

## Ekspirimen Gabungan Uji Lentur dan Implementasi Teori Wheatstone Bridge untuk Mengetahui Kekuatan Lentur dan Modulus Elastisitas Material Reng Baja Ringan

I Nyoman Ardika<sup>1</sup>, I Nyoman Suardika<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Dosen Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Bali  
[arcad08@indo.net.id](mailto:arcad08@indo.net.id), [nyomanardika@pnb.ac.id](mailto:nyomanardika@pnb.ac.id)

### Abstrak

Reng adalah salah satu elemen struktur rangka atap bangunan gedung. Material yang banyak digunakan dewasa ini adalah baja ringan. Untuk mendapatkan hasil penggunaan reng baja ringan yang optimal dapat dilakukan melalui proses analisa struktur. Dalam analisis struktur reng baja ringan, diperlukan dimensi aktual penampang dan kekuatan reng baja ringan. Dimensi aktual penampang diperoleh melalui pengukuran langsung, dan kekuatan diperoleh melalui proses pengujian laboratorium baik pengujian tarik atau pengujian lentur.

Penelitian ini dilakukan dengan menggabungkan aplikasi teori Wheatstone Bridge dan pengujian lentur dalam menentukan kekuatan dan modulus elastisitas reng baja ringan pada sebelas sampel uji reng baja ring dengan panjang masing-masing 600 mm. Data hasil uji berupa hubungan beban dengan perubahan voltase (tegangan) yang dihasilkan dari rangkaian Wheatstone Bridge pada bacaan multimeter yang terhubung dengan rangkaian Wheatstone Bridge. Pengolahan data hasil uji perubahan voltase akan menghasilkan regangan, sehingga diperoleh hubungan beban dan regangan. Analisis data hubungan beban dengan regangan serta hubungan beban dengan tegangan akan menggambarkan hubungan regangan dengan tegangan.

Dari hasil pengolahan data uji hasil penelitian yang dilakukan diperoleh tegangan leleh ( $f_y$ ) 407,8739 MPa pada regangan 0,2%; tegangan ijin ( $f_a$ ) 271.916 MPa pada regangan 0,1333%; tegangan ultimate ( $f_u$ ) 616.094 MPa pada regangan 0,3021%; dan Modulus elastisitas ( $E_s$ ) 203921 MPa.

**Kata kunci:** Baja Ringan, Regangan, Wheatstonebridge, Tegangan.

### Abstract

*Lightweight steel battens are one of the elements roof frame structure buildings. The material that is widely used today is mild steel. To get optimal results use be lightweight steel battens can be done through a structural analysis. In the analysis structure of light steel battens, required the actual dimensions of the cross-section and strength the light steel battens. The actual dimensions of the cross sections are obtained by direct measurement, and strength is obtained through a laboratory testing process either tensile testing or bending testing.*

*This research was conducted by combining the application of Wheatstone Bride theory and bending testing in determining the strength and modulus of elasticity of mild steel battens on eleven test samples of mild steel battens with a length of 600 mm each. The test result data is in the form of load relationship with voltage changes generated from the Wheatstone Bridge network on a multimeter reading connected to the Wheatstone Bridge network. The data processing of the result of the change in voltage test will produce strain, so that the load and strain relationship is obtained. Data analysis of load relationship with stretching and the load-stress relationship will describe the strain-stress relationship.*

*From the results of data processing, the results of the research conducted were obtained yield stress ( $f_y$ ) 407.8739 MPa at 0.2% strain; allowable stress ( $f_a$ ) 271,916 MPa at 0.1333% strain; ultimate stress ( $f_u$ ) 616,094 MPa at a strain of 0.3021%; and Modulus of elasticity ( $E_s$ ) 203921 MPa.*

**Keywords:** Mild Steel, Strain, Wheatstonebridge, Stress

# Ekspirimen Gabungan Uji Lentur dan Implementasi Teori Wheatstone Bridge untuk Mengetahui Kekuatan Lentur dan Modulus Elastisitas Material Reng Baja Ringan

## Pendahuluan

Baja ringan merupakan salah satu material yang umum digunakan untuk konstruksi struktur reng pada rangka atap bangunan gedung, yang secara struktur berfungsi memikul beban-beban yang bekerja baik berat sendiri dan beban luar yang bekerja padanya. Gaya-gaya dalam yang timbul akibat beban luar maupun berat sendiri pada elemen reng pada rangka atap didominasi oleh momen lentur, sehingga untuk mendapatkan dimensi yang optimal yang memenuhi syarat kekuatan, kekakuan dan ekonomis dalam perencanaan dimensi reng tersebut diperlukan informasi penampang dan kekuatan dari material yang digunakan. Informasi aktual penampang dapat diketahui dengan melakukan pengukuran langsung, sedangkan kekuatan aktual reng baja ringan dapat diketahui dari hasil pengujian tarik atau dari hasil pengujian lentur.

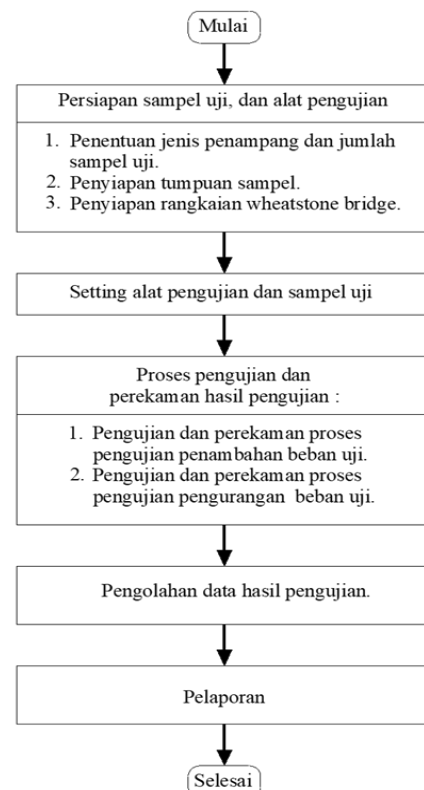
Pengujian tarik yang umum dilakukan adalah dengan mesin UTM dengan hasil data uji berupa hubungan beban dan perubahan panjang sampel, sedangkan pengujian lentur umumnya dilakukan dengan alat uji lentur dan dialgase dengan data hasil uji berupa hubungan beban dan lendutan. Untuk mendapatkan hasil yang akurat diperlukan mesin UTM yang memiliki bacaan skala beban dengan ketelitian sampai 1 kg, dan perubahan panjang sampai ketelitian 0.01 mm (10 mikron). Demikian juga dengan alat uji lentur yang digunakan harus memiliki ketelitian bacaan skala beban sampai 1 kg. Sedangkan untuk dialgase yang digunakan untuk mengukur lendutan ketelitian pengukuran yang dapat dibaca paling tidak sampai satuan 0.01 mm (10 mikron). Untuk alat uji yang mempunyai ketelitian bacaan seperti itu sangat sulit penulis dapatkan, sehingga melahirkan ide untuk menggabungkan aplikasi teori Wheatstone Bridge dan pengujian lentur untuk mengetahui kekuatan reng baja ringan. Dari penelitian yang telah dilakukan dengan UTM diperoleh tegangan leleh reng baja ringan U 52.33.17-0.4 fy sebesar 368.879 MPa, (Reno Rukanda, Eko Walujodjati). Berdasarkan SNI 03-1729-2002 kekuatan leleh baja ringan  $f_y = 410$  MPa, dengan modulus elastisitas  $E_s = 200.0000$  MPa.

## Metode Penelitian

Metode Untuk mendapatkan nilai tegangan lentur reng baja ringan akan dilakukan melalui proses pengujian lentur. Spesimen dengan panjang 600 mm ditumpu pada ujung-ujungnya, dan dibebani beban terpusat pada jarak

tertentu dari tumpuan. Pada sisi tarik terluar penampang di posisi beban, dipasang strain gauge yang terhubung dengan rangkaian Wheatstone Bridge yang merupakan aplikasi teori Wheatstone Bridge untuk mendapatkan hubungan nilai perubahan voltase yang terjadi dengan beban yang bekerja. Data hasil pengujian yang diperoleh adalah hubungan perubahan beban uji dengan perubahan voltase. Penerapan teori mekanika teknik statis tertentu dalam bentuk balok tertumpu di atas dua perletakan pada ujung-ujungnya, bertujuan untuk mendapatkan hubungan beban, dan tegangan yang terjadi.

Penerapan teori Wheatstone Bridge pada eksperimen bertujuan untuk mendapatkan nilai hubungan beban, perubahan voltase dengan hasil analisis data uji berupa hubungan beban dengan regangan. Hasil analisis regangan dan tegangan yang diwujudkan dalam bentuk grafik akan menghasilkan Kekuaatan dalam bentuk tegangan dan modulus elastisitas dari reng baja ringan. Tahapan proses penelitian yang dilakukan digambarkan dalam bentuk diagram alir pada **Gambar 1**.



**Gambar 1.** Bagan alir tahapan proses penelitian

# Eksperimen Gabungan Uji Lentur dan Implementasi Teori Wheatstone Bridge untuk Mengetahui Kekuatan Lentur dan Modulus Elastisitas Material Reng Baja Ringan

## Hasil dan Pembahasan

Hasil dari penelitian ini berupa purwa rupa model rangkaian Wheatstone Bridge, Power supplay, dan Amplifier, seperti **Gambar 2**, yang dapat digunakan untuk mengetahui nilai kuat lentur ijin, kuat lentur ultimate, regangan, dan modulus elastisitas reng baja ringan.



**Gambar 2.** Purwarupa rangkaian Wheatstone Bridge, Power supply, dan Amplifier

Pada Data hasil pengujian yang diperoleh berupa nilai bacaan besarnya beban uji, voltase/

tegangan dalam kondisi beban belum dikerjakan, voltase/tegangan saat beban dikerjakan, hambatan *strain gauges* yang digunakan, dan hambatan kabel yang menghantarkan straingage ke rangkaian wheatstone bridge. Dari data hasil uji tersebut selanjutnya dilakukan pengolahan data untuk memperoleh rasio perubahan tegangan akibat perubahan beban uji, dengan tegangan input pada rangkaian wheatstone bridge ( $V_r$ ), tegangan yang terjadi pada material benda uji ( $f_s$ ), dan regangan yang terjadi pada material benda uji ( $\epsilon_s$ ). Data hasil pengujian dan analisis data hasil pengujian yang bersumber dari hasil penelitian ini disajikan pada halaman berikut:

**Tabel 1.** Hasil Pengujian

NO Uji	P <sub>i</sub> (kN)	V <sub>o</sub> load (mV)	V <sub>tot</sub> load, (mV)	$\Delta V = \frac{V_{tot} \text{ load} - V_{UNload}}{V_{UNload}}$ (mV)	V <sub>r</sub>	$\epsilon$	f (Mpa)
<b>S.01</b>							
1	0.45	0.831	1.661	1.661	1.667E-04	6.356E-04	121.249
2	0.55	0.966	1.931	1.931	1.938E-04	7.388E-04	148.193
3	0.65	1.101	2.201	2.201	2.208E-04	8.420E-04	175.137
4	0.75	1.236	2.470	2.470	2.479E-04	9.451E-04	202.081
5	0.85	1.371	2.740	2.740	2.750E-04	1.048E-03	229.025
6	0.87	1.506	3.010	3.010	3.021E-04	1.151E-03	234.414
7	0.97	1.641	3.280	3.280	3.291E-04	1.255E-03	261.358
8	1.03	1.776	3.550	3.550	3.562E-04	1.358E-03	277.525
9	1.13	1.930	3.858	3.858	3.871E-04	1.475E-03	304.469
10	1.23	2.070	4.137	4.137	4.152E-04	1.582E-03	331.413
11	1.33	2.250	4.497	4.497	4.513E-04	1.720E-03	358.357
12	1.43	2.500	4.997	4.997	5.014E-04	1.911E-03	385.301
13	1.53	2.635	5.267	5.267	5.285E-04	2.014E-03	412.246
14	1.63	2.750	5.497	5.497	5.516E-04	2.102E-03	439.190
15	1.73	2.985	5.966	5.966	5.987E-04	2.281E-03	466.134
16	1.83	3.150	6.296	6.296	6.318E-04	2.407E-03	493.078
17	1.93	3.285	6.566	6.566	6.589E-04	2.510E-03	520.022
18	2.03	3.420	6.836	6.836	6.860E-04	2.613E-03	546.966
19	2.13	3.710	7.415	7.415	7.441E-04	2.834E-03	573.911
20	2.23	3.845	7.685	7.685	7.712E-04	2.937E-03	600.855
21	2.33	3.980	7.955	7.955	7.983E-04	3.040E-03	627.799
22	2.43	4.200	8.395	8.395	8.424E-04	3.208E-03	654.743
23	2.61	4.558	9.110	9.110	9.142E-04	3.481E-03	703.243
<b>S.02</b>							
1	0.5	0.890	1.779	1.779	1.785E-04	6.807E-04	134.721
2	0.55	0.950	1.899	1.899	1.905E-04	7.265E-04	148.193
3	0.65	1.200	2.399	2.399	2.407E-04	9.176E-04	175.137
4	0.75	1.300	2.598	2.598	2.608E-04	9.941E-04	202.081
5	0.8	1.351	2.700	2.700	2.710E-04	1.033E-03	215.553
6	0.83	1.506	3.010	3.010	3.021E-04	1.151E-03	223.637
7	0.94	1.641	3.280	3.280	3.291E-04	1.255E-03	253.275
8	1.06	1.776	3.550	3.550	3.562E-04	1.358E-03	285.608
9	1.1	1.930	3.858	3.858	3.871E-04	1.475E-03	296.386
10	1.15	2.070	4.137	4.137	4.152E-04	1.582E-03	309.858
11	1.23	2.250	4.497	4.497	4.513E-04	1.720E-03	331.413
12	1.45	2.500	4.997	4.997	5.014E-04	1.911E-03	390.690
13	1.55	2.635	5.267	5.267	5.285E-04	2.014E-03	417.634
14	1.64	2.750	5.497	5.497	5.516E-04	2.102E-03	441.884
15	1.75	2.985	5.966	5.966	5.987E-04	2.281E-03	471.523
16	1.81	3.150	6.296	6.296	6.318E-04	2.407E-03	487.689
17	1.89	3.285	6.566	6.566	6.589E-04	2.510E-03	509.245
18	2.05	3.420	6.836	6.836	6.860E-04	2.613E-03	552.355
19	2.13	3.710	7.415	7.415	7.441E-04	2.834E-03	573.911
20	2.23	3.845	7.685	7.685	7.712E-04	2.937E-03	600.855
21	2.28	3.980	7.955	7.955	7.983E-04	3.040E-03	614.327
22	2.39	4.200	8.395	8.395	8.424E-04	3.208E-03	643.965
23	2.51	4.350	8.695	8.695	8.725E-04	3.322E-03	676.298

# Eksperimen Gabungan Uji Lentur dan Implementasi Teori Wheatstone Bridge untuk Mengetahui Kekuatan Lentur dan Modulus Elastisitas Material Reng Baja Ringan

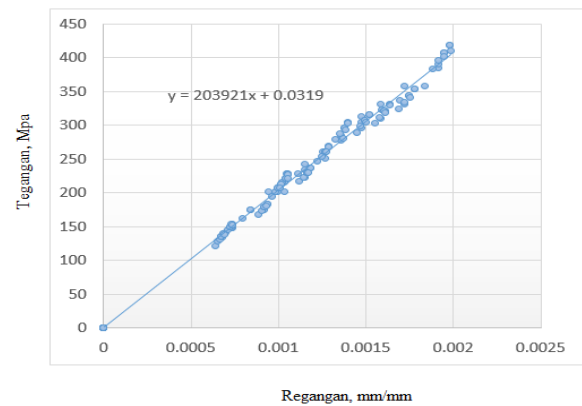
## Lanjutan

NO Uji	P <sub>i</sub> (kN)	V <sub>o</sub> load (mV)	V <sub>tot</sub> load (mV)	$\Delta V = \frac{V_{tot} \text{ load} - V_{UNload}}{V_{UNload}}$ (mV)	V <sub>r</sub>	ε	f (Mpa)
<b>S.03</b>							
1	0.6	1.040	2.079	2.079	2.086E-04	7.953E-04	161.665
2	0.65	1.100	2.199	2.199	2.206E-04	8.412E-04	175.137
3	0.75	1.350	2.698	2.698	2.708E-04	1.032E-03	202.081
4	0.85	1.450	2.898	2.898	2.908E-04	1.109E-03	229.025
5	0.9	1.501	3.000	3.000	3.011E-04	1.148E-03	242.497
6	0.93	1.656	3.310	3.310	3.322E-04	1.266E-03	250.581
7	1.04	1.791	3.580	3.580	3.592E-04	1.369E-03	280.219
8	1.16	1.926	3.850	3.850	3.863E-04	1.472E-03	312.552
9	1.2	2.080	4.157	4.157	4.172E-04	1.590E-03	323.330
10	1.25	2.220	4.437	4.437	4.453E-04	1.697E-03	336.802
11	1.33	2.400	4.797	4.797	4.814E-04	1.834E-03	358.357
12	1.55	2.650	5.297	5.297	5.315E-04	2.025E-03	417.634
13	1.65	2.785	5.567	5.567	5.586E-04	2.128E-03	444.579
14	1.74	2.900	5.796	5.796	5.817E-04	2.216E-03	468.828
15	1.85	3.135	6.266	6.266	6.288E-04	2.395E-03	498.467
16	1.91	3.300	6.596	6.596	6.619E-04	2.521E-03	514.633
17	1.99	3.435	6.866	6.866	6.890E-04	2.624E-03	536.189
18	2.15	3.570	7.136	7.136	7.161E-04	2.727E-03	579.299
19	2.23	3.860	7.715	7.715	7.742E-04	2.949E-03	600.855
20	2.33	3.995	7.985	7.985	8.013E-04	3.052E-03	627.799
21	2.38	4.130	8.255	8.255	8.284E-04	3.154E-03	641.271
22	2.49	4.350	8.695	8.695	8.725E-04	3.322E-03	670.910
23	2.61	4.500	8.994	8.994	9.026E-04	3.437E-03	703.243
<b>S.04</b>							
1	0.48	0.850	1.699	1.699	1.705E-04	6.501E-04	127.985
2	0.53	0.910	1.819	1.819	1.825E-04	6.959E-04	141.457
3	0.63	1.160	2.319	2.319	2.327E-04	8.871E-04	168.401
4	0.73	1.260	2.518	2.518	2.527E-04	9.635E-04	195.345
5	0.78	1.311	2.620	2.620	2.630E-04	1.002E-03	208.817
6	0.81	1.466	2.930	2.930	2.940E-04	1.121E-03	216.900
7	0.92	1.601	3.200	3.200	3.211E-04	1.224E-03	246.539
8	1.04	1.736	3.470	3.470	3.482E-04	1.327E-03	278.872
9	1.08	1.890	3.778	3.778	3.791E-04	1.445E-03	289.650
10	1.13	2.030	4.057	4.057	4.072E-04	1.552E-03	303.122
11	1.21	2.210	4.417	4.417	4.433E-04	1.689E-03	324.677
12	1.43	2.460	4.917	4.917	4.934E-04	1.880E-03	383.954
13	1.53	2.595	5.187	5.187	5.205E-04	1.983E-03	410.898
14	1.62	2.710	5.417	5.417	5.436E-04	2.071E-03	435.148
15	1.73	2.945	5.886	5.886	5.907E-04	2.250E-03	464.787
16	1.79	3.110	6.216	6.216	6.238E-04	2.376E-03	480.953
17	1.87	3.245	6.486	6.486	6.509E-04	2.479E-03	502.509
18	2.03	3.380	6.756	6.756	6.780E-04	2.582E-03	545.619
19	2.11	3.670	7.335	7.335	7.361E-04	2.804E-03	567.175
20	2.21	3.805	7.605	7.605	7.632E-04	2.907E-03	594.119
21	2.26	3.940	7.875	7.875	7.903E-04	3.010E-03	607.591
22	2.37	4.160	8.315	8.315	8.344E-04	3.177E-03	637.229
23	2.49	4.310	8.615	8.615	8.645E-04	3.292E-03	669.562

## S.10

1	0.51	0.905	1.808	1.808	1.815E-04	6.919E-04	138.523
2	0.57	0.966	1.930	1.930	1.937E-04	7.386E-04	152.395
3	0.67	1.220	2.439	2.439	2.447E-04	9.330E-04	180.139
4	0.77	1.322	2.642	2.642	2.651E-04	1.011E-03	207.884
5	0.82	1.374	2.746	2.746	2.755E-04	1.050E-03	221.756
6	0.85	1.531	3.061	3.061	3.072E-04	1.171E-03	230.079
7	0.97	1.669	3.335	3.335	3.347E-04	1.276E-03	260.598
8	1.09	1.806	3.610	3.610	3.623E-04	1.381E-03	293.892
9	1.13	1.963	3.923	3.923	3.937E-04	1.500E-03	304.990
10	1.18	2.105	4.208	4.208	4.222E-04	1.609E-03	318.862
11	1.27	2.288	4.574	4.574	4.590E-04	1.749E-03	341.058
12	1.49	2.543	5.082	5.082	5.100E-04	1.943E-03	402.095
13	1.6	2.680	5.357	5.357	5.375E-04	2.048E-03	429.840
14	1.69	2.797	5.590	5.590	5.610E-04	2.137E-03	454.810
15	1.8	3.036	6.068	6.068	6.090E-04	2.320E-03	485.329
16	1.86	3.204	6.404	6.404	6.426E-04	2.448E-03	501.976
17	1.95	3.341	6.678	6.678	6.702E-04	2.553E-03	524.171
18	2.11	3.479	6.953	6.953	6.977E-04	2.658E-03	568.563
19	2.19	3.774	7.542	7.542	7.569E-04	2.883E-03	590.758
20	2.3	3.911	7.817	7.817	7.844E-04	2.987E-03	618.503
21	2.35	4.048	8.091	8.091	8.120E-04	3.092E-03	632.375
22	2.46	4.272	8.539	8.539	8.569E-04	3.263E-03	662.894
23	2.58	4.425	8.844	8.844	8.875E-04	3.379E-03	696.187

Grafik 1 Hubungan Regangan - Tegangan



Gambar 3. Grafik Hubungan Regangan-Tegangan

Dari grafik hasil pengolahan data pengujian, mengacu pada standar dan referensi terkait dapat dianalisis hal-hal berikut:

Dari persamaan garis lurus pada **Gambar 3** ( $y = 203921x + 0,0319$ ); gradien garis tersebut adalah 203921 yang menunjukkan nilai modulus elastisitas material sampel baja ringan 203921 MPa. Berdasarkan SNI 03-2847-2002, modulus elastisitas baja non prategang ( $E_s$ ) 200000 MPa. Penyimpangan (deviasi) modulus elastisitas baja berdasarkan hasil penelitian dengan ketentuan SNI = 1,92 %.

Tegangan leleh didefinisikan sebagai tegangan yang menyebabkan regangan tetap sebesar 0,2%; ( $P_s$  2.2 angka (1) PBI 1984). Mengacu pada ketentuan tersebut diperoleh regangan LELEH sampel baja ringan 0,2% dengan tegangan leleh 407,8739 MPa.

Berdasarkan ketentuan ( $P_s$  2.2 angka (2) PBI 1984) yang menyatakan rasio tegangan leleh dengan tegangan ijin sebesar 1,5 maka diperoleh : tegangan ijin lentur elastis sampel

# Eksperimen Gabungan Uji Lentur dan Implementasi Teori Wheatstone Bridge untuk Mengetahui Kekuatan Lentur dan Modulus Elastisitas Material Reng Baja Ringan

baja ringan 271.9159 MPa, dan regangan elastis sampel baja ringan 0,1333%.

Rasio tegangan ultimate berbanding tegangan leleh sebesar 1,75 untuk baja dengan tegangan leleh (fy) 4000 psi (275,8 MPa); dan 1,5 untuk baja dengan tegangan leleh (fy) 60000 psi (413,7 MPa) atau besarnya tegangan pada saat regangan 0.0075 untuk baja dengan tegangan leleh (fy) 4000 psi (275,8 MPa), dan tegangan pada saat regangan 0.005 untuk baja dengan tegangan leleh (fy) 60000 psi (413,7 MPa) ; Edward G. Nawy 1996), dengan referensi ini didapat: Tegangan Ultimate sampel baja ringan 616,09 MPa, dengan regangan ultimate sampel baja ringan 0,302%.

## Kesimpulan

Dari hasil pengujian dan analisis data hasil uji diperoleh nilai Modulus elastisitas sampel baja ringan 203921 MPa. Berdasarkan SNI 03-2847-2002, modulus elastisitas baja non prategang (Es) sebesar 200000 MPa. Penyimpangan (deviasi) modulus elastisitas baja berdasarkan hasil penelitian dengan ketentuan SNI = 1,92 %. Tegangan leleh pada tegangan yang menyebabkan regangan tetap sebesar 0.2%; (Ps 2.2 angka (1) PBBI 1984) sebesar 407,87 MPa. Tegangan ijin lentur elastis sampel baja ringan 271.92 MPa, pada regangan 0,1333% yang diperoleh sesuai ketentuan (Ps 2.2 angka (2) PBBI 1984) yang menyatakan rasio tegangan leleh dengan tegangan ijin sebesar 1,5. Tegangan Ultimate sampel baja ringan 616,09 MPa, pada regangan 0,3021% yang diperoleh berdasarkan referensi Edward G. Nawy 1996), yang menyatakan bahwa rasio tegangan ultimate berbanding tegangan leleh sebesar 1,75 untuk baja dengan tegangan leleh (fy) 4000 psi (275,8 MPa) dan 1,5 untuk baja dengan tegangan leleh (fy) 60000 psi (413,7 MPa) atau besarnya tegangan pada saat regangan 0,0075 untuk baja dengan tegangan leleh (fy) 4000 psi (275,8 MPa), dan tegangan pada saat regangan 0.005 untuk baja dengan tegangan leleh (fy) 60000 psi (413,7 MPa).

Dari hasil analisis data pengujian tersebut dapat disimpulkan bahwa metode untuk memperoleh nilai kekuatan dan modulus elastisitas beton dengan mengkombinasikan uji lentur dengan aplikasi teori Wheatstone Bridge dapat dipilih sebagai alternatif baru selain cara uji standar yang ada dengan alasan : hasil yang diperoleh cukup akurat, dapat diterapkan pada setiap material struktur baik yang mempunyai

kekuatan rendah, sedang, dan tinggi karena menggunakan sensor *straingauge*.

## Saran

Dari hasil penelitian ini dapat penulis sarankan untuk mengetahui kekuatan material struktur metode ini sangat penulis rekomendasikan karena dapat diterapkan pada setiap material struktur yang mempunyai kekuatan rendah, sedang, dan tinggi. Untuk mendapatkan hasil yang akurat penggunaan bacaan dial beban dengan skala kecil sangat dianjurkan. Semakin kecil skala dial beban yang digunakan semakin teliti data hasil pengujian yang diperoleh.

## Daftar Rujukan

- Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan 1984. PERATURAN PERENCANAAN BAJA INDONESIA (PPBBI) 1984,. Bandung Mei 1984.
- Depatemen Pekerjaan Umum. Standar Nasional Indonesia, SNI 03 - 1729 - 2002, TATA CARA PERENCANAAN STRUKTUR BAJA UNTUK BANGUNAN GEDUNG.
- Nawy, EG. 1996. Reinforced Concrete A Fundamental Approach. New Jersey 07458, Upper Saddle River : Prentice Hall. p. 67.
- Nawy, E. G. (2001). *Beton Prategang Suatu Pendekatan Mendasar Jilid 1 Edisi Ketiga*. Erlangga. Jakarta.
- Reno Rukanda, Eko Walujodjati. 2017. Studi Analisa Kuat Tarik Material Baja Ringan Yang Digunakan Pada Bangunan Di Kabupaten Garut Jurnal Konstruksi Sekolah Tinggi Teknologi Garut, ISSN : 2302-7312 Vol. 15 No. 1 2017. Program Studi Teknik Sipil Sekolah Tinggi Teknologi Garut, Jl. Mayor Syamsu No. 1 Jayaraga Garut 44151 Indonesia. "E-mail: reno\_rukanda.civil@yahoo.co.id.