

**SURAT EDARAN MENTERI PEKERJAAN UMUM  
DAN PERUMAHAN RAKYAT  
NOMOR: 02/SE/M/2016  
TANGGAL 15 MARET 2016**

**TENTANG**

**PEDOMAN PERANCANGAN JEMBATAN INTEGRAL  
PENUH TIPE GELAGAR BETON BERTULANG**



**KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM  
DAN PERUMAHAN RAKYAT**



**MENTERI PEKERJAAN UMUM DAN PERUMAHAN RAKYAT  
REPUBLIK INDONESIA**

**Kepada Yth.:**

- 1. Para Pejabat Eselon I di lingkungan Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat;**
- 2. Para Pejabat Eselon II di Direktorat Jenderal Bina Marga Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.**

**SURAT EDARAN  
NOMOR : 02 /SE/M/ 2016**

**TENTANG**

**PEDOMAN PERANCANGAN JEMBATAN INTEGRAL PENUH  
TIPE GELAGAR BETON BERTULANG**

**A. Umum**

Jembatan integral penuh (*full integral*) didefinisikan sebagai jembatan tanpa siar muai dan tanpa sistem perletakan. Karakteristik jembatan ini ditunjukkan dengan sambungan yang *monolit* antar dek/lantai dengan struktur bangunan bawah (kepala jembatan). Penggunaan jembatan integral penuh tipe gelagar beton bertulang digunakan untuk bentang pendek dan tunggal dengan panjang efisien (10-20) meter.

**B. Dasar Pembentukan**

1. Peraturan Pemerintah Nomor 34 Tahun 2006 tentang Jalan (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2006 Nomor 86, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 4655);
2. Peraturan Pemerintah Nomor 38 Tahun 2007 tentang Pembagian Urusan Pemerintahan antara Pemerintah, Pemerintahan Provinsi, Pemerintahan Daerah Kabupaten/Kota (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2007 Nomor 82, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 4737);
3. Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 15 Tahun 2015 tentang Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2015 Nomor 16);
4. Keputusan Presiden Republik Indonesia Nomor 121/P Tahun 2014 tentang Pembentukan Kementerian dan Pengangkatan Menteri Kabinet Kerja Periode Tahun 2014-2019;

5. Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 07/PRT/M/2012 tentang Penyelenggaraan Penelitian dan Pengembangan di Bidang Jalan;
6. Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 15/PRT/M/2015 tentang Organisasi dan Tata Kerja Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.

### **C. Maksud dan Tujuan**

Surat Edaran ini dimaksudkan sebagai acuan bagi Pejabat Eselon I dan Eselon II di Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, perencana, pelaksana dan pengawas dalam kegiatan perancangan jembatan integral penuh tipe gelagar beton bertulang yang bertujuan untuk mengurangi biaya pemeliharaan, desain jembatan lebih sederhana, pelaksanaan konstruksi lebih cepat, tidak adanya *joint* (celah) yang dapat menyebabkan masuknya aliran air/debu ke dalam jembatan, biaya siklus layan lebih kecil dibandingkan jembatan konvensional, dapat memperkecil dimensi penampang gelagar.

### **D. Ruang Lingkup**

Pedoman ini menetapkan ketentuan dan prosedur perancangan jembatan integral penuh gelagar beton bertulang. Penampang gelagar menggunakan gelagar beton yang dicor secara monolit dengan kepala jembatan. Jembatan ini tidak menggunakan sistem perletakan dan siar muai. Panjang bentang efisien antara 10 m sampai dengan 20 m.

### **E. Penutup**

Ketentuan lebih rinci mengenai Pedoman Perancangan Jembatan Integral Penuh Tipe Gelagar Beton Bertulang ini tercantum dalam Lampiran yang merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari Surat Edaran Menteri ini.

Demikian atas perhatian Saudara disampaikan terima kasih.

Ditetapkan di Jakarta  
pada tanggal 15 Maret 2016

MENTERI PEKERJAAN UMUM DAN  
PERUMAHAN RAKYAT,

  
M. BASUKI HADIMULJONO

Tembusan disampaikan kepada Yth.:  
Sekretaris Jenderal, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.

## Daftar isi

Daftar isi .....	i
Prakata .....	ii
Pendahuluan .....	iii
1 Ruang lingkup.....	1
2 Acuan normatif .....	1
3 Istilah dan definisi .....	1
4 Ketentuan teknis perancangan .....	2
4.1 Tipe kepala jembatan integral penuh.....	2
4.2 Model analisis jembatan integral penuh.....	4
5 Prosedur perancangan struktur jembatan integral penuh.....	6
Lampiran A (informatif) Contoh perancangan jembatan integral penuh gelagar beton bertulang bentang tunggal dan kepala jembatan tipe dinding penuh.....	9
Lampiran B (informatif) Contoh perancangan fondasi .....	14
Lampiran C (informatif) Contoh gambar perancangan jembatan integral penuh.....	16
Bibliografi.....	22
Gambar 1 - Kepala jembatan tipe fondasi tiang .....	2
Gambar 2 - Kepala jembatan integral penuh tipe fondasi telapak .....	3
Gambar 3 - Kepala jembatan integral dengan dinding penuh.....	3
Gambar 4 - Model struktur dan gaya yang bekerja pada jembatan integral penuh.....	4
Gambar 5 - Pemodelan kepala jembatan dengan menggunakan elemen cangkang (shell element) .....	5
Gambar 6 - Diagram perancangan jembatan .....	7
Gambar 7 - Bentuk kekakuan pegas/spring pada kepala jembatan.....	8
Gambar A.1 - Analisis grup fondasi sumuran dalam arah melintang dan memanjang jembatan.....	12
Gambar A.2 - Defleksi grup fondasi .....	13
Tabel 1 - Jenis kombinasi beban .....	6

## Prakata

Pedoman perancangan jembatan integral penuh tipe gelagar beton bertulang disusun berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh Pusat Penelitian dan Pengembangan Jalan dan Jembatan. Pedoman ini dimaksudkan sebagai acuan bagi para perencana dalam merancang sistem jembatan integral penuh yang disesuaikan dengan kondisi di Indonesia.

Pedoman ini dipersiapkan oleh Komite Teknis 91-01 Bahan Konstruksi Bangunan dan Rekayasa Sipil pada Subkomite Teknis 91-01-S2 Rekayasa Jalan dan Jembatan melalui Gugus Kerja Jembatan dan Bangunan Pelengkap Jalan, Pusat Penelitian dan Pengembangan Jalan dan Jembatan.

Tata cara penulisan disusun mengikuti Pedoman Standardisasi Nasional (PSN) 08:2007 dan dibahas dalam forum rapat konsensus yang diselenggarakan pada tanggal 25 Juni 2015 di Bandung oleh Subkomite Teknis, yang melibatkan para narasumber, pakar dan lembaga terkait.



## Pendahuluan

Jembatan integral penuh (*full integral*) didefinisikan sebagai jembatan tanpa siar muai dan tanpa sistem perletakan. Karakteristik jembatan ini ditunjukkan dengan sambungan yang monolit antar dek/lantai dengan struktur bangunan bawah (kepala jembatan). Penggunaan jembatan integral penuh tipe gelagar beton bertulang digunakan untuk bentang pendek dan tunggal dengan panjang efisien (10 – 20) meter. Di samping dapat mengurangi biaya pemeliharaan, pembangunan jembatan integral penuh juga memiliki keuntungan lain, di antaranya:

- Desain jembatan lebih sederhana;
- Pelaksanaan konstruksi lebih cepat ;
- Tidak ada *joint* (celah) yang dapat menyebabkan masuknya aliran air/debu ke dalam jembatan;
- Biaya siklus layan lebih kecil dibandingkan jembatan konvensional;
- Dapat memperkecil dimensi penampang gelagar.

Di Indonesia, pembangunan jembatan integral penuh masih kurang mendapat perhatian. Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor di antaranya belum semua para perencana jembatan di Indonesia mengenal sistem integral penuh, masih kurangnya penelitian mengenai perilaku struktur integral penuh, dan kurangnya sosialisasi kepada para stakeholder.

Pedoman ini dimaksudkan untuk memperkenalkan kepada para perencana tentang perancangan jembatan integral penuh dengan menggunakan gelagar beton bertulang.

Pelaksanaan uji coba skala penuh prototipe jembatan integral tipe gelagar beton bertulang untuk bentang tunggal dengan panjang 20 meter dilakukan pada tahun 2012 di Kabupaten Sumedang, Propinsi Jawa Barat. Jembatan ini dibuat dengan sistem integral penuh di mana gelagar jembatan dicor secara monolit dengan kepala jembatan. Berdasarkan hasil monitoring yang sudah dilaksanakan, pergerakan regangan kepala jembatan masih lebih kecil dari tegangan tarik sebesar 3 MPa sebagai batas terjadinya retak dalam beton. Penerapan sistem jembatan integral penuh dapat diaplikasikan untuk berbagai kondisi tanah. Pondasi yang dibuat harus dirancang sedemikian rupa sehingga dapat memikul pergerakan arah memanjang jembatan.

# Perancangan jembatan integral penuh tipe gelagar beton bertulang

## 1 Ruang lingkup

Pedoman ini menetapkan ketentuan dan prosedur perancangan jembatan integral penuh gelagar beton bertulang. Penampang gelagar menggunakan gelagar beton yang dicor secara monolit dengan kepala jembatan. Jembatan ini tidak menggunakan sistem perletakan dan siar muai. Panjang bentang efisien antara 10 m sampai dengan 20 m. Perhitungan beban mengacu kepada RSNi3 1725 : 201X. Syarat-syarat tentang Spesifikasi Teknis dijelaskan dalam contoh perancangan.

## 2 Acuan normatif

Dokumen referensi di bawah ini harus digunakan dan tidak dapat ditinggalkan untuk melaksanakan pedoman ini.

RSNi3 1725 : 201X, *Pembebanan untuk jembatan*.

Pedoman No. 13/SE/M/2015, *Perancangan jembatan semiintegral tipe balok beton pracetak prategang*

## 3 Istilah dan definisi

Untuk tujuan penggunaan pedoman ini, istilah dan definisi berikut digunakan.

### 3.1

#### **beban mati tambahan (*superimposed*)**

berat seluruh komponen jembatan yang menimbulkan suatu beban pada jembatan dan merupakan elemen non struktural. Beban ini besarnya dapat berubah selama umur jembatan (antara lain lapisan aspal, pemasangan tiang listrik dan instalasi mekanik elektrik).

### 3.2

#### **Jembatan Integral penuh**

jembatan yang dibuat sebagai satu kesatuan antara bangunan atas dengan bangunan bawah tanpa siar muai dan tanpa perletakan.

### 3.3

#### **Jembatan semiIntegral**

jembatan tanpa siar muai tetapi masih memiliki sistem perletakan.

### 3.4

#### **kepala jembatan**

bangunan bawah yang terletak pada kedua ujung jembatan, berfungsi sebagai pemikul seluruh beban pada ujung luar bentang pinggir dan gaya-gaya lainnya, kemudian didistribusikan pada fondasi.

### 3.5

#### **kepala jembatan integral penuh**

bagian bangunan bawah jembatan yang dibuat sebagai satu kesatuan dengan ujung gelagar jembatan dan pelat injak.

### 3.6

#### oprit jembatan

jalan masuk bagi kendaraan yang akan melewati jembatan agar terasa nyaman dan terletak di kedua ujung jembatan (Supriyadi, 2007).

### 3.7

#### pelat injak

suatu konstruksi beton pada jalan pendekat di ujung oprit jembatan yang berfungsi untuk meratakan beban akibat kendaraan sehingga mengurangi tekanan tanah terhadap dinding kepala jembatan (Supriyadi, 2007).

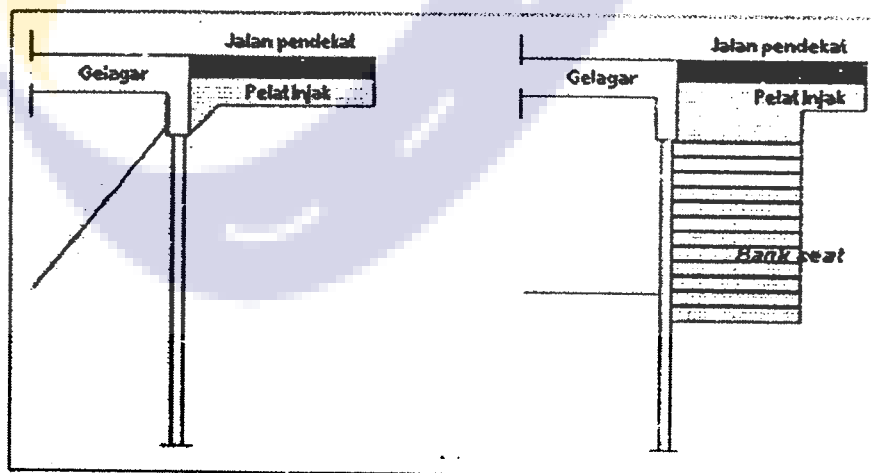
## 4 Ketentuan teknis perancangan

Jembatan integral penuh tidak menggunakan siar muai dan perletakan. Berdasarkan analisis statika, jembatan ini dimodelkan sebagai portal, dalam hal gelagar jembatan berperilaku sebagai balok dan kepala jembatan berperilaku sebagai kolom. Pada sistem portal, momen lapangan yang terjadi akibat beban (beban mati dan beban hidup) didistribusikan pada ujung gelagar yang menyatu dengan kepala jembatan sehingga dapat mengurangi dimensi penampang gelagar. Dengan menyatunya sistem bangunan atas dengan bangunan bawah, maka pergerakan memuai dan menyusut yang terjadi pada jembatan harus diakomodasi oleh sistem fondasi. Fondasi pada jembatan integral penuh harus dibuat fleksibel.

### 4.1 Tipe kepala jembatan integral penuh

Ada beberapa tipe kepala jembatan integral penuh, yaitu:

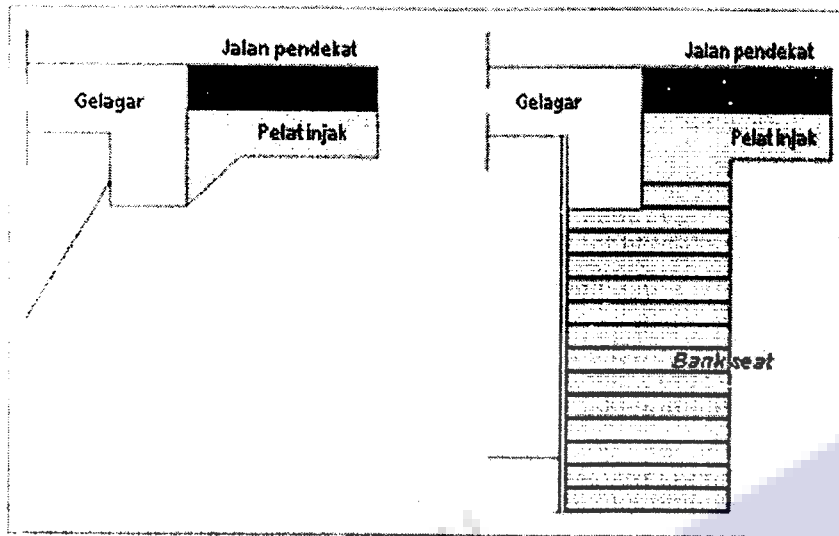
- Fondasi tiang.** Untuk tipe ini, beban vertikal dipikul oleh fondasi. Kekurangan dari tipe ini adalah tidak mampu memikul gaya rotasi akibat beban timbunan sehingga perlu ditambahkan pelat injak di belakang kepala jembatan. Tipe ini dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 - Kepala Jembatan tipe fondasi tiang

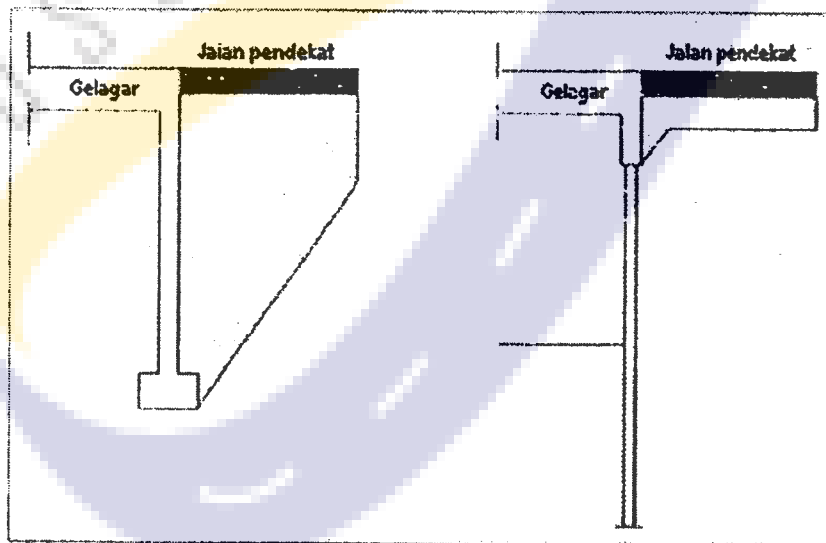
- Fondasi telapak.** Tipe kepala jembatan ini digunakan jika tanah dasar batuan dangkal sehingga terjadi penurunan tanah yang kecil. Tipe ini dapat dilihat pada Gambar 2.





**Gambar 2 - Kepala jembatan integral penuh tipe fondasi telapak**

- c. **Kepala jembatan dengan dinding penuh.** Tipe ini sangat cocok jika digunakan untuk bentang pendek. Untuk tipe kepala jembatan ini dapat dilihat pada Gambar 3.



**Gambar 3 - Kepala jembatan integral dengan dinding penuh**

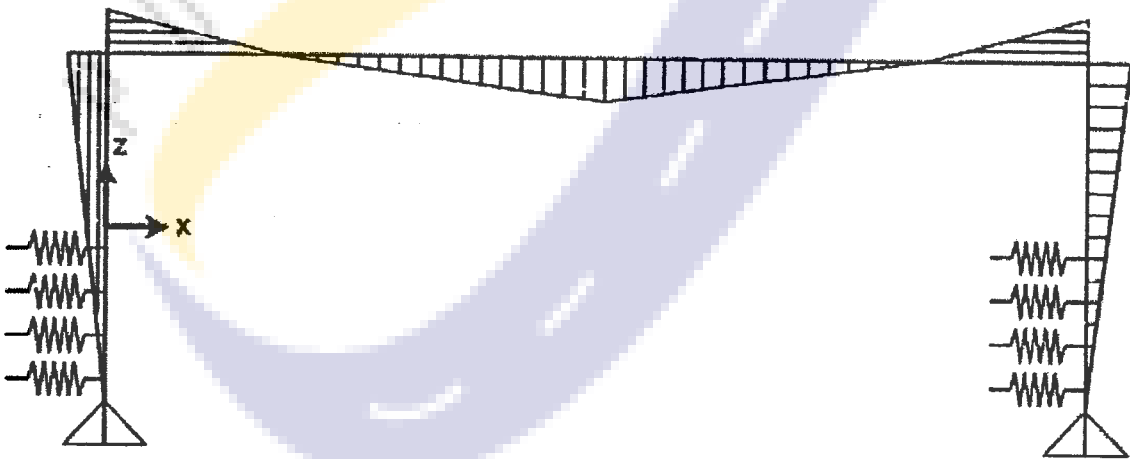
Beberapa ketentuan teknis seperti: pergerakan longitudinal, faktor beban, pengaruh temperatur, pengaruh rangkai susut beton, dan tekanan tanah mengacu pada Pedoman perancangan jembatan semiintegral tipe balok beton pracetak prategang (Pedoman Nomor 13/SE/M/2015). Perhitungan beban mengacu pada RSNi3 1725 : 201X, *Pembebanan untuk jembatan*.

## 4.2 Model analisis jembatan integral penuh

Jembatan integral penuh tidak menggunakan siar muai dan perietakan. Berdasarkan analisis statika, jembatan ini dimodelkan sebagai portal, dimana gelagar jembatan berperilaku sebagai balok dan kepala jembatan berperilaku sebagai kolom. Dalam pedoman ini, metode perancangan jembatan integral penuh difokuskan pada gelagar beton bertulang bentang tunggal dengan panjang efisien (10 – 20) meter. Hal-hal yang harus diperhatikan pada saat desain adalah:

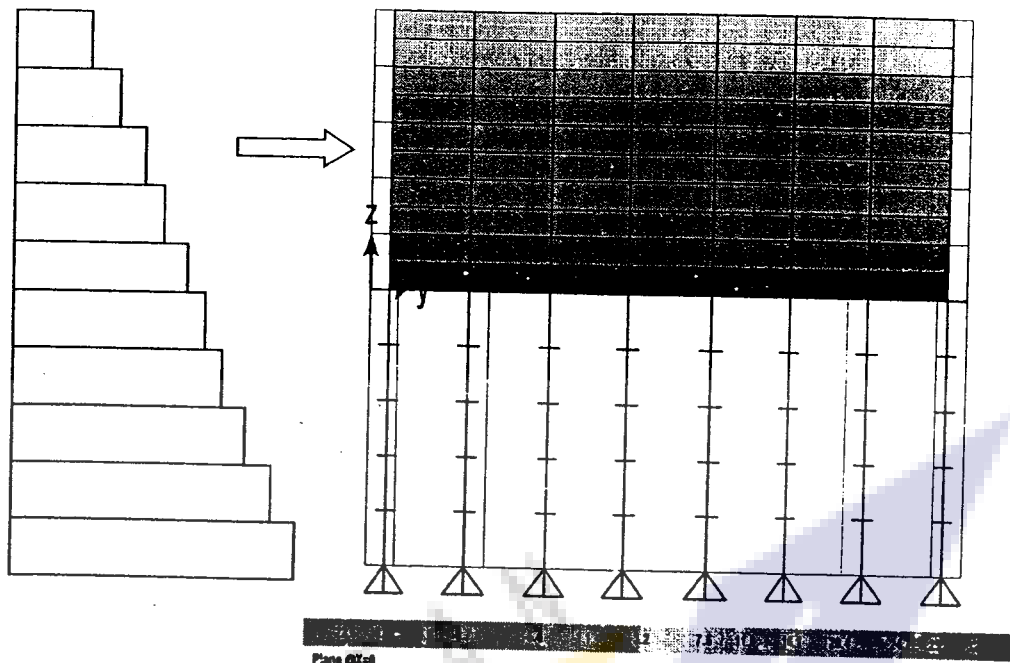
- Perbedaan temperatur yang terjadi pada sisi atas dan sisi bawah dari lantai kendaraan yang dapat menimbulkan momen sekunder;
- Pelat injak tidak dimasukkan dalam pemodelan struktur portal;
- Perlu diperhatikan desain penulangan antara ujung gelagar dengan kepala jembatan.
- Sifat dan kekakuan tanah sangat mempengaruhi jenis fondasi yang akan digunakan pada jembatan integral penuh;
- Beban-beban yang dihitung terdiri dari berat sendiri, beban mati tambahan (*superimposed*), susut rangkai, tekanan tanah, beban hidup, gaya rem, gaya gempa, perubahan temperatur, dan beberapa kombinasi beban yang semuanya mengacu pada RSNi3 1725 : 201X, *Pembebanan untuk jembatan*. Untuk gaya rem dan gempa boleh/tidak dimasukkan dalam pemodelan ini karena dianggap kurang begitu berpengaruh terhadap struktur portal monolit yang kaku.

Kontrol penampang gelagar jembatan dengan sistem balok "T" untuk bentang (10-20) meter meliputi kontrol kekuatan kapasitas penampang gelagar. Dalam perancangan, harus dibandingkan antara kapasitas balok "T" dengan beban ultimit yang terjadi dimana  $\phi \cdot M_n \leq M_u$ . Lendutan jangka panjang harus memperhitungkan pengaruh rangkai dan susut beton. Lendutan akibat beban hidup termasuk beban kejut tidak boleh melampaui  $L/800$ . Gambar 4 merupakan model struktur jembatan integral penuh.



Gambar 4 - Model struktur dan gaya yang bekerja pada jembatan integral penuh

Perhitungan gaya-gaya dalam akibat beban yang bekerja pada struktur jembatan dapat menggunakan program analisis struktur. Gambar 4 adalah model struktur jembatan integral untuk bentang tunggal dengan kekakuan tanah pada kepala jembatan dimodelkan sebagai pegas (*spring*). Perletakan dimodelkan sebagai sendi dan pelat lantai dimodelkan dengan menggunakan elemen cangkang (*shell element*). Pemodelan beban akibat tekanan tanah pada kepala jembatan ditunjukkan dalam Gambar 5.



**Gambar 5 - Pemodelan kepala jembatan dengan menggunakan elemen cangkang (shell element)**

Berdasarkan Gambar 5, kepala jembatan dirancang menggunakan elemen cangkang dengan lebar dan tebal yang sudah ditetapkan oleh perencana. Untuk meletakkan beban akibat tekanan tanah maka kepala jembatan dibagi menjadi beberapa rentang bagian sehingga pada setiap bagian diletakkan beban yang berbeda. Pemodelan kekakuan fondasi menggunakan rumus sebagai berikut :

- Modulus geser :  $G = \frac{E}{2(1+\nu)}$  (1)

- Kekakuan vertikal :  $K_z = \frac{2.5GA^{0.5}}{(1-\nu)}$  (2)

- Kekakuan horisontal :  $K_x = 2.5G(1+\nu)A^{0.5}$  (3)

- Kekakuan putar/rocking :  $K_m = \frac{2.5GZ}{(1-\nu)}$  (4)

Keterangan :

G adalah modulus geser tanah (MPa)

E adalah modulus Young's tanah (MPa)

$\nu$  adalah poisson's ratio tanah

A adalah luas fondasi (mm<sup>2</sup>)

Z adalah statis momen dari fondasi (mm<sup>3</sup>)

Bentuk pemodelan untuk beban yang bekerja pada struktur jembatan integral penuh adalah sebagai berikut:

- a. Beban mati (DL) diperhitungkan dari berat sendiri struktur yang diambil dari hasil analisis program;
- b. Beban BTR (Beban Terbagi Rata) dipasang pada seluruh pelat lantai (model elemen cangkang);
- c. Beban BGT (Beban Garis Terpusat) dipasang di sepanjang diafragma tengah bentang;

- d. Beban rangkai dan susut dipasang pada gelagar sebagai beban regangan (*strain*);
  - e. Gaya rem dianggap bekerja 1.8 m di atas lantai kendaraan sehingga dipasang sebagai momen pada ujung-ujung balok pada kedua sisi jembatan sesuai dengan arah lalu lintas;
  - f. Beban tanah diasumsikan sebagai beban yang terdistribusi pada elemen vertikal;
  - g. Gaya gempa dipasang pada pusat masa;
  - h. Beban akibat perubahan temperatur dipasang merata pada pelat lantai jembatan.
- Beberapa kombinasi beban yang dapat digunakan untuk perancangan ditunjukkan dalam Tabel 1.

**Tabel 1 - Jenis kombinasi beban**

No	Jenis Kombinasi	Keterangan
1	Kombinasi 1	1.3 DL + 1.8 BTR + 1.8 BGT + 1.25 Tanah + 1.8 Rem + Rangkai + Susut + 1.2 Temperatur
2	Kombinasi 2	1.3 DL + 1.8 BTR + 1.8 BGT + 1.25 Tanah + 1.8 Rem + Rangkai + Susut
3	Kombinasi 3	1.3 DL + BTR + BGT + 1.25 Tanah + 0.3 Gempa Y + Gempa X + Rangkai + Susut + Temperatur
4	Kombinasi 4	1.3 DL + BTR + BGT + 1.25 Tanah + Gempa Y + 0.3 Gempa X + Rangkai + Susut + Temperatur
5	Kombinasi 5	1.3 DL + 1.8 BTR + 1.8 BGT
6	Kombinasi 6	1.3 DL + 1.8 BTR + 1.8 BGT + 1.2 Temperatur
7	Kombinasi 7	1.3 DL + 1.8 BTR + 1.8 BGT + 0.8 Tanah + Rangkai + Susut
8	Kombinasi 8	1.3 DL + 1.8 BTR + 1.8 BGT + 1.25 Tanah + Rangkai + Susut
9	Kombinasi 9	1.3 DL + 1.8 BTR + 1.8 BGT + 0.8 Tanah + Rangkai + Susut + 0.8 Temperatur
10	Kombinasi 10	1.3 DL + 1.8 BTR + 1.8 BGT + 1.25 Tanah + Rangkai + Susut + 1.2 Temperatur

Keterangan:

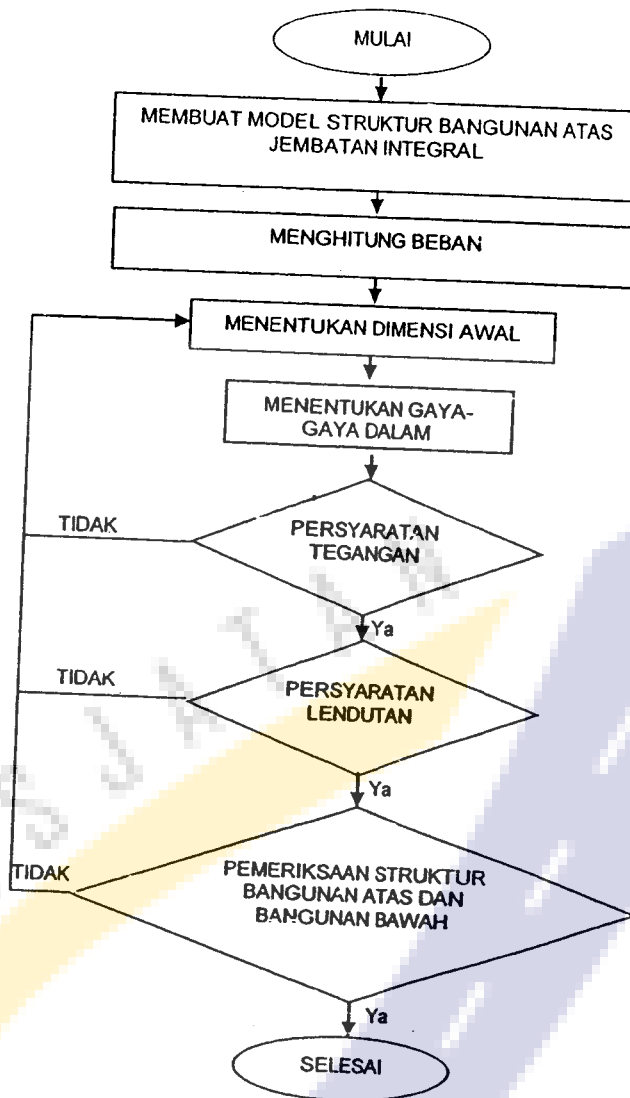
BTR adalah Beban Terbagi Rata

BGT adalah Beban Garis Terpusat

Berdasarkan Tabel 1, faktor beban  $> 1$  adalah kondisi normal, faktor beban  $< 1$  adalah kondisi terkurangi, dan faktor beban  $= 1$  adalah kondisi layan. Dari beberapa kombinasi yang digunakan, maka diambil nilai kombinasi yang menghasilkan gaya maksimum.

## 5 Prosedur perancangan struktur jembatan integral penuh

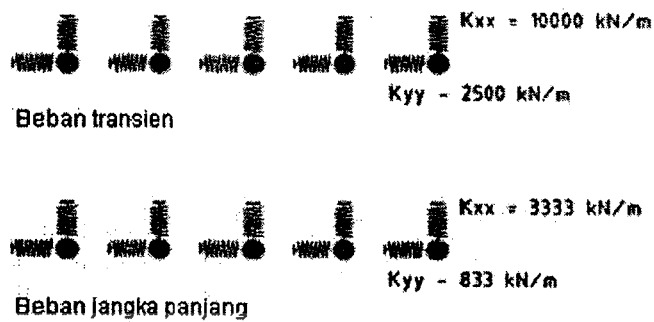
Untuk prosedur perancangan jembatan integral penuh ditunjukkan dalam Gambar 6 berikut.



**Gambar 6 - Diagram perancangan jembatan**

Berikut adalah prosedur perancangan jembatan integral penuh gelagar beton bertulang:

- a. Membuat pemodelan jembatan dengan menggunakan statika tak tentu. Jembatan integral penuh dimodelkan sebagai portal. Bentuk kekakuan tanah yang bekerja pada kepala jembatan dimodelkan sebagai pegas (*spring*) seperti ditunjukkan dalam Gambar 7.



**Gambar 7 - Bentuk kekakuan pegas/spring pada kepala jembatan**

Pemodelan perletakan pegas (*spring*) sangat dipengaruhi oleh kondisi tanah.

- Menentukan besarnya beban yang bekerja pada jembatan. Perhitungan beban mengacu pada RSNI 1725 : 201X. Perencanaan beban dapat menggunakan program perhitungan struktur. Dari hasil analisis program dapat diketahui besarnya gaya-gaya dalam yang bekerja dalam struktur tersebut.
- Menentukan dimensi struktur bangunan atas dan bangunan bawah.
- Merancang sistem sambungan tulangan antara elemen bangunan atas dengan elemen bangunan bawah yang dapat mengakomodir pergerakan arah memanjang jembatan.
- Merancang sistem penulangan pelat penghubung.
- Merancang sistem fondasi yang dibuat sebagai satu kesatuan dengan bangunan bawah (ujung kepala jembatan). Fondasi harus dirancang lebih fleksibel untuk mengantisipasi pergerakan muai susut jembatan.

Fondasi jembatan integral penuh harus dapat mengakomodir pergerakan memuai dan menyusut dalam arah memanjang jembatan. Untuk itu, fondasi harus dibuat lebih fleksibel (dapat mengakomodir besarnya momen dan lendutan akibat tekanan tanah).

Untuk fondasi dengan tiang pancang, jumlah tiang pancang (*pile*) yang terpasang tidak boleh melebihi satu baris. Hal ini dimaksudkan agar pergerakan jembatan terjadi dalam arah yang sama.

## Lampiran A (informatif)

### Contoh perancangan jembatan integral penuh gelagar beton bertulang bentang tunggal dan kepala jembatan tipe dinding penuh

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

Bentang	= 20 m
Jarak antar balok	= 1.65 m
Lebar jembatan	= 7.7 m
Tebal pelat	= 0.2 m
Tinggi kepala jembatan	= 7.15 m
Tebal kepala jembatan	= 3.5 m
$\gamma$ beton	= 24 kN/m <sup>3</sup>
$f_c$	= 20.75 MPa
$f_y$	= 300 MPa
$f_s$	= 240 MPa
$\alpha$	= 1.00E-05 /°C
E beton	= 2.5 x 10 <sup>4</sup> MPa
E baja	= 2 x 10 <sup>5</sup> 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 pegas horisontal dan pada ujung fondasi dipasang sendi dengan asumsi fondasi berdiri di atas batuan dasar. Lantai dimodelkan sebagai elemen cangkang dengan ketebalan 0.2 m, kepala jembatan pengaku horizontal setiap 1 meter. Beban temperatur diletakkan pada lantai jembatan sebesar  $\Delta t$  dari temperatur maksimum dan temperatur minimum. Berdasarkan RSNI3 1725 : 201X, *Pembebanan untuk jembatan*, perbedaan temperatur jembatan di Indonesia berkisar 25°C. Dari analisis program diperoleh gaya-gaya maksimum sebagai berikut :

▪ Reaksi vertikal ( $R_v$ )	= 609.92 kN
▪ Reaksi horizontal ( $R_h$ )	= 254.16 kN
▪ M tumpuan (M)	= 1890.85 kNm
▪ M lapangan	= 1904.71 kNm

Pengaruh temperatur pada jembatan menimbulkan momen negatif, dimana momen negatif ini mengurangi momen positif yang diakibatkan berat sendiri struktur dan beban hidup (BTR (Beban Terbagi Rata) dan BGT (Beban Garis Terpusat)). Pengaruh perbedaan temperatur untuk jembatan integral dengan panjang bentang 20 m ini hanya mengakibatkan terjadinya defleksi sebesar 0.841 mm. Ternyata untuk kondisi di Indonesia, perbedaan temperatur tidak menyebabkan terjadinya defleksi yang besar pada jembatan integral untuk bentang 20 m.

#### Analisis perancangan Jembatan integral penuh

Gelagar yang dianalisis untuk jembatan integral berupa gelagar beton bertulang "T" dengan bentang 20 meter.

#### Desain penulangan kepala Jembatan

Data perencanaan :

$f_c$	= 20.75 MPa
$f_y$	= 300 MPa



$f_s = 240 \text{ MPa}$   
 Selimut = 50 mm  
 Lebar = 0.5 m  
 $E_c = 25000 \text{ MPa}$   
 $E_s = 200000 \text{ MPa}$   
 $\varnothing_{\text{tulangan}} = 25 \text{ mm}$   
 $\varnothing_{\text{sengkang}} = 13 \text{ mm}, 16 \text{ mm}, \text{ dan } 19 \text{ mm}$

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

#### Desain tulangan geser :

$\varnothing_{\text{sengkang}} = 12 \text{ mm}$   
 Jumlah penampang geser = 4  
 $A_g = \text{Tebal kepala jembatan} \times \text{Jarak antar balok}$   
 $= 3.5 \times 1.65$   
 $= 5.77 \text{ m}^2$   
 $A_s = \text{Jumlah penampang geser} \times (0.25 \times 3.14 \times \varnothing_{\text{sengkang}}^2)$   
 $= 4 \times (0.25 \times 3.14 \times 12^2)$   
 $= 452.16 \text{ mm}^2$   
 $A_{ch} = (\text{Tebal kepala jembatan} - 2\text{Selimut}) \times \text{Jarak antar balok}$   
 $= 0.42 \times 1.2$   
 $= 0.504 \text{ m}^2$  (Luas dari sisi luar ke sisi luar tulangan sengkang)  
 $d = \text{Tebal kepala jembatan} - \text{Selimut} - \varnothing_{\text{sengkang}} - 1/2 \varnothing_{\text{tulangan}}$   
 $= 500 - 40 - 12 - 12.5$   
 $= 435.5 \text{ mm}$   
 $h_c = \text{Tebal kepala jembatan} - \text{Selimut} - \varnothing_{\text{sengkang}}$   
 $= 500 - 40 - 12$   
 $= 448.0 \text{ mm}$  (Tebal dari sumbu ke sumbu tulangan sengkang).  
 Ujung-ujung kolom kepala jembatan sepanjang  $l_b$  harus dikekang dengan spasi sejarak  $s$  oleh tulangan transversal  $A_{sh}$   
 $l_b \geq h = 500 \text{ mm}$  (tebal penampang komponen HBK)  $\geq 1/6 l_n = 1/6 \times 3300$  (1/6 bentang bersih)  
 $= 550 \text{ mm} \geq 500 \text{ mm}$   
 pakai  $l_b = 550 \text{ mm}$   
 $s \leq 1/4 h = 1/4 \times 500 = 125 \text{ mm} \leq 6 \times \varnothing_{\text{tul}} = 6 \times 25 = 150 \text{ mm} \leq 150 \text{ mm}$   
 Di luar  $l_b$ , spasi  $s$  harus memenuhi:  
 $s \leq d/2 = 435.5/2 = 217.75 \text{ mm} \leq 600 \text{ mm}$ .  
 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:

$V_c = (\sqrt{f_c} + 120 \rho_w V_u d / M_m) b_w d / 7$   
 dengan:

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



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

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

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

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

$$= 2.253\%$$

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

$$= 424.14 \text{ kN}$$

$V_c$  tidak boleh lebih besar dari :

$$V_c = 0.3 \sqrt{f_c} b_w d \sqrt{(1 + 0.3 N_u / A_g) * N_u / A_g} \text{ dalam MPa}$$

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

$$= 397337 \text{ kN}$$

Pakai

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

$$\phi(V_c + V_s) = 0.75 \times (424.14 + 472.60) = 672.55 \text{ kN}$$

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

$V_u < \phi(V_c + V_s) \rightarrow \text{OK}$  (artinya bahwa kapasitas tulangan geser lebih besar dibandingkan dengan gaya geser yang bekerja pada balok). Jika  $V_u \geq \phi(V_c + V_s)$ , maka dimensi tulangan diperbesar.

### Desain tumpuan balok

#### Desain tulangan lentur

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

Tulangan direncanakan dibagi satu baris:

$$d = \text{Tinggi balok} - \text{Selimut} - \varnothing_{\text{senggang}} - 0.5 \varnothing_{\text{lentur}}$$

$$= (1400 - 40 - 12 - 12.5) \text{ mm} = 1336 \text{ mm}$$

$$R_n = M / (0.8 b d^2) = 663.36 / (0.8 \times 0.50 \times 1.336^2) = 929.83 \text{ kN/m}^2$$

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

$$M = f_y / (0.85 f_c) = 300 / (0.85 \times 25) = 14.12$$

$$\beta_1 = 0.85 - 3 (f_c - 30) / 1000 = 0.89$$

$$\rho_b = \frac{0.85 \times \beta_1 \times f_c'}{f_y} \times \frac{600}{(600 + f_y)} = \frac{0.85 \times 0.89 \times 25}{300} \times \frac{600}{(600 + 300)} = 12.6\%$$

$$\rho_{\max} = 0.75 \rho_b = 0.75 \times 12.6\% = 9.46\%$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right] = \frac{1}{14.1} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 14.1 \times 929.8}{300000}} \right] = 0.32\%$$

$$A_s = \rho \times b \times d = 0.47\% \times 500 \times 1336 = 3116 \text{ mm}^2$$

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

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

### Desain hubungan gelagar dan kepala jembatan

Dalam desain ini akan ditentukan panjang penyaluran yang menghubungkan gelagar dengan kepala jembatan.

$$A_1 = \text{Tebal kepala jembatan} \times b_w (\text{lebar penampang}) = 500 \times 500 = 250000 \text{ mm}^2$$

$$\phi V_c = 0.75 \times 1.0 A_1 \sqrt{f_c} = 0.75 \times 1.0 \times 250000 \times \sqrt{25} = 937.5 \text{ kN}$$

$$T_1 = A_{s1} \times 1.25 f_y \text{ (7 } \varnothing \text{ 25)} = 3434 \times 1.25 \times 300 = 1287.89 \text{ kN}$$

$$V_h = 539.33 \text{ kN}; V_j = T_1 - V_h = 1287.89 - 539.33 = 747.96 \text{ kN}, \phi V_c > V_j \rightarrow \text{OK}$$

Panjang penyaluran tulangan tarik dengan kait standar 90° diambil:

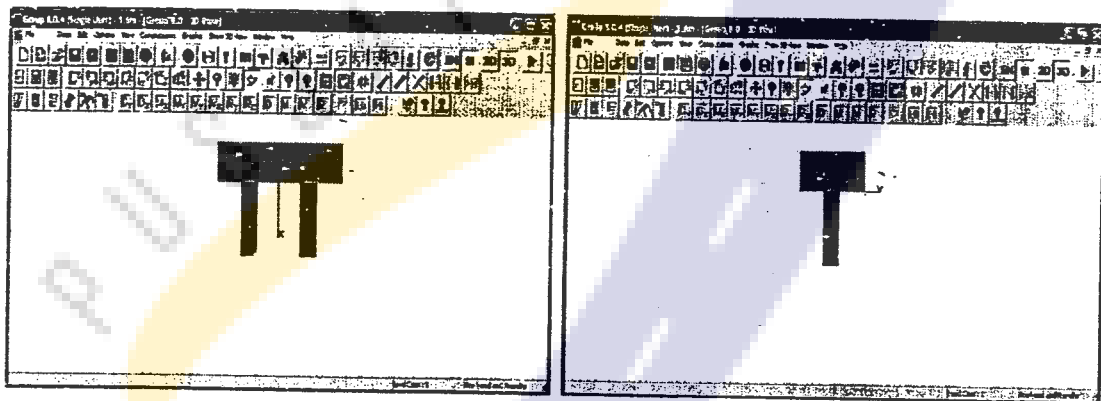
$\lambda_{dh} \geq 8 \times \emptyset$  tulangan lentur  $\geq 8 \times 25 \geq 200$  mm  
 $\lambda_{dh} \geq 150$  mm  
 $\lambda_{dh} \geq f_y \times \emptyset$  tulangan lentur  $/ (5.4 \sqrt{f_c}) \geq 300 \times 25 / (5.4 \sqrt{25}) \geq 278$  mm, Pakai panjang penyaluran 280 mm.

## Desain fondasi

### Analisis kapasitas aksial fondasi

Gaya-gaya dalam yang dipikul struktur jembatan digunakan sebagai salah satu input untuk melakukan analisis kapasitas aksial fondasi. Dari hasil analisis struktur diperoleh gaya vertikal sebesar 5350 kN. Fondasi sumuran yang digunakan memiliki kedalaman 5.5 m dengan diameter sebesar 2.2 m. Dari data-data gaya hasil analisis struktur dan data hasil penyelidikan tanah maka dapat dilakukan analisis kapasitas aksial fondasi sumuran. Setelah dilakukan analisis, maka dihasilkan kapasitas aksial yang mampu dipikul oleh sebuah fondasi sumuran sebesar 3060.92 kN. Sedangkan gaya vertikal yang hasil analisis struktur adalah 5350 kN.

Dari hasil analisis diketahui bahwa sebuah fondasi sumuran belum mampu memikul gaya vertikal yang terjadi pada jembatan. Maka diperlukan dua buah fondasi sumuran untuk memikul gaya vertikal yang terjadi. Analisis grup fondasi tersebut dapat dilihat pada Gambar A.1.

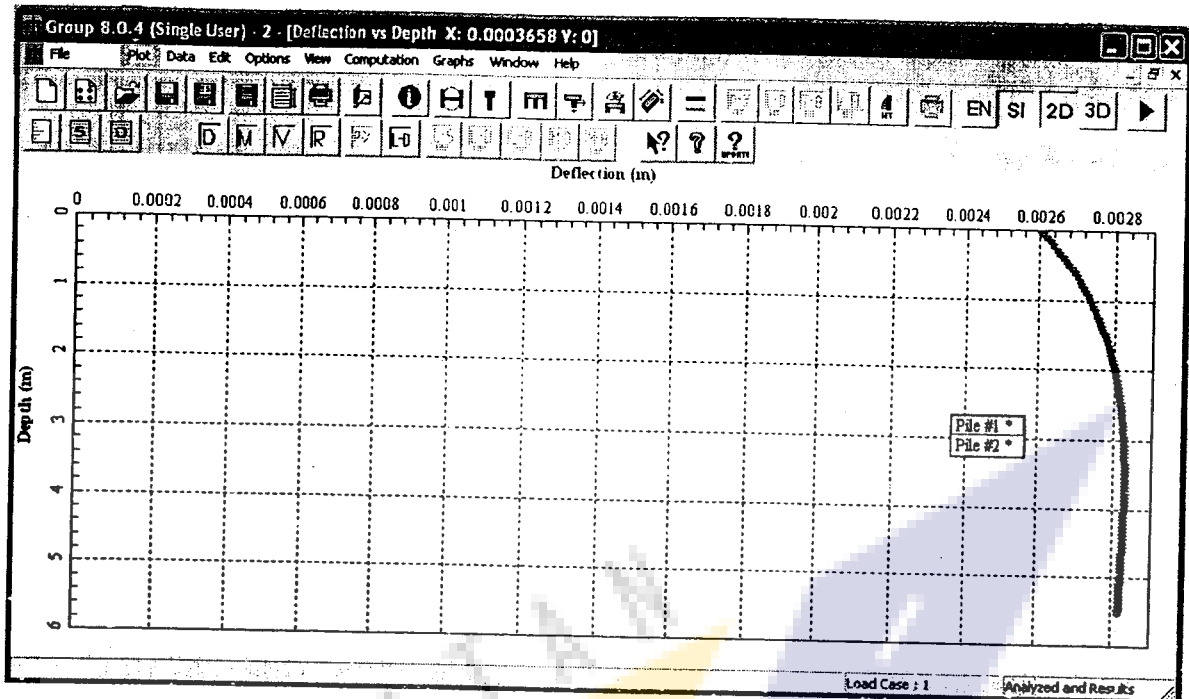


**Gambar A.1 - Analisis grup fondasi sumuran dalam arah melintang dan memanjang Jembatan**

Untuk menentukan kapasitas grup fondasi perlu diketahui terlebih dahulu nilai efisiensi grup fondasi. Efisiensi grup fondasi dapat ditentukan dengan persamaan Converse-Labarre (Bolin, 1941) sebagai berikut.

$$\eta = 1 - \theta \cdot \frac{(n-1)m + (m-1)n}{90.m.n}$$

Setelah dikoreksi dengan nilai efisiensi, diperoleh kapasitas aksial grup fondasi sebesar 5509,65 kN. Oleh karena itu dapat disimpulkan bahwa grup fondasi tersebut telah mampu untuk memikul beban vertikal yang bekerja pada jembatan.



**Gambar A.2 - Defleksi grup fondasi**

Selain kapasitas aksial juga diperlukan analisis terhadap kapasitas lateral grup fondasi terhadap beban luar yang terjadi. Setelah dilakukan analisis diperoleh defleksi yang terjadi pada fondasi sumuran lebih kecil daripada defleksi yang diizinkan (0,025 m) (Gambar A.2). Oleh karena itu grup fondasi tersebut dapat memikul gaya lateral dan momen yang terjadi pada jembatan.

## Lampiran B (informatif)

### Contoh perancangan fondasi

Diperoleh beban yang bekerja pada kepala jembatan adalah:

$$P_u = 1.77 \times 10^6 \text{ N}$$

$$M_u = 1.12 \times 10^6 \text{ N.m}$$

Ditentukan:

$$\text{Lebar kepala jembatan} = 7.7 \text{ m}$$

$$\text{Jumlah fondasi sumuran} = 2 \text{ buah}$$

$$\text{Diameter fondasi sumuran} = 2 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi fondasi sumuran} = 4.5 \text{ m}$$

Satu fondasi akan menerima beban sebesar  $P = 2.5 \times 10^5 \text{ N}$  dan  $M = 1.6 \times 10^8 \text{ N.mm}$

Gaya gesek fondasi  $Q_s = f_s \times A_s$ , dengan keterangan:

$f_s$  = intensitas tahanan geser ( $\sim 100 \text{ kN/m}^2$ )

$A_s$  = luas selimut fondasi sumuran ( $\pi \times \text{diameter} \times \text{tinggi}$ ) =  $28.29 \text{ m}^2$ , sehingga diperoleh harga  $Q_s = 2.83 \times 10^6 \text{ N}$ .

Besarnya gaya  $P$  setelah dikurangi  $Q_s$  adalah  $P = -2.57 \times 10^6 \text{ N}$ .

Luas dasar fondasi  $A = 3.14 \times 10^6 \text{ mm}^2$ .

Momen tahanan dasar fondasi  $W = (1/32) \times \pi \times (\text{diameter})^3 = 7.86 \times 10^8 \text{ mm}^3$ .

Besarnya tegangan yang terjadi ( $\sigma$ ):

$$\sigma_{12} = \frac{V}{A} \pm \frac{M}{W}, \text{ sehingga diperoleh: } \sigma_{12} = \pm 0.205 \text{ MPa} < 0.22 \text{ MPa}$$

Kontrol stabilitas:

- Stabilitas guling  
Titik guling berada pada titik terluar bawah *footplate*.

Sebelum gelagar terpasang:

Momen guling (M tekanan tanah aktif) = 20 tm

Momen penahan guling ( $M_r$ ) = 120.88 tm, yang terdiri dari:

Kepala jembatan = 87.90 tm

Tanah urug = 32.98 tm

Faktor keamanan guling ( $f$ ) =  $120.88 \text{ tm} / 20 \text{ tm} = 6.03 > 1.1$  (nilai faktor keamanan)

Setelah gelagar terpasang:

Momen guling (M tekanan tanah aktif) = 20 tm

Momen penahan guling ( $M_r$ ) = 274.55 tm, yang terdiri dari:

Kepala jembatan = 87.90 tm

Tanah urug = 32.98 tm

Beban mati + beban hidup = 153.7 tm

Faktor keamanan guling ( $f$ ) =  $274.55 \text{ tm} / 20 \text{ tm} = 13.71 > 1.1$  (nilai faktor keamanan)

- Stabilitas geser  
Koefisien geser dasar kepala jembatan dengan fondasi sumuran = 0.577

Sebelum gelagar terpasang:

Gaya geser = resultan tekanan tanah aktif = 10.15 t

Gaya geser penahan = 40.91 t:

Angka keamanan geser (f) =  $40.91 \text{ t} / 10.15 \text{ t} = 4.03 > 1.1$  (nilai faktor keamanan)

Setelah gelagar terpasang:

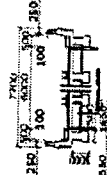
Gaya geser = resultan tekanan tanah aktif = 10.15 t

Gaya geser penahan = 51.32 t:

Angka keamanan geser (f) =  $51.32 \text{ t} / 10.15 \text{ t} = 5.06 > 1.1$  (nilai faktor keamanan)



-----  
(informatif)



44-38861-1000

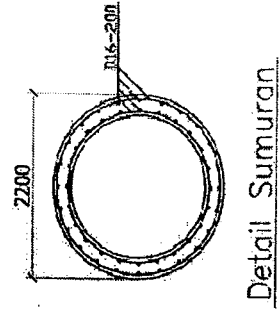
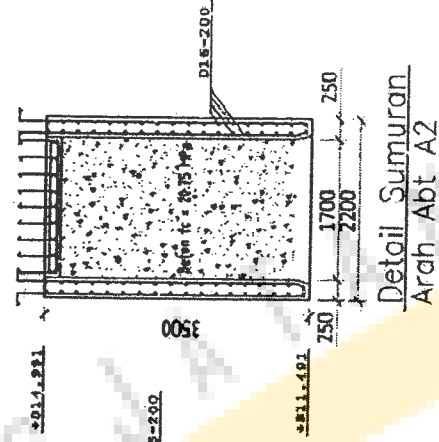
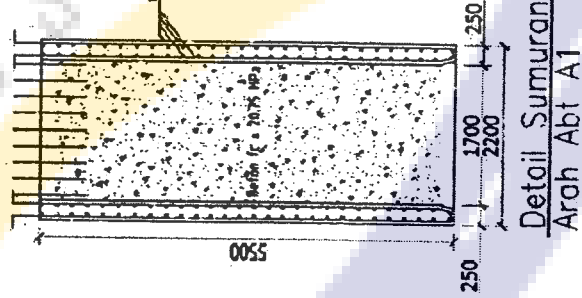
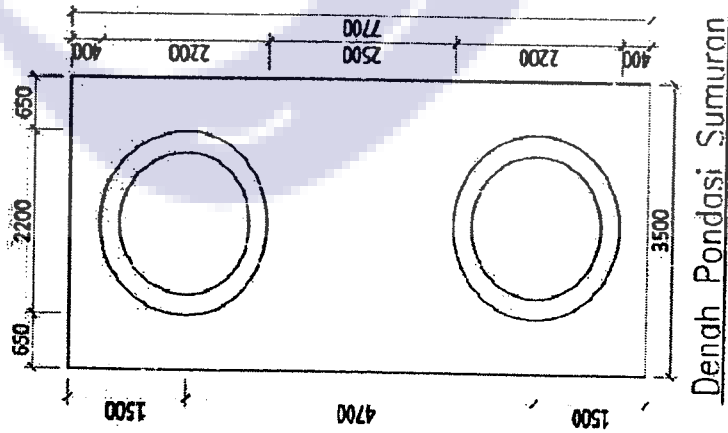
Tampak  $\frac{1}{2}$  pecahan

**7% av**

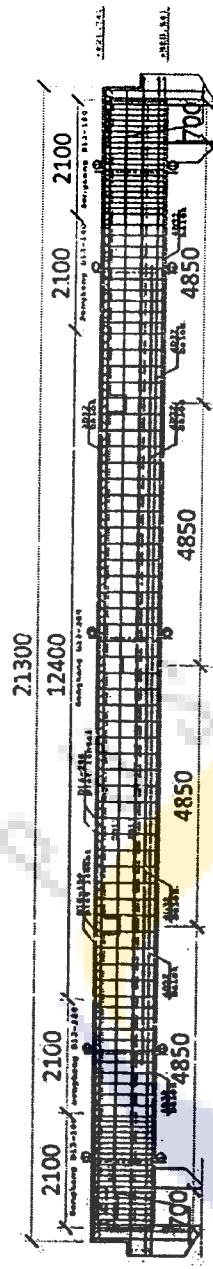
**Pol. pada Abutmen**

### Tampak dan Potongan Memanjang

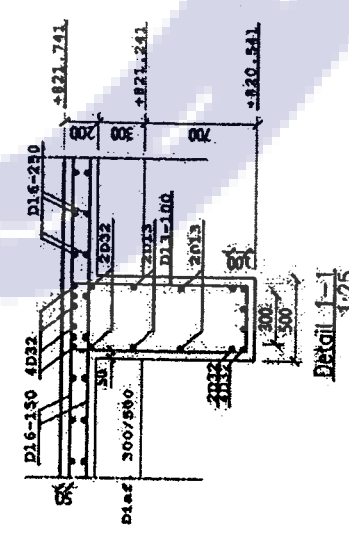
## Tampak Atas dan Denah Gelagar



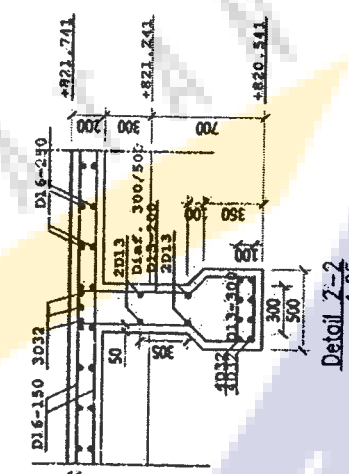
Ket : Beton  $f_c$  20.75 MPa  
Besi Ulir fy 300 MPa



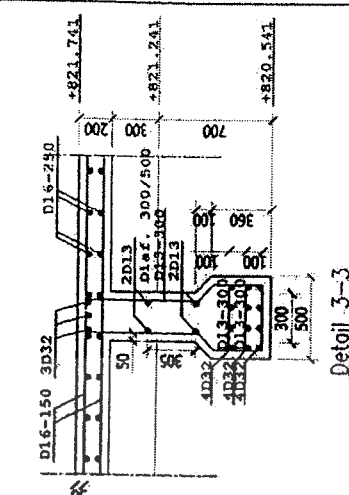
Pembesian Balok  
1:75



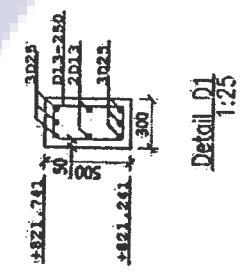
Detail 1-1  
1:25



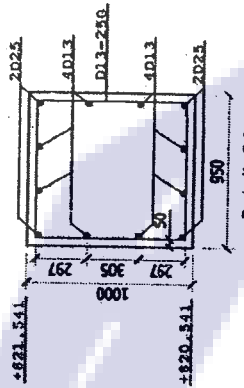
Detail 2-2  
1:25



Detail 3-3  
1:25



Detail D1  
1:25



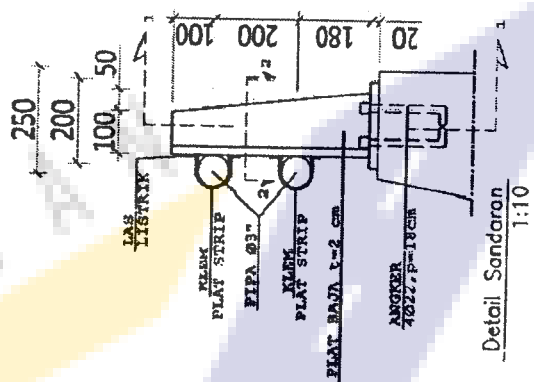
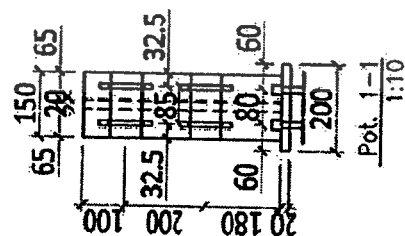
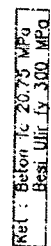
Detail D2  
1:25

Ket : Beton f<sub>c</sub> 25.05 MPa  
Besi Ulir fy 300 MPa









## Bibliografi

- BA 42/96 Amendment No. 1 Volume 1 Highway Structures Approval Procedures and General Design Section 3 General Design Part 12, "The Design of Integral Bridges".
- BMS Sistem Manajemen Jembatan, Panduan Pemeliharaan dan Rehabilitasi Jembatan, Maret 1993 (B71-volume 12, No dok. BMS 1.3-M.I).
- Bolin, H.W., 1941. The Pile Efficiency Formula of the Uniform Building Code. *Building Standards Monthly*, 10(1), 4-5
- \_\_\_\_\_, Laporan Perencanaan Teknik Tipikal Konstruksi Lantai Menerus pada Sistem Jembatan Balok di Atas Dua Tumpuan dan Integral Bridge (Paket B-7) Tahun Anggaran 2007, Direktorat Jenderal Bina Marga, Departemen Pekerjaan Umum.
- RSNI T-12-2004, Perencanaan struktur beton untuk jembatan
- Supriyadi, B dan Muntohar, A.S, 2007. "Jembatan", Yogyakarta : Beta Offset

## Daftar nama dan lembaga

### 1. Pemrakarsa

Pusat Penelitian dan Pengembangan Jalan dan Jembatan, Badan Penelitian dan Pengembangan Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat

### 2. Penyusun

Nama	Lembaga
N. Retno Setiati, ST, MT	Pusat Litbang Jalan dan Jembatan
Novi Ari Nugroho, ST	Pusat Litbang Jalan dan Jembatan

### 3. Subkomite Teknis 91-01-S2 Rekayasa Jalan dan Jembatan

No	Nama	Instansi	Kedudukan	Wakil dari
1.	Ir. Herry Vaza, M.Eng.Sc	Pusat Litbang Jalan dan Jembatan	Ketua Subkomite Teknis	Pemerintah
2.	Prof. Dr.Ir. M. Sjahdanulirwan, M.Sc	Pusat Litbang Jalan dan Jembatan	Wakil Ketua Subkomite Teknis	Pakar
3.	Ir. Nandang Syamsudin, MT	Pusat Litbang Jalan dan Jembatan	Sekretaris Subkomite Teknis	Pemerintah
4.	Prof. Dr. Ir. Raden Anwar Yamin, MT, M.E	Pusat Litbang Jalan dan Jembatan	Anggota Subkomite Teknis	Pemerintah
5.	Prof. Ir. Wimpy Santosa, Ph.D	Universitas Parahyangan (UNPAR)	Anggota Subkomite Teknis	Pakar
6.	Abinhot Sihotang, ST., MT	Institut Teknologi Nasional (ITENAS)	Anggota Subkomite Teknis	Pakar
7.	Dr.Ir. Samun Haris, MT	Himpunan Pengembangan Jalan Indonesia (HPJI)	Anggota Subkomite Teknis	Konsumen
8.	Dr. Ir. Imam Aschuri, MT	Himpunan Ahli Teknik Tanah Indonesia (HATTI)	Anggota Subkomite Teknis	Konsumen
9.	Ir. Saktyanu P.S.D, M.Eng.Sc	Astatindo	Anggota Subkomite Teknis	Konsumen
10.	Ir. Gompul Dairi, BRE, M.Sc	PT. Pacific Prestress Indonesia (PT. PPI)	Anggota Subkomite Teknis	Produsen
11.	Dr. Ir. Hindra Mulya, MM	PT. MBT	Anggota Subkomite Teknis	Produsen

**MENTERI PEKERJAAN UMUM DAN  
PERUMAHAN RAKYAT,**

*M. Basuki Hadimuljono*

**M. BASUKI HADIMULJONO**