

## PERENCANAAN BALOK T KONVENSIONAL PADA SUPERSTRUKTUR JEMBATAN

*(Conventional T Beam Design Study On Bridge Superstructure)*

**Bagas Budiarto<sup>1\*</sup>, Erniati Bachtiar<sup>2</sup>, Arman Setiawan<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Mahasiswa Prodi Teknik Sipil, Universitas Fajar, Makassar, 90231

<sup>2</sup> Dosen Prodi Teknik Sipil, Universitas Fajar, Makassar, 90231

<sup>3</sup> Dosen Prodi Teknik Sipil, Universitas Bosowa, Makassar, 90231

<sup>1\*)</sup>[bagas.boleh@gmail.com](mailto:bagas.boleh@gmail.com), <sup>2)</sup>[erni@unifa.ac.id](mailto:erni@unifa.ac.id), <sup>3)</sup>[arman\\_c97@yahoo.com](mailto:arman_c97@yahoo.com)

### ABSTRAK

Jembatan balok T konvensional lebih efisien digunakan pada bentang 25 m ataupun lebih karena memiliki keterbatasan terutama kemampuan dalam menahan besar lendutan baik jangka pendek maupun jangka panjang atau masa layaknya akibat beban ultimit dan panjang bentang. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui panjang bentang maksimum, gaya-gaya dalam, dan desain penulangannya perlu diteliti berdasarkan kriteria desain bina marga dimana lendutan maksimum tidak boleh melebihi 1/800 bentang balok dengan desain camber maksimum yang diperbolehkan adalah 150% dari lendutan akibat beban mati ditambah beban hidup, sedangkan pembebanan digunakan SNI 1725 – 2016, serta desain penulangannya digunakan pedoman SNI 2847 – 2013. Metode perhitungan lendutan, gaya-gaya dalam, dan desain penulangan menggunakan dua cara yaitu cara manual dengan menggunakan *software microsoft office excel* kemudian divalidasi kembali dengan menggunakan bantuan *software structural analysis program 2000* versi 19 agar hasil perhitungannya lebih terkontrol. Hasil perhitungan cara manual diperoleh bentang maksimum 30 m, momen ultimit rencana 8.818, 407 kN.m, gaya geser ultimit rencana 1.097,158 kN, dan luas tulangan 17.197,502 mm<sup>2</sup>, sedangkan menggunakan *software structural analysis 2000* diperoleh bentang maksimum 30 m, momen ultimit rencana 8.585,700 kN.m, gaya geser ultimit rencana 1.083,356 kN.m, dan luas tulangan 17.121,304 mm<sup>2</sup>.

**Kata Kunci:** Standar, Jembatan, Balok T, Konvensional

### ABSTRACT

Conventional beam T bridges are more efficient to use at 25 meters or more spans because they have limitations, especially the ability to withstand large deflections both short and long term or service period because of ultimate load and long span. This study aims to determine the maximum span length, internal forces, and the design of the reinforcement needs to be examined based on the design criteria of BinaMarga where the maximum deflection may not exceed 1/800 beam span with the maximum camber design allowed is 150% of the deflection because of dead load added live load, while loading is used SNI 1725-2016, along the design of the reinforcement is used SNI 2847-2013 guidelines. Deflection calculation methods, internal forces, and reinforcement design use two ways, namely the manual method using Microsoft Office Excel software and then validated again by using structural analysis program 2000 version 19 software so that the calculation results are more controlled. The manual calculation results obtained a maximum span of 30 m, the ultimate moment of plan 8,818, 407 kN.m, the ultimate shear force of the plan 1,097,158 kN, and reinforcement width of 17,197,502 mm<sup>2</sup>, while using structural analysis software 2000 obtained a maximum span of 30 m, the moment of ultimate plan 8,585,700 kN.m, ultimate shear force plan 1,083,356 kNm, and reinforcement area 17,121,304 mm<sup>2</sup>.

**Keyword :** Standart, Bridge, T Beam, Conventional.

## I. LATAR BELAKANG

Jembatan adalah suatu konstruksi yang gunanya untuk meneruskan jalan melalui suatu rintangan yang berada lebih rendah, Rintangan ini biasanya jalan lain berupa baik jalan air maupun jalan lalu lintas biasa. Jembatan merupakan bagian dari jalan sangat diperlukan dalam sistem jaringan transportasi darat yang akan menunjang pembangunan pada suatu daerah. Perencanaan pembangunan jembatan harus diperhatikan seefektif dan seefisien mungkin, sehingga pembangunan jembatan dapat memenuhi keamanan dan kenyamanan bagi para pengguna jembatan (Struyk, 1984).

Sub direktorat teknik jembatan bina marga secara resmi telah mengedarkan pedoman gambar desain balok T konvensional bentang 5 sampai dengan 25 meter dengan nomor *design code* Standar Nasional Indonesia 1748 – 1989 F peruntukannya terbatas hanya untuk jembatan kelas C. Standar gambar jembatan balok T konvensional SNI 1748 – 1989 F sudah dianggap tidak relevan lagi digunakan untuk masa kini mengingat selain peruntukannya terbatas rujukan analisis pembebanannya menggunakan standar pembebanan lama SKBI Nomor.13.28.1987 dan spesifikasi material yang digunakan tidak efektif lagi.

Akhir-akhir ini subdirektorat teknik jembatan bina marga mengadakan workshop gambar perencanaan jembatan balok T konvensional secara tertutup yang dihadiri peserta kalangan akademisi dan praktisi hanya sebagian kecil. Gambar desain jembatan balok T konvensional tersebut menggunakan desain camber 45% dengan spesifikasi material beton kuat tekan  $f_c$  30 MPa dan kuat tarik leleh baja tulangan  $f_y$  390 MPa. Dimensi penampang balok T terdiri dari tinggi 1,75 meter, lebar alas kaki 0,55 meter, lebar badan balok 0,3 meter, sedangkan panjang bentang 25 meter dipasang antar jarak 1,2 meter untuk posisi melintang keseluruhan berjumlah 8 buah dengan tipe jembatan kelas A. Hasil dari kegiatan workshop yang telah dilaksanakan tanpa menghasilkan standar gambar yang resmi dan belum siap diedarkan secara luas dan terbuka melalui produk desain bina marga. Sehubungan dengan masalah tersebut melalui tugas akhir ini penulis ingin meneliti apakah gambar dan spesifikasi material yang digunakan tersebut memenuhi kriteria desain. Metode penelitian digunakan dua cara yaitu cara manual kemudian divalidasi kembali menggunakan bantuan *software* SAP 2000 agar hasilnya lebih terkontrol. Harapan dari hasil penelitian menggunakan dua cara yaitu apakah gambar balok T konvensional tersebut memenuhi kriteria desain baik ditinjau dari parameter besar lendutan dan stabilitas struktur hingga panjang bentang maksimum yang diperbolehkan berdasarkan kriteria desain menggunakan camber 150% (S.E Bina Marga, 2017) Tentang Ketentuan Desain dan Revisi Desain Jalan dan Jembatan Serta Kerangka Acuan Kerja Pengawasan Teknis.

Paper ini akan membahas berapa panjang bentang maksimum balok T konvensional melalui evaluasi lendutan izin berdasarkan kriteria desain bina marga dengan menyesuaikan hasil perbandingan analisis gaya-gaya dalam berupa gaya geser ultimit rencana, momen ultimit rencana, serta desain penulangannya. Analisis perhitungan gaya-gaya menggunakan dua cara yakni manual dengan Microsoft *Office Excel* dan *software Structural Analysis Program 2000*. Penelitian ini juga akan menghasilkan gambar desain perencanaan dimensi balok T konvensional bentang maksimum pada superstruktur jembatan.

## **II. TINJAUAN PUSTAKA**

### **2.1 Jembatan**

Secara umum jembatan adalah suatu konstruksi yang gunanya untuk meneruskan jalan melalui rintangan yang berada lebih rendah, rintangan ini biasanya jalan lain yaitu jalan air atau jalan lalu lintas biasa (H.J. Struky, 1984). Sedangkan jembatan beton bertulang balok T konvensional merupakan jembatan yang konstruksinya terbuat dari material utama bersumber dari beton (Supriyadi dan Muntohar, 2007). Jembatan tipe ini digunakan secara luas dalam konstruksi jalan raya yang tersusun dari slab beton dan didukung secara integral dengan gelagar. Penggunaan jembatan ini akan lebih ekonomis pada bentang 15 sampai dengan 25 m pada kondisi normal atau tanpa kesalahan pengerjaan.

### **2.2 Pembebanan Jembatan**

*Design code* pembebanan jembatan digunakan SNI 1725 – 2016 merupakan revisi dari SNI 1725 – 1989 tentang pembebanan untuk jembatan dan RSNI T – 02 2005 berjudul standar pembebanan untuk jembatan. Beberapa ketentuan teknis yang direvisi antara lain distribusi beban D dalam arah melintang, factor distribusi beban T, kombinasi beban, beban gempa, beban angin, dan beban fatik. (Djoko Setiyarto, 2016).

SNI 1725 – 2016 dimaksudkan sebagai pegangan atau petunjuk bagi komunitas perencana dalam melakukan perencanaan teknis jembatan khususnya aspek pembebanan. *Design code* SNI 1725 – 2016 disampaikan beban rencana yang akan digunakan dalam perencanaan jembatan serta formula kombinasi pembebanan terbarunya. SNI 1725 – 2016 mendefinisikan beban yang akan dianalisis pada struktur jembatan berupa aksi permanen meliputi beban akibat berat sendiri struktur, beban mati tambahan, serta aksi transien berupa beban lajur kendaraan, beban akibat pengereman, beban akibat pejalan kaki, sedangkan aksi lingkungan berupa beban angin struktur, beban angin kendaraan, beban akibat temperatur dan beban gempa.

TABEL I  
FORMULA KOMBINASI BEBAN SNI 1725 – 2016(Djoko Setiyarto, 2016)

No	Jenis Beban	Faktor Beban		KOMBINASI BEBAN KE										
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
		Ultimit	Layan	Kuat I	Kuat II	Kuat III	Kuat IV	Kuat V	Ekstrem I	Ekstrem II	Layan I	Layan II	Layan III	Layan IV
1	Berat sendiri (MS)	1,30	1,00	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
2	Beban mati tambahan (MA)	1,40	1,00	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
3	Beban lajur "D" (TD)	1,80	1,00	✓	✓					✓	✓	✓	✓	
4	Gaya rem (TB)	1,80	1,00	✓	✓					✓	✓	✓	✓	
5	Beban pejalan kaki (TP)	1,80	1,00	✓	✓					✓	✓	✓	✓	
6	Beban angin struktur (EWS)	1,20	1,00			✓	✓	✓			✓			✓
7	Beban angin kendaraan (EWL)	1,20	1,00					✓			✓			
8	Pengaruh temperatur (ET)	1,20	1,00	✓	✓	✓	✓	✓			✓	✓	✓	✓
9	Behan gempa (EQ)	1,00	1,00							✓				

### 2.3 Lentutan

Defleksi/lendutan adalah perubahan bentuk pada balok arah vertikal akibat adanya pembebanan vertikal yang diberikan pada batang material (Basori, 2015). Deformasi pada balok dapat dijelaskan berdasarkan defleksi balok dari posisinya sebelum mengalami pembebanan. Sunggono, 1984 bahwa persamaan lendutan untuk tipe struktur balok beton menerus yang di tumpu oleh dua tumpuan bebas pada ujung-ujungnya dapat dilihat pada Persamaan 1

$$d = \frac{5}{384} \times q_u \times \frac{L^4}{E_c \times I_e} \dots \dots \dots (1)$$

Dimana  $q_u$  = Berat struktur terbagi rata satuan (kN/m),  $L$  = Panjang bentang balok (m),  $E_c$  = Modulus elastisitas beton (MPa),  $I_e$  = Momen inersia efektif untuk lendutan (m<sup>4</sup>).

Untuk lendutan camber, lendutan izin, control lendutan maksimum dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 2, Persamaan 3 dan Persamaan 4.

$$d_{\text{camber}} = 150\% (d_{DL} + d_{LL}) \dots \dots \dots (2)$$

$$d_{\text{izin}} = \frac{L}{800} \dots \dots \dots (3)$$

$$d_{\text{izin}} > d_{\text{maks}} \dots \dots \dots (4)$$

Dimana  $d_{\text{camber}}$  = Lendutan camber (m),  $d_{\text{izin}}$  = Lendutan camber (m),  $L$  = Panjang bentang balok (m),  $d_{DL}$  = Total lendutan akibat beban mati (m),  $d_{LL}$  = Total lendutan akibat beban hidup (m).

## 2.4 Desain Penulangan Geser dan Lentur

Desain tulangan lentur digunakan kode desain peraturan *design code* SNI 2847 – 2013 dimana nilai phi reduksi kuat lentur 0,9 dan 0,75 untuk phi reduksi kuat geser. Pendesainan tulangan lentur dan geser balok T dilakukan setelah diketahui gaya-gaya dalam berupa gaya geser ultimit rencana dan momen ultimit rencana melalui perhitungan kombinasi pembebanan SNI 1725 – 2016.

Kuat geser nominal beton untuk desain tulangan geser dihitung menggunakan Persamaan 5. Jarak pasangan antartulangan geser dihitung menggunakan Persamaan 6.

$$V_c = \frac{\sqrt{f_c}}{6 \times b \times d} \times 10^{-3} \dots\dots\dots(5)$$

$$S = A_v \times f_y \times \frac{d}{V_s} \dots\dots\dots(6)$$

Dimana :  $V_c$  = Kuat geser nominal beton (kN),  $S$ = Jarak antar tulangan geser (m),  $A_v$ = Luas tulangan yang akan dipasang antar jarak  $S$ ,  $d$ = Tinggi efektif balok (m),  $f_c$ = Kuat tekan beton (MPa),  $f_y$ = Kuat leleh baja tulangan geser (MPa),  $V_s$ = Gaya geser yang dipikul tulangan geser (kN).

Rasio tulangan untuk desain tulangan lentur seimbang dihitung menggunakan Persamaan 7, Luas tulangan lentur balok dihitung menggunakan Persamaan 8.

$$\rho_{balance} = \frac{0,85 \times f_c}{f_y} \times \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times R_n}{0,85 \times f_c}} \right] \dots\dots\dots(7)$$

$$A_s = \rho_{balance} \times b \times d \dots\dots\dots(8)$$

Dimana  $\rho_{balance}$ = Rasio tulangan seimbang untuk perhitungan tulangan lentur,  $R$ = Faktor tahanan momen,  $f_c$ = Kuat tekan beton (MPa),  $f_y$  = Kuat leleh baja tulangan geser (MPa),  $b$ = Lebar penampang balok (m),  $d$  = Tinggi efektif balok diukur dari tepi atas ke serat tulangan lentur (m).

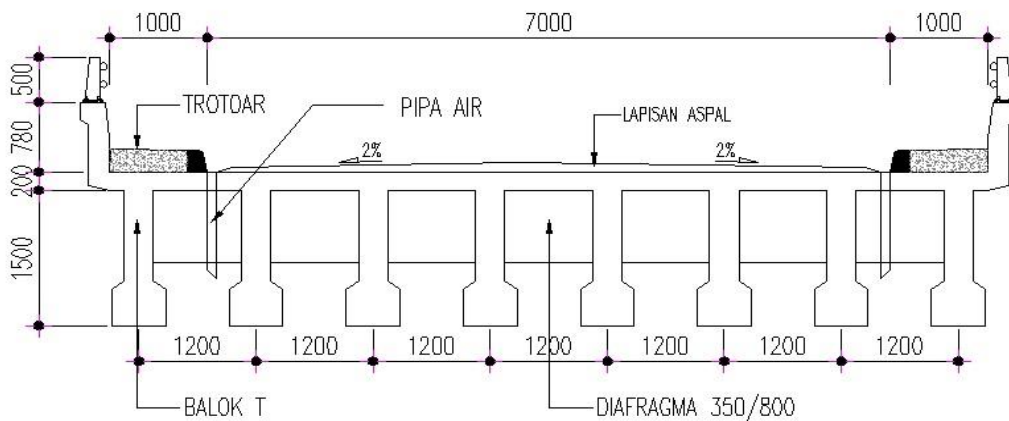
## III. METODOLOGI PENELITIAN.

Penelitian ini menggunakan kajian studi literatur dan melakukan analisis dan permodelan dengan menggunakan *software* Microsoft office Excel dan SAP 2000.

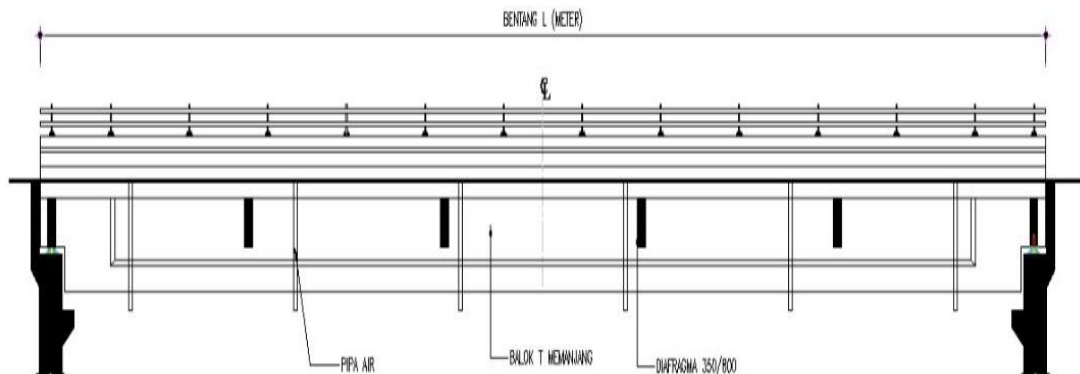
### 3.1 Permodelan Superstruktur

Model superstruktur jembatan yang digunakan adalah jembatan balok T konvensional dengan mencari bentang maksimum yang diinginkan berdasarkan kriteria desain bina marga. Berdasarkan data skunder berupa gambar desain semi baku yang dikeluarkan

oleh bina marga jembatan terdiri dari satu jalur atau dua lajur dengan jembatan tipe kelas A terdiri dari lebar total 9 meter termasuk lebar badan jalan 7 dan trotoar 1 meter sisi kiri dan kanan menggunakan beban lalu lintas BM- 100. Spesifikasi material yang digunakan berupa beton  $f'c$  30 MPa, kuat leleh baja  $f_y$  390 MPa. Dimensi penampang balok T terdiri dari tinggi 1,75 meter, lebar alas kaki 0,55 meter, lebar badan balok 0,3 meter, sedangkan panjang bentang 25 meter dipasang antar jarak 1,2 meter untuk posisi melintang keseluruhan berjumlah 8 buah dipakai desain camber 45%. Dimensi balok diafragma adalah lebar 0,34 meter dan tinggi 0,8 meter.



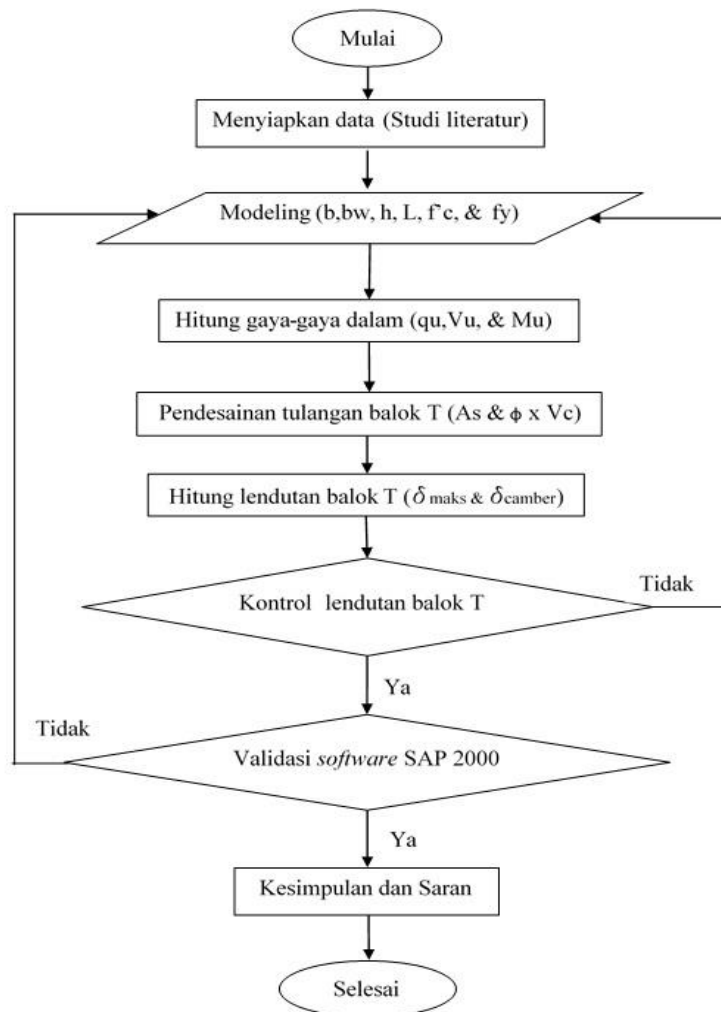
Gambar 1. Potongan melintang sutruktur atas jembatan



Gambar 2. Potongan memanjang struktur atas jembatan

### 3.2 Diagram Alir Penelitian

Data yang dipersiapkan akan dianalisa untuk mendapatkan *output* lendutan balok, gaya geser, momen, dan desain penulangannya, sehingga dibuat *flowchart* pelaksanaanya dapat dilihat pada Gambar 3.



**Gambar 3.** Alur Penelitian

#### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dari penelitian ini dilakukan menggunakan metode coba-coba *trial and error* dengan mengubah variasi panjang bentang balok T dimulai dari panjang bentang 25 m sampai diperoleh batas bentang maksimum adalah 30 m. Jembatan yang dianalisis adalah tipe jembatan kelas A dengan lebar total 9 m terdiri dari 7 m lebar bersih, 1 m kiri dan kanan trotoar, dipasang antar balok 1,2 m melintang berjumlah 8 buah. Dimensi penampang balok T terdiri dari tinggi 1,75 m, lebar alas kaki 0,55 m, lebar badan balok 0,3 m. Spesifikasi material yang digunakan adalah mutu beton  $f_c$  30 MPa, Mutu baja tulangan tarik  $f_y$  390 MPa, tulangan geser  $f_y$  280 MPa, dan desain lendutan camber 150%.

##### 4.1 Perbandingan Hasil Kombinasi Beban Gaya Geser dan Momen

Hasil kombinasi gaya geser ultimit rencana menggunakan *design code* SNI 1725 – 2016 perhitungan manual diperoleh sebesar  $V_u = 1.097,158$  kN pada kombinasi eskترم 1, sedangkan besar momen ultimit rencana diperoleh sebesar  $M_u = 8.818,407$  kN.m pada

kombinasi eskترم 1, sedangkan menggunakan bantuan *software* SAP 2000 gaya geser ultimit rencana diperoleh  $V_u = 1.083,356$  kN dan momen ultimit rencana  $M_u = 8.785,700$  kN.m pada kombinasi beban eskترم 1.

#### 4.1 Perbandingan Hasil Desain Tulangan Geser

Kuat geser nominal beton setelah direduksi untuk perhitungan manual diperoleh  $\phi \times V_c = 610,197$  kN sehingga dipakai tulangan geser BjTP U-28 Ø13 – 200 pada area tumpuan, sedangkan metode perhitungan menggunakan bantuan *software* SAP 2000 diperoleh kuat geser nominal beton direduksi  $\phi \times V_c = 637,857$  kN sehingga dipakai tulangan geser BjTP U-28 Ø13 – 200 pada area tumpuan.

#### 4.2 Perbandingan Hasil Desain Tulangan Lentur

Desain penulangan lentur digunakan peraturan *design code* SNI 2847 – 2013 baik perhitungan manual maupun menggunakan bantuan *software* SAP 2000 dimana faktor reduksi untuk kuat lentur 0,9 dan 0,75 untuk faktor reduksi kuat geser. Desain tulangan lentur pada balok T untuk perhitungan manual diperoleh luas tulangan lentur  $A_s = 17.197,502$  mm<sup>2</sup> sehingga dipakai tulangan lentur BjTS U-39 22Ø32, sedangkan menggunakan bantuan *software* SAP 2000 diperoleh luas tulangan lentur  $A_s = 17.121,304$  mm<sup>2</sup> sehingga dipakai tulangan lentur BjTS U-39 22Ø32.

#### 4.3 Perbandingan Hasil Kombinasi Perhitungan Lendutan

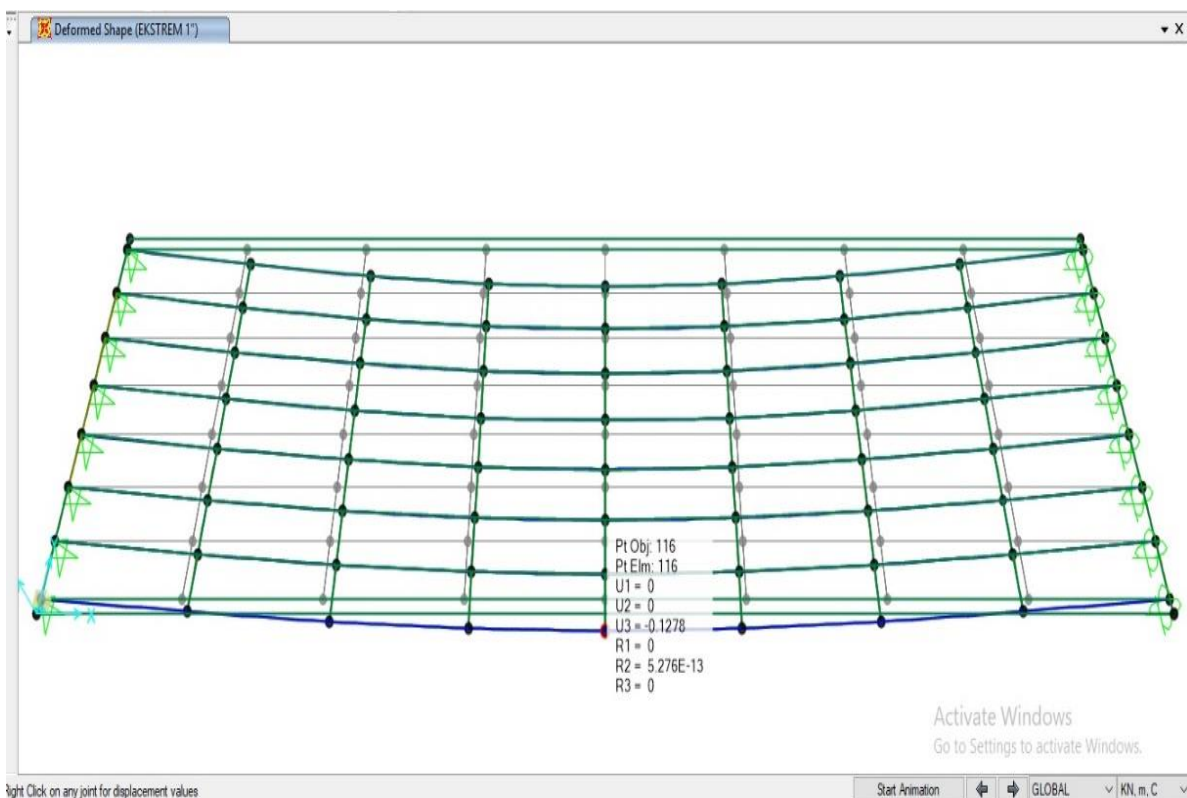
Hasil kombinasi lendutan maksimum menggunakan *design code* SNI 1725 – 2016 diperoleh sebesar  $\delta_{maks} = 0,075077$  m pada kombinasi layan 1 seperti yang terlihat pada Tabel II.

TABEL II  
REKAPITULASI HASIL PERHITUNGAN KOMBINASI LENDUTAN

No	Jenis Beban	Kombinasi beban (m)										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
		Kuat I	Kuat II	Kuat III	Kuat IV	Kuat V	Ekstrem I	Ekstrem II	Layan I	Layan II	Layan III	Layan IV
1	Berat sendiri (MS)	0,035168	0,035168	0,035168	0,035168	0,035168	0,035168	0,035168	0,035168	0,035168	0,035168	0,035168
2	Beban mati tambahan (MA)	0,002750	0,002750	0,002750	0,002750	0,002750	0,002750	0,002750	0,002750	0,002750	0,002750	0,002750
3	Beban lajur "D" (TD)	0,021757	0,021757				0,021757	0,021757	0,021757	0,021757	0,021757	
4	Gaya rem (TB)	0,000594	0,000594				0,000594	0,000594	0,000594	0,000594	0,000594	
5	Beban pejalan kaki (TP)	0,006946	0,006946				0,006946	0,006946	0,006946	0,006946	0,006946	
6	Beban angin struktur (EWS)			0,003790	0,003790	0,003790			0,003790			0,003790
7	Beban angin kendaraan (EWL)					0,003609			0,003609			
8	Pengaruh temperatur (ET)	0,000463	0,000463	0,000463	0,000463	0,000463			0,000463	0,000463	0,000463	0,000463
9	Behan gempa (EQ)						0,005688					
	$\sum \delta$	0,067678	0,067678	0,042171	0,042171	0,045781	0,072903	0,067215	0,075077	0,067678	0,067678	0,042171
	Lendutan maksimum $\delta_{maks} =$	<b>0,075077</b>										

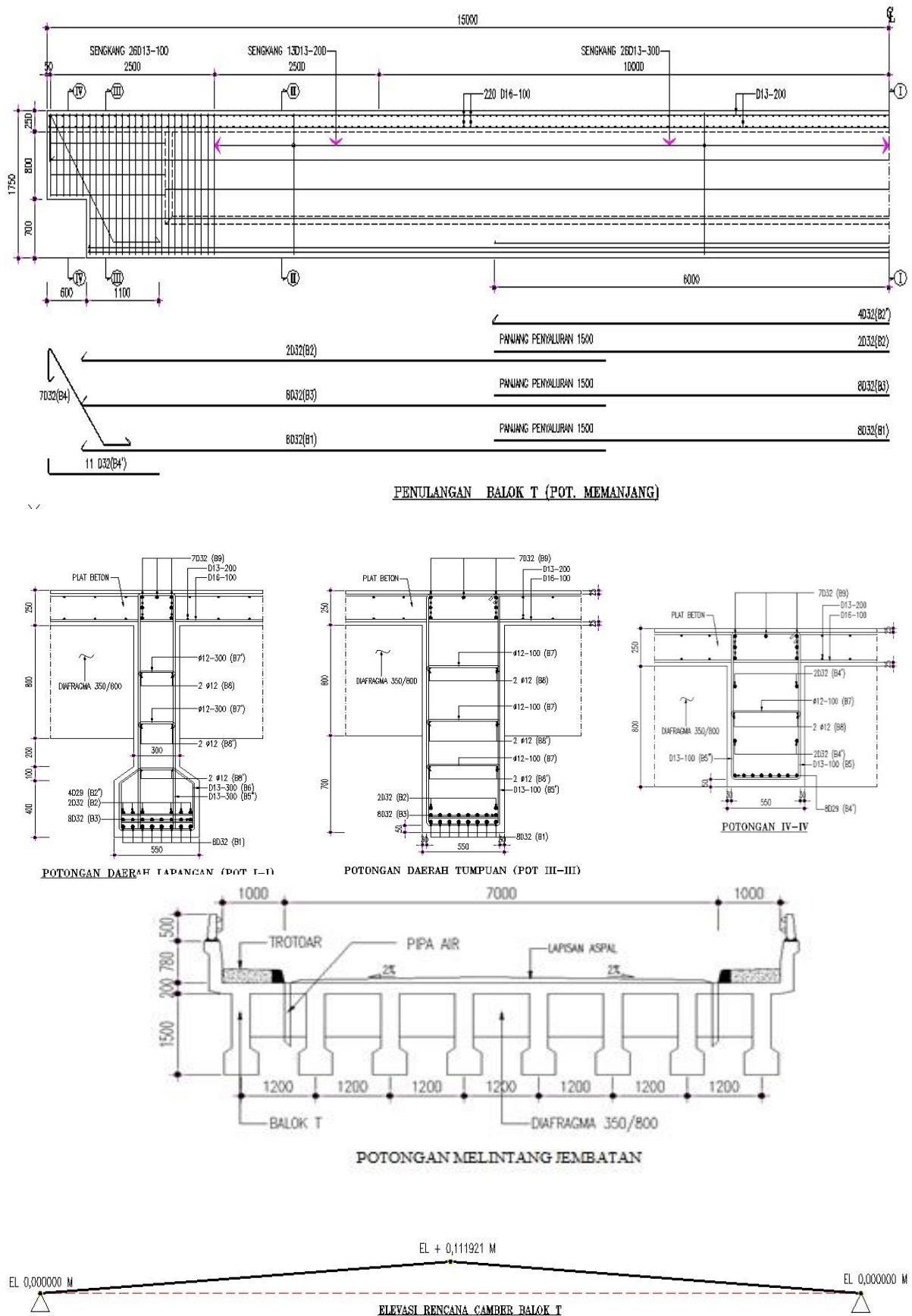
Setelah ditambahkan desain camber 150% menjadi  $d_{maks} = 0,036844 \text{ m} < d_{izin} = 0,037500 \text{ m}$  telah memenuhi persyaratan kriteria desain bina marga. Hasil kombinasi perhitungan lendutan menggunakan *software* SAP 2000 lendutan maksimum diperoleh  $d_{maks} = 0,127800 \text{ m}$  pada kombinasi ekstrem 1 dapat dilihat pada Gambar IV.1 setelah ditambahkan desain camber 150% menjadi  $d_{maks} = 0,010886 \text{ m} < d_{izin} = 0,037500 \text{ m}$  telah memenuhi persyaratan kriteria desain bina marga. Agar lendutan maksimum yang terjadi pada balok memenuhi kriteria desain bina marga maka perlu ditambahkan desain camber 150% dari total lendutan akibat beban mati ditambah lendutan akibat beban hidup. Dengan Persamaan 2, lendutan camber  $d_{camber}$  diperoleh sebesar  $0,111921 \text{ m}$ . Dengan menggunakan control lendutan maka  $d_{izin} > d_{maks} + d_{camber} = 0,037500 \text{ m} > 0,036844 \text{ m}$  (OK, Aman).

Hasil kombinasi lendutan maksimum menggunakan *software* SAP 2000 dapat dilihat pada Gambar 4. Lendutan camber ( $d_{camber}$ ) diperoleh sebesar  $0,138686 \text{ m}$ , dan dilakukan kontrol lendutan  $d_{izin} > d_{maks} + d_{camber} = 0,037500 \text{ m} > 0,010886 \text{ m}$  (OK, Aman)



**Gambar 4.** Hasil kombinasi lendutan maksimum menggunakan *software* SAP 2000

Hasil gambar desain dimensi dan penulangan balok T bentang 30 meter untuk potongan memanjang dan potongan melintang dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Desain dimensi dan penulangan balok T bentang 30 meter

## V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis perencanaan balok T konvensional pada superstruktur jembatan diperoleh kesimpulan

1. Bentang maksimum balok T konvensional pada superstruktur jembatan berdasarkan hasil analisis lendutan adalah 30 meter dengan besar lendutan yang terjadi  $d_{maks} = 0,036844$  meter  $< d_{izin} = 0,037500$  meter untuk perhitungan manual, sedangkan hasil analisis lendutan menggunakan *software* SAP 2000 diperoleh lendutan maksimum  $d_{maks} = 0,010886$  meter  $< d_{izin} 0,037500$  meter masing-masing dengan menggunakan desain camber 150%.
2. Berdasarkan perhitungan manual menggunakan *software microsoft excel* diperoleh momen ultimit rencana  $M_u = 8.818,407$  kN.m, gaya geser ultimit rencana  $V_u = 1.097,158$  kN, luas tulangan lentur  $A_s = 17.197,502$  mm<sup>2</sup> (pakai tulangan lentur BjTS U-39 22Ø32), kuat geser nominal beton yang dipikul oleh tulangan geser  $\phi \times V_c = 610,197$  kN (pakai tulangan geser BjTP U-28 Ø13 – 200), sedangkan perhitungan menggunakan analisis *software* SAP 200 diperoleh momen ultimit rencana  $M_u = 8.785,700$  kN.m, gaya geser ultimit rencana  $V_u = 1.083,356$  kN, luas tulangan lentur  $A_s = 17.121,304$  mm<sup>2</sup> (pakai tulangan BjTS U-39 22Ø32), kuat geser nominal beton yang dipikul oleh tulangan geser  $\phi \times V_c = 637,857$  kN (pakai tulangan geser BjTP U-28 Ø13 – 200).

## DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standarisasi Nasional (2016). *SNI 1725 – 2016 : Standar Pembebanan Untuk Jembatan*, Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional (2016). *SNI 2833 – 2016 : Standar Perencanaan Jembatan terhadap Beban Gempa*, Jakarta
- Badan Standarisasi Nasional (2002). *SNI 2847 – 2002 : Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung*, Jakarta
- Badan Standarisasi Nasional (2013). *SNI 2847 – 2013 : Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung*, Jakarta
- Badan Standarisasi Nasional (1989). *SNI 1748 – 1989 F : Spesifikasi Jembatan Tipe Balok T s/d 25 M Untuk Beban Bm Bentang*, Jakarta
- Bridge Management System (1992). *BMS'92: Peraturan Perencanaan Teknik Jembatan*. Departemen Pekerjaan Umum Bina Marga, Jakarta.

- Basor & Syafrizal (2015). *Analisis Defleksi Batang Lentur Menggunakan Tumpuan Jepit Dan Rol Pada Material Alumunium 6063 Profil U Dengan Beban Terdistribusi*, Prodi Teknik Mesin Fakultas Teknik dan Sains Jurnal Konversi Energi & Manufaktur, Universitas Nasional, Jakarta.
- Chu Kia Wang dan Charles G. Salmon (1993). *Desain Beton Bertulang*, Erlangga, Jakarta.
- H. J. Struyk (1984). *Jembatan*, Pradnya Paramita, Jakarta
- James M. Gere dan Stephen P. Timoshenko (2000). *Mekanika Bahan*, Erlangga, Jakarta. Erlangga
- McCormac, Jack (2004). *Desain Beton Bertulang-Edisi Kelima-Jilid-1*, Erlangga, Jakarta.
- Surat Edaran Bina Marga (2017). *Tentang Ketentuan Desain dan Revisi Desain Jalan dan Jembatan, Serta Kerangka Acuan Kerja Pengawasan Teknis*, Jakarta
- Surat Edaran Bina Marga No.02/Db/2018 (2018). *Tentang Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan*, Jakarta
- Supriadi, Muntohar (2007). *Jembatan*. Beta offset, Yogyakarta
- Setiyarto, Djoko Y. (2016). *Standar Pembebanan Pada Jembatan Menurut SNI 1725 – 2016*, Program Studi Teknik Sipil Universitas Komputer Indonesia, Bandung
- Tjokrodimuljo (2007). *Teknologi Beton*, Nafiri, Yogyakarta