

# TEGANGAN DAN ROTASI BATANG TEPI BAWAH JEMBATAN “BOOMERANG BRIDGE” AKIBAT VARIASI POSISI PEMBEBANAN

**Erwin Widya A., Sri Murni Dewi, Christin Remayanti**  
Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya  
Jalan MT. Haryono 167, Malang 65145, Indonesia  
E-mail : erwin.anggitantoro@gmail.com

## ABSTRAK

*Jembatan “Boomerang Bridge” merupakan Jembatan model rangka baja yang memperoleh penghargaan Juara I dalam Kompetisi Jembatan Indonesia ke-9 Tahun 2013. Terdapat perbedaan nilai lendutan antara perencanaan dengan kondisi lapangan, sehingga dilakukan penelitian juga pada variabel lain yaitu tegangan batang dan rotasi batang tepi bawah. Tahap pertama yaitu uji elastisitas baja dengan bahan yang sejenis dengan profil rangka. Nilai elastisitas yang diperoleh sebesar 183.102,5 MPa. Tahap selanjutnya adalah perhitungan teoritis dan hasil pengujian untuk mendapatkan nilai regangan, gaya batang, tegangan, dan rotasi batang. Perbedaan antara perhitungan teoritis dengan pengujian dinyatakan dalam persentase perbandingan. Perbandingan nilai tegangan dari hasil perhitungan teoritis dan pengujian yaitu seperempat bentang dekat tumpuan sendi sebesar 8,922%, di tengah bentang sebesar 5,476%, dan seperempat bentang dekat tumpuan rol sebesar 7,522%. Perbandingan rotasi teoritis dengan pengujian didapatkan nilai persentase sebesar 22,365% dan sama di berbagai posisi pembebanan.*

**Kata kunci :** *Boomerang bridge, regangan, gaya batang, tegangan, rotasi, perbandingan*

## Pendahuluan

Jembatan “Boomerang Bridge” merupakan salah satu jembatan model rangka baja dalam Kompetisi Jembatan Indonesia ke-9 Tahun 2013. Jembatan ini telah memperoleh penghargaan Juara I, dan berbagai juara kategori, sehingga Jembatan “Boomerang Bridge” sangat cocok digunakan untuk pengabdian kepada masyarakat dan diaplikasikan ke lapangan.

Pada saat dilakukan pembebanan Kompetisi Jembatan Indonesia, terdapat perbedaan yang besar pada hasil lendutan antara perhitungan teoritis dan pengujian akibat beban 400 kg. Perbedaan ini diakibatkan oleh dimensi dan kualitas

profil yang digunakan saat perencanaan tidak sesuai dengan kondisi lapangan. (Prayitno, Dalil, & Yanuar, 2013) menyebutkan bahwa kualitas baja dalam pasaran domestik masih belum memenuhi standar SNI 2002. Selain itu dalam kondisi kenyataan pada rangka model, sambungan baut yang tidak tepat di titik berat profil menyebabkan perbedaan hasil teoritis dan pengujian karena terjadi eksentrisitas.

Dari pernyataan di atas, maka dilakukan penelitian terhadap tegangan dan rotasi batang. Karena selain terjadi perbedaan lendutan, diduga ada perbedaan nilai tegangan pada batang profil antara perhitungan teoritis dan

pengujian. Sehingga dari penelitian ini diambil judul *Tegangan Dan Rotasi Batang Tepi Bawah Jembatan “Boomerang Bridge” Akibat Variasi Posisi Pembebanan*.

Tujuan dilakukan penelitian adalah untuk mengetahui perbandingan regangan, gaya batang, tegangan dan rotasi pada batang tepi bawah akibat posisi beban dari hasil perhitungan teoritis dengan hasil pengujian dan mengetahui pengaruh posisi beban terhadap tegangan dan rotasi batang tepi bawah. Penelitian tegangan dilakukan pada 1 batang tepi bawah dan untuk rotasi dilakukan penelitian pada batang di dekat tumpuan sendi dan rol.

### Metode Penelitian

Penelitian awal yaitu dilakukan uji tarik baja untuk memperoleh nilai elastisitas baja. Bahan uji yang digunakan sejenis dengan profil pada rangka dan dibentuk spesimen uji sesuai SNI 07-0371-1998 dan digunakan 4 buah sampel. Dalam pengujian ini digunakan *strain gauge* untuk memperoleh nilai regangan. Nilai regangan dicatat setiap penambahan beban tarik dengan kelipatan 2 kN hingga mencapai titik leleh. Data-data tersebut diplotkan pada grafik hubungan tegangan-regangan dan dibuat regresi linear. Sehingga nilai elastisitas diperoleh dengan persamaan :

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon}$$

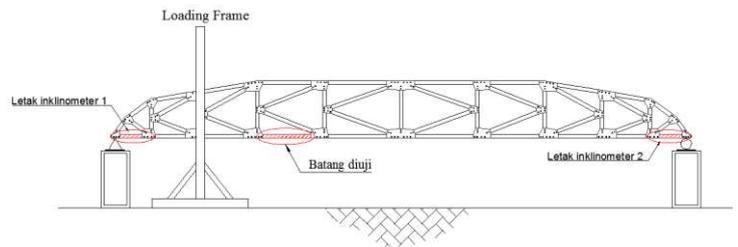
dengan, E = elastisitas baja

$\sigma$  =tegangan

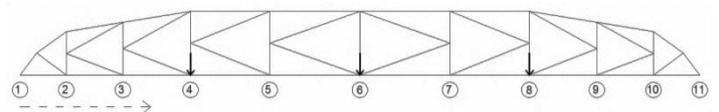
$\varepsilon$  =regangan

Bagian kedua adalah perhitungan teoritis yang dilakukan dengan menggunakan software. Data-data yang diinputkan adalah data-data yang sesuai

dengan kondisi lapangan yaitu beban 400 kg, dimensi profil dan nilai elastisitas uji. Pembebanan dilakukan pada titik 4, 6, dan 8 seperti pada gambar berikut.



**Gambar 1.** Model pembebanan dan letak batang yang diuji tegangan dan rotasi.



**Gambar 2.** Letak pembebanan, pada titik 4, 6, dan 8.

Output dari analisis software adalah gaya batang dan *displacement* atau perpindahan titik buhul. Nilai gaya batang (P) ini selanjutnya digunakan untuk menghitung regangan dengan persamaan

$$\varepsilon = \frac{P}{E.A}$$

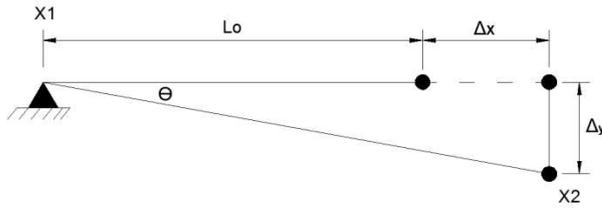
Dan nilai tegangan diperoleh dengan persamaan

$$\sigma = \frac{P}{A}$$

Dalam perhitungan teoritis juga dilakukan analisis garis pengaruh dengan tujuan untuk disesuaikan polanya dengan gaya batang hasil pengujian.

Bagian terakhir dari teoritis yaitu perhitungan rotasi batang. Nilai rotasi diperoleh dengan menggunakan hasil *displacement* dari analisis *software*. Pada *displacement* diperoleh perpindahan titik buhul di dekat tumpuan setelah dibebani

sebesar 400 kg dan dihitung dengan menggunakan persamaan tangen.



**Gambar 3.** Skema perhitungan rotasi batang

$$\tan\theta = \frac{\Delta y}{(L_o + \Delta x)}$$

dengan,

X1= posisi titik buhul di tumpuan setelah dibebani

X2 = posisi titik buhul di dekat tumpuan setelah dibebani

Lo = panjang awal sebelum dibebani

Δx = perubahan panjang horisontal

Δy = perubahan vertikal

Bagian Ketiga adalah pengujian langsung pada jembatan model. Pengujian tegangan dilakukan dengan menggunakan *strain gauge* yang dipasang pada tengah profil. Regangan yang muncul pada *strain meter* dicatat setiap kelipatan beban 50 kg hingga beban maksimal 400 kg. Pengujian ini dilakukan sebanyak 2 kali pengulangan. Hasil ini diplotkan pada grafik hubungan beban-regangan kemudian dihitung regresi linearnya untuk mendapatkan nilai regangan pada beban 400 kg. Hasil regangan ini digunakan untuk memperoleh nilai gaya batang dengan persamaan  $P = \varepsilon \cdot A \cdot E$ . Kemudian dihitung nilai tegangan yang terjadi dengan persamaan  $\sigma = P/A$ .

Pada pengujian rotasi dilakukan dengan menggunakan inklinometer yang diletakkan pada batang di dekat tumpuan sendi dan rol.

Bagian Terakhir adalah perhitungan persentase perbandingan antara perhitungan teoritis dengan hasil pengujian. Garis pengaruh yang diperoleh dari perhitungan teoritis disesuaikan polanya dengan hasil perhitungan gaya batang saat pengujian.

### Hasil dan Pembahasan

Nilai elastisitas baja yang diperoleh dari 4 buah sampel yang dihitung dengan grafik regresi linear. Nilai rata-rata yang diperoleh sebesar 183.102,5 MPa. Hasil tersebut digunakan sebagai data pendukung untuk perhitungan teoritis dan pengujian.

Pada perbandingan nilai perhitungan teoritis dengan pengujian diperoleh persentase perbandingan regangan seperti pada tabel 1.

**Tabel 1.** Nilai regangan teoritis dan pengujian

Beban di Titik	Regangan	
	Teoritis	Pengujian
4	0,00009361	0,00010196
6	0,00006254	0,00006596
8	0,00003162	0,00003400

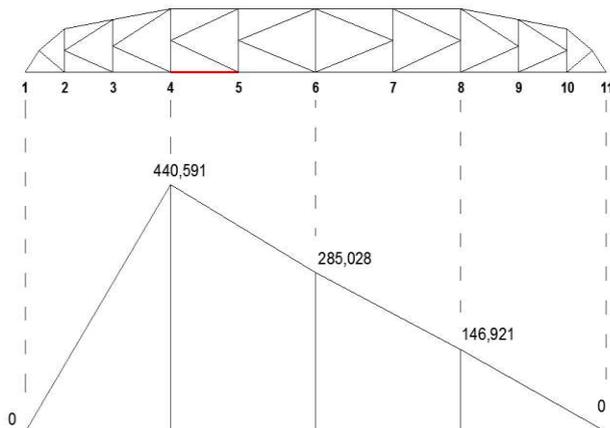
Nilai gaya batang dicantumkan pada tabel berikut.

**Tabel 2.** Nilai gaya batang teoritis dan pengujian

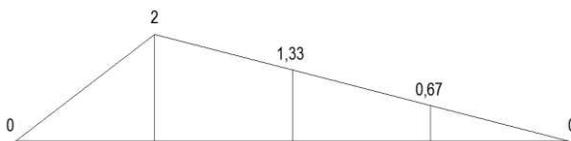
Beban di Titik	Gaya Batang (kg)	
	Teoritis	Pengujian
4	404,501	440,591
6	270,230	285,028
8	136,643	146,921

Perubahan gaya batang dari hasil pengujian menunjukkan pola yang sama dengan garis pengaruh dari perhitungan

teoritis. Diagram gaya batang dan garis pengaruh disajikan pada gambar berikut.



**Gambar 4.** Gaya batang hasil pengujian



**Gambar 5.** Garis pengaruh perhitungan teoritis

Nilai tegangan dicantumkan pada tabel berikut.

**Tabel 3.** Perbandingan tegangan batang teoritis dan pengujian

Titik	Tegangan ( $\text{kg/cm}^2$ )		% Perbandingan
	Teoritis	Pengujian	
4	71,399	186,691	8,922
6	14,504	120,774	5,476
8	7,900	62,255	7,522

Perbandingan tegangan yang terjadi disebabkan karena karena penerapan sambungan pada rangka model berbeda dari perhitungan teoritis. Salah satunya yaitu letak baut yang menyalurkan garis kerja gaya tidak tepat pada titik berat profil batang. Dalam buku (Indrawahyuni, Dewi, & Prastumi, 2010) dijelaskan bahwa regangan normal di seluruh volume batang terjadi apabila beban bekerja melalui pusat berat penampang dan bahannya homogen.

Bagian yang terakhir adalah perbandingan rotasi batang. Nilai rotasi yang dari perhitungan teoritis dan pengujian yang diperoleh dicantumkan pada tabel berikut.

**Tabel 4.** Rotasi batang di dekat tumpuan sendi

Beban di	Rotasi Dekat Sendi (rad)		% Perbandingan
	Teoritis	Pengujian	
4	0,000677	0,000872	22,366
6	0,000677	0,000872	22,366
8	0,000677	0,000872	22,365

**Tabel 5.** Perbandingan rotasi batang dekat rol akibat beban

Beban di	Rotasi Dekat Rol (rad)		% Perbandingan
	Teoritis	Pengujian	
4	0,0006772	0,0008722	22,365
6	0,0006771	0,0008722	22,366
8	0,0006771	0,0008722	22,366

Persentase perbandingan yang diperoleh cukup besar, yaitu 22,366%. Perbandingan yang besar disebabkan karena inklinometer yang digunakan hanya memiliki ketelitian  $0,05^\circ$ , dan dengan beban bertambah hingga mencapai 400 kg, rotasi yang terbaca tetap  $0,05^\circ$  atau 0,0008722 rad.

### Kesimpulan

Dari penelitian yang dilakukan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Persentase perbandingan saat posisi beban di titik 4 sebesar 8,922%, di titik 6 sebesar 5,476%, dan di titik 8 sebesar 7,522%. Perbedaan nilai hasil teoritis dan pengujian disebabkan karena beban bekerja melalui baut

- tidak tepat pada titik berat penampang profil siku.
2. Semakin dekat posisi beban terhadap batang yang diuji, maka semakin besar pula tegangan batang yang terjadi. Dan sebaliknya, semakin jauh posisi beban terhadap batang yang diuji, maka semakin kecil tegangan batang yang terjadi
  3. Tidak terjadi perubahan rotasi yang besar saat perubahan posisi beban dari titik 4, 6, dan 8.
  4. Perbandingan rotasi teoritis dan pengujian mempunyai persentase perbandingan yang besar. Hal ini disebabkan karena inklinometer yang digunakan hanya memiliki ketelitian  $0,05^\circ$  dan dengan beban bertambah hingga mencapai 400 kg, rotasi yang terbaca tetap  $0,05^\circ$  atau 0,0008722 rad.

#### **Daftar Pustaka**

- SNI 07-0371-1998. Batang Uji Tarik Untuk Bahan Logam
- Indrawahyuni, H., Dewi, S. M., & Prastumi. 2010. *Mekanika Bahan Untuk Teknik Sipil*. Malang: Bargie Media.
- Prayitno, A., Dalil, M., & Yanuar. 2013. Evaluasi Mutu Produk dari Produk-produk Baja Tulangan Domestik Berdasarkan Konsistensi Kekuatannya. *Prosiding Semirata FMIPA Universitas Lampung*.