



## Pengujian Kuat Lentur Balok Beton dengan Tulangan Baja Ringan

Dandi Fahrul Akmal<sup>1</sup>, Eko Walujodjati<sup>2</sup>

Jurnal Konstruksi  
Institut Teknologi Garut  
Jl. Mayor Syamsu No. 1 Jayaraga Garut 44151 Indonesia  
Email : [jurnal@itg.ac.id](mailto:jurnal@itg.ac.id)

<sup>1</sup>1811028@itg.ac.id  
<sup>2</sup>eko.walujodjati@itg.ac.id

**Abstrak** – Beton bertulang dapat dibuat banyak cara agar dapat menjadi ringan namun memiliki kekuatan yang tinggi. Salah satu cara membuat alternatif pengganti tulangan baja konvensional dengan menggunakan baja ringan. Penggunaan baja ringan sebagai alternatif pengganti tulangan pada beton ternyata masih belum begitu populer di bidang konstruksi. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui besar kuat lentur pada balok beton bertulang dengan baja ringan, serta perbandingan kuat lentur balok beton bertulang dengan baja ringan dari hasil analisis penelitian dengan mutu beton  $f_c' 22$  mpa dan ukuran balok 20x10 panjang 90 cm. Penelitian ini menggunakan metode eksperimental pengujian kuat lentur beton dengan balok uji sederhana yang dibebani dengan satu pembebanan, ini dimaksudkan sebagai acuan dan pedoman untuk melakukan pengujian kekuatan lentur di laboratorium. Dimulai dari pengujian material sampai pengujian kuat tekan, kuat tarik belah dan kuat lentur. Dengan hasil uji tekan rata - rata beton dengan usia 28 hari  $f_c' 12,07$  MPa. Nilai kuat tarik belah biasanya 8% sampai 15% dari kuat tekan beton, sedangkan nilai kekuatan lentur pada rata-rata beton balok dengan tulangan baja ringan 8,78 kN,m dan hasil analisis mendapatkan 12,302 kN,m. Jadi hasil nilai pengujian di Laboratorium lebih kecil dari hasil analisis.

**Kata Kunci** – Beton Bertulang; Baja Ringan; Kuat Lentur.

### I. PENDAHULUAN

Sebuah bangunan yang bagus tidak hanya dilihat dari desainnya yang indah, namun dilihat juga dari segi kekuatannya. Di dalam sebuah bangunan terdapat sebuah struktur bangunan, yang mana fungsi dari struktur bangunan itu sendiri adalah sarana penyalur beban akibat elemen-elemen konstruksi [1] . Apalagi jika sebuah bangunan dapat diefektifkan dan diefisiensikan dengan berat sendiri setiap elemen bangunan yang ringan namun dapat memikul beban yang cukup besar serta material-material penyusun bangunan yang dapat dikerjakan dengan mudah dan dengan biaya yang tidak terlalu tinggi.

Maka untuk membuat sebuah bangunan seperti itu salah satu cara agar elemen setiap bangunan terbilang ringan yaitu dengan mengurangi beban akibat berat sendiri elemen bangunan tersebut. Seperti pada beton bertulang yang dapat dibuat banyak cara agar sebuah beton bertulang dapat ringan namun memiliki kekuatannya yang besar. Salah satu cara yaitu dengan membuat alternatif pengganti tulangan baja konvensional dengan menggunakan baja ringan.

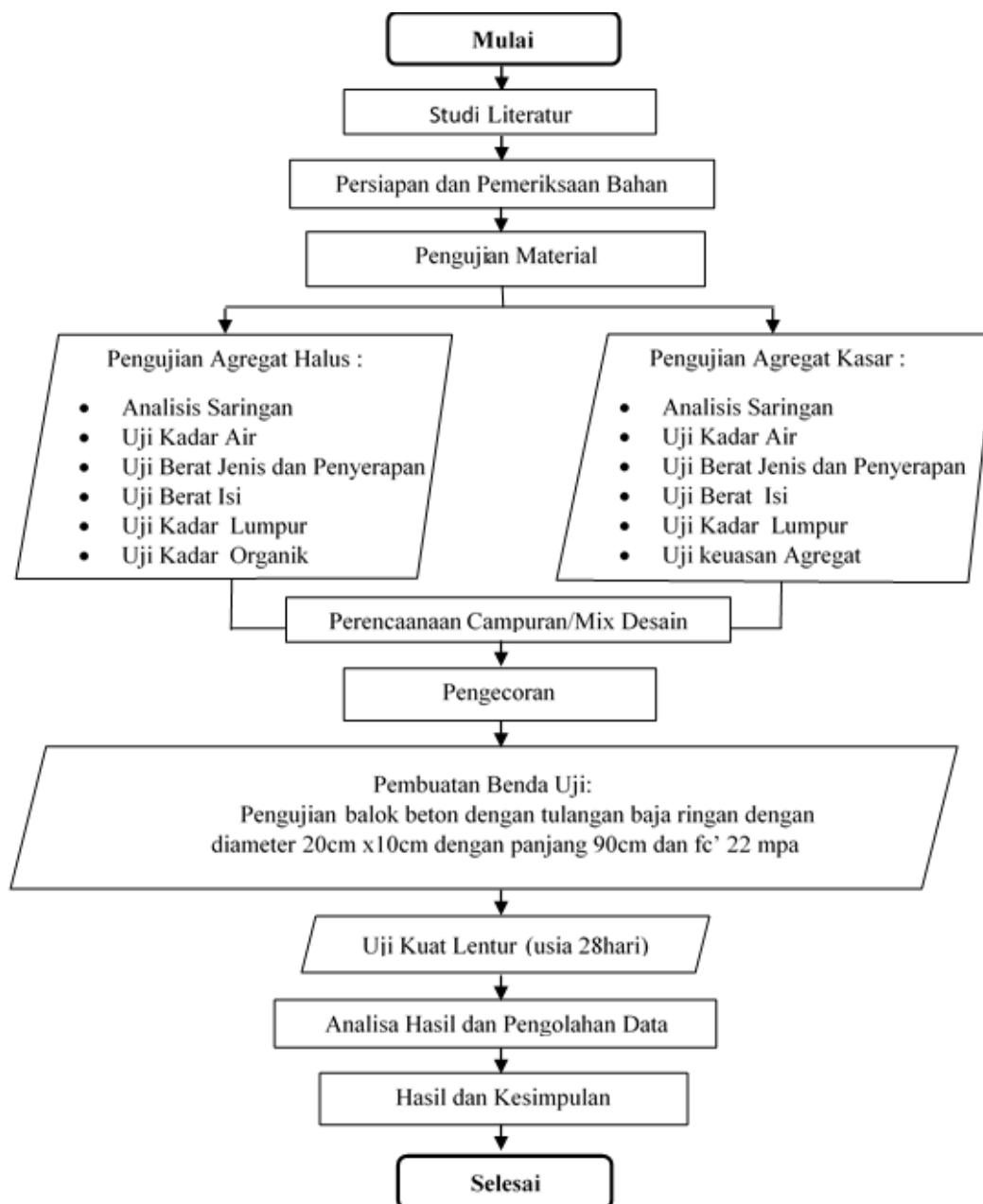
Dengan melihat keawetan dan kekuatannya penggunaan baja ringan cenderung lebih baik daripada kayu. Karenanya tulangan dari baja ringan lebih layak digunakan dalam mengganti tulangan baja konvensional. Terlebih lagi jika dilihat dari tegangan leleh baja, kualitas yang dimiliki oleh baja canai dingin cukup tinggi jika dibandingkan dengan baja konvensional [2].

Di Indonesia, karena penggunaan baja ringan sebagai alternatif tulangan pada beton masih belum terlalu umum, oleh karena itu dalam penelitian ini menggunakan tulangan berupa baja ringan sebagai tulangan pada struktur balok beton untuk menguji kuat lentur dan beban yang dibawa bersifat lentur [3]. Penelitian ini dilakukan di laboratorium Institut Teknologi Garut.

## II. METODOLOGI PENELITIAN

### A. Bagan Alir Penelitian

Proses dalam melaksanakan penelitian mulai dari tahap awal hingga akhir memerlukan bagan alir agar proses pengerjaan terstruktur dan lebih mudah, seperti dalam pada gambar 1.



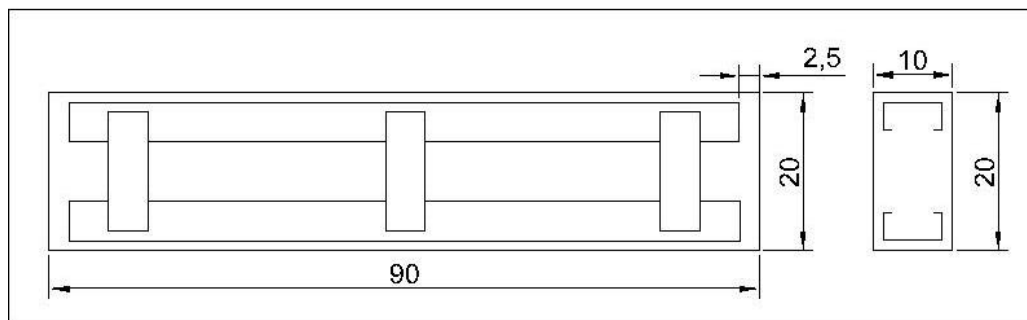
Gambar 1: Bagan Alir Penelitian

## B. Tempat Penelitian

Laboratorium Teknik Sipil Institut Teknologi Garut dijadikan sebagai lokasi penelitian dalam rangka melakukan sejumlah pengujian, antara lain pengujian kualitas bahan, pembuatan dan pemeliharaan benda uji, pengujian slump, pengujian tekan beton, splitting kekuatan tarik, dan kekuatan lentur.

## C. Benda Uji

Pemeriksaan berat jenis, berat volume, kadar bahan organik, kadar lumpur, kadar air, dan analisis filter digunakan dalam pengujian material pada agregat halus. Mesin Los Angeles digunakan untuk melihat berat jenis, berat volume, analisis saringan, kelembaban kandungan, dan keausan pada agregat kasar. Setelah itu dilakukan pengujian tekan, tarik belah dan lentur. Dibuat tiga sampel beton balok berukuran 10 x 20 x 90 cm untuk penelitian ini.



Gambar 2: Benda Uji

Tabel 1: Kesimpulan dari parameter fisik

No Dimensi (cm)	Jenis Pengujian	Jumlah Benda Uji (buah)	Keterangan
Silinder d;15 t;30	Uji kuat tekan	3	Pengujian umur 28 hari
Silinder d;15 t;30	Uji kuat tarik belah	3	Pengujian umur 28 hari
Balok 10 x 20 x 90 Tulangan Baja ringan	Uji lentur	3	Pengujian umur 28 hari
Jumlah Total Benda Uji		9	

## D. Bahan Penelitian

Bahan yang dipakai yaitu diantaranya; tulangan baja ringan type C75 , semen dan agregat dari Cilopang dengan dimensi nominal maksimum yaitu 23,4 mm. Agregat kasar adalah batu pecah dan agregat halus adalah pasir [4].

## E. Alat Penelitian

Alat pokok yang dipakai yaitu seperti: alat uji bahan, alat pengecoran, alat uji slump, alat uji tekan, uji kuat tarik belah, dan uji lentur

## F. Pengujian Bahan

1. Analisis Saringan Agregat
2. Berat Jenis Agregat (*Specific Gravity*)
3. Berat Isi Agregat
4. Kadar Zat Organik Agregat Halus

5. Kadar Lumpur Agregat Halus
6. Keausan Agregat Kasar
7. Kadar Air Agregat

## G. Pembuatan Benda Uji

Jenis pengujian yang dilakukan adalah uji kuat tekan beton dan uji kuat tarik belah, uji kuat lentur balok beton. Untuk uji kuat tekan beton, sampel yang digunakan berbentuk silinder dengan dimensi 15 x 30 cm. Jumlah silinder adalah 6 buah, yang diuji pada umur 28 hari. Mutu beton yang direncanakan adalah K-275 atau  $f_c' 22$  Mpa. Sedangkan untuk pengujian lentur balok beton, sampel yang digunakan berbentuk balok dengan dimensi 10 x 20 x 90 cm. Pengujian dilakukan pada umur 28 hari. Jumlah balok ada 3 buah, yang tulangan. 3 sampel balok menggunakan tulangan baja ringan dengan dimensi C 75x35x7x1mm [5].

Proses Pembuatan Benda Uji:

1. Persiapan Bahan Penyusun Beton
2. Persiapan Cetakan
3. Pembuatan Adukan
4. Pengujian Slump
5. Pengecoran
6. Penimbangan Beton Segar
7. Pelepasan Cetakan



Gambar 3: Tulangan baja ringan dengan dimensi C 75x35x7x1mm dan Campuran beton dengan Tulangan

## H. Perawatan Benda Uji

Setelah semua benda uji dibuat, maka tahap selanjutnya yaitu perawatan benda uji. Perawatan ini sangatlah penting dilakukan agar sampel beton tetap baik pada saat pengujian akan dilakukan. Sampel harus dirawat dalam kondisi basah dengan suhu  $23^{\circ}\text{C} \pm 1,7^{\circ}\text{C}$  dimulai saat beton dicetak sampai dilakukannya pengujian dari saat dicetak sampai diuji [6].



Gambar 4: Hasil Perawatan Beton Silinder dan Balok Beton

## I. Pengujian Kapasitas Lentur

Pada berbagai benda uji, penelitian ini melakukan uji tekan, tarik belah, dan lentur. Tahap yang paling krusial adalah pengujian ini, yang mengukur seberapa besar beton dapat menahan beban aksial atau tekan. Balok terlentur adalah beban dari pelat lantai ke kolom penyangga vertikal. Elemen balok biasanya dicor dalam satu bagian, ditopang oleh pelat lantai dan diperkuat secara struktural, atau di bagian atas dan bawah. Elemen-elemen ini membentuk penampang melintang dari Balok - T untuk tumpuan bagian dalam balok dan balok L untuk tumpuan tepi balok karena balok dicor secara monolit dengan pelat lantai [7].

Tujuan dari metode pengujian kuat lentur beton menggunakan balok uji lurus dan pembebanan satu titik ini adalah untuk dijadikan pedoman dalam melakukan pengujian kuat lentur di laboratorium. Nilai tegangan tarik akibat kekuatan lentur diperoleh dengan membagi momen lentur dengan momen yang menahan penampang balok uji. Pengujian ini dilakukan untuk melihat apakah balok beton yang ditopang oleh dua penyangga dapat menahan gaya yang tegak lurus terhadap sumbu benda uji sampai benda uji patah, dinyatakan sebagai gaya per satuan luas dalam Mega Pascal (MPa) [8].

Preses Pengujian Kuat Lentur [9]:

1. Uji lentur dari spesimen yang telah dirawat lembab harus dilakukan segera setelah dipindahkan dari ruang perawatan lembab. Pengeringan permukaan specimen akan menghasilkan pengurangan modulus runtuh yang terukur.
2. Letakkan spesimen uji pada tempatnya seperti posisi pada saat dicetak dan pasang di tengah blok tumpuan. Pasang sistem pembebanan di tengah terkait dengan gaya yang bekerja. Letakkan blok beban sampai menyentuh permukaan specimen di tengah bentang dan terapkan beban antara 3% dan 6% dari estimasi beban ultimit. Dengan menggunakan *feeler gages* tipe daun berukuran 0,10 mm [0,004 in.] dan 0,40 mm [0,015 in.], tentukan apakah ada celah antara specimen dan blok beban atau blok tumpuan yang lebih besar atau lebih kecil dari setiap *gages* sepanjang 25 mm [1 in.] atau lebih.
3. Bebani specimen secara terus menerus dan tanpa kejutan. Pembebanan dilakukan dengan kecepatan konstan sampai runtuh. Berikan beban hingga tegangan maksimum pada permukaan tarik bertambah pada kecepatan antara 0,9 MPa/menit dan 1,2 MPa/menit [125 psi/menit dan 175 psi/menit].

## J. Perhitungan Analisis

- a. Perhitungan uji tekan [10],[11],[6]:
  1. Uji tekan

$$F_c' \text{ (Mpa)} = \frac{P}{A} \quad (1)$$

Dimana:

P = Gaya tekan aksial (N).

A = Luas penampang melintang benda uji (mm<sup>2</sup>)

2. Kuat tekan rata-rata

$$F'_{cr} = \frac{\sum_{n=1}^n f'c}{n} \quad (2)$$

Dimana:

n = Jumlah benda uji.

3. Uji kuat tarik belah [12],[13]

$$F_{ct} = \frac{2P}{LD} \quad (3)$$

Dengan pengertian :

F<sub>ct</sub> = kuat tarik belah dalam Mpa

P = beban uji maksimum (beban belah / hancur) dalam newton (N)

L = panjang benda uji dalam mm

D = diameter benda uji dalam mm

4. Kuat lentur [8]

$$R = \frac{3PL}{2bd^2} \quad (4)$$

Dimana :

R = Kuat Lentur, MPa

P = beban maksimum yang diterapkan ditunjukkan oleh mesin uji, N

b = lebar rata-rata spesimen (mm)

d = tinggi rata-rata spesimen (mm)

L = panjang bentang (mm)

Nilai kuat lentur juga dinyatakan dalam satuan momen (kN.m). Untuk balok dengan beban terpusat ditengah bentang dan tumpuan di masing-masing ujungnya, digunakan :

$$\text{Kuat Lentur} = \frac{1}{4} .P.L \quad (5)$$

Dimana:

P = Beban Maksimum (KN)

L = Panjang Bentang (m)

### III. HASIL DAN DISKUSI

#### A. Hasil Pengujian Bahan

Pengujian yang dilaksanakan yaitu pada agregat. Kemudian untuk semen, dalam penelitian ini menggunakan jenis semen tipe 1 dengan nilai berat jenis yaitu 2,92 kg/m<sup>3</sup> diambil dari hasil pengujian sebelumnya yang dilaksanakan di Laboratorium Rekayasa beton Teknik sipil Politeknik Negeri Bandung dikarenakan terdapat merk semen yang sama yaitu semen tiga roda yang juga dipakai dalam penelitian tersebut.

Berikut adalah hasil pengujian bahan yang diteliti di laboratorium teknik sipil Institut Teknologi Garut dapat dilihat pada tabel 2 dan tabel 3.

Tabel 2: Hasil Pengujian Agregat Halus

No.	Jenis Penelitian	Hasil pengujian
1.	Kadar Air	7,87 %
2.	Berat isi	1,74 kg/ltr
3.	Berat jenis	
	a. <i>Apparent specific gravity</i>	2,61
	b. <i>Bulk specific gravity (kering)</i>	2,54
	c. <i>Bulk specific gravity (SSD)</i>	2,56
4.	Absorpsi	1,01 %
5.	Modulus kehalusan	3,08
6.	Kadar lumpur	2,22 %
7.	Kadar organik	No. 3

Tabel 3: Hasil Pengujian Agregat Kasar

No.	Jenis Penelitian	Hasil pengujian
1.	Kadar Air	3,27 %
2.	Berat isi	1,53 kg/ltr
3.	Berat jenis	
	a. <i>Apparent specific gravity</i>	2,83
	b. <i>Bulk specific gravity (kering)</i>	2,50
	c. <i>Bulk specific gravity (SSD)</i>	2,61
4.	Absorpsi	4,63 %
5.	Modulus kehalusan	8,05
6.	Keausan	23,4 %

Dari Hasil pengujian agregat kasar dan agregat halus dapatkan kesimpulan bahwa kualitas dari agregat halus dan agregat kasar sesuai dengan standar yang digunakan yaitu SNI dan ASTM C-33.

## B. Desain Mix

Perancangan beton pada eksperimen ini dibuat berdasarkan metode SNI 7656-2012 menjadi dasar perancangan beton percobaan. Pada umur 28 hari mutu beton yang direncanakan K - 275, atau  $f_c' 22$  MPa. 75-100 mm adalah nilai slump yang direncanakan. diameter maksimum agregat yang dapat digunakan adalah 25 mm. Struktur campuran substansial dilihat tabel 4 dan tabel 5.

Tabel 4: Desain Mix Beton Silinder

Jenis Bahan	Berdasarkan Volume Absolut	Kebutuhan 1 Sampel Beton	Kebutuhan 6 Sample Beton
Air Bersih	135,37	0,86	5,16
Semen	426,61	2,71	16,28
Agregat Kasar Kering	687,02	4,37	26,21
Agregat Halus Kering	976,33	6,21	37,25
Hasil	2225,33	14,15	84,90

Tabel 5: Desain Mix Balok Beton Bertulangan Baja Ringan

Jenis Bahan	Berdasarkan Volume Absolut	Kebutuhan 1 Sampel Balok Beton	Kebutuhan 3 Sampel Balok Beton
Air Bersih	135,37	3,39	10,17
Semen	426,61	10,69	32,06
Agregat Kasar Kering	687,02	17,21	51,62
Agregat Halus Kering	976,33	24,45	73,36
Hasil	2225,33	55,74	167,21

### C. Hasil Uji Slump Beton (Slump Test)

Uji slump bertujuan untuk mengawasi kemudahan dalam pengerjaan (*workability*) juga sifat homogen pada adukan beton segar dengan kekentalan tertentu Hasil pengujian slump pada percobaan pencampuran pertama, nilai slump menunjukkan nilai yaitu 110 mm yang masih memenuhi dengan rencana awal dalam mix design ( $100\pm 20$ ). Nilai slump test dari beberapa campuran dapat diamati pada tabel 6.

Tabel 6: Nilai Slump Test

Campuran	Perencanaan Nilai Slump (mm)	Nilai Slump (mm)	Keterangan
1	75-100	90	Memenuhi
2	75-100	80	Memenuhi
3	75-100	100	Memenuhi

### D. Hasil Pengujian Beton Segar

Hasil pengujian berat isi beton segar setiap sampel dengan nilai slump 75 sampai dengan 100 mm menunjukkan berat isi rata-rata yaitu  $2252,83 \text{ Kg/m}^3$ , hasil pengujian ini memenuhi sesuai dengan standar SNI 7656 – 2012 yaitu diantara  $2200 \text{ Kg/m}^3$  sampai  $2500 \text{ Kg/m}^3$ , serta sesuai dengan berat isi beton yang telah direncanakan yaitu mendekati nilai  $2380 \text{ Kg/m}^3$  dapat diamati pada tabel 7 [14].

Tabel 7: Hasil Uji Kuat Tekan

Campuran	Mm (Kg)	Mc (Kg)	Vm (m3)	D (Kg/m3)
1	10,78	22,7	0,0053	2249,05
2	11,42	23,36	0,0053	2252,83
3	10,42	22,34	0,0053	2249,05
4	11,12	23,04	0,0053	2249,05
5	11,04	23,10	0,0053	2275,47
6	10,96	22,83	0,0053	2241,50
Rata-rata				2252,83

### E. Hasil Pengujian

Pengujian ini merupakan prosedur paling utama, yaitu untuk mengetahui berapa besar beton dapat menerima beban aksial atau tekan

1. Kuat Tekan Beton Normal

Tahanan tekan ( $f_c'$ ) yang direncanakan di laboratorium pada 28 hari perawatan beton adalah 20 MPa.



Hasil pengujian menunjukkan bahwa kuat tekan rata-rata beton adalah 28 hari lebih rendah dari mutu beton rencana. dapat dibayangkan mengingat adanya kesalahan dalam pelaksanaan pembuatan contoh tersebut. Hasil pengujian kuat tekan beton dapat ditunjukkan pada tabel 8 [15].

Tabel 8: Hasil Uji Kuat Tekan

Umur (hari)	Masaa (kg)	Dimensi		Luas Bidang	Gaya Tekan (kN)	MPa
		L (mm)	D (mm)			
28	11,52	300	150	17662,5	124,7	7,05
28	11,44	300	150	17662,5	232,23	13,14
28	11,5	300	150	17662,5	283,1	16,02

## 2. Hasil Uji Kuat Tarik Belah

Hasil pengujian kuat tarik belah beton dilakukan untuk memastikan bahwa kuat tarik beton relatif rendah, sekitar 8% sampai 15% dari kuat tekan beton dapat ditunjukkan pada tabel 9 [16].

Tabel 9: Hasil Uji Kuat Tarik Belah

Umur (hari)	Masaa (kg)	Dimensi		Luas bidang	Gaya tekan (kN)	MPa
		L (mm)	D (mm)			
28	11,46	300	150	17662,5	121,6	5,40
28	11,6	300	150	17662,5	150,8	6,70
28	11,36	300	150	17662,5	131	5,82

## 3. Hasil Kuat Lentur

Pengujian lentur dilakukan dengan menggunakan mesin uji tekan yang dimodifikasi. Modifikasiya yaitu dengan menambahkan batang besi dengan dua titik tumpuan sepanjang 100 cm dapat ditunjukkan pada tabel 10 dan tabel 11.

Tabel 10: Hasil Pengujian Kuat Lentur

Jenis tulangan	No balok	b,mm	h,mm	L,mm	Beban puncak,KN
Tulangan Baja Ringan	1	100	200	900	40
	2	100	200	900	38,5
	3	100	200	900	38,6
Rata - rata					39,03

Tabel 11: Nilai Kuat Lentur

Jenis Tulangan	No Balok	P (kN)	L (m)	Kuat Lentur (kN,m)
Tulangan Baja Ringan C75	1	40	0,90	9
	2	38,5	0,90	8,66
	3	38,6	0,90	8,68
Rata-rata				8,78

Dari tabel 10 dan tabel 11 dapat diketahui bawah untuk nilai kuat lentur pada hasil pengujian mendapatkan rata-rata 8,78 kN.m dan hasil analisis mendapatkan 12,28 kN.m. Jadi hasil nilai pengujian di laboratorirum lebih kecil dari hasil analisis.

#### 4. Perbandingan Kapasitas Lentur

Dari hasil perhitungan sebelumnya, maka dapat dibandingkan besar kapasitas yang dimiliki oleh balok beton bertulangan ringan. Dimana balok beton bertulang baja ringan hasil analisis dapat memikul kapasitas beban hingga 12,302 kN.m sedangkan balok beton bertulang baja ringan hasil pengujian dapat memikul kapasitas beban sebesar 8,78 kN.m. Maka jika dibandingkan, selisih kekuatan balok diantara keduanya yaitu:

$$\frac{M_n \text{ baja ringan hasil analisis} - M_n \text{ baja ringan hasil pengujian}}{M_n \text{ baja ringan hasil analisis}} \times 100\% \\ = \frac{12,302 \text{ kN.m} - 8,78 \text{ kN.m}}{12,302 \text{ kN.m}} \times 100\% \\ = 28,6\%$$

Maka, dapat disimpulkan bahwa penggunaan baja ringan dari hasil analisis dalam tulangan beton lebih tinggi dibanding dengan penggunaan tulangan baja ringan dari hasil pengujian. Dalam kasus ini, tulangan untuk balok beton bertulang baja ringan hasil analisis lebih besar 28,6% dibanding dengan baja ringan hasil pengujian.

### IV. KESIMPULAN

Kapasitas menahan gaya lentur yang dimiliki balok beton bertulangan baja ringan dari hasil pengujian lebih kecil dibandingkan dengan hasil analisis balok beton bertulangan baja ringan, dimana nilai kapasitas yang diperoleh dari hasil pengujian mendapatkan rata-rata 8,78 kN.m untuk balok beton bertulangan baja ringan dari hasil analisis sebesar 12,302 kN.m. Perbandingan yang dihasilkan kapasitas gaya lentur antara hasil analisis dan pengujian dapat dipersentasikan yaitu sebesar 28,6% lebih besar dari hasil analisis dengan selisih 3,522 kN.m. Pengujian kuat lentur sebaiknya dilakukan dengan mesin uji khusus dengan tingkat ketelitian sampai 0.5 KN, tidak dengan mesin uji kuat tekan modifikasi, agar didapat data yang lebih lengkap dan ketelitian yang lebih terperinci.

### DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. Y. Solehudin and E. Walujodjati, "Analisis Lentur dan Geser Balok Beton Bertulang Profil Baja Canai Dingin," no. 1, pp. 219–230.
- [2] I. Pendahuluan, "SOLIDWORKS," vol. 2, no. 3, 2014.
- [3] J. Zabala, "нской организации по разделу «Эпидемиологическая безопасность» No Title," *Manaj. Asuhan Kebidanan Pada Bayi Dengan Caput Succedaneum Di Rsud Syekh Yusuf Gowa Tahun*, vol. 4, pp. 9–15, 2017.
- [4] SNI 7656:2012, "Tata Cara Pemilihan Campuran untuk Beton Normal, Beton Berat dan Beton Massa," *Badan Standardisasi Nas.*, p. 52, 2012.
- [5] E. Walujodjati, "Analisis Bidang Kern Pada Profil Baja Ringan," *J. Konstr.*, vol. 14, no. 1, pp. 2–6, 2016, doi: 10.33364/konstruksi/v.14-1.293.
- [6] M. Mulyati and Z. Arkis, "Pengaruh Metode Perawatan Beton Terhadap Kuat Tekan Beton Normal," *J. Tek. Sipil ITP*, vol. 7, no. 2, pp. 78–84, 2020, doi: 10.21063/jts.2020.v702.05.
- [7] B. Basyaruddin, C. C. S. Khala, M. S. Muslimin, and A. P. Putri, "Uji Lentur Balok Beton Bertulang Baja Ringan Dengan Skema Tulangan Tunggal," *Teras J.*, vol. 11, no. 1, p. 171, 2021, doi: 10.29103/tj.v11i1.418.
- [8] Badan Standardisasi Nasional, "SNI 03-4154-1996 Metode pengujian kuat lentur beton dengan balok uji sederhana yang dibebani terpusat langsung," 1996.
- [9] T. pancreatic beta-cell-specific transcription factor P-4 inhibits glucagon gene expression through Pax-6, "No Title עילון הננוטעצב," *ענף הקיורוי: תמונת מצב*, vol. 66, no. December, pp. 37–39, 1996.
- [10] SNI, "Cara uji kuat tekan beton dengan benda uji silinder Badan Standardisasi Nasional," 2011.

- [11] R. A. W and E. Walujodjati, “Pengaruh Penggunaan Limbah Baja Ringan Terhadap Uji Lentur pada Balok Beton,” *J. Konstr.*, vol. 20, no. 1, pp. 161–171, 2022, doi: 10.33364/konstruksi/v.20-1.1047.
- [12] S. N. Indonesia and B. S. Nasional, “Metode pengujian kuat tarik belah beton,” 2002.
- [13] J. Ilmiah and T. Sipil, “Jurnal Ilmiah Teknik Sipil Vol. 12, No. 2, Juli 2008,” vol. 12, no. 2, pp. 96–104, 2008.
- [14] SNI 1973, “Cara uji berat isi, volume produksi campuran dan kadar,” *Badan Standar Nas. Indones.*, no. 1, p. 6684, 2016.
- [15] SNI 03-2834-2000, “SNI 03-2834-2000: Tata cara pembuatan rencana campuran beton normal,” *Sni 03-2834-2000*, pp. 1–34, 2000.
- [16] F. P. Pane *et al.*, “Pengujian kuat tarik lentur beton dengan variasi kuat tekan beton,” vol. 3, no. 5, pp. 313–321, 2015.