

# INFRASTRUKTUR

## REDESAIN DAN PERKUATAN STRUKTUR ABUTMEN BETON BERTULANG JEMBATAN SUMARA

### Redesign and Retrofitting of Sumara Abutment RC Bridge Structure

**I Ketut Sulendra**

Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Tadulako-Jalan Soekarno Hatta Km. 8 Palu 94118

Email : [ketutsulendra7273@yahoo.com](mailto:ketutsulendra7273@yahoo.com)

**Hilda Listiawaty**

Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Tadulako-Jalan Soekarno Hatta Km. 8 Palu 94118

Email : [hlistiawaty@yahoo.com](mailto:hlistiawaty@yahoo.com)

---

### ABSTRACT

*Bridge is one of the most important transportation infrastructures that joining two side of highway thus the bridge is highly needed. To design a bridge geotechnical and hydrological data is crucial as well as characteristic of the river. In the case if a bridge were designed without accurately determine the 50 year return period of flood, then the bridge possibly are not save against real flood that may occur. Thus the abutment has to be redesign and retrofitted. Redesign is important to fullfill requirement of high of free space superstructure if the maximum flood occur. Redesign conducted by adding 1,6 m high of the abutment. Controlling stabilities of the abutment i.e: shear and overturning were done. Retrofitting was applied by adding longitudinal and transversal reinforcement with the same dimension and space especially at the joint of transversal reinforcement, transversal reinforcement space reduced to half of its normal space. Longitudinal reinforcement applied was D19-150 and the transversal reinforcement was  $\varnothing$ 12-100. To connect the fresh concrete and existing concrete applied material were epoxy resin based produced by PT. SIKA Nusa Pratama SIKADUR®732.*

*Keywords: Redesign and retroffiting, RC abutmen, epoxy resin*

### ABSTRAK

Struktur jembatan merupakan salah satu sarana infrastruktur transportasi yang sangat penting, jembatan berfungsi menghubungkan 2 (dua) sisi jalan sehingga sangat dibutuhkan. Perencanaan struktur jembatan membutuhkan data-data geoteknik, hidrologi serta karakteristik sungai setempat. Pada kondisi suatu jembatan yang direncanakan tanpa menghitung secara akurat banjir dengan periode ulang 50 tahunan, kemungkinan jembatan tersebut tidak aman terhadap banjir yang sesungguhnya terjadi. Jika kondisinya tidak aman maka dilakukan suatu redesign dan perkuatan terhadap abutmen tersebut. Redesain abutmen suatu jembatan dengan menambah tinggi badan abutmen tersebut dilakukan dengan tujuan untuk memenuhi tinggi bebas struktur atas jembatan terhadap banjir maksimum 50 tahunan. Redesain dilakukan dengan menambah tinggi badan abutmen setinggi 1,6 m. Dalam melakukan redesign dilakukan kontrol terhadap gaya-gaya yang bekerja termasuk kontrol geser dan guling. Metode perkuatan dilakukan dengan menambah tulangan utama dan geser dengan dimensi dan spasi yang sama, khusus pada daerah sambungan tulangan geser, spasi tulangan geser diperkecil menjadi setengah dari spasi normalnya. Tulangan perkuatan utama yang digunakan adalah tulangan D19-150 dan tulangan geser  $\varnothing$ 12-100. Material yang digunakan untuk menyambung beton lama dan beton baru adalah material berbahan dasar epoxy resin produk SIKADUR®732 yang diproduksi oleh PT. SIKA Nusa Pratama.

Kata kunci: Redesain dan perkuatan, struktur abutmen, beton bertulang, epoxy resin

## PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang

Jembatan merupakan salah satu infrastuktur yang sangat penting selain jalan sebagai sarana transportasi darat. Adanya beberapa hambatan seperti alur dan muara sungai, lembah dan selat merupakan pemisah antara 2 (dua) sisi jalan yang akan dibangun, membutuhkan jembatan sebagai

penghubungnya. Di kota-kota besar jenis hambatan semakin kompleks, seperti jalan yang memotong dengan kepadatan lalu lintas yang tinggi, jalan kereta api dan sebagainya, sehingga dibutuhkan jenis jembatan yang lebih bervariasi seperti jalan layang, *fly over* dan *under pass* (Supriyadi, 2000)

Khusus jembatan yang dibangun di daerah pedesaan atau pedalaman, apalagi dibangun di atas

alur sungai yang memiliki Daerah Aliran Sungai (DAS) yang sangat luas dan banyak anak-anak sungai yang bermuara ke sungai utama membutuhkan perencanaan dimensi abutmen dan pilar yang aman dan aman dari gaya-gaya hidrostatis dan hidrodinamis berupa banjir dan banjir bandang. Pengaruh pemanasan global dan perilaku musim yang sulit diprediksi menyebabkan tingginya curah hujan dan kondisi ini diperburuk dengan adanya pembukaan lahan dan hutan sehingga perhitungan tinggi muka air banjir tidak memadai lagi dibandingkan dengan kejadian banjir yang sesungguhnya.

Apabila tinggi muka air banjir maksimum sudah melewati dari tinggi muka air banjir desain, maka beberapa alteratif yang bisa dilakukan. Pilihan pertama dengan meninggikan badan abutmen dan pilihan kedua yaitu membongkar keseluruhan abutmen dan pilar jembatan tersebut dan mendesainnya kembali dengan tinggi muka air banjir yang baru. Tentunya kedua alternatif tersebut mempertimbangkan efektif dan efisiensi dari segi dana, waktu, keamanan, kemudahan dalam pelaksanaan pekerjaan.

Perencanaan ini meninjau suatu jembatan di Sungai Sumara di wilayah Kecamatan Soyojaya, Kabupaten Morowali Utara. Jembatan Sumara awalnya merupakan jembatan yang terletak pada Jaringan Jalan Kabupaten, kemudian statusnya ditingkatkan menjadi Jaringan Jalan Provinsi seiring pemekaran Kabupaten Morowali Utara dari Kabupaten Morowali. Jembatan Sumara awalnya dibangun pada tahun 2007, tahapan awal pembangunan sampai pada struktur fondasi sumuran serta 2 (dua) abutmen dan 1 (satu) pilar jembatan. Struktur atas direncanakan berupa Sistem Jembatan Baja Bally Type C. Untuk menfungsikan sementara jembatan dipasang Sistem Gelagar Kayu dan Lantai Kendaraan Struktur Kayu, namun akibat banjir lantai kendaraan tersebut telah hanyut (Dinas Bina Marga Provinsi Sulawesi Tengah, 2013)

Pada tahun 2013 Jembatan Sumara didesain kembali dengan Sistem Struktur Girder Baja, tetapi abutmen dan pilar yang dipertahankan dengan peninggian badannya sehingga diharapkan jika terjadi banjir besar seperti kejadian sebelumnya jembatan tersebut masih aman dari pengaruh banjir tersebut. Bagaimana analisis dan prosedur dari redesign dari abutmen dan pilar jembatan tersebut menjadi kajian dalam tulisan ini.

## B. Tinjauan Pustaka

### Teknik dan Metode Perkuatan Elemen Struktur Beton Bertulang

Perkuatan elemen struktur merupakan metode yang telah lazim digunakan, baik pada sistem struktur gedung maupun non gedung seperti jembatan, bendung, dinding penahan tanah dan jenis struktur lainnya. Beberapa sistem perkuatan struktur dipilih berdasarkan tingkat kekuatan yang ingin ditingkatkan, jenis penurunan/degradasi kekuatan struktur yang terjadi, bahan dan peralatan serta kemudahan penerapan di lapangan. Perkuatan elemen suatu struktur dibutuhkan jika terjadi beberapa hal berikut :

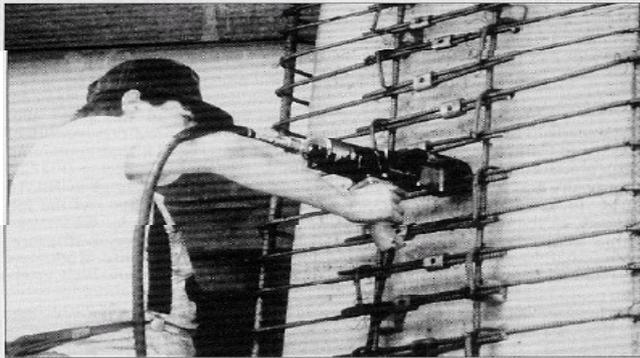
1. Kesalahan dalam perencanaan dan pelaksanaan di lapangan
2. Perubahan fungsi atau tambahan bagian-bagian tertentu pada struktur
3. Degradasi kekuatan akibat beban eksternal yang berlebihan seperti gempa, banjir, kebakaran, angin badai atau ledakan.
4. Pengaruh umur dan zat korosif seperti klorida dan alkali (Suhendro, 2000).

Perkuatan menjadi pilihan jika dari segi pembiayaan biaya yang digunakan untuk perkuatan tersebut masih di bawah 30% dari biaya awal pembangunannya. Perkuatan juga menjadi trend dengan kemajuan teknologi baik dari segi material dan teknologi peralatan yang digunakan pada pelaksanaan pekuatan elemen struktur. Beberapa metode perkuatan yang telah diterapkan di lapangan pada beberapa jenis struktur seperti berikut :



Gambar 1. Perkuatan dengan *external prestressing reinforce* pada jembatan *box girder*

Perkuatan tipe ini dilakukan jika ada ruang di dalam penampang struktur, defleksi yang terjadi pada elemen jembatan ini sudah melebihi persyaratan defleksi maksimum, sehingga mengganggu kenyamanan para pengguna jembatan tersebut. Dengan penambahan strand/tendon prategang pada sisi dalam penampang keuntungan yang diperoleh adalah tidak mengganggu secara estetika serta defleksi vertikal bisa dikurangi.



**Gambar 2.** Perkuatan kolom dengan metode *Concrete Jacketing*

Perkuatan kolom/badan abutmen/pilar, baik penambahan dimensi penampang betonnya serta penambahan tulangan longitudinal dan tulangan geser akan meningkatkan kekuatan, kekakuan dan daktilitasnya untuk menerima beban-beban berikutnya.

**METODE PENELITIAN**

Metode penelitian berupa tahapan dari pengumpulan data eksisting, data primer, analisis data serta interpretasinya untuk keperluan redesain perkuatan strukturnya. Pengumpulan data-data menyangkut data-data hidrologi, geoteknik, gambar desain *as built drawing* dan karakteristik material elemen eksisting jembatan.

**1. Data hidrologi**

Perencanaan suatu jembatan diperlukan analisa hidrologi sebagai parameter penentuan posisi, dimensi dan seringkali mempengaruhi pula penentuan tipe konstruksi jembatan. Adapun data-data yang diperlukan adalah sebagai berikut :

- a. Peta topografi daerah aliran sungai
- b. Data curah hujan
- c. Hasil pengamatan banjir sungai
- d. Elevasi tinggi air banjir sungai maksimum

**2. Data geoteknik**

Tujuan dilakukannya penyelidikan tanah ini adalah untuk memahami struktur lapisan tanah/batuan dan sifat mekanika tanah/batuan.

Pemahaman ini ditujukan untuk mendapatkan kuat dukung tanah, perencanaan pondasi serta perhitungan kembali daya dukung fondasi setelah dilakukan redesain abutmen.

**Tabel 1.** Perhitungan tinggi muka air banjir maksimum di tengah alur Sungai Sumara

No.	Nama Sungai	Periode Ulang			
		Q 50 m <sup>2</sup> /det	H 50 m	V m/det	F m <sup>2</sup>
1	Sumara	1090,986	5,649921	2	545,493
2	Busanga	908,3906	5,363535	2	454,1953

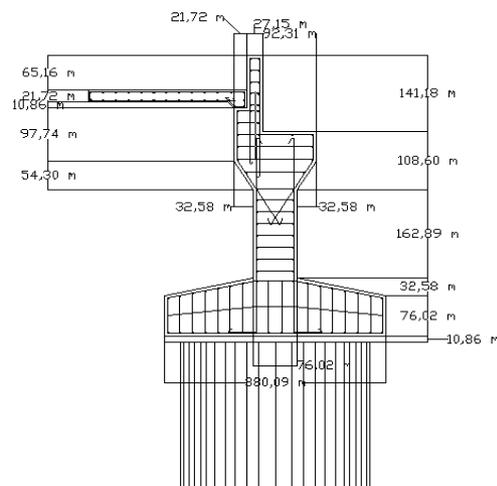
  

No.	Nama Sungai	Periode Ulang			
		Q 100 m <sup>2</sup> /det	H 100 m	V m/det	F m <sup>2</sup>
1	Sumara	1280,099	5,912333	2	640,0496
2	Busanga	1052,162	5,592078	2	526,0812

Sumber: (Dinas Bina Marga Provinsi Sulawesi Tengah, 2013)

**3. Data gambar struktur yang telah terbangun (*as built drawing*)**

Data ini dibutuhkan untuk mengetahui dimensi serta penulangan abutmen dan pilar jembatan eksisting, sehingga diketahui kebutuhan penambahan ketinggian badan abutmen dan pilar akibat perhitungan tinggi muka air banjir menggunakan data curah hujan terbaru. Selain itu juga untuk mengetahui dimensi tulangan dan spasi tulangan yang digunakan untuk perkuatan.



**Gambar 3.** Dimensi abutmen eksisting abutmen

- 4. Dokumentasi dan data sekunder dari pihak yang mengetahui proses pembangunan
- 5. Pemeriksaan kuat tekan beton dengan alat *Hammer Test*

6. Metode perkuatan dalam pelaksanaan pekerjaan penyambungan badan abutmen, mengikuti langkah-langkah berikut :
- Kepala abutmen dibongkar secara manual atau dengan alat bor beton.



**Gambar 4.** Kondisi abutmen eksisting Jembatan Sumara

- Pada saat membongkar kepala jembatan usahakan tidak sampai memotong tulangan longitudinal (utama) tulangan badan abutmen.
- Tulangan pada bagian kepala abutmen diluruskan sepanjang minimal 40.D (40 x diameter tulangan = 40 x 19 mm = 760 mm = 76 cm). Dipasang 1000 mm = 1m.
- Beton yang telah dibongkar kemudian diratakan, dibersihkan dan dikasarkan permukaannya agar ikatan dengan beton baru bisa menyatu.
- Tulangan utama (D19-150) dan tulangan geser (senggang ikat  $\phi$ 12-100) dirangkai, kemudian disatukan dengan tulangan badan abutmen eksisting.
- Bekisting untuk pengecoran badan abutmen disiapkan/dipasang pada tempat yang tepat dan diperkuat dengan balok-balok penguat serta diperkaku kaso.
- Sebelum pengecoran beton segar, siram/olesi permukaan beton lama dengan bahan SIKADUR<sup>®</sup>732, bahan epoxy yang berfungsi merekatkan antara beton baru dan beton lama. (SIKA Nusa Pratama, PT., 1998)
- Setelah semua permukaan bagian badan abutmen yang akan disambung telah dilapisi bahan SIKADUR<sup>®</sup>732 tersebut barulah pengecoran boleh dilakukan.
- Langkah selanjutnya hingga pembukaan bekisting serta perawatan beton sama dengan pekerjaan beton pada umumnya.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### 1. Evaluasi terhadap kuat tekan beton dan tegangan leleh baja tulangan

Berdasarkan pertimbangan biaya dan kondisi eksisting abutmen Jembatan Sumara yang termasuk kategori baru dibangun yaitu sekitar 5 (lima) tahun serta setelah dilakukan pengujian terhadap mutu tulangan dan melihat secara langsung tulangan yang digunakan (tulangan ulir diameter 19 mm merek KS = Krakatau Steel dengan tegangan leleh 390 MPa) serta hasil pengujian kuat tekan beton :

Tabel hasil uji kuat tekan beton abutmen dan pilar jembatan disajikan dalam tabel berikut

**Tabel 2.** Hasil uji kuat tekan beton elemen abutmen dan pilar dengan alat *Hammer Test*

No	Nama Elemen	Hasil uji (MPa)	Hasil uji (kg/cm <sup>2</sup> )
1	Abutmen arah Tayawa	374,2	450
2	Abutmen arah Tandoyondo	384,8	450
3	Pilar	369,5	450

### 2. Redesain struktur abutmen dan kontrol gaya-gaya yang terjadi

Setelah diketahui tinggi muka air banjir maksimum, dan ternyata membutuhkan peninggian badan abutmen setinggi 1,6 m. Redesain terhadap struktur abutman dilakukan untuk mengetahui kekuatan dan stabilitas terhadap abutmen setelah ditinggikan badannya. Adapun perhitungannya seperti berikut :

#### a. Kontrol terhadap guling ( $M_T$ )

Momen guling ( $M_G$ ) akibat tekanan tanah aktif = 35.6022 t.m

Maka angka keamanan terhadap guling =  $M_T/M_G = 1,69 > 1,50$  ..... (AMAN)

#### b. Kontrol terhadap guling ( $M_T$ )

Gaya Geser,  $V_G$  Akibat Resultan Tekanan Tanah Aktif = 14,0685 t

Gaya geser penahan ( $V_T$ )= 30,9855 t

Maka angka keamanan terhadap geser =  $V_T/V_G = 2,21 > 1,50$  ..... (AMAN)

#### c. Kontrol terhadap kuat geser ( $V_U$ )

Data redesain :

$b = 1000$  mm,  $h = 700$  mm,  $d = h - 50 - 19 - \frac{1}{2} \cdot 12 = 625$

Diameter sengkang = 12 mm,  $A_s = 113$  mm<sup>2</sup>,  $A_v = 2 \cdot A_s = 113 \times 2 = 226$  mm<sup>2</sup>

Tegangan leleh baja untu tulangan geser = 240 MPa,  
 mutu beton = 37,5 MPa  
 Gaya beton =  $1/6 \cdot \sqrt{f_c} \cdot b \cdot d$   
 $1/6 \cdot \sqrt{37,5} \cdot 1000 \cdot 625, (V_c) = 637.888 \text{ N}$

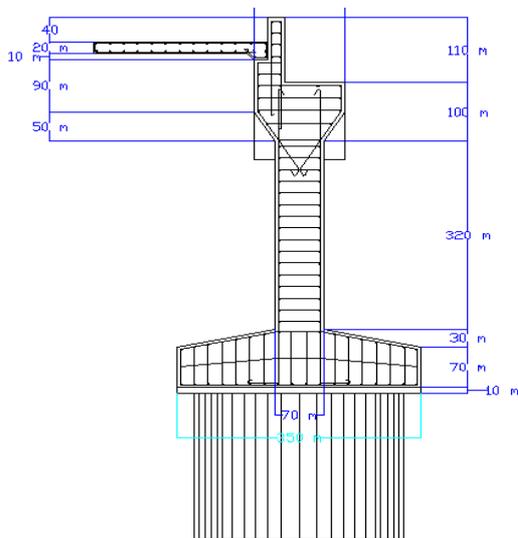
$$\text{Gaya geser kontribusi tulangan} = \frac{A_v \cdot d \cdot f_v}{s} = \frac{226 \times 625 \times 240}{100}, (V_s) = 339.000 \text{ N}$$

**Tabel 3.** Perhitungan berat abutmen

No	Simbol	Lebar, b (m)	Tinggi, h (m)	Luas, A (m <sup>2</sup> )	γ <sub>Beton</sub> (Ton/m <sup>3</sup> )	Beban (Ton)	X (m)	Y (m)	M <sub>x</sub> (Ton.m)	M <sub>y</sub> (Ton.m)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	B <sub>1</sub>	0,25	1,30	0,325	2,500	0,8125	1,225	4,350	0,9953	3,5344
2	B <sub>2</sub>	1,30	0,50	0,650	2,500	1,625	1,550	3,550	2,5188	5,7688
3	B <sub>3</sub>	0,60	0,50	0,150	2,500	0,375	1,300	3,233	0,4875	1,2125
4	B <sub>4</sub>	0,30	0,50	0,150	2,500	0,375	2,150	3,550	0,8063	1,3313
5	B <sub>5</sub>	0,70	0,50	0,175	2,500	0,438	2,233	3,233	0,9771	1,4146
6	B <sub>6</sub>	0,50	3,50	1,750	2,500	4,375	1,750	2,250	7,6563	9,8438
7	B <sub>7</sub>	1,40	0,30	0,210	2,500	0,525	0,933	0,600	0,4900	0,3150
8	B <sub>8</sub>	1,40	0,30	0,210	2,500	0,525	1,967	0,600	1,0325	0,3150
9	B <sub>9</sub>	3,50	0,70	2,450	2,500	6,125	1,750	0,350	10,7188	2,1438
Σ				<b>6,070</b>		<b>15,1750</b>			<b>25,6824</b>	<b>25,8790</b>

**Tabel 4.** Kombinasi pembebanan

No	Kombinasi Beban	Momen, M <sub>U</sub> (Ton.m)	Gaya Geser, V <sub>U</sub> (Ton)	Gaya Aksial, P <sub>U</sub> (Ton)
1	M + H + K + T <sub>a</sub>	72,3570	14,0485	156,2016
2	M + T <sub>a</sub> + F + A <sub>H</sub> + S <sub>R</sub> + T <sub>m</sub>	165,7164	21,8122	70,9926
3	Kombinasi I + R + F + G	<b>222,8443</b>	<b>28,4383</b>	<b>156,2016</b>
4	M + T <sub>a</sub> + G	98,8867	18,1300	70,9926



**Gambar 7.** Dimensi dan penampang redesain abutmen Jembatan Sumara

Gaya geser yang terjadi tiap m', (V<sub>U</sub>)=284.383N \ Angka keamanan terhadap gaya geser =  $0,6(V_c + V_s) / V_U = 2,06 > 1,50 \dots (AMAN)$

**KESIMPULAN DAN SARAN**

**A. Kesimpulan**

Metode perkuatan dan redesain menghasilkan kesimpulan sebagai berikut:

- Kebutuhan penambahan tinggi badan abutmen adalah setinggi 1,6 m.
- Setelah ditinggikan sebesar 1,6 m, dikontrol gaya-gaya yang terjadi, ternyata struktur abutmen masih memenuhi syarat keamanan terhadap gaya guling dan gaya geser.
- Penulangan sambungan longitudinal (utama) D19-150 sama dengan penulangan ekisting serta tulangan geser ϕ12-100 dipasang, dengan diameter yang sama namun spasi yang 2 kali lebih rapat, karena daerah sambungan membutuhkan spasi lebih kecil.
- Bahan epoxy sebagai penyambung berupa SIKADUR<sup>®</sup>732 digunakan untuk menyambung antara beton baru dan beton lama.

**B. Saran-saran**

- Dalam perencanaan struktur jembatan membutuhkan analisis hidrologi yang baik,

sehingga jembatan aman terhadap terjadinya banjir 50 tahunan.

- b. Dalam redesain struktur abutmen harus melakukan kontrol gaya-gaya yang terjadi setelah dilakukan redesain termasuk metode pelaksanaan pekerjaan pada saat dilakukan pekerjaan sesungguhnya di lapangan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Departemen Pekerjaan Umum, (1992), *Panduan Teknik jembatan (Bridge Management System)*, Departemen Pekerjaan Umum Ditjen Bina Marga Direktorat Bina Program Jalan Subdit. Bina Jembatan, Jakarta.
- Dinas Bina Marga Provinsi Sulawesi Tengah, (2013), *DED Jembatan Korontotua Cs*, Palu.
- Coduto, D.P., (1994), *Geotechnical Engineering Principles and Practices*, 2nd Edition, New York.
- Priyosulistyo, HRC., (2000), *Pengenalan Alat Uji dan Pengujian Lapangan dan Tatacara Evaluasi Hasi*, Kursus Singkat Evaluasi dan Penanganan Struktur Beton Pasca Kebakaran dan Gempa di UGM 24-25 Maret, Yogyakarta
- PT. SIKA Nusa Pratama, (1998), *Bahan Perekat dan Epoxy Mortar*.
- Sosrodarsono, S. dan Nakazawa, K., (1994), *Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi*, Cetakan ke 4, Terjemahan oleh Tau dkk, PT. Pradnya Paramita, Jakarta.
- Suhendro, B., (2000), *Analisis Degradasi Kekuatan Struktur Beton Bertulang Pasca Gempa*, Kursus Singkat Evaluasi dan Penanganan Struktur Beton yang Rusak Akibat Gempa. di UGM 24-25 Maret, Yogyakarta.
- Supriyadi, B. dan Muntohar, A. S., (2000), *Jembatan, Beta Offset*, Yogyakarta.