



ST-38

PENGARUH PENGGUNAAN PELAT SETRIP GANDA SEBAGAI TULANGAN TARIK LONGITUDINAL TERHADAP KINERJA LENTUR BALOK BETON BERTULANG

Muhammad Yani Bhayusukma^{1*}, Achmad Basuki¹, Edy Purwanto¹, dan Guntur Kusuma Diharjo²

¹ Dosen Program Studi Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret, Jl. Ir. Sutami 36A, Surakarta

e-mail: muhammadyani@staff.uns.ac.id

e-mail: basuki_sipil@staff.uns.ac.id

e-mail: edypurwanto68@staff.uns.ac.id

² Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret, Jl. Ir. Sutami 36A, Surakarta

e-mail: gunturkusumadiharjo123@student.uns.ac.id

ABSTRAK

Pelat setrip merupakan jenis baja yang berbentuk lembaran memanjang dengan bentuk penampang persegi panjang. Bentuk penampang persegi panjang memiliki momen inersia lebih besar dibandingkan dengan penampang berbentuk lingkaran dengan luas yang sama. Penampang yang memiliki momen inersia lebih besar cenderung lebih sukar untuk mengalami defleksi. Bentuk penampang pelat setrip yang lebih pipih dibandingkan baja tulangan konvensional juga memungkinkan beton segar untuk lebih mudah dikerjakan. Penelitian ini akan mengkaji pengaruh penggunaan material tulangan dengan baja pelat setrip sebagai pengganti baja ulir pada balok beton bertulang berdimensi 150 mm × 200 mm × 2400 mm terhadap kapasitas momen lentur balok. Baja yang digunakan adalah baja pelat setrip ganda berukuran 3 mm × 30 mm dibandingkan dengan baja tulangan ulir diameter 13 mm. Pengujian Balok menggunakan metode third-point loading. Pengujian dilakukan sampai balok mengalami kegagalan, ditandai dengan lelehnya tulangan tarik longitudinal atau pecahnya beton sehingga pembacaan pada *load cell* tidak lagi meningkat. Hasil pengujian lentur pada balok dengan baja ulir diameter 13 mm memiliki rata-rata beban maksimal $55,20 \times 10^3$ N, rata-rata lendutan maksimal 43,82 mm, dan rata-rata regangan baja ketika leleh $2,973 \times 10^{-6}$; sedangkan untuk balok dengan baja pelat setrip ganda 3 mm × 30 mm memiliki rata-rata beban maksimal $47,30 \times 10^3$ N, rata-rata lendutan maksimal 44,47 mm, dan rata-rata regangan baja ketika leleh $1,838 \times 10^{-6}$. Normalisasi dilakukan untuk mengetahui efektifitas masing-masing tulangan tarik dengan cara membagi momen lentur hasil pengujian dengan momen lentur hasil perhitungan teoritis dikarenakan baja pelat setrip memiliki kuat leleh yang lebih kecil dibanding baja ulir. Dari hasil normalisasi didapatkan nilai efektifitas balok dengan baja pelat setrip sebesar 1,36; lebih besar dibandingkan balok dengan baja ulir yang mendapatkan nilai 1,30.

Kata kunci: balok beton bertulang, defleksi, kapasitas lentur, pelat setrip, tulangan tarik longitudinal

PENDAHULUAN

Pelat setrip merupakan material baja dengan bentuk penampang persegi panjang. Dalam bidang konstruksi, pelat setrip biasa digunakan sebagai material perkuatan eksternal elemen struktur beton bertulang. Penampang pelat setrip yang dipasang secara vertikal terhadap arah melintangnya akan memiliki momen inersia lokal yang lebih tinggi dibandingkan baja tulangan ulir dengan luas yang sama. Hal tersebut memungkinkan baja pelat setrip yang dipasang sedemikian rupa memiliki kekakuan lentur yang lebih tinggi dibandingkan baja tulangan konvensional. Penelitian ini akan mengkaji pengaruh penggunaan material tulangan dengan baja pelat setrip sebagai pengganti baja ulir pada balok beton bertulang berdimensi 150 mm × 200 mm × 2400 mm terhadap kapasitas momen lentur balok. Baja yang digunakan adalah baja pelat setrip tunggal polos 4 mm × 30 mm, ganda polos 3 mm × 30 mm, tunggal bersirip vertikal 4 mm × 30 mm, tunggal bersirip diagonal 4 mm × 30 mm dibandingkan dengan baja tulangan ulir diameter 13 mm.

Beton merupakan suatu campuran yang terdiri dari kerikil, batu pecah, pasir, ataupun agregat-agregat lain yang dicampur dengan pasta yang terbuat dari air dan semen sehingga membentuk suatu massa seperti batuan. Penambahan satu atau beberapa bahan aditif dapat menghasilkan beton dengan karakteristik

tertentu sesuai dengan yang direncanakan, seperti kemudahan pengerjaan (*workability*) yang baik, daya tahan (*durability*), dan waktu pengerasan (McCormac, 2006).

Beton mempunyai kuat tekan yang besar, sedangkan kuat tariknya kecil. Oleh sebab itu, untuk penggunaannya dalam struktur bangunan, beton selalu dikombinasikan dengan tulangan baja untuk memperoleh kinerja yang tinggi (Nugraha dan Antoni, 2007).

Mengacu pada SNI beton, material tulangan yang digunakan pada beton bertulang dibatasi hanya material baja tulangan atau kawat baja. Terdapat dua jenis tulangan baja di pasaran, yaitu tulangan polos (BJTP) dan tulangan ulir/sirip (BJTS) (Imran dan Zulkifli, 2016).

Beton bertulang pada dasarnya merupakan gabungan material beton dan baja tulangan. Penggabungan ini bertujuan untuk mengatasi kelemahan material beton dalam menahan tarik. Penggabungan ini hanya akan berhasil bila baja tulangan yang digunakan memiliki karakteristik lekatan yang baik pada material beton dan diberi panjang pengangkuran yang memadai di dalam beton (Imran dan Zulkifli, 2016).

Setiap elemen struktur yang menerima beban akan merespon dengan memberikan perlawanan kekuatan elemen tersebut. Pada balok, salah satu kekuatannya yaitu kemampuan dalam menahan momen lentur dalam bentuk beban mulai dari nol sampai dengan beban maksimum yang dapat menyebabkan keruntuhan atau hancurnya balok (Setiawan, 2016).

Rizkiansyah (2020) telah melakukan penelitian mengenai pengaruh sengkang terhadap kinerja geser balok bertulang dengan tulangan geser pelat setrip. Hasil penelitian yang diperoleh adalah besar kapasitas geser balok beton bertulang menggunakan sengkang pelat setrip lebih rendah dibandingkan dengan sengkang konvensional. Selisih besar lendutan pada balok beton bertulang menggunakan sengkang konvensional dengan sengkang pelat setrip tidak jauh berbeda, yaitu hanya berkisar 4 mm.

Ramadhan (2020) melakukan penelitian mengenai pengaruh penggunaan sengkang pelat setrip sebagai pengganti baja ulir biasa untuk tulangan geser dilakukan. Kesimpulan dari penelitian tersebut yaitu tidak ada perbedaan yang signifikan antara penggunaan tulangan geser pelat setrip dengan tulangan geser baja ulir biasa (indeks kekuatan di antara keduanya hanya berkisar 11%, di mana balok dengan tulangan geser baja ulir memiliki nilai lebih tinggi).

Tulangan sengkang pelat setrip mampu meningkatkan kapasitas geser balok beton bertulang. Balok beton bertulang dengan tulangan sengkang pelat setrip mampu menahan beban maksimum lebih tinggi, lebih daktail, dari pada balok beton polos. Pola retak pada balok beton bertulang dengan variasi tulangan sengkang pelat setrip cenderung menghasilkan retakan dengan sudut kemiringan lebih besar, lebih tersebar merata pada sisi balok, dan lebih banyak jumlah retakan dibandingkan dengan balok beton polos (Mulyanto, 2020).

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menganalisis terkait dengan kuat lentur benda uji balok menggunakan tulangan longitudinal pelat setrip dibandingkan dengan benda uji yang menggunakan tulangan longitudinal baja ulir. Lendutan, pola retak, dan perkembangan pola retak pada benda uji balok tersebut pun dianalisis.

Kuat Tarik Baja

Pengujian kuat tarik dilakukan untuk mengetahui grafik tegangan regangan material, nilai kuat leleh material, dan nilai kuat ultimit material. Pengujian kuat tarik baja tulangan dan baja pelat setrip berdasarkan aturan SNI 8389:2017 dapat dihitung dengan persamaan berikut.

$$R_m = \frac{F_m}{S_o} \quad (1)$$

Dengan R_m = kuat tarik (MPa), F_m = beban maksimum (N), dan S_o = luas penampang awal bagian paralel (mm^2).

Kuat Tekan Beton

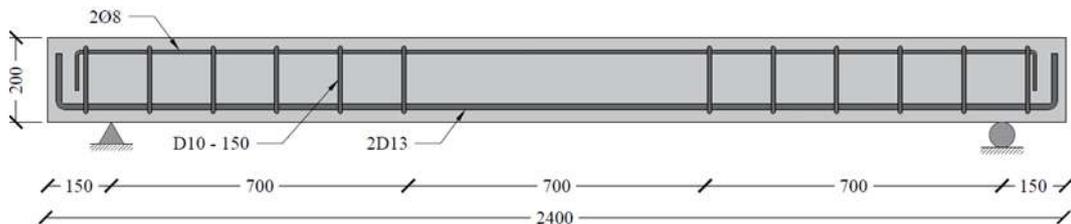
Pengujian kuat tekan beton dilakukan apabila beton silinder yang dicetak menggunakan cetakan silinder beton dengan dimensi 150 mm × 300 mm sudah mencapai umur 28 hari sejumlah 3 buah. Pengujian ini menggunakan alat *Compression Testing Machine* (CTM). Pengujian kuat tekan beton berdasarkan aturan SNI 1974 – 2011 tentang Cara Uji Kuat Tekan Beton dengan Benda Uji Silinder.

$$f'_c = \frac{P}{A} \quad (2)$$

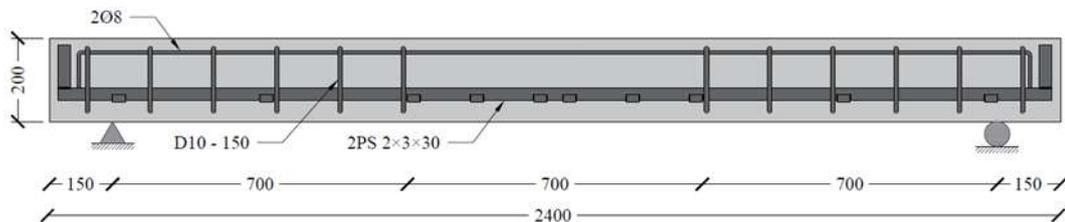
Dengan f'_c = Kuat tekan beton (MPa), P = Beban tekan (N), dan A = Luas bidang tekan (mm²).

Kuat Lentur Balok

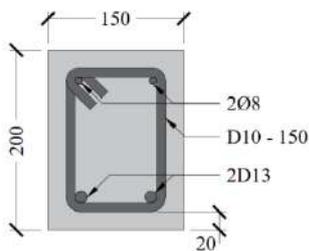
Pengujian kuat lentur balok dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui kapasitas lentur dari benda uji balok. Pengujian ini dapat dilakukan setelah benda uji balok berumur 28 hari. Beberapa variabel yang diamati pada proses pengujian ini meliputi: Besar lendutan dan regangan baja pada setiap interval beban dan pada saat beban maksimum. Besar beban selama proses pembebanan berlangsung, terutama ketika beban maksimum yang dapat dipikul oleh benda uji balok.



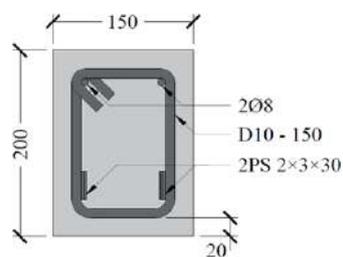
Gambar 1. Potongan Memanjang Benda Uji BJTU.D13



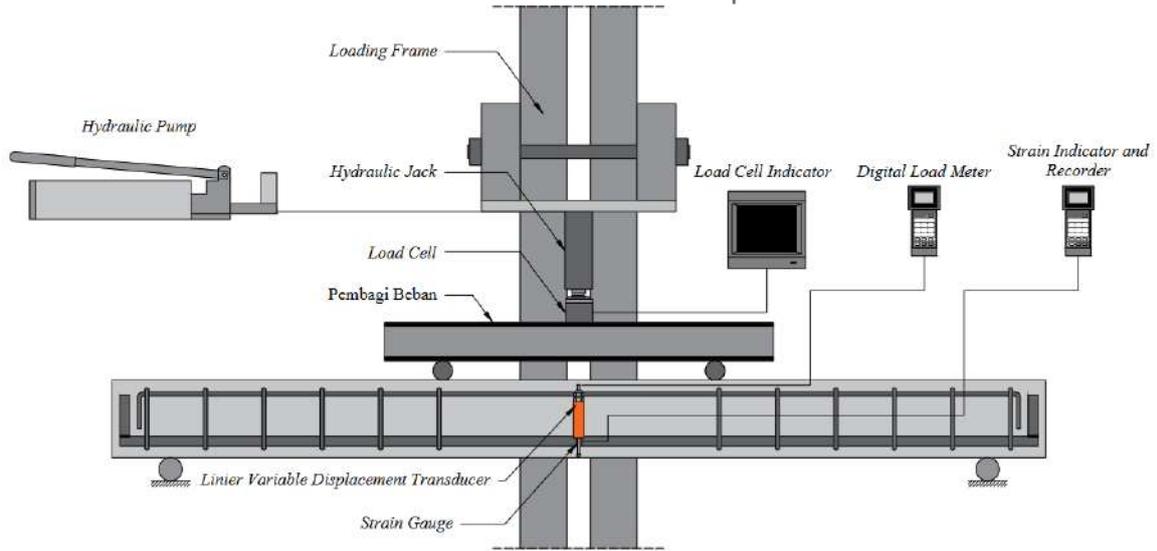
Gambar 2. Potongan Memanjang Benda Uji PS.2.2.30.P



Gambar 3. Potongan Melintang Benda Uji BJTU.D13



Gambar 4. Potongan Melintang Benda Uji PS.4.30.P



Gambar 5. Sketsa Pengujian *Third-point Loading*

ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian Kuat Tarik Baja

Hasil pengujian kuat tarik baja pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1. Hasil pengujian kuat tarik baja tulangan ulir

Nama Benda Uji	Diameter (mm)	Luas Penampang (mm ²)	Beban Leleh (N)	Kuat Leleh (MPa)	Rata-rata Kuat Leleh (MPa)
TT.D13-1	13	132,73	70.632	532,14	
TT.D13-2	13	132,73	70.632	532,14	529,68
TT.D13-3	13	132,73	69.651	524,75	

Tabel 2. Hasil Pengujian kuat tarik baja pelat setrip

Nama Benda Uji	Panjang (mm)	Tebal (mm)	Luas Penampang (mm ²)	Beban Leleh (N)	Kuat Leleh (MPa)	Rata-rata Kuat Leleh (MPa)
TT.PS.3.30-1	30	3	90	29.038	322,64	
TT.PS.3.30-2	30	3	90	29.822	331,36	329,09
TT.PS.3.30-3	30	3	90	39.234	324,82	

Pengujian Kuat Tekan Beton

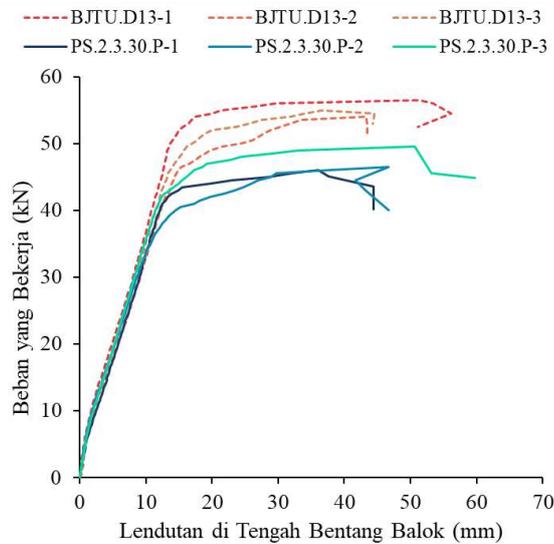
Pengujian kuat tekan beton dilakukan pada umur 28 hari. Hasil pengujian kuat tekan rata-rata pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil pengujian kuat tekan beton

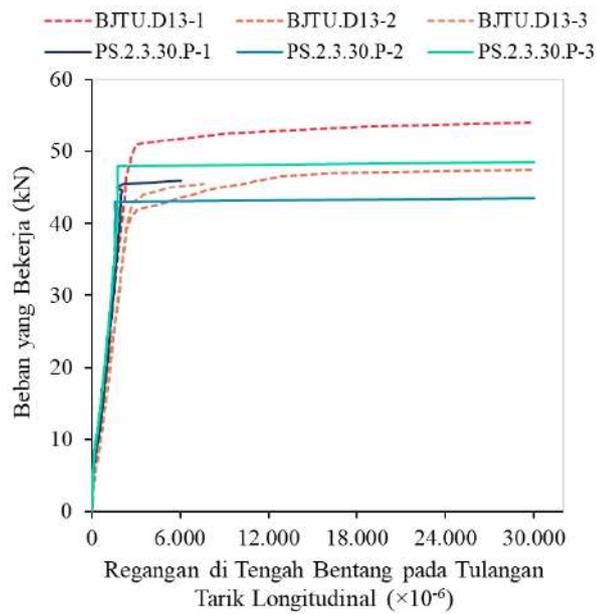
Benda Uji	Massa benda uji (kg)	Dimensi		Luas bidang (mm ²)	Beban Tekan (N)	Kuat Tekan (N/mm ²)	Kuat Tekan Rata-rata (N/mm ²)
		L (mm)	D (mm)				
CT.C28-1	11,91	300	150		410	23,20	
CT.C28-2	11,84	300	150	17.671	335	18,96	20,47
CT.C28-3	11,71	300	150		340	19,24	

Pengujian Kuat Lentur Balok

Hal yang diamati dalam pengujian kuat lentur balok adalah lendutan maksimum, beban ultimit, dan regangan baja. Hasil pengamatan dapat dilihat pada Gambar 6 dan Gambar 7 dan dijabarkan pada Tabel 4 – Tabel 6.



Gambar 6. Grafik Hubungan Beban dan Lendutan



Gambar 7. Grafik Hubungan Beban dan Regangan

Tabel 4. Rekapitulasi hasil pembacaan beban

Nama Benda Uji	Beban Leleh ($\times 10^3$ N)	Rata-rata Beban Saat Tulangan leleh ($\times 10^3$ N)	Beban Ultimit ($\times 10^3$ N)	Rata-rata Beban Ultimit ($\times 10^3$ N)
BJTU.D13-1	51,00		56,50	
BJTU.D13-2	42,00	45,30	54,00	55,20
BJTU.D13-3	43,00		55,00	
PS.2.3.30.P-1	45,50		46,00	
PS.2.3.30.P-2	42,50	45,30	46,50	47,30
PS.2.3.30.P-3	48,00		49,50	

Berdasarkan Tabel 4, dapat diketahui bahwa beban ultimit yang dapat ditahan benda uji dengan baja tulangan ulir sebagai tulangan longitudinal memiliki nilai yang lebih besar dibandingkan dengan benda uji yang menggunakan baja pelat setrip.

Tabel 5. Rekapitulasi hasil pembacaan lendutan

Nama Benda Uji	Lendutan saat Leleh (mm)	Rata-rata Lendutan saat Leleh (mm)	Lendutan ketika Beban Ultimit (mm)	Rata-rata ketika Beban Ultimit (mm)
BJTU.D13-1	14,45		51,41	
BJTU.D13-2	12,95	13,27	43,41	43,82
BJTU.D13-3	12,43		36,65	
PS.2.3.30.P-1	32,18		36,02	
PS.2.3.30.P-2	21,79	26,14	46,68	44,87
PS.2.3.30.P-3	24,46		50,70	

Berdasarkan Tabel 5, dapat diketahui bahwa lendutan maksimum yang terjadi pada benda uji dengan baja tulangan ulir sebagai tulangan longitudinal memiliki nilai yang lebih kecil dibandingkan dengan benda uji yang menggunakan baja pelat setrip.

Tabel 6. Rekapitulasi hasil pembacaan regangan baja

Nama Benda Uji	Regangan Leleh Baja ($\times 10^{-6}$)	Rata-rata Regangan Leleh Baja ($\times 10^{-6}$)	Regangan Maksimum Baja ($\times 10^{-6}$)
BJTU.D13-1	3.021		>30.000
BJTU.D13-2	3.080	2.973	>30.000
BJTU.D13-3	2.818		7.957
PS.2.3.30.P-1	2.111		6.050
PS.2.3.30.P-2	1.615	1.838	>30.000
PS.2.3.30.P-3	1.789		>30.000

Berdasarkan Tabel 6, dapat diketahui bahwa regangan yang terjadi pada benda uji dengan baja tulangan ulir sebagai tulangan longitudinal memiliki nilai yang lebih besar dibandingkan dengan benda uji yang menggunakan baja pelat setrip.



Perbandingan Kinerja Lentur Balok dengan Baja Tulangan Ulir dan Baja Pelat Setrip

Dikarenakan baja pelat setrip memiliki kuat leleh yang lebih kecil dibanding baja ulir maka dilakukan normalisasi dengan cara membagi momen lentur tes dengan teoritis. Rekapitulasi perbandingan kinerja lentur balok terdapat pada Tabel 7.

Tabel 7. Kinerja lentur balok dengan baja tulangan ulir

Nama Benda Uji	M test ($\times 10^3$ Nm)	M teoritis ($\times 10^3$ Nm)	$\frac{M \text{ test}}{M \text{ teoritis}}$	Rata-rata $\frac{M \text{ test}}{M \text{ teoritis}}$
BJTU.D13-1	20,17	15,18	1,33	1,30
BJTU.D13-2	19,30	15,18	1,27	
BJTU.D13-3	19,65	15,18	1,29	
PS.2.3.30.P-1	16,50	12,47	1,32	1,36
PS.2.3.30.P-2	16,67	12,47	1,34	
PS.2.3.30.P-3	17,72	12,47	1,42	

Berdasarkan Tabel 7 dapat diketahui bahwa rata-rata perbandingan $\frac{M \text{ tes}}{M \text{ teoritis}}$ teoritis pada pengujian benda uji dengan baja pelat setrip memiliki nilai lebih besar dibandingkan benda uji dengan baja ulir D13.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian eksperimental yang dilakukan di Laboratorium, didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

- Besar lendutan pada balok benda uji PS.2.3.30 lebih tinggi dibandingkan dengan balok konvensional BJTU.D13, di mana pada benda uji PS.2.3.30 didapatkan lendutan sebesar 44,47 mm; sedangkan pada benda uji BJTU.D13 didapatkan lendutan 43,82 mm.
- Besar beban ultimit pada benda uji PS.2.3.30 lebih rendah dibandingkan dengan benda uji BJTU.D13, di mana pada benda uji PS.2.3.30 didapatkan beban ultimit sebesar $47,30 \times 10^3$ N; sedangkan pada benda uji BJTU.D13 didapatkan beban ultimit sebesar $55,20 \times 10^3$ N.
- Nilai regangan saat baja leleh pada benda uji PS.2.3.30 lebih rendah dibandingkan dengan benda uji BJTU.D13, di mana pada benda uji PS.2.3.30 didapatkan nilai regangan ketika baja leleh sebesar 1.838×10^{-6} ; sedang pada benda uji BJTU.D13 didapatkan nilai regangan sebesar 2.973×10^{-6} .
- Kapasitas lentur ultimit rata-rata benda uji PS.2.3.30 lebih rendah dibandingkan dengan benda uji BJTU.D13, di mana kapasitas lentur ultimit rata-rata PS.2.3.30 sebesar $16,96 \times 10^3$ Nm dan kapasitas lentur ultimit rata-rata BJTU.D13 sebesar $19,71 \times 10^3$ Nm. Namun dikarenakan perbedaan pada mutu baja tulangan dilakukan normalisasi dengan cara membagi kapasitas lentur pengujian dengan kapasitas lentur teoritis. Dari normalisasi ini didapatkan benda uji dengan baja pelat setrip memiliki nilai indeks 1,36; lebih besar dibanding dengan benda uji dengan baja ulir D13 dengan nilai indeks 1,30.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standardisasi Nasional, (2011) Cara Uji Kuat Tekan Beton dengan Benda Uji Silinder (SNI 1974:2011). BSN, Jakarta.
- Badan Standardisasi Nasional, (2017) Cara Uji Tarik Logam (SNI 8389:2017). BSN, Jakarta.
- Imran, I. dan Zulkifli E., (2019) Perencanaan Dasar Struktur Beton Bertulang. ITB Press, Bandung.
- McCormac J. C. (2005) Desain Beton Bertulang Jilid 1. Erlangga, Jakarta.

KoNTekS17

Konferensi Nasional Teknik Sipil ke-17

Mulyono, T., (2003) Teknologi Beton. Andi, Yogyakarta.

Nugraha, P. dan Antoni, (2007) Teknologi Beton: dari Material, Pembuatan, ke Beton Kinerja Tinggi. Andi, Yogyakarta.

Mulyanto, R. A., 2020, Kinerja Kuat Geser Balok Beton Bertulang dengan Tulangan Sengkang Pelat Strip (Studi Kasus: Balok Beton Bertulang dengan Sengkang Pelat Strip Spasi 250 mm dan 300 mm Dibandingkan Balok Beton Polos).

Ramadhan, M. F., 2020, Studi Eksperimental Kinerja Geser Balok Beton Bertulang Dengan Tulangan Geser Pelat Strip Dan Tulangan Konvensional (Studi Kasus: Balok Beton Bertulang Dengan Spasi Sengkang 250 mm).

Rizkiansyah, D., 2020, Pengaruh Sengkang terhadap Kinerja Geser Balok Beton Bertulang dengan Tulangan Geser Pelat Strip (Studi Kasus: Balok Beton Bertulang dengan Spasi Sengkang 250 mm dan 300 mm).

Setiawan, A., (2016) Perancangan Struktur Beton Bertulang Berdasarkan SNI 2847:2013. Erlangga, Jakarta.