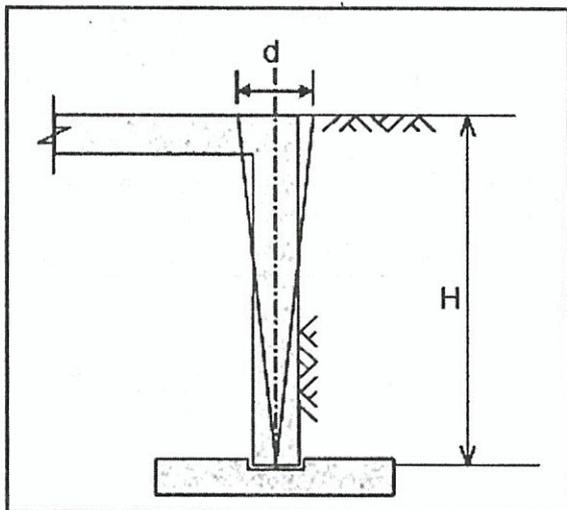
$\alpha$  = koefisien muai temperatur ( $12 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$  untuk beton)

d/2 = pergeseran abutment (m)

Misalnya untuk jembatan dengan bentang 20 m dengan koefisien muai temperatur  $\alpha = 12 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$  dan  $\delta T_{EB}$  pada ranges of 5°C, 10°C, 25°C and 50°C adalah :

$$\begin{aligned} d / 2 &= 12 \times 10^{-6} \times 5 \times 20 / 2 \\ &= 0,6 \text{ mm} \end{aligned}$$

Sebagai alternatif untuk mereduksi gaya dalam pada abutment yang terlalu besar maka pada sisi bawah dibuat perletakan sendi seperti pada Gambar 9.



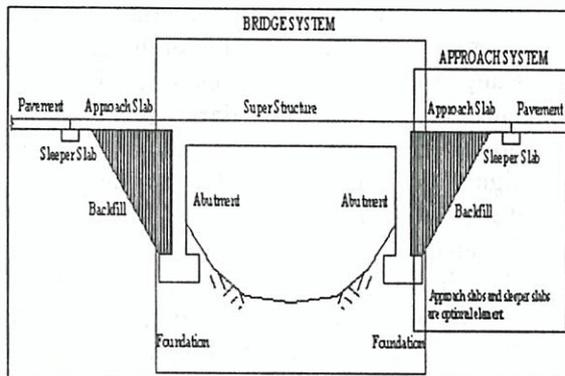
Gambar 9. Pergeseran pada full height abutment dengan perletakan bawah adalah sendi

### HIPOTESIS

Jembatan dengan sistem full integral untuk tipe gelagar beton bertulang paling optimum menggunakan panjang bentang jembatan sampai dengan 20 meter.

### METODOLOGI

Metodologi yang digunakan dalam pengkajian ini adalah dengan membuat simulasi model jembatan integral tipe beton bertulang dengan bentang tunggal. Dalam pembuatan model tersebut menggunakan program analisis struktur. Model sistem jembatan dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Model simulasi jembatan integral bentang tunggal

Dari model diatas selanjutnya ditentukan beberapa parameter berikut :

1. Pemodelan beban, beban yang digunakan adalah beban berdasarkan peraturan pembebanan RSNI T-02-2005 (Departemen PU, 2005).
2. Penentuan bentang jembatan, dalam simulasi nantinya digunakan panjang bentang jembatan 20 meter.
3. Pemodelan struktur atas, yaitu dengan mengadopsi standar yang sudah ada, yaitu dengan menggunakan balok T dari beton bertulang.
4. Pemodelan statika struktur yang dipergunakan adalah statis tak tentu dengan perletakan yang dimodelkan sebagai spring. Dalam pemodelan perletakan spring sangat dipengaruhi oleh kondisi tanah. Besarnya kekakuan spring sangat dipengaruhi oleh tipe tanah (Braja, 1990).

Berdasarkan hasil simulasi selanjutnya dilakukan perhitungan detail perencanaan jembatan integral sesuai dengan standar perhitungan beton bertulang RSNI T-12-2004 (Departemen PU, 2004).

## HASIL DAN ANALISIS

### Analisis struktur jembatan integral

Berikut data teknis jembatan yang digunakan sebagai input data program analisis struktur :

Bentang	= 20 m
Jarak antar balok	= 1,2 m
Lebar jembatan	= 9 m
Tebal pelat	= 0,2 m
Tinggi abutment	= 5 m
Tebal abutment	= 0,5 m
$\gamma$ beton	= 24 kN/m <sup>3</sup>
$f_c$	= 25 MPa
$f_y$	= 300 MPa
$f_s$	= 240 MPa
$\alpha$	= 1,00E-05 /°C
E beton	= 25000 MPa
E baja	= 200000 MPa
Tebal aspal	= 0,1 m
$\gamma$ aspal	= 22 kN/m <sup>3</sup>
$\gamma$ tanah	= 18 kN/m <sup>3</sup>

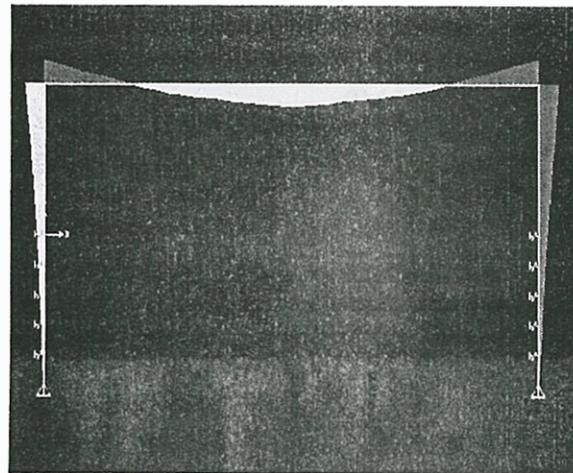
Fondasi dibuat dengan kedalaman (5 – 10) meter, pada setiap satu meter dipasang *spring* horizontal dan pada ujung fondasi dipasang sendi dengan asumsi fondasi berdiri di atas *bedrock*. Lantai dimodelkan sebagai *shell* dengan ketebalan 0,2 m, sedangkan pemodelan abutmen menggunakan *frame* yang diberi pengaku horizontal setiap 1 meter. Beban suhu diletakkan pada lantai jembatan sebesar  $\Delta t$  dari suhu maksimum dan suhu minimum. Besarnya suhu maksimum dan minimum dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Temperatur jembatan rata-rata nominal (Departemen PU, 2005)

Tipe Bangunan Atas	Temperatur Jembatan Rata-rata Minimum (1)	Temperatur Jembatan Rata-rata Maksimum
Lantai beton di atas gelagar atau boks beton.	15°C	40°C
Lantai beton di atas gelagar, boks atau rangka baja.	15°C	40°C
Lantai pelat baja di atas gelagar, boks atau rangka baja.	15°C	45°C

CATATAN (1)  
Temperatur jembatan rata-rata minimum bisa dikurangi 5°C untuk lokasi yang terletak pada ketinggian lebih besar dari 500 m diatas permukaan laut.

Berdasarkan Tabel 1, perbedaan suhu jembatan di Indonesia hanyalah berkisar 25°C. Hasil analisis program struktur dapat dilihat dalam Gambar 11.



**Gambar 11.** Diagram gaya-gaya dalam berdasarkan output program analisis struktur

Berdasarkan Gambar 11 gaya-gaya maksimum yang dihasilkan adalah :

- Reaksi vertikal ( $R_{vC}=R_{vD}$ ) = 609,92 kN
- Reaksi horizontal ( $R_{hC}=R_{hD}$ ) = 254,16kN
- M tumpuan ( $M_A=M_B$ ) = 1890,85 kNm
- M lapangan = 1904,71 kNm

Pengaruh suhu pada jembatan menimbulkan momen negatif, dimana momen negatif ini mengurangi momen positif yang diakibatkan berat sendiri struktur dan beban hidup (UDL dan KEL). Pengaruh perbedaan suhu untuk jembatan integral dengan panjang bentang 20 m ini hanya mengakibatkan terjadinya defleksi sebesar 0,841 mm. Ternyata untuk kondisi di Indonesia, perbedaan suhu tidak menyebabkan terjadinya defleksi yang besar pada jembatan integral untuk bentang 20 m.

### Analisis desain jembatan integral

*Girder* yang dianalisis untuk jembatan integral adalah jembatan dengan menggunakan balok standar yang terdiri dari jembatan balok "T" dengan bentang 20 meter. Sistem yang digunakan merupakan model *full integral*

bridge yaitu tidak menggunakan *bearing pad* pada balok.

## Desain Penulangan Abutment

### A. Data perencanaan :

$f'_c$	= 25 MPa
$f_y$	= 300 MPa
$f_s$	= 240 MPa
Cover	= 40 mm
Lebar	= 0.5 m
$E_c$	= 25000 MPa
$E_s$	= 200000 MPa
$\emptyset$ tulangan	= 25 mm
$\emptyset$ sengkang	= 12 mm

Untuk perencanaan digunakan D25 – 100 ( $A_s = 11775 \text{ mm}^2$ ;  $\rho = 1.963\%$ )

### B. Desain tulangan geser :

$\emptyset$  sengkang = 12 mm  
 Jumlah penampang geser = 4  
 $A_g$  = Tebal abutment x Jarak antar balok  
 $= 0.5 \times 1.2$   
 $= 0.60 \text{ m}^2$   
 $A_s$  = Jumlah penampang geser x  $(0.25 \times 3.14 \times \emptyset \text{ sengkang}^2)$   
 $= 4 \times (0.25 \times 3.14 \times 12^2)$   
 $= 452.16 \text{ mm}^2$   
 $A_{ch}$  = (Tebal abutment - 2Cover) x Jarak antar balok  
 $= 0.42 \times 1.2$   
 $= 0.504 \text{ m}^2$  (Luas dari sisi luar ke sisi luar tulangan sengkang)  
 $d$  = Tebal abutment - Cover -  $\emptyset$  sengkang -  $1/2 \emptyset$  tulangan  
 $= 500 - 40 - 12 - 12.5$   
 $= 435.5 \text{ mm}$   
 $h_c$  = Tebal abutment - Cover -  $\emptyset$  sengkang  
 $= 500 - 40 - 12$   
 $= 448.0 \text{ mm}$  (Tebal dari sumbu ke sumbu tulangan sengkang).  
 Ujung-ujung kolom abutment sepanjang  $l_o$  harus dikekang dengan spasi sejarak  $s$  oleh tulangan transversal  $A_{sh}$   
 $l_o \geq h = 500 \text{ mm}$  (tebal penampang komponen HBK)

$$\geq 1/6 l_n = 1/6 \times 3300 \text{ (1/6 bentang bersih)}$$

$$= 550 \text{ mm} \geq 500 \text{ mm}$$

$$\text{pakai } l_o = 550 \text{ mm}$$

$$s \leq 1/4 h = 1/4 \times 500 = 125 \text{ mm}$$

$$\leq 6 \times \emptyset_{tul} = 6 \times 25 = 150 \text{ mm}$$

$$\leq 150 \text{ mm}$$

Di luar  $l_o$ , spasi  $s$  harus memenuhi:  
 $\leq d/2 = 435.5/2 = 217.75 \text{ mm} \leq 600 \text{ mm}$ .

Pakai  $s = 100 \text{ mm}$

$A_{sh}$  diambil yang terbesar dari :

$$A_{sh} = 0.3 (s \times h_c \times f'_c / f_s) \times (A_g / A_{ch} - 1)$$

$$= 0.3 (100 \times 448 \times 25 / 240) \times (0.60 / 0.50 - 1)$$

$$= 266.67 \text{ mm}^2$$

$$A_{sh} = 0.09 (s \times h_c \times f'_c / f_s)$$

$$= 0.09 (100 \times 448 \times 25 / 240)$$

$$= 420.00 \text{ mm}^2$$

Pakai :

$$A_{sh} = 420.00 \text{ mm}^2$$

$$A_s = 452.16 \text{ mm}^2$$

$$A_s > A_{sh} \rightarrow \text{OK}$$

$$V_s = A_s \times f_s \times d / s$$

$$= 452.16 \times 240 \times 435.5 \times 100$$

$$= 472.60 \text{ kN}$$

Struktur memikul geser, lentur dan aksial:

$$V_c = (\sqrt{f'_c} + 120 \rho_w V_u d / M_m) b_w d / 7$$

dimana :

$$M_m = M_u - (N_u (4h - d)) / 8$$

$$= 644.99 - (513.84 (4 \times 0.5 - 0.4355)) / 8$$

$$= 544.50 \text{ kN-m}$$

$$\rho_w = A_s / (b_w \times d)$$

$$= 11775 / (1200 \times 435.5)$$

$$= 2.253\%$$

$$V_c = (\sqrt{25} + 120 \times 2.25\% \times 314.97 \times 0.436 / 544.5) \times 1200 \times 435.5 / 7$$

$$= 424.14 \text{ kN}$$

$V_c$  tidak boleh lebih besar dari :

$$V_c = 0.3 \sqrt{f'_c} b_w d \sqrt{(1 + 0.3 N_u / A_g)}$$

\*  $N_u / A_g$  dalam MPa

$$= 0.3 \sqrt{25} \times 1200 \times 435.5 \times \sqrt{(1 + 0.3 \times 513838 \times 0.60)}$$

$$= 397337 \text{ kN}$$

Pakai

$$V_c = 410.78 \text{ kN}$$

$$\phi(V_c + V_s) = 0.75 \times (424.14 + 472.60)$$

$$= 672.55 \text{ kN}$$

$$V_u = 314.97 \text{ kN}$$

$V_u < \phi (V_c + V_s) \rightarrow$  OK (artinya bahwa kapasitas tulangan geser lebih besar dibandingkan dengan gaya geser yang bekerja pada balok).

## Desain Tumpuan Balok

### A. Disain Tulangan Lentur

$$H_{\text{balok}} = 1.40 \text{ m}$$

Tulangan direncanakan dibagi satu baris:

$$d = \text{Tinggi balok} - \text{Cover} - \phi_{\text{senggang}} - 0.5 \phi_{\text{lentur}}$$

$$= (1400 - 40 - 12 - 12.5) \text{ mm}$$

$$= 1336 \text{ mm}$$

$$R_n = M / (0.8 b d^2)$$

$$= 663.36 / (0.8 \times 0.50 \times 1.336^2)$$

$$= 929.83 \text{ kN/m}^2$$

$$\rho_{\text{min}} = 1.4 / f_y = 1.4 / 300 = 0.47\%$$

$$M = f_y / (0.85 f'_c)$$

$$= 300 / (0.85 \times 25)$$

$$= 14.12$$

$$\beta_1 = 0.85 - 8 (f'_c - 30) / 1000$$

$$= 0.89$$

$$\rho_b = \frac{0.85 \times \beta_1 \times f'_c}{f_y} \times \frac{600}{(600 + f_y)}$$

$$= \frac{0.85 \times 0.89 \times 25}{300} \times \frac{600}{(600 + 300)}$$

$$= 12.6\%$$

$$\rho_{\text{max}} = 0.75 \rho_b$$

$$= 0.75 \times 12.6\%$$

$$= 9.46\%$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right]$$

$$= \frac{1}{14.1} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 14.1 \times 929.8}{300000}} \right]$$

$$= 0.32\%$$

$$A_s = \rho \times b \times d$$

$$= 0.47\% \times 500 \times 1336$$

$$= 3116 \text{ mm}^2$$

Gunakan tulangan lentur 7  $\phi$  25  $A_s = 3434 \text{ mm}^2$

Analisis perhitungan tulangan balok di tengah bentang baik jembatan integral maupun jembatan konvensional adalah sama. Yang membedakan adalah analisis detail perhitungan balok di daerah tumpuan, yang menghubungkan antara balok dengan kolom atau balok dengan abutment.

### Desain Hubungan Balok Kolom (HBK)

$A_j$  = Tebal abutment x  $b_w$  (luas penampang HBK)

$$= 500 \times 500$$

$$= 250000 \text{ mm}^2$$

$$\phi V_c = 0.75 \times 1.0 A_j \sqrt{f'_c}$$

$$= 0.75 \times 1.0 \times 250000 \times \sqrt{25}$$

$$= 937.5 \text{ kN}$$

$$T1 = A_s1 \times 1.25 f_y \quad (7 \phi 25)$$

$$= 3434 \times 1.25 \times 300$$

$$= 1287.89 \text{ kN}$$

$$V_h = 539.33 \text{ kN}$$

$$V_j = T1 - V_h$$

$$= 1287.89 - 539.33$$

$$= 747.96 \text{ kN}$$

$$\phi V_c > V_j \rightarrow \text{OK}$$

Panjang penyaluran tulangan tarik dengan kait standard 90° diambil:

$$\lambda_{dh} \geq 8 \times \phi_{\text{tulangan lentur}}$$

$$\geq 8 \times 25$$

$$\geq 200 \text{ mm}$$

$$\lambda_{dh} \geq 150 \text{ mm}$$

$$\lambda_{dh} \geq f_y \times \phi_{\text{tulangan lentur}} / (5.4 \sqrt{f'_c})$$

$$\geq 300 \times 25 / (5.4 \sqrt{25})$$

$$\geq 278 \text{ mm}$$

Pakai panjang penyaluran 280 mm

### Desain Pondasi

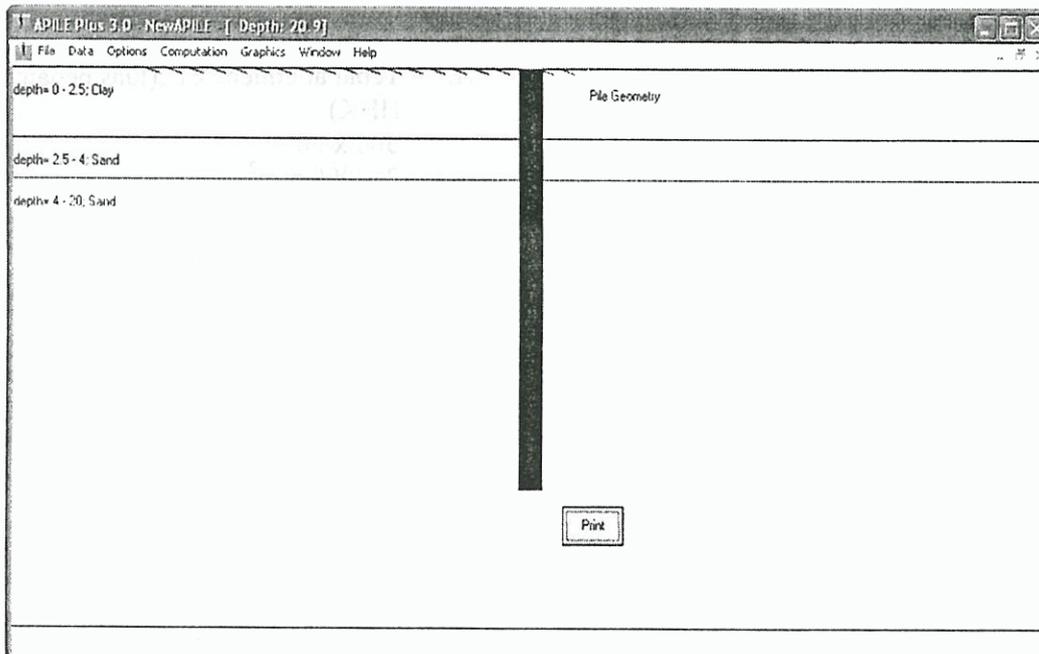
Gaya-gaya tanah pada kepala jembatan diperlukan untuk menganalisis fondasi pada jembatan integral. Gaya-gaya pada tanah tersebut terdiri dari tekanan tanah aktif dan tekanan tanah pasif. Gaya-gaya dalam ini digunakan sebagai input untuk melakukan analisis kapasitas aksial fondasi.

Berdasarkan data tanah :  
 lapisan 1 = cukup keras (N-SPT= 23) 2,5 m  
 lapisan 2 = keras (N-SPT= 49) 1,5 m  
 lapisan 3 = sangat keras (N-SPT > 50) 11 m

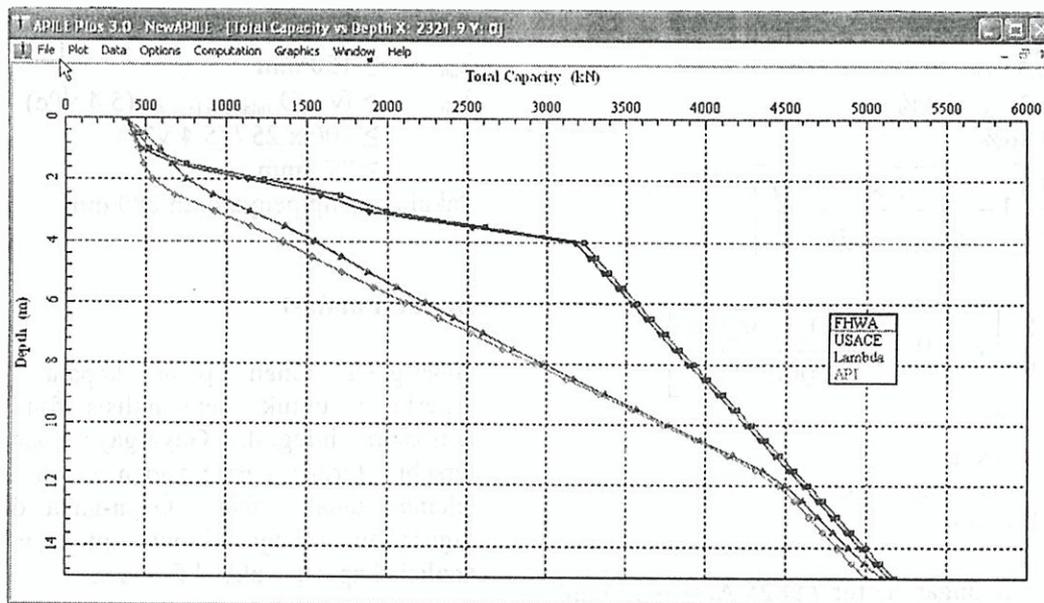
Analisis fondasi dilakukan dengan menggunakan program fondasi *A-Pile* dan *L-*

*Pile*. Maka dari data-data tersebut dapat dilakukan analisis kapasitas aksial sebuah fondasi seperti pada Gambar 12.

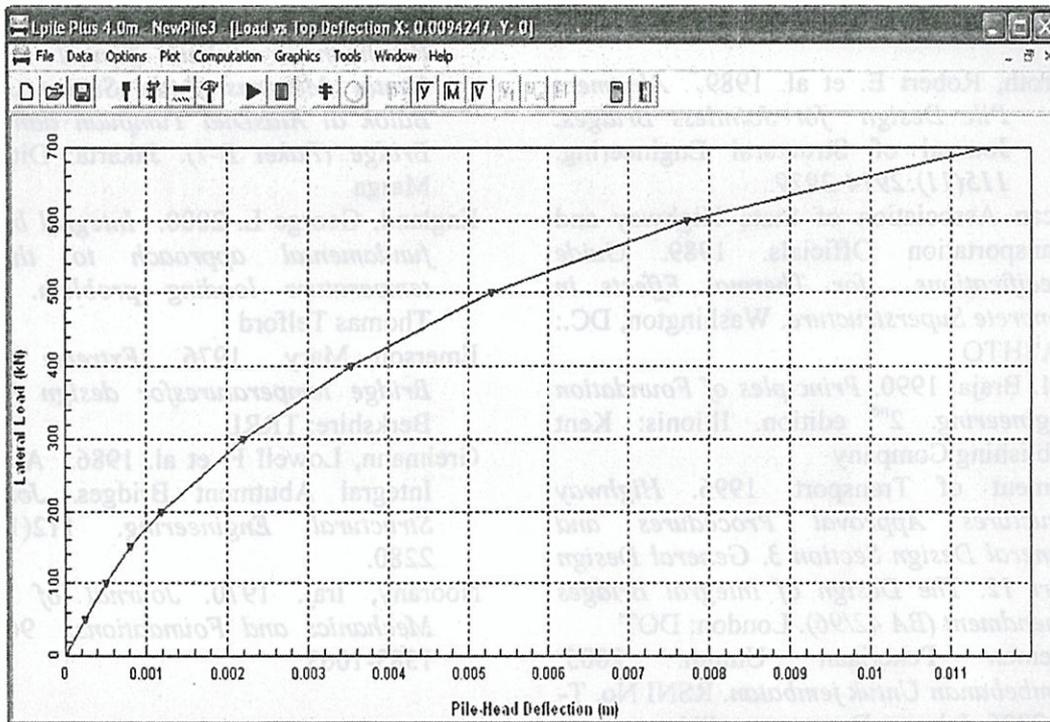
Setelah gaya-gaya dalam tersebut di analisis, maka akan di hasilkan kapasitas aksial yang mampu di pikul oleh sebuah fondasi, seperti yang terlihat pada Gambar 13.



Gambar 12. Analisis Menggunakan *Software A-Pile*



Gambar 13. Kapasitas Aksial Fondasi dari *Software A-Pile*



Gambar 14. Kapasitas Lateral Fondasi Dalam Hasil Software L-Pile

Dimensi untuk pondasi diperoleh sebagai berikut :

Bored Pile = 0,6 m  
 Area = 0,28 m<sup>2</sup>  
 Perimeter = 1,88 m  
 $\gamma = 24 \text{ kN/m}^3$

Untuk gambar desain dari jembatan integral dapat dilihat pada Lampiran A.

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Berdasarkan kajian di atas dapat disimpulkan bahwa :

1. Perbedaan antara jembatan integral dengan jembatan konvensional khususnya untuk sistem *full integral* adalah bahwa pada jembatan ini tidak terdapat komponen siar muai dan bearing pad.
2. Bila ditinjau dari dimensi penampang, jembatan tipe beton bertulang dengan sistem *full integral* paling optimum dibuat untuk bentang sampai dengan 20 m.

3. Pada jembatan integral, sistem sambungan antara abutment dengan pondasi harus dibuat lebih fleksibel. Hal ini dimaksudkan agar jembatan dapat menerima pergerakan dan perputaran dalam memikul gaya akibat beban.
4. Sebaiknya perlu diperhatikan sistem penulangan terutama untuk daerah di sekitar sambungan antar balok dengan abutment maupun abutment dengan pondasi sehingga diharapkan tulangan yang didesain dapat memikul momen negatif.

### Saran

Bila ditinjau dari dimensi dan berat penampang balok, jembatan integral untuk bentang lebih dari 20 meter sebaiknya menggunakan sistem integral sebagian dengan balok prategang.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abendroth, Robert E. et al. 1989. *Abutment Pile Design for Jointless Bridges*. Journal of Structural Engineering. 115(11):2914-2929
- American Association of State Highway and Transportation Officials. 1989. *Guide Specifications for Thermal Effects in Concrete Superstructure*. Washington, DC.: AASHTO
- Das, M. Braja. 1990. *Principles of Foundation Engineering*. 2<sup>nd</sup> edition. Illionis: Kent Publishing Company
- Department of Transport. 1996. *Highway Structures Approval Procedures and General Design Section 3. General Design Part 12. The Design of Integral Bridges Amendment (BA 42/96)*. London: DOT
- Departemen Pekerjaan Umum. 2005. *Pembebanan Untuk jembatan*. RSNI No. T-02-2005. Jakarta: Departemen PU
- \_\_\_\_\_. 2004. *Perencanaan Struktur Beton Untuk Jembatan*. RSNI No. T-12-2004. Jakarta: Departemen PU
- Direktorat Jenderal Bina Marga. 2007. *Laporan Perencanaan Teknik Tipikal Konstruksi Lantai Menerus Pada Sistem Jembatan Balok di Atas Dua Tumpuan dan Integral Bridge (Paket B-7)*. Jakarta: Ditjen Bina Marga
- England, George L. 2000. *Integral bridges: a fundamental approach to the time-temperature loading problem*. London: Thomas Telford
- Emerson, Mary . 1976. *Extreme Values of Bridge temperatures for design Purposes*. Berkshire: TRRL
- Greimann, Lowell F. et al. 1986. Analysis of Integral Abutment Bridges. *Journal of Structural Engineering*. 112(10):2263-2280.
- Noorany, Iraj. 1970. *Journal of the Soil Mechanics and Foundations*. 96 (Sm5): 1583-1063