



JEMBATAN INTEGRAL (INTEGRAL BRIDGE)

Wawan Witarnawan

RINGKASAN

Sudah menjadi suatu hal yang diketahui bersama bahwa hampir semua sambungan muai jembatan mengalami kerusakan dan kebocoran, hal ini merupakan masalah yang cukup berarti dalam pemeliharaan jembatan. Tujuan utama dari jembatan integral adalah untuk mengurangi atau menghilangkan sambungan pada jembatan sehingga dapat mengurangi biaya pemeliharaannya. Jembatan integral adalah jembatan yang dibangun tanpa sambungan muai di antara bentang jembatan maupun antara bentang jembatan dengan abutmen. Jembatan integral semakin banyak digunakan seiring dengan usaha para ahli jembatan dalam menghindari biaya pemeliharaan yang sangat mahal akibat adanya sambungan muai.

SUMMARY

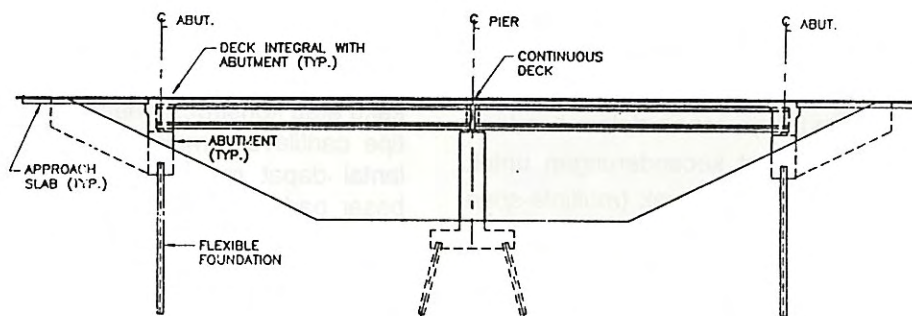
It is recognised that almost all bridge joints defect or leak and this is a significant problem with respect to bridge maintenance. The main objective in using integral bridges is to reduce or eliminate joints in bridges and thereby reduce maintenance cost. An "integral bridge" is a bridge which is constructed without any movement joints between spans or between spans and abutments. Integral bridges are becoming more widespread as engineers seek ways of avoiding the very expensive maintenance problems encountered on bridges with movement joints.

I. PENDAHULUAN

Pada konstruksi jembatan, seringkali dijumpai masalah yang berkaitan dengan sambungan muai (*expansion joint*). Akibat cuaca dan gaya luar yang bekerja padanya, sambungan muai ini sering mengalami kerusakan. Kerusakan pada sambungan muai selain mengakibatkan tambahan kejutan pada lantai jembatan, juga akan mengakibatkan aliran air/kotoran masuk dan merusak perletakan dan bangunan bawah jembatan. Biaya yang diperlukan untuk memelihara dan mengganti sambungan muai biasanya cukup besar.

Untuk mengatasi hal tersebut, sekarang ini tengah dikembangkan suatu konstruksi jembatan yang sama sekali atau sesedikit mungkin menggunakan sambungan muai. Konstruksi jembatan tanpa menggunakan sambungan muai tersebut dinamakan jembatan integral (*integral bridge*), Gambar 1. Selain dapat menghilangkan biaya pemeliharaan dan penggantian sambungan muai, keuntungan lain dari jembatan integral adalah dapat lebih meningkatkan kenyamanan bagi pengguna jembatan, mengingat hentakan yang terjadi pada saat roda kendaraan melintas di atas sambungan dapat dihilangkan.

Gambar 1.
TIPIKAL JEMBATAN INTEGRAL^[2]



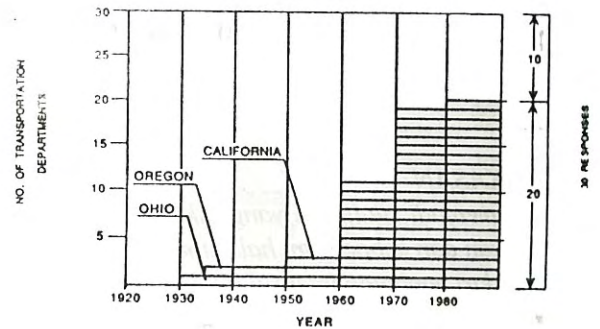
II. KEUNTUNGAN DAN PENERAPAN JEMBATAN INTEGRAL

Sebagaimana disinggung diatas, jembatan integral adalah struktur jembatan tanpa sambungan diatas abutmen maupun pilar. Karena konstruksinya yang menerus, tegangan-tegangan sekunder akan terjadi pada struktur akibat adanya perubahan panas dan kelembaban, penurunan bangunan bawah atau akibat hal lainnya yang terkait dengan kontinuitas struktur. Popularitas penggunaan jembatan integral ini cenderung semakin meningkat, hal itu disebabkan oleh kenyataan dilapangan yang menunjukkan bahwa lebih banyak kerusakan pada jembatan disebabkan oleh adanya sambungan daripada oleh tegangan-tegangan sekunder yang seharusnya dicegah sambungan tersebut. Disamping itu biaya pemeliharaan dan perbaikan sambungan yang cukup besar menyebabkan perlunya mencari alternatif pilihan lainnya. Sekarang ini timbul kecenderungan untuk tidak begitu menekankan kontrol terhadap tegangan-tegangan sekunder yang berkaitan dengan tertahannya gerakan jembatan, akan tetapi lebih menekankan pada pencapaian perencanaan jembatan yang sederhana tetapi mempunyai ketahanan yang lebih tinggi. Jembatan integral selain dapat direncanakan dari awal juga dapat dibuat dengan cara memodifikasi jembatan-jembatan tipe gelagar sederhana yang ada.

III. PERKEMBANGAN JEMBATAN INTEGRAL

Jembatan integral mulai dibangun di Ohio, USA, pada tahun 1930. Mengingat konstruksi ini dipercaya lebih efisien, maka biaya total selama umur jembatan menjadi lebih rendah sehingga jembatan integral menjadi semakin banyak diikuti oleh negara-negara bagian lainnya di Amerika dan Kanada, Gambar 2. Hal ini ditunjang pula dengan slogan yang digunakan oleh para ahli jembatan di Amerika sekarang, yaitu "No joint is a good joint". Jembatan integral terpanjang dengan panjang bentang total 250m dibangun di Tennessee pada awal tahun 1980-an dan hingga kini kondisinya masih dalam keadaan baik. Sekarang ini terdapat kecenderungan untuk mengubah jembatan bentang banyak (*multiple-span bridge*) menjadi suatu struktur jembatan yang menerus atau jembatan integral. Inggris mulai mengembangkan jembatan tipe ini pada awal tahun 1990-an

Gambar 2.
PENERAPAN JEMBATAN INTEGRAL DI AMERIKA⁽¹⁾



IV. DETAIL-DETAIL JEMBATAN INTEGRAL

4.1. Gelagar

Pada umumnya gelagar yang digunakan dalam jembatan integral ini direncanakan berdasarkan prinsip balok sederhana. Walaupun nantinya hubungan antara dua gelagar diatas pilar akan disatukan dengan diafragma sehingga menjadi menerus, akan tetapi didalam perencanaannya gelagar dihitung berdasarkan gelagar yang terletak diatas dua perletakan (*simply supported*).

4.2. Hubungan menerus pada abutmen

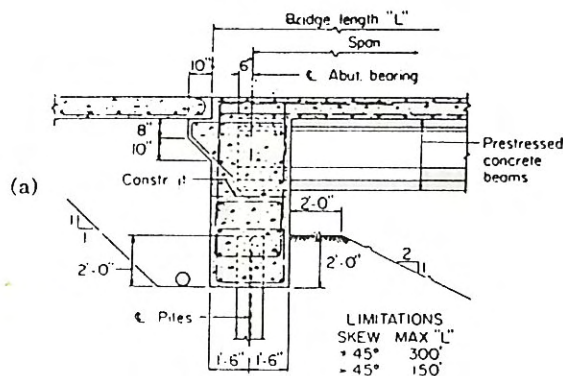
Konstruksi abutmen yang dihubungkan secara langsung dengan lantai jembatan, tanpa sambungan muai, disebut abutmen integral (*integral abutment*), Gambar 3. Pelat injak (*approach slab*) dipasang dibelakang abutmen dengan elevasi yang sama dengan lantai jembatan guna menghindari pemadatan tanah dibelakang abutmen oleh beban lalu lintas serta guna mencegah masuknya air ketanah dibelakang abutmen. Ukuran dari abutmen integral diusahakan dibuat sekecil yang dapat dilaksanakan. Hal itu dimaksudkan untuk mengurangi berat dari struktur yang nantinya harus bergerak bersama lantai jembatan, serta untuk menghindari reaksi tekanan tanah pasif yang berlebihan pada saat lantai jembatan memuai. Agar pergerakan lateral dan rotasi dapat berjalan dengan baik, tiang pondasi harus dibuat cukup elastis, untuk maksud itu pondasi dapat terdiri dari satu baris tiang baja profil atau beton. Apabila tiang pondasi cukup kaku atau konstruksi abutmen terlalu tinggi (abutmen tipe cantilever), maka penyatuan abutmen dengan lantai dapat mengakibatkan terjadinya gaya yang besar pada struktur. Untuk mengatasi hal tersebut, maka konstruksi yang sesuai untuk abutmen-abutmen tipe ini adalah dengan menggunakan abutmen semi-integral seperti yang diperlihatkan pada Gambar 4.

Untuk abutmen jembatan lama, yang mengalami masalah dengan adanya sambungan muai, dapat dilakukan modifikasi sehingga menjadi tipe abutmen integral. *Backwall* pada abutmen dibongkar untuk diganti menjadi balok diafragma yang dicor menyatu dengan lantai dan akan secara kaku menjepit gelagar. Apabila tiang pondasi cukup elastis, maka *pile cap* dapat dibuat menyatu secara penuh dengan balok diafragma, akan tetapi apabila tiang pondasi cukup kaku, misalnya terdiri dari dua baris tiang atau lebih, maka perlu dibuatkan sambungan sendi antara

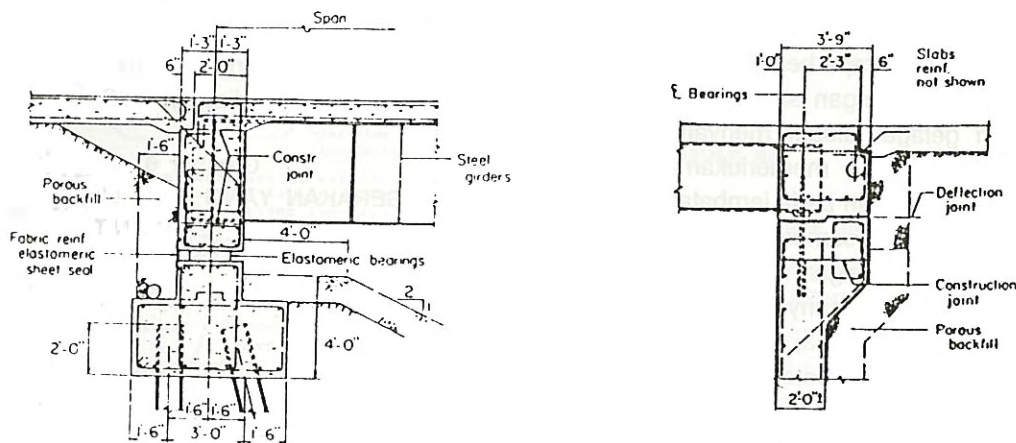
pile cap dengan balok diafragma guna memberikan kebebasan berotasi pada gelagar. Gambar contoh dari modifikasi abutmen non-integral menjadi tipe abutmen integral dapat dilihat pada Gambar 5.

Beban-beban arah longitudinal dari lantai jembatan ditahan oleh tekanan tanah pasif dari tanah timbunan dibelakang abutmen. Guna menghitung besar tekanan tanah dalam kaitannya dengan pergerakan lantai jembatan, dapat digunakan grafik pada Gambar 6.

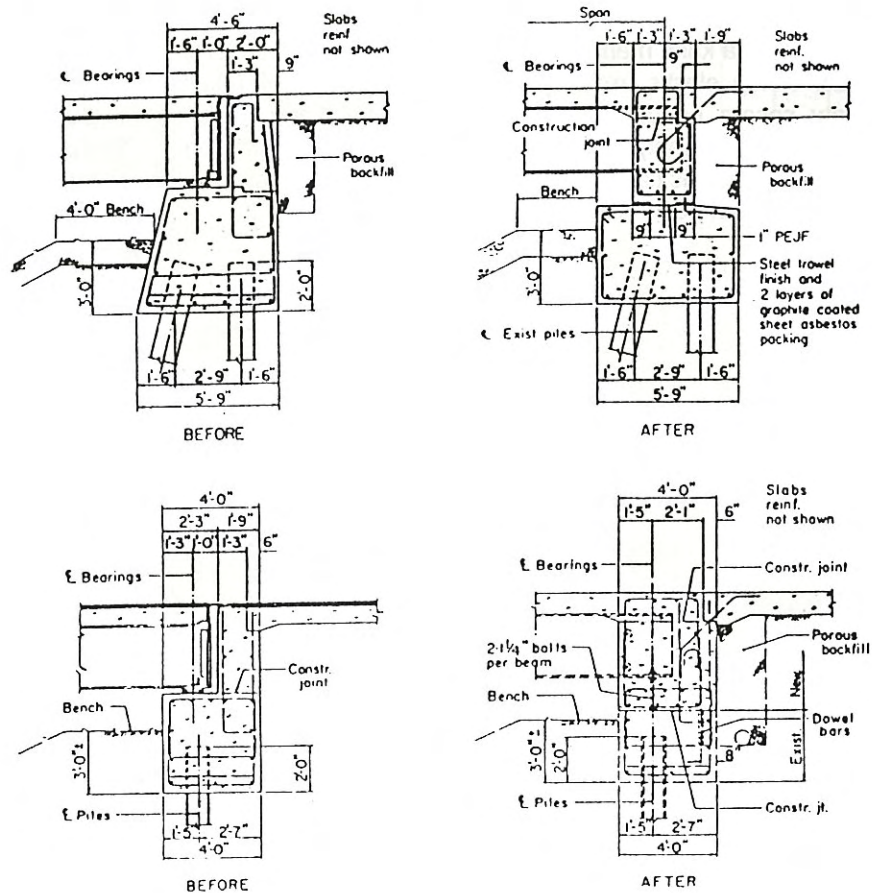
Gambar 3
CONTOH ABUTMEN INTEGRAL



Gambar 4.
CONTOH ABUTMEN SEMI INTEGRAL



Gambar 5
PENGUBAHAN ABUTMEN NON-INTEGRAL MENJADI ABUTMEN INTEGRAL



4.3. Hubungan menerus diatas pilar

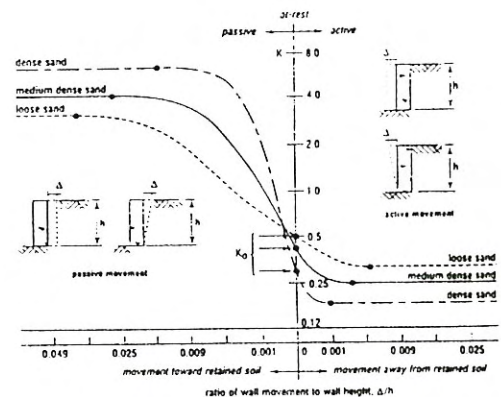
Jembatan integral dapat terdiri dari satu bentang (*single span*) ataupun beberapa bentang (*multi span*), untuk jembatan integral dengan satu bentang maka bagian ujung dari gelagar dibuat menyatu dengan abutmen, sehingga tidak memerlukan adanya sambungan muai. Sedangkan pada jembatan integral dengan beberapa bentang, sambungan muai diatas pilar dapat dihilangkan dengan cara menyatukan ujung-ujung lantai jembatannya baik dengan menggunakan balok diafragma, maupun dengan hanya menyatukan pelat lantai betonnya saja.

a. Hubungan menerus dengan menggunakan balok diafragma

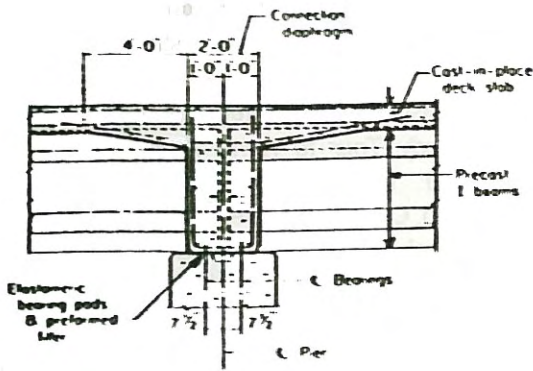
Akibat menjadi menerus nya hubungan gelagar diatas pilar, maka akibat susut (*shrinkage*) dan rangkak (*creep*) yang berlangsung pada lantai jembatan dapat menimbulkan momen positif pada bagian gelagar di atas pilar, momen positif ini dapat menimbulkan

retak pada gelagar diatas pilar. Untuk mengatasi hal itu, sebagian perencana memberikan tulangan bawah yang dikeluarkan dari masing-masing gelagar untuk disatukan dalam balok diafragma, Gambar 7.

Gambar 6
PERGERAKAN YANG DIPERLUKAN UNTUK MOBILISASI TEKANAN TANAH



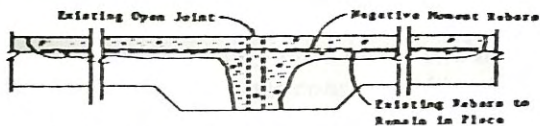
Gambar 7.
HUBUNGAN MENERUS DENGAN BALOK DIAFRAGMA
DIATAS PILAR^[3]



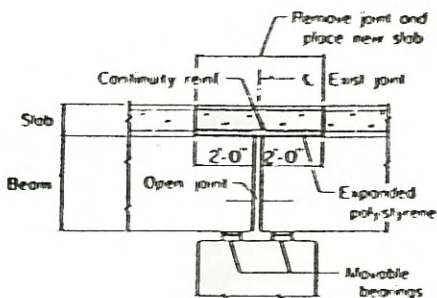
b. Hubungan menerus dengan menyatukan pelat lantai

Cara lain untuk menghindarkan adanya sambungan muai diatas pilar adalah dengan meyatukan pelat lantai jembatan. Tulangan pelat lantai yang ada pada kedua bentang jembatan dibuat menerus, sedangkan tambahan momen negatif pada pelat lantai jembatan diatasi dengan adanya penambahan tulangan atas pada pelat jembatan diatas pilar. Tulangan tambahan tersebut akan berfungsi untuk memegang retakan yang mungkin timbul pada arah melintang serapat mungkin. Contoh dari hubungan menerus dengan menyatukan pelat lantai dapat dilihat pada Gambar 8. Hubungan tipe ini dapat diterapkan pada jembatan baru maupun jembatan lama.

Gambar 8.
HUBUNGAN MENERUS PELAT LANTAI JEMBATAN^[3]



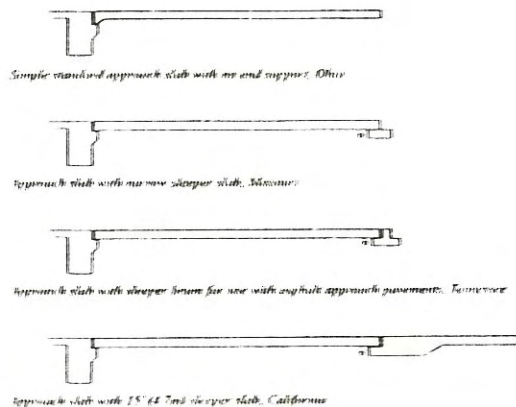
Remove concrete as necessary to eliminate existing armoring, and add negative moment steel at the level of existing top-deck steel sufficient to resist transverse cracking. Generally reconstruct with regular concrete to original grade.



4.4. Pelat injak

Approach slab atau transition slab diistilahkan juga sebagai pelat injak. Guna dari pelat ini adalah untuk memberikan transisi yang halus antara bagian perkerasan jalan dengan bagian struktur jembatan. Pelat injak akan memberi perlindungan terhadap tanah timbunan dibelakang abutmen dari pemadatan ulang oleh lalu lintas, mengingat pemadatan tanah timbunan dibelakang abutmen sulit dilakukan secara sempurna. Pelat injak ini diikatkan kebagian abutmen dengan satu baris tulangan yang membentuk hubungan sendi. Pada sambungan pelat injak dengan abutmen dipasang 'compressible joint filler' yang memungkinkan pelat injak untuk berotasi. Panjang pelat injak bervariasi antara 3m sampai dengan 10m tergantung pada kepentingannya, sedangkan lebarnya dapat dibuat selebar jalur lintasan kendaraan ataupun sampai menutupi kedua sayap jembatan sehingga dapat mencegah masuknya air kebelakang abutmen. Gambar tipikal dari pelat injak pada jembatan integral diberikan pada Gambar 9.

Gambar 9.
PELAT INJAK PADA JEMBATAN INTEGRAL^[2]



V. KESIMPULAN

Dengan belajar dari pengalaman yang ada, kiranya dapat diambil kesimpulan bahwa jembatan integral maupun semi integral dapat digunakan pada jembatan single/multi span yang akan dibangun maupun yang sudah ada di Indonesia. Jembatan tipe ini dapat menghilangkan kerugian yang diakibatkan adanya sambungan muai seperti; besarnya biaya perawatan dan penggantian sambungan, adanya ketidak nyamanan bagi pengguna jalan, adanya tambahan kejut pada lantai jembatan serta dapat mengakibatkan kerusakan pada perletakan dan bangunan bawah jembatan.

Kehati-hatian perlu diberikan terhadap tercapainya kepadatan tanah dibelakang *backwall*/balok diafragma, mengingat tekanan tanah pasif diperlukan untuk menahan pergerakan jembatan dalam arah horisontal.

Dengan melihat keuntungannya, penulis menyarankan agar jembatan integral/semi integral ini dapat mulai diterapkan pada satu jembatan baru dan satu jembatan lama yang mempunyai panjang bentang total dibawah 60m, sebagai *pilot project*, sebelum digunakan secara lebih luas lagi.

VI. DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Hambly E.C. dan Nicholson B., *Prestressed Beam Integral Bridges*, Prestressed Concrete Association, Leicester, UK.
- [2]. Nicholson B. et.al., *Integral Bridges: Report of a Study Tour to North America*, Technical Guide 1, Concrete Bridge Development Group, Crowthorne, Berkshire, UK.
- [3]. Xanthakos P.P., *Bridge Strengthening and Rehabilitation*, pp.419-430, Prentice Hall, New Jersey.

Penulis :

Ir. Wawan Witarnawan, MSc. ME, Kepala Balai Jembatan dan Bangunan Jalan, Pusat Litbang Prasarana Transportasi.