

JEMBATAN BETON DENGAN KEPALA JEMBATAN INTEGRAL

Oleh :
Lanneke Tristanto

RINGKASAN

Kepala jembatan yang merupakan kesatuan dengan gelagar jembatan adalah tipe integral dimana tidak diperlukan sambungan dilatasi dan perletakan. Biaya pembangunan dan pemeliharaan menjadi lebih ekonomis dari jembatan konvensional karena peniadaan sambungan dilatasi dan perletakan. Sampai sekarang tidak terdapat peraturan perencanaan jembatan integral yang baku. Perencanaan jembatan integral yang mengikuti prinsip gelagar sederhana berada pada pihak aman, dimana tahanan timbunan di ujung jembatan diabaikan. Perencanaan jembatan beton integral tipikal untuk bentang pendek 22m sedang dikaji untuk diterapkan dalam program peningkatan jalan yang akan datang. Teknologi jembatan integral perlu dikaji dan disempurnakan agar inovasi bertumbuh terus. Keberhasilan pelaksanaan skala penuh akan mendukung jembatan integral untuk menjadi tipe terpilih dalam pembangunan jembatan di masa depan.

SUMMARY

The use of integral bridge abutments eliminates the need for deck joints and bearings. The absence of joints and bearings significantly reduces construction and maintenance costs, compared to conventional bridge types with joints. A standard design method for integral bridges does not exist. The girders are designed on the safe side, as simple supported girders, that is not taking the restraint from the embankments into account. A short span 22m concrete integral bridge design is being studied for application in future road betterment programs. Integral bridge technology needs still more research for innovation improvement. Satisfactory performance of a full scale execution will increase the integral bridge type selection in future bridge projects.

I. PENDAHULUAN

Biaya pemeliharaan adalah masalah pelik dalam manajemen jalan dan jembatan. Perletakan dan sambungan dilatasi secara kontinu harus dipelihara atau diganti dengan yang baru. Biaya pemeliharaan yang meningkat akan mengurangi jumlah

dana yang disediakan untuk pembangunan struktur baru.

Inovasi kepala jembatan integral telah berkembang sejak tahun 1960 di Amerika Serikat dimana tipe jembatan integral sangat dianjurkan, dan telah berhasil mencapai bentang terpanjang 152 m untuk jembatan baja dan 352m untuk jembatan beton.

Jembatan dapat dibuat "integral penuh" atau "integral sebagian" dimana masih digunakan perletakan. Tipe 'integral sebagian' sering digunakan untuk gelagar baja komposit, dimana tidak terdapat sambungan dilatasi pada permukaan jalan tetapi gelagar menumpu diatas perletakan baja.

Hasil uji-coba dari pelaksanaan dan pendetailan struktur jembatan integral di luar negeri dimanfaatkan sebagai modal awal untuk penerapan di Indonesia.

II. KEUNTUNGAN DAN PERMASALAHAN

2.1 Keuntungan

Kepala jembatan integral memperoleh keuntungan dari segi berikut :

- Meniadakan sambungan dilatasi dan perletakan
- Mengurangi biaya investasi dan pemeliharaan jembatan
- Meniadakan rembasan air lewat sambungan lantai
- Meniadakan kerusakan elemen bangunan bawah akibat rembasan air
- Kepala jembatan sederhana sehingga mempermudah modifikasi struktur seperti pelebaran jembatan

2.2 Permasalahan

2.2.1 Pelat injak

Permasalahan daerah transisi antara perkerasan jalan dan lantai jembatan serupa dengan jembatan konvensional yang ditanggulangi dengan pelat injak.

Kerusakan pelat injak terutama disebabkan oleh faktor berikut :

- Beban hidup yang berat
- Penurunan tanah timbunan
- Perkembangan rongga di bawah pelat injak
- Kehilangan dukungan di bawah pelat injak

2.2.2 Retakan diafragma dan lantai

Tegangan sekunder dalam lantai jembatan yang disebabkan oleh perubahan termal dan penurunan bangunan bawah dapat melebihi tegangan tarik ijin.

Retakan dalam daerah lantai dan diafragma ujung dapat dicegah dengan penulangan susut dan prosedur pelaksanaan yang menghindari terjadinya susut dini (lihat pada 4.3).

III. DETAIL HUBUNGAN LANTAI–GELAGAR-KEPALA JEMBATAN

3.1 Respon struktur

Respon struktur terhadap variasi pembebanan dan temperatur berpengaruh terhadap :

- Hubungan lantai dan gelagar jembatan dengan kepala jembatan
- Hubungan pelat injak dengan kepala jembatan
- Hubungan pondasi tiang dengan kepala jembatan

3.2 Hubungan lantai dan gelagar dengan kepala jembatan

Gelagar, diafragma, dan lantai menjadi kesatuan dengan kepala jembatan di ujung bentang (Gambar 1).

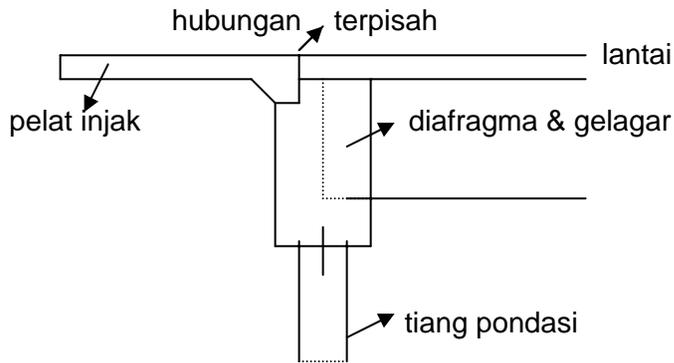
3.3 Hubungan pelat injak dengan kepala jembatan

Pelat injak diperlukan sebagai transisi yang membentangi daerah berma salah antara perkerasan jalan dan

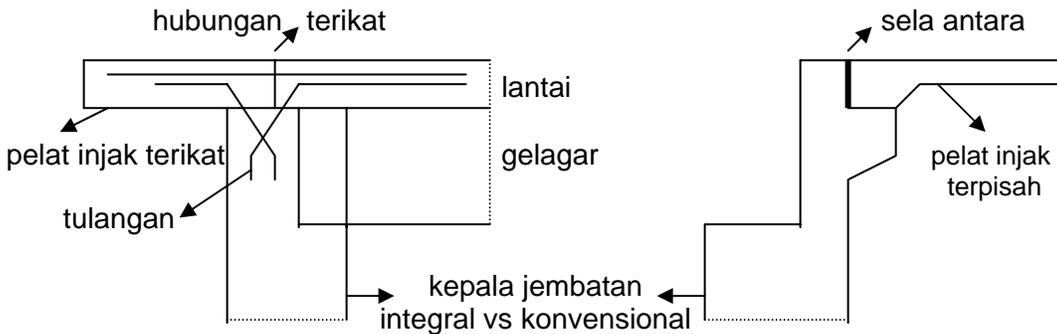
lantai jembatan. Pelat injak dapat dibuat terikat pada kepala jembatan atau terpisah seperti pada kepala jembatan konvensional (Gambar 2).

3.4 Hubungan pondasi tiang dengan kepala jembatan

Tiang pondasi dapat berupa tiang pancang, tiang bor atau sumuran yang terikat ke dalam kepala jembatan (Gambar 1).



Gambar 1. Hubungan lantai, gelagar, tiang pondasi dan kepala jembatan



Gambar 2. Pelat injak terikat vs pelat injak terpisah

IV. PERENCANAAN DAN PELAKSANAAN

4.1 Konsep perencanaan

Perencanaan jembatan integral mengikuti peraturan untuk jembatan konvensional dengan anggapan dan modifikasi berikut :

- Gelagar dianggap bentang sederhana dengan mengabaikan tahanan di ujung bentang, sebagai anggapan di pihak aman
- Hubungan antara kepala jembatan dan tiang pondasi dianggap sebagai pen
- Gelagar tidak tertahan untuk mengikuti gerakan muai dan susut
- Gaya dan momen akibat tekanan tanah aktif dalam keadaan diam 'at rest' (koefisien tekanan tanah aktif $K_a = 1 - \sin \Phi$) dianggap dipikul oleh tiang pondasi
- Interaksi tekanan tanah aktif/pasif pada kepala jembatan dalam analisis komputer dapat dinyatakan sebagai elemen pegas tekan/tarik
- Hubungan antara lantai, gelagar dan kepala jembatan direncanakan sebagai kaku dengan pendetailan penulangan yang memadai untuk menahan variasi pembebanan dan temperatur

4.2 Konsep pelaksanaan

Pelaksanaan jembatan integral harus bertahap agar tegangan lentur akibat lendutan jembatan menjadi minimal dan tidak terlalu membebani struktur akhir.

Tahapan pekerjaan berdasarkan pengalaman luar negeri adalah sebagai berikut :

- Pemasangan tiang pondasi/sumuran
- Pengecoran sayap dan bagian bawah dari kepala jembatan
- Pemasangan gelagar pada bagian bawah kepala jembatan
- Acuan sayap dibongkar agar tiang berputar ke arah berlawanan dengan pengaruh lalu lintas
- Bagian atas kepala jembatan dicor bersama dengan lantai beton jembatan
- Timbunan di belakang kepala jembatan dipadatkan
- Pemasangan pelat injak
- Pemasangan lapis perkerasan dan sandaran jembatan

4.3 Diafragma dan lantai jembatan

Retakan dalam daerah lantai dan diafragma ujung dapat dicegah dengan penulangan susut dan prosedur pelaksanaan sebagai berikut :

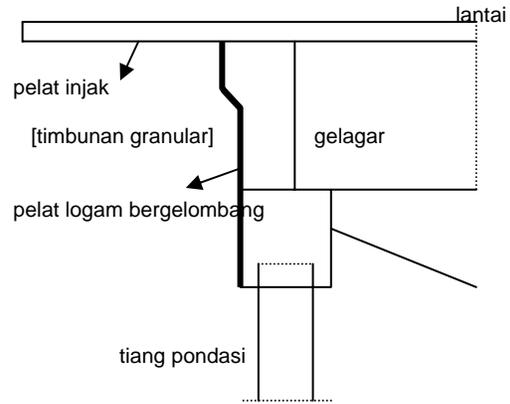
- Tempatkan hubungan kontinuitas pada pagi hari saat matahari terbit
- Tempatkan lantai dan hubungan kontinuitas pada malam hari
- Tempatkan hubungan kontinuitas setelah penempatan lantai jembatan
- Gunakan penutup retakan (*crack sealers*)

4.4 Gerakan siklik kepala jembatan

Bahan timbunan umumnya tidak elastis sempurna, sehingga mengijinkan terjadinya gerakan siklik dari kepala jembatan yang menciptakan rongga antara timbunan dan kepala jembatan.

Pendetailan khusus yang dapat menampung gerakan siklik dari kepala jembatan dibuat sebagai berikut :

- Menyediakan sela sebesar 10 cm antara kepala jembatan dan timbunan yang diisi dengan bahan elastis dan kompresibel
- Penempatan bahan elastis dan kompresibel seperti pelat logam bergelombang (*corrugated meta*) antara kepala jembatan dan tanah timbunan (Gambar 3)
- Tiang pondasi dibor dalam lubang lebih besar yang kemudian diisi dengan pasir agar dapat menampung gerakan kepala jembatan dan tiang
- Pondasi yang berada dalam jenis tanah kepasiran sangat sesuai untuk mendukung gerakan siklik dari kepala jembatan dan dalam hal ini tidak diperlukan pendetailan khusus



Gambar 3. Desain kepala jembatan integral terhadap gerakan siklik

V. JEMBATAN INTEGRAL BENTANG 22 M

5.1 Kelas jembatan

Kelas kapasitas jembatan direncanakan untuk 100% pembebanan standar dengan lebar lantai kendaraan 6m.

5.2 Pondasi

Pondasi sumuran direncanakan untuk kedalaman tanah keras 5m dengan daya dukung keadaan batas layan sebesar $8,5 \text{ kg/cm}^2$. Perbedaan penurunan pondasi dalam batas 10 cm tidak menimbulkan tegangan berlebih pada struktur gelagar sederhana. Gerakan siklik perlu dipertimbangkan (lihat pada 4.4).

5.3 Tembok sayap dan pelat injak

Tembok sayap menjadi kesatuan dengan kepala jembatan, dan pelat injak menumpu pada kepala jembatan secara terpisah.

5.4 Gelagar tipe boks

Bentang tunggal 22m direncanakan dengan gelagar boks beton bertulang dengan kuat tekan karakteristik f'_c 25 MPa. Acuan di bagian dalam boks telah diperhitungkan sebagai beban mati tambahan sehingga tidak perlu dibongkar setelah pekerjaan pengecoran selesai.

Dalam pemilihan gelagar boks dipertimbangkan efisiensi penampang. Flens bawah dan flens atas dapat dimanfaatkan secara penuh untuk menahan tegangan tarik dan tekan. Tinggi gelagar dapat diperhemat sampai 125 cm atau 1/17,6 terhadap bentang L 22m. Jumlah tulangan adalah rata-rata 300kg baja per m^3 beton dengan menggunakan mutu baja f_y' 240 MPa, dimana tegangan ijin 140 MPa untuk keadaan batas daya layan. Mutu baja f_y' 300 MPa akan memberi reduksi jumlah tulangan yang sebanding dengan peningkatan tegangan baja ($240/300 = 0,8$ atau 20 % reduksi) sehingga jarak antara tulangan dapat diperbesar dan pelaksanaan penempatan beton dipermudah. Penyambungan tulangan dalam arah vertikal telah diperhitungkan untuk mengatasi kepadatan tulangan

dengan ukuran batu agregat terbesar 25mm.

Selimut beton direncanakan 25mm dan menjadi 50mm pada sambungan tulangan dalam arah vertikal. Dalam pelaksanaan pembetonan, selimut beton diciptakan dengan mengikat 'batu tahu' pada tulangan terluar. Mutu batu tahu tersebut penting untuk dikendalikan sebagaimana mutu produksi beton diawasi. Batu tahu dengan mutu rendah akan berpori dan mudah pecah bila terinjak selama pelaksanaan, pori melewati udara dan air ke dalam struktur beton, yang menyebabkan korosi tulangan serta kerusakan beton. 'Batu tahu' dapat diproduksi secara pracetak dengan mutu tinggi, untuk menjadi komponen dengan nilai jual.

5.5 Perkiraan biaya

Kubikasi beton bertulang mencapai $90 m^3$ untuk bangunan atas dan $45 m^3$ untuk sumuran dengan kedalaman pondasi yang diperkirakan 5m, serta baja tulangan 41 ton. Dengan perkiraan harga beton 600.000 rp per m^3 dan harga baja 10.000 rp per kg, diperoleh biaya langsung 491 juta rupiah, atau 22,3 juta rupiah per meter panjang jembatan dengan bentang 22m.

5.6 Teknologi integral

Sebagai awal dari penyebaran luasan teknologi integral, maka diperkenalkan suatu gambaran

jembatan integral dalam rangkaian detail tipikal berikut :

- Tampak dan denah jembatan integral bentang 22m (Gambar 4)
- Detail penulangan utama lantai dan gelagar boks (Gambar 5 & 6)
- Detail penulangan kepala jembatan (Gambar 7)
- Detail penulangan pondasi sumuran dan tembok sayap (Gambar 8)

VI. KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

- Gelagar beton (I komposit, T atau boks) dan gelagar baja I komposit dapat dibuat dengan kepala jembatan integral
- Batas bentang yang dapat dibuat sebagai tipe jembatan integral ditentukan oleh gerakan yang diharapkan pada ujung bentang, yang harus kurang dari 100mm berarti maksimum 50mm pada setiap ujung

6.2 Saran

- Mekanisme distribusi gerakan pada kepala jembatan integral perlu pengkajian lebih lanjut. Panjang jembatan bervariasi dengan muai dan susut akibat temperatur struktur, gerakan dalam tiang juga disebabkan oleh perputaran gelagar bangunan atas, dan gerakan kepala

jembatan integral mempengaruhi tegangan dalam tiang pondasi.

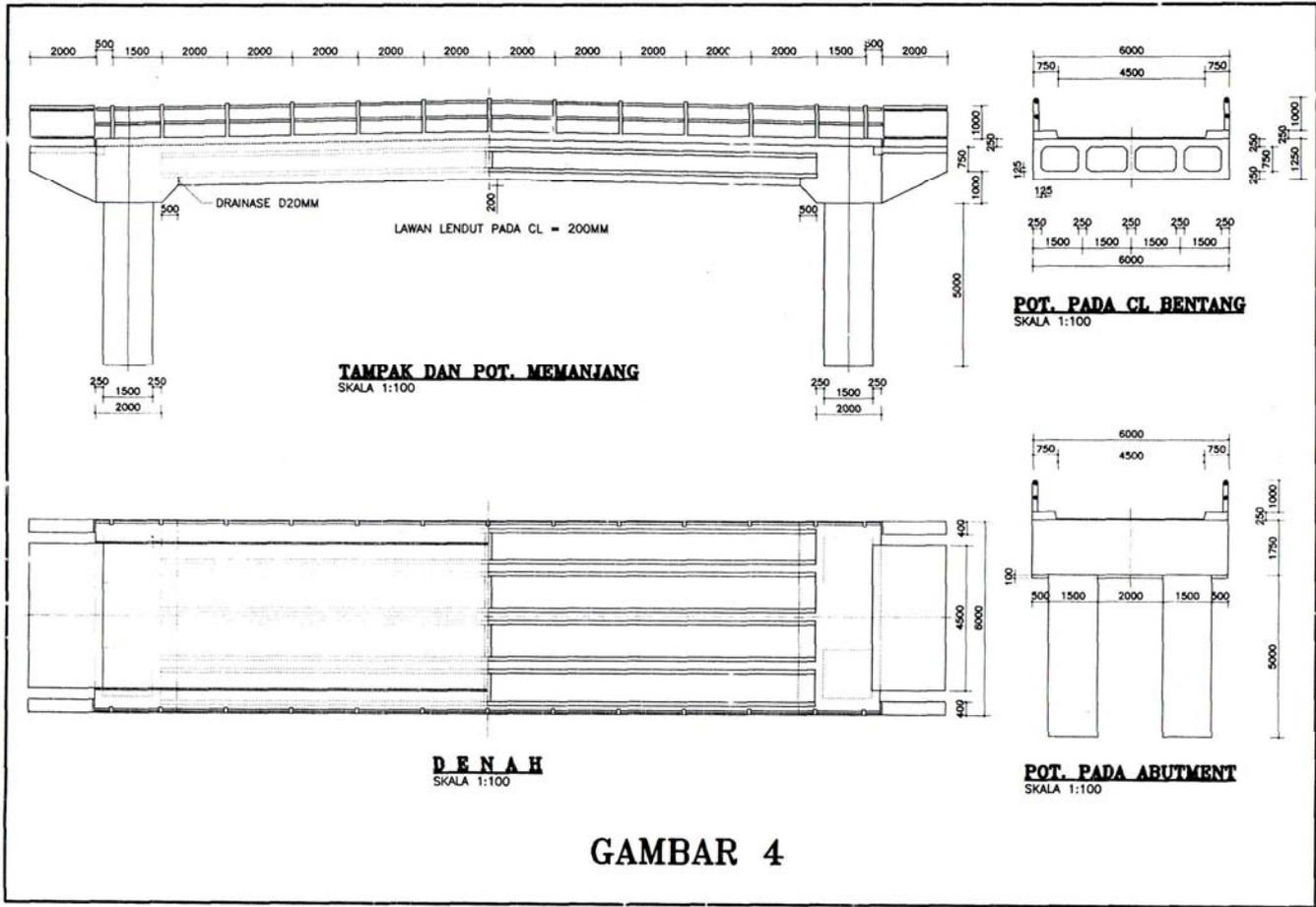
- Cara perencanaan dan pelaksanaan jembatan integral perlu di-standarkan berdasarkan pengalaman dari hasil penerapan di dalam negeri

DAFTAR PUSTAKA

1. Composite Bridges with Integral Abutments Minimizing Lifetime Costs – Hans Petursson, Peter Collin – IABSE Symposium Melbourne 2002
2. Design Details of Integral Bridges - Eugenia Roman, Yasser Khodair, Sophia Hassiotis – Dept of Civil, Environmental and Ocean Engineering, Stevens Inst of Technology, Hoboken, NJ.
3. Perancangan Struktur Beton untuk Jembatan – RSNI T-14-2004
4. Peraturan Pembebanan untuk Jembatan – 2004

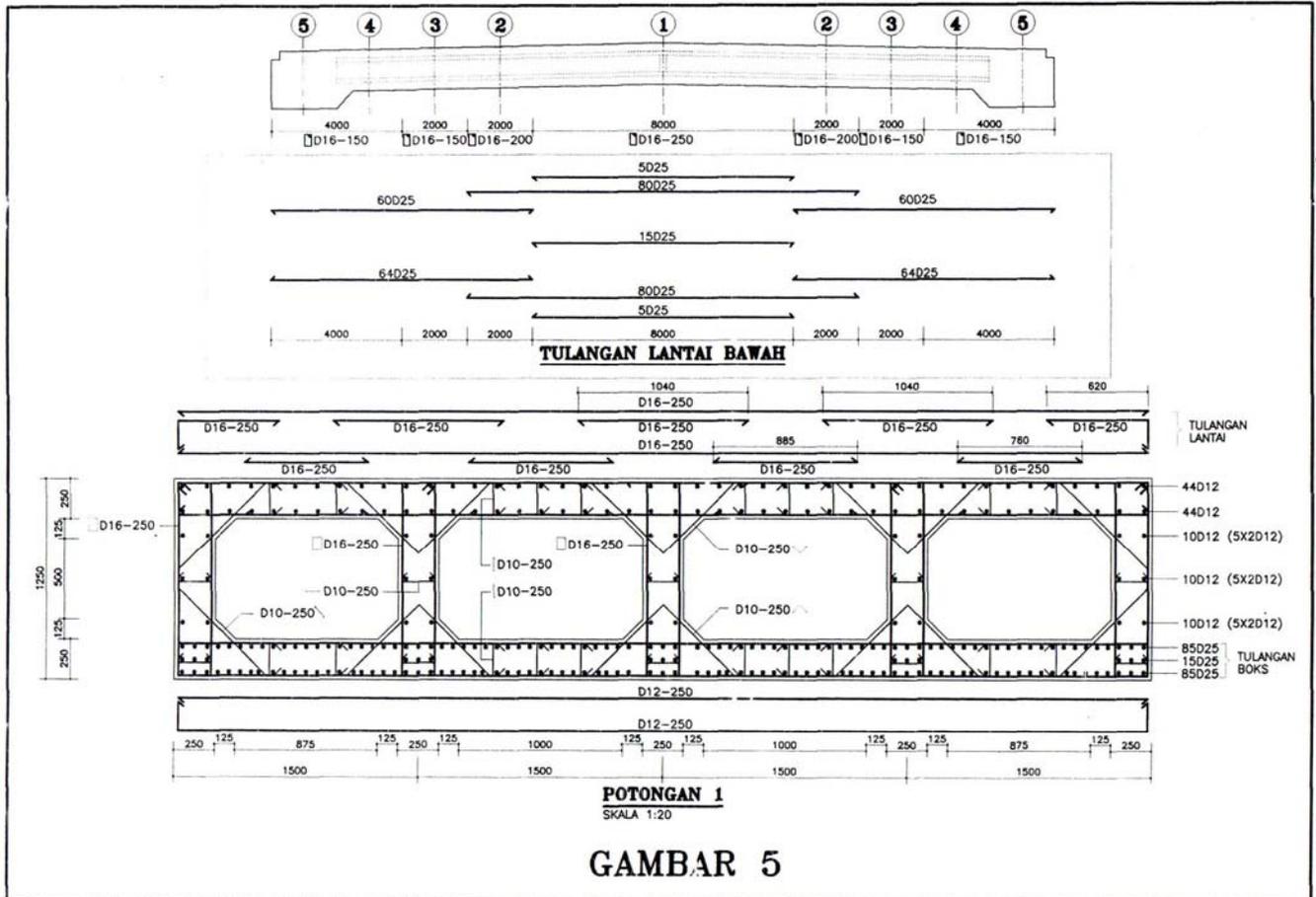
Penulis :

Ir. Lanneke Tristanto, Profesor riset dalam bidang konstruksi bangunan pelengkap jalan pada Puslitbang Jalan dan Jembatan, Badan Litbang Departemen Pekerjaan Umum.

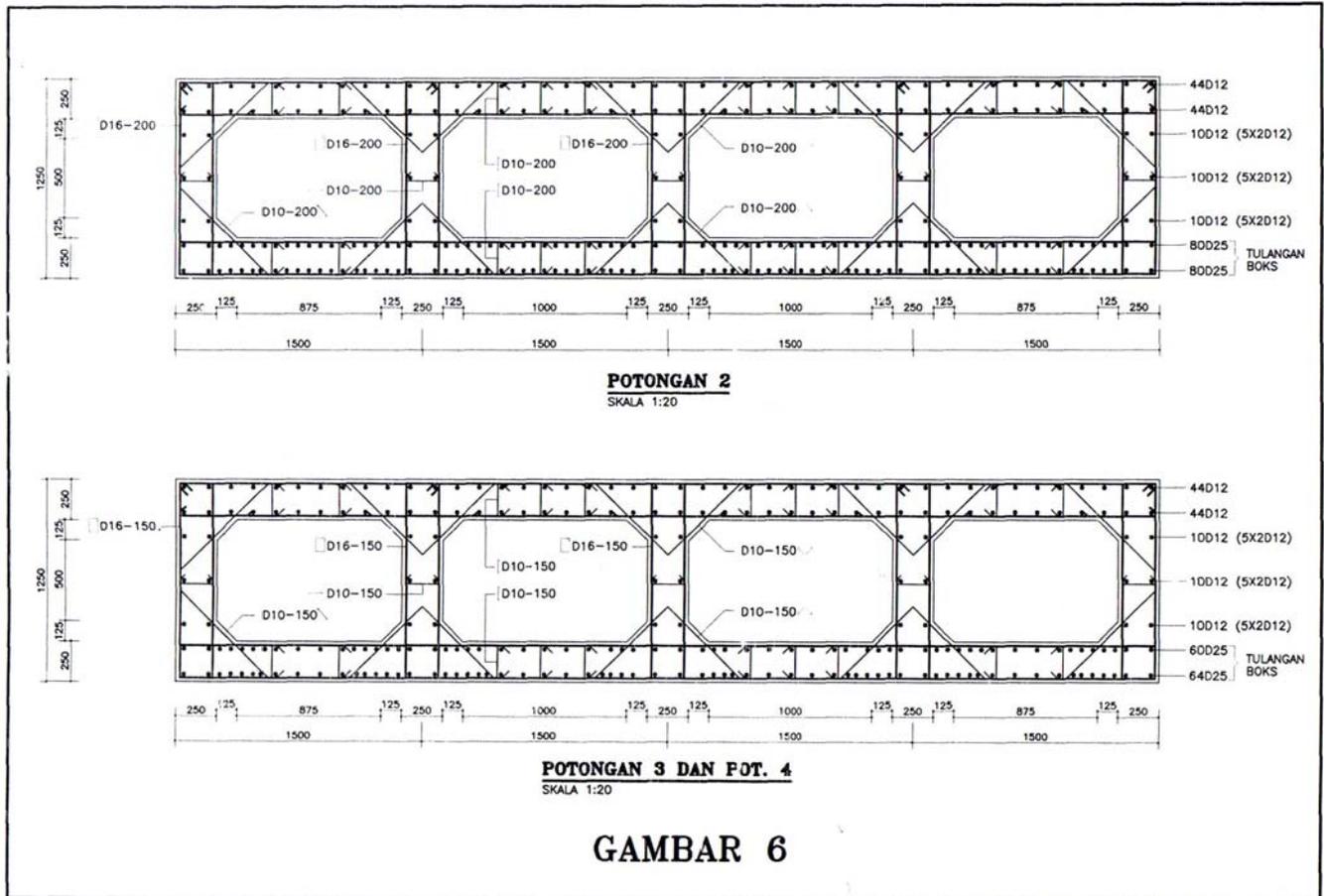


GAMBAR 4

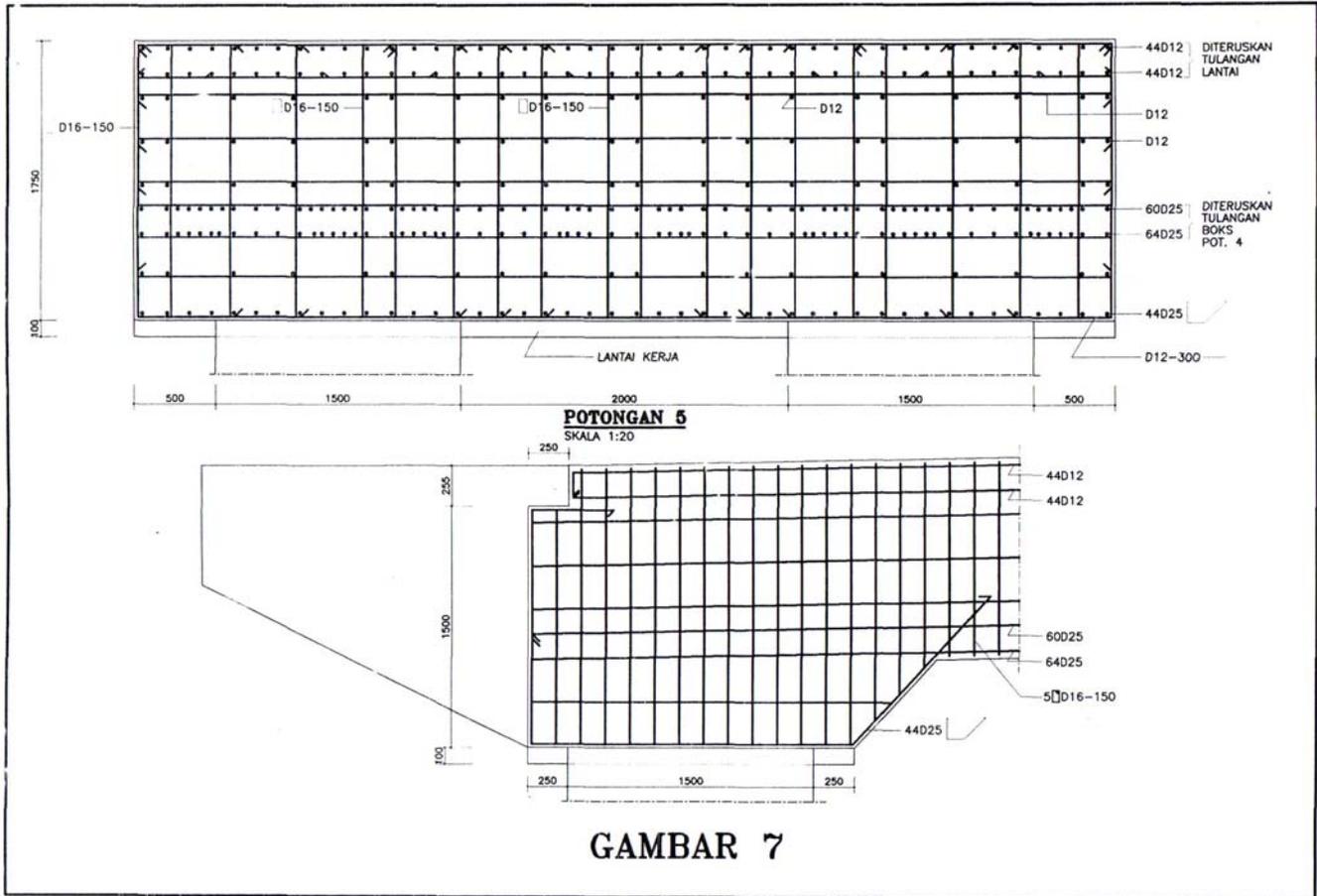
Gambar 4. Jembatan integral bentang 22 m



Gambar 5. Penulangan utama lantai dan gelagar boks

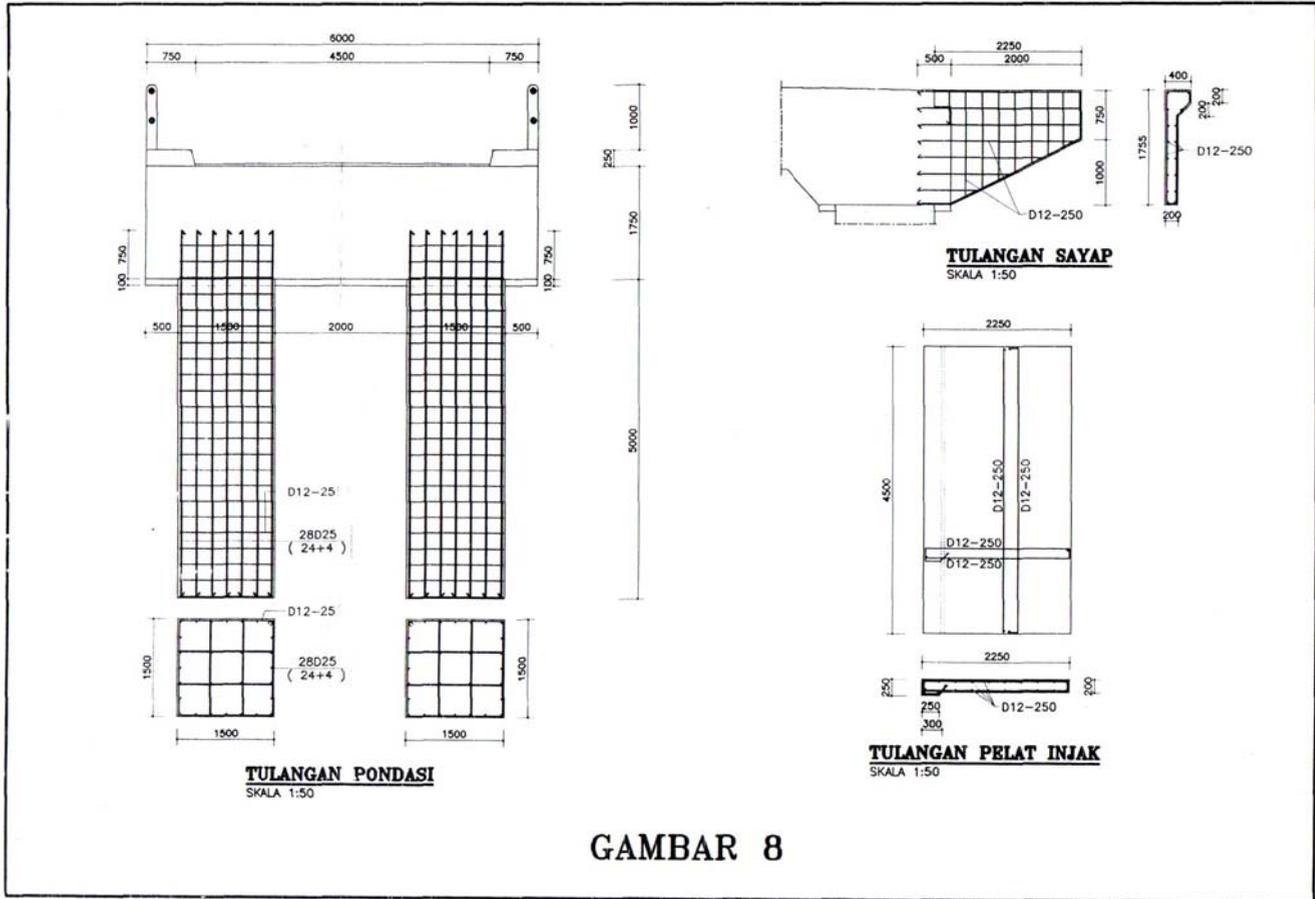


Gambar 6. Penulangan utama lantai dan gelagar boks



GAMBAR 7

Gambar 7. Detail penulangan kepala jembatan



GAMBAR 8

Gambar 8. Penulangan pondasi sumuran dan tembok sayap