

TINJAUAN KUAT GESER BALOK BETON DENGAN TULANGAN MODEL RANGKA DARI KAYU MERANTI



PUBLIKASI ILMIAH

Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata I pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik

Oleh:

EKA FITRI SAPUTRO

D100 100 030

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
2016**

HALAMAN PERSETUJUAN

**TINJAUAN KUAT GESER BALOK BETON DENGAN TULANGAN MODEL
RANGKA DARI KAYU MERANTI**

PUBLIKASI ILMIAH

oleh:

EKA FITRI SAPUTRO
D100 100 030

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh:

Dosen Pembimbing



Ir. H. Aliem Sudjatmiko, M.T
NIP : 131683033

HALAMAN PENGESAHAN

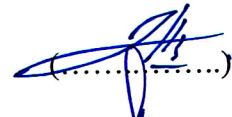

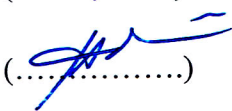
**TINJAUAN KUAT GESER BALOK BETON DENGAN TULANGAN MODEL
RANGKA DARI KAYU MERANTI**

OLEH
EKA FITRI SAPUTRO
D 100 100 030

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil
Universitas Muhammadiyah Surakarta
Pada 18 Oktober 2016
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Dewan Penguji

1. Ir. H. Aliem Sudjatmiko, M.T
(Ketua Dewan Penguji I)
2. Yenny Nurchasanah, S.T, M.T
(Anggota I Dewan Penguji)
3. Ir. H. Suhendro Trinugroho, M.T
(Anggota II Dewan Penguji)


(.....)

(.....)

(.....)

Dekan Fakultas Teknik


Ir. Sri Suparjono, M.T., PhD.
NIK. 682

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam naskah ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidak benaran dalam pernyataan saya di atas, maka akan saya pertanggung jawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 18 Oktober 2016

Penulis



EKA FITRI SAPUTRO

D 100 100 030

TINJAUAN KUAT GESER BALOK BETON DENGAN TULANGAN MODEL RANGKA DARI KAYU MERANTI

Abstrak

Beton adalah material konstruksi yang saat ini sudah umum digunakan dan merupakan bahan bangunan yang banyak dipilih oleh para ahli struktur. Banyaknya pemakaian beton disebabkan beton terbuat dari bahan-bahan yang mudah diperoleh, diolah, dikerjakan, dibentuk, harganya relative murah dan memiliki kekuatan tekan tinggi. Beton bertulang merupakan konstruksi yang sudah tidak asing dalam bidang teknik sipil. Struktur beton bertulang dirancang untuk mampu menerima gaya-gaya dalam, yang berupa gaya normal, momen lentur, momen torsi, dan gaya lintang/ geser. Dengan adanya gaya-gaya dalam, elemen struktur akan memberikan perlawanan yang berupa tegangan normal, tegangan lentur, tegangan torsi, dan tegangan geser. Kuat geser juga dipengaruhi oleh tulangan geser yang terpasang, tulangan geser berupa sengkang atau tulangan miring / serong. Penulangan model rangka dari kayu meranti pada penelitian ini dipilih karena jenis penulangan model ini dianggap cocok dan diharapkan akan dapat menambah kuat geser pada balok beton. Alasan penggunaan kayu meranti pada bangunan karena mudah didapat, memiliki nilai estetika tinggi dan harganya lebih murah jika dibandingkan dengan kayu jati. Kayu meranti yang digunakan sebagai pengganti tulangan besi menggunakan kayu ukuran reng 2/3, Tulangan memanjang menggunakan diameter tulangan polos (dp) 8mm, Tulangan begel menggunakan diameter tulangan polos (dp) 4mm. Benda uji berupa balok dengan ukuran 20cm x 30cm x 60cm dengan jumlah 4 buah. Pengujian beton dilakukan setelah umur 28 hari. Pengujian beton meliputi pengujian kuat tekan. Pengujian kuat tekan dilakukan untuk mengetahui kuat tekan beton silinder, kemudian pengujian pembebanan untuk mengetahui kuat geser balok beton bertulang dengan spasi begel 8cm dan 10cm. Hasil dari pengujian kuat tekan beton silinder didapat rata-rata kuat tekan 18.96 MPa. Hasil pengujian pembebanan balok beton didapatkan gaya geser nominal untuk balok beton dengan tulangan baja spasi begel 8 cm 85.06 kN dan spasi begel 10cm 78.13 kN, sedangkan balok beton dengan tulangan model rangka dari kayu meranti spasi begel 8 cm 81.13 kN dan untuk spasi begel 10 cm 75.00 kN. Selisih gaya geser nominal antara balok beton dengan menggunakan tulangan baja dan tulangan model rangka dari kayu meranti untuk spasi begel 8 cm adalah 3.93 kN atau 4,61 % dan spasi begel 10 cm adalah 3.13 kN atau 3,99 %.

Kata kunci : balok beton bertulang, gaya geser balok, kayu meranti, tulangan model rangka

Abstracts

Concrete is a construction material that is now commonly used and is a building material that has been chosen by experts of the structure. The amount of concrete due to the use of concrete made from materials that are easy to obtain, processed, treated, formed, the price is relatively cheap and has a high compressive strength. Reinforced concrete is a construction that is not foreign in the field of civil engineering. reinforced concrete structure is designed to be able to receive the internal forces, which form the normal force, bending moments, torsion moments, and styles latitude / shear. With the internal forces, will provide resistance of structural elements in the form of normal stress, bending stress, stress torsion and shear stress. Shear strength is also influenced by the shear reinforcement that is attached, in the form of shear reinforcement stirrups or slant / oblique. Reinforcement of meranti wood frame models in this study were selected because of the type of reinforcement is considered suitable models and is expected to add to the shear strength on concrete beams. Reasons for meranti wood on the building because it is easy to come by, have a high aesthetic value and are cheaper when compared to teak. Meranti wood used as a substitute for iron reinforcement using wood lath size 2/3, Reinforcement lengthwise using plain reinforcement diameter (dp) 8 mm, Reinforcement begel using plain reinforcement diameter (dp) 4 mm. Test specimen in the form of a beam with a size of 20 cm x 30 cm x 60 cm with 4 pieces. Concrete testing done after 28 days. The test includes testing the compressive strength of concrete. Tests conducted to determine the compressive strength of concrete cylinder compressive strength, then load testing to determine the shear strength of reinforced concrete beams with spaces begel 8 cm and 10 cm. The results of testing the strength of concrete cylinders obtained an average of 18.96 MPa compressive strength. The test results loading concrete beams obtained shear force par for concrete beams with steel reinforcement spacing begel 8 cm 85.06 kN and spaced begel 10cm 78.13 kN, while the concrete beams with reinforcement of the model order of meranti spaces begel 8 cm 81.13 kN and for space begel 10 cm 75.00 kN. The difference between the nominal shear force concrete beam using steel reinforcement and reinforcement of meranti wood frame models for space begel 8 cm is 3.93 kN or 4.61% and spaced 10 cm begel is 3:13 kN or 3.99%.

Keywords: reinforced concrete beams, shear beams, meranti, reinforcing the model order

1. PENDAHULUAN

Beton adalah material konstruksi yang saat ini sudah umum digunakan dan merupakan bahan bangunan yang banyak dipilih oleh para ahli struktur. Banyaknya pemakaian beton disebabkan beton terbuat dari bahan-bahan yang mudah diperoleh, diolah, dikerjakan, dibentuk, harganya relative murah dan memiliki kekuatan tekan tinggi.

Seiring dengan perkembangan jaman, sebagai engineer dituntut untuk lebih cepat dan tepat dalam pelaksanaan konstruksi suatu bangunan. Salah satu masalah saat ini adalah harga-harga kebutuhan pokok yang naik menyebabkan harga kebutuhan material juga ikut naik salah satunya harga tulangan besi yang setiap waktu ikut naik, hal tersebut tentu akan menyulitkan masyarakat dengan ekonomi lemah untuk dapat memenuhi kebutuhan primernya, yaitu rumah yang layak huni. Oleh sebab itu perlu dicari alternatif baru bahan pengganti tulangan besi yang mudah didapat dan murah. Dalam penelitian ini bahan yang digunakan sebagai tulangan pengganti baja adalah kayu meranti. Dengan adanya penelitian ini diharapkan dapat menekan biaya produksi beton karena harga dari kayu meranti relatif lebih murah dari pada baja tulangan.

Beton bertulang merupakan konstruksi yang sudah tidak asing dalam bidang teknik sipil. Hampir semua elemen struktur beton bertulang dirancang untuk mampu menerima gaya-gaya dalam, yang berupa gaya normal, momen lentur, momen torsi, dan gaya lintang/geser. Dengan adanya gaya-gaya dalam, elemen struktur akan memberikan perlawanan yang berupa tegangan normal, tegangan lentur, tegangan torsi, dan tegangan geser. Kekuatan geser pada beton sangat dipengaruhi oleh mutu beton, semakin tinggi mutu beton maka kuat geser beton semakin tinggi pula. Selain itu kuat geser juga dipengaruhi oleh tulangan geser yang terpasang, tulangan geser berupa sengkang atau tulangan miring/serong.

Penulangan model rangka dari kayu meranti pada penelitian ini dipilih karena jenis penulangan model ini dianggap cocok dan diharapkan akan dapat menambah kuat geser pada balok beton.

2. METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini dilakukan beberapa tahap yaitu tahap pertama persiapan. Pada tahapan pertama bahan material dan alat-alat harus dipersiapkan terlebih dahulu sebelum penelitian. Kemudian tahap kedua yaitu pemeriksaan kualitas bahan penelitian. Tahapan ini melakukan pemeriksaan agregat yang akan digunakan dalam pembuatan beton, pemeriksaan agregat halus (pasir) dan agregat kasar (kerikil) meliputi kandungan organik pada pasir, kandungan lumpur, dan keausan agregat dan untuk baja dilakukan pengujian kuat tarik. Tahap ketiga yaitu perencanaan dan pembuatan benda uji. Perencanaan campuran beton menggunakan metode ACI dengan kuat tekan beton rencana 20 MPa dan fas 0,6. Pencampuran bahan untuk pembuatan benda uji menggunakan mesin molen agar pencampuran bahan bisa merata. Setelah bahan tercampur, selanjutnya dilakukan pengujian *slump*, untuk mengetahui kekentalan campuran beton. Setelah selesai adukan beton dimasukkan kedalam cetakan silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Untuk cetakan balok berdimensi 60 cm x 30 cm x 20 cm dan didalam cetakan tersebut sudah ada terdapat tulangan dari baja dan tulangan dari kayu. Tahap keempat yaitu perawatan dan pengujian pada benda uji. Beton direndam selama 28 hari yang kemudian dilakukan pengujian beton, pada benda uji silinder dilakukan pengujian kuat tekan dan pengujian pembebanan pada benda uji balok. Tahap kelima yaitu analisis data, pembahasan, pembuatan kesimpulan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian yang telah dilakukan, untuk mendapatkan data-data yang diperlukan dilakukan beberapa pengujian dan pemeriksaan.

3.1 Pengujian agregat halus

Hasil pemeriksaan agregat halus yang dilaksanakan pada penelitian dapat dilihat pada Lampiran dan dituliskan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil pemeriksaan agregat halus

Jenis Pemeriksaan	Hasil Pemeriksaan	SNI	Keterangan
Kandungan Organik	Orange	SNI 03-2816-1992	Memenuhi
Pemeriksaan SSD (<i>SaturatedSurfaceDry</i>)	2,5	SNI 03-2816-1992	Memenuhi
Berat Jenis		SNI 03-1970-2008	
1). Berat jenis <i>bulk</i>	2,42		Memenuhi
2). Berat jenis SSD	2,52		Memenuhi
3). Berat jenis semu	2,69		Memenuhi
<i>Absortion%</i>	4,16%		Memenuhi
Kandungan Lumpur	3,21%	SNI 03-2816-1992	Memenuhi
Gradasi Pasir	Daerah III	SNI 03-6820-2002	Memenuhi
Modulus Halus Butir	3,03	-	Memenuhi

(*Sumber : hasil penelitian*)

3.2 Pengujian agregat kasar

Hasil pemeriksaan agregat kasar yang dilaksanakan pada penelitian dapat dilihat pada lampiran atau tercantum pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil pemeriksaan agregat kasar

Jenis Pemeriksaan	Hasil Pemeriksaan	SNI	Keterangan
Berat Jenis	-	SNI 03-1969-2008	Memenuhi
1) Berat Jenis <i>bulk</i>	2,69	-	-
2) Berat Jenis SSD	2,73	-	-
3) Berat Jenis semu	2,79	-	-
<i>Absortion%</i>	1,36	-	Memenuhi
Keausan agregat	65,4	SNI 03-2417-1991	Memenuhi
Gradasi agregat kasar	Daerah II	SNI 03-1986-1990	Memenuhi
Modulus halus Butir	6,03	-	Memenuhi

(*Sumber : hasil penelitian*)

3.3 Pengujian tarik baja

Table 3. hasil pengujian kuat tarik baja

Baja	Ø (mm)	A (mm ²)	P _{leleh} (N)	P _{maks} (N)	f _y (MPa)	f _{maks} (MPa)
1	12	113.09	49189	44189	434.92	449.15
2	6	28.27	5647.65	6349.45	199.74	224.57

Tegangan maksimal yang diperoleh dari hasil pengujian tulangan baja lebih besar dari yang direncanakan, sedangkan rencana tegangan maksimal yang digunakan adalah 240 MPa.

3.4 Pengujian slump

Pengujian *slump* bertujuan untuk mengetahui kekentalan adukan beton agar memenuhi persyaratan yang diinginkan. Pelaksanaan pengujian *slump* dilakukan dengan menggunakan kerucut *Abram's* yang berdiameter atas 10 cm, diameter bawah 20 cm dan tinggi kerucut 30 cm. Nilai *slump* rencana antara 7,5 – 15 cm, dan hasil pengujian nilai *slump* dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil pengujian nilai *slump* dengan fas 0,6

Metode	Sampel	Nilai <i>Slump</i> (cm)	Nilai <i>Slump</i> rata-rata (cm)
ACI	1	10	11
	2	12	

3.5 Pengujian kuat tekan beton

Pelaksanaan pengujian kuat tekan beton dilakukan dengan menggunakan alat *compression testing machine* setelah mengetahui luas penampang dan tinggi benda uji. Hasil pengujian kuat tekan beton dapat dilihat pada table 5.

Tabel 5. Hasil perhitungan kuat tekan beton silinder

No	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Luas Penampang (mm ²)	Beban max (P) (N)	Beban max (P) (kg)	kuat tekan f'c		Rata-rata (MPa)
						(Kg/mm ²)	(MPa)	
1	150	300	17671.5	336000	33600	190.14	19.01	18.96
2	150	300	17671.5	335000	33500	189.57	18.95	
3	150	300	17671.5	335000	33500	189.57	18.95	

Kuat tekan rata-rata beton yang dihasilkan dari pengujian di Laboratorium sebesar 18.96 MPa, sehingga kuat tekan beton hampir mendekati rencana yaitu 20 Mpa

3.6 Pengujian kuat geser balok beton

Perhitungan gaya geser hasil pengujian dihitung berdasarkan pembebanan maksimal yang dilakukan pada pengujian kuat geser balok, ketika dibebani terjadi keruntuhan. Hasil pengujian kuat geser balok dapat dilihat pada table 6 dan table 7.

Tabel 6. Hasil pengujian kuat geser balok beton tulangan baja.

benda uji	w		L (m)	b (m)	h (m)	P (kN)	q (kN/m)	V _u (kN)	V _s (kN)	V _c (kN)
	(kN)	(kg)								
BBB spasi bgl 8	0.9	90	0.6	0.2	0.3	126.7	1.50	63.08	43.25	41.81
BBB spasi bgl 10	0.9	90				116.3				

(Sumber : Pemeriksaan di Laboratorium.)

Table 7. Hasil pengujian kuat geser balok beton tulangan model rangka dari kayu meranti.

benda uji	w		L (m)	b (m)	h (m)	P (kN)	q (kN/m)	V _u (kN)	V _s (kN)	V _c (kN)
	(kN)	(kg)								
BBK spasi bgl 8	0.9	90	0.6	0.2	0.3	120.8	1.50	60.85	39.31	41.81
BBK spasi bgl 10	0.9	90				111.6		56.25	33.18	41.81

(Sumber : Pemeriksaan di Laboratorium.)

Dari perhitungan gaya geser hasil pengujian, didapat bahwa nilai gaya geser nominal (V_n) hasil pengujian balok beton dengan menggunakan tulangan baja \emptyset 12 mm dengan jarak begel 8 cm adalah 85.06 kN dan balok beton menggunakan tulangan kayu adalah 81.13 kN. (lihat table.V.9)

Perhitungan gaya geser hasil pengujian, didapat bahwa nilai gaya geser nominal (V_n) hasil pengujian balok beton dengan menggunakan tulangan baja \emptyset 12 mm dengan jarak begel 10 cm adalah 78.13 kN.m dan balok beton menggunakan tulangan kayu adalah 75.00 kN.m. (lihat table.V.10)

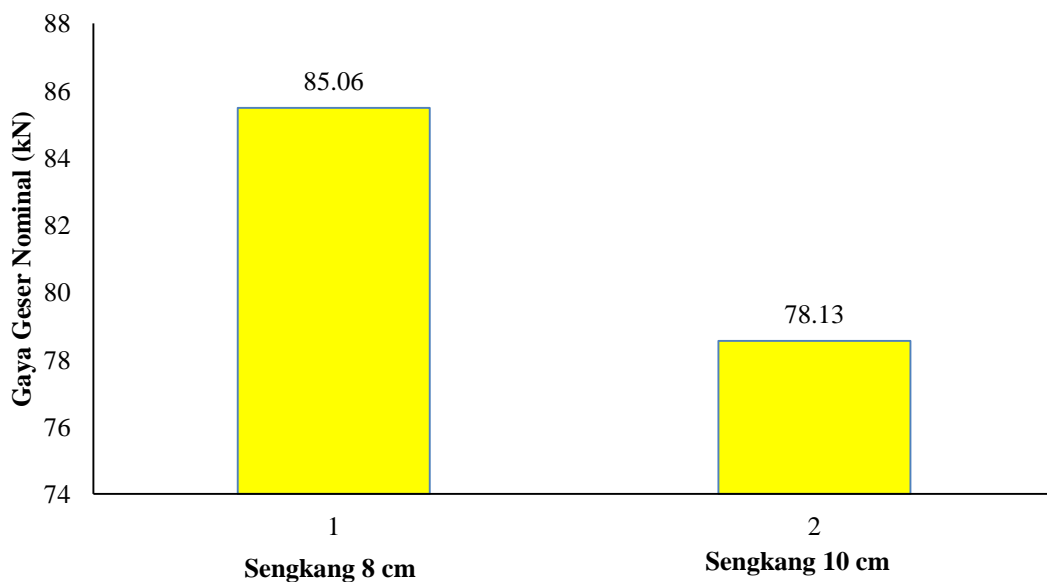
Hasil perbandingan gaya geser nominal balok beton menggunakan tulangan baja dengan balok beton menggunakan tulangan model rangka dari kayu meranti akan disajikan dalam bentuk tabel sebagai berikut :

Table 8. Hasil perbandingan gaya geser nominal (V_n) balok beton menggunakan tulangan baja dengan balok beton menggunakan tulangan model rangka dari kayu meranti dengan jarak sengkang 8 cm.

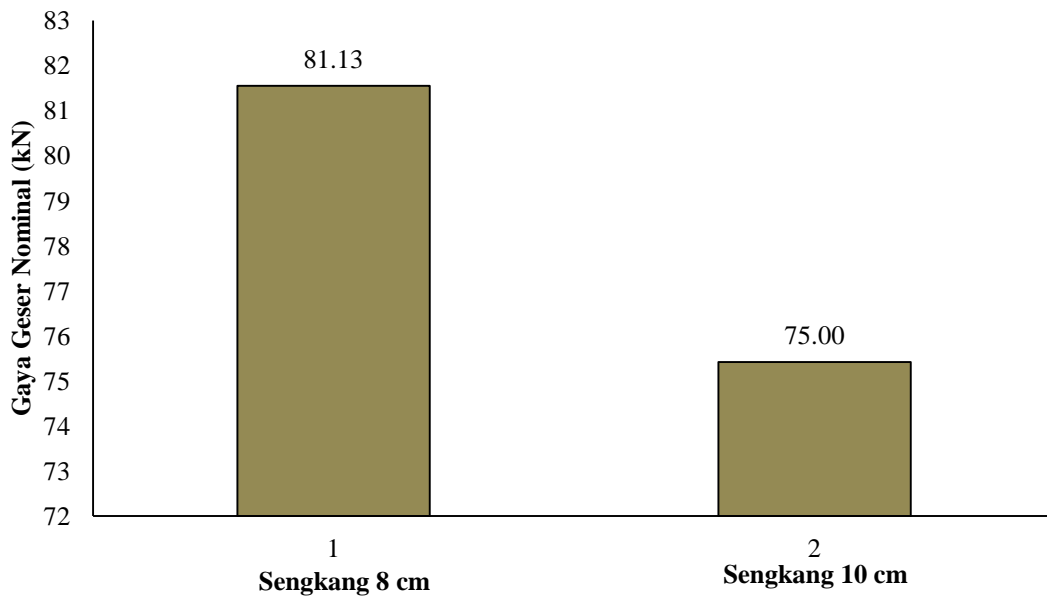
No	Jenis Balok	V _n	Selisih V _n	Persentase Selisih V _n	Keterangan
		(kN)	(kN)	(%)	
1	Tulangan menggunakan 5 \emptyset 12 sengkang dp 6 mm-80 mm	85.06	3.93	4.61 %	Gaya geser nominal balok beton dengan tulangan diameter 12 mm, jarak sengkang 8 cm lebih besar dibandingkan dengan balok beton menggunakan tulangan kayu meranti jarak sengkang 8 cm.
2	Tulangan menggunakan 5 \emptyset 12 sengkang meranti model rangka dp 6 mm-80 mm	81.13			

Table 9. Hasil perbandingan gaya geser nominal (V_n) balok beton menggunakan tulangan baja dengan balok beton menggunakan tulangan model rangka dari kayu meranti dengan jarak sengkang 10 cm.

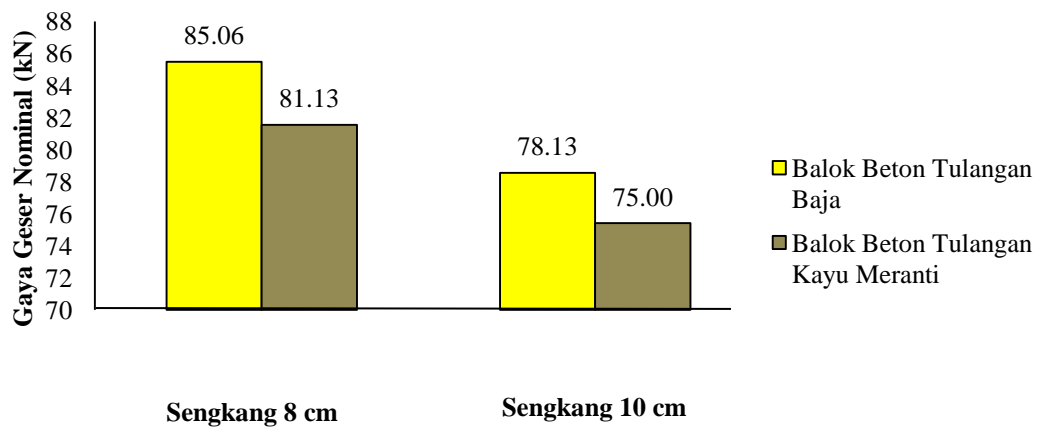
No	Jenis Balok	V_n	Selisih V_n	Persentase Selisih V_n	Keterangan
		(kN)	(kN)	(%)	
1	Tulangan menggunakan 5Ø12 sengkang dp 6 mm-100 mm	78.13	3.13	3.99 %	Gaya geser nominal balok beton dengan tulangan diameter 12 mm, jarak sengkang 10 cm lebih besar dibandingkan dengan balok beton menggunakan tulangan kayu meranti jarak sengkang 10 cm.
2	Tulangan menggunakan 5Ø12 sengkang meranti model rangka dp 6 mm-100 mm	75.00			



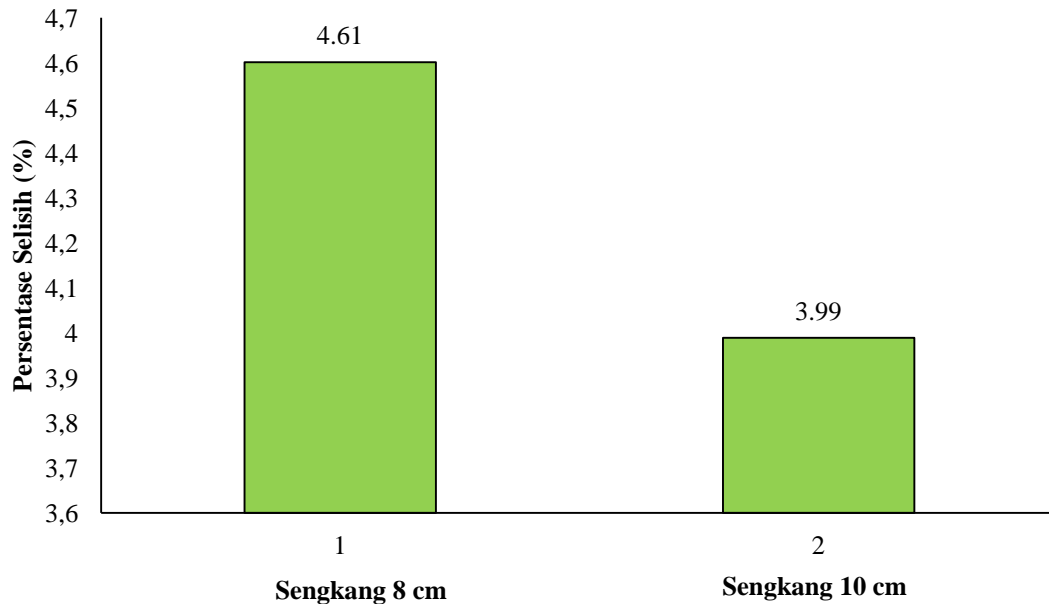
Gambar 3.1. Grafik perbandingan kuat geser balok beton bertulang baja.



Gambar 3.2. Grafik perbandingan kuat geser balok beton bertulang kayu.



Gambar 3.3. Grafik perbandingan kuat geser balok beton tulangan baja dengan balok beton tulangan kayu.



Gambar 3.4. Grafik perbandingan persentase selisih momen lentur balok beton tulangan baja dengan balok beton tulangan kayu.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian mengenai kuat lentur balok bertulangan baja dengan balok bertulangan kayu meranti yang dilakukan di Laboratorium Universitas Muhammadiyah Surakarta ini adalah sebagai berikut :

- 1) Kuat tekan beton dengan menggunakan tulangan model rangka dari kayu meranti mendekati kuat tekan beton tulangan baja. Hasil gaya geser nominal (V_n) pengujian balok beton menggunakan tulangan baja dengan jarak sengkang 8 cm adalah 85.06 kN, jarak sengkang 10 cm adalah 78.13 kN.
Sedangkan hasil moment kapasitas pengujian balok beton menggunakan tulangan model rangka dari kayu meranti dengan jarak sengkang 8 cm adalah 81.13 kNm dan jarak sengkang 10 cm adalah 75.00 kNm
- 2) Hasil kuat geser pada balok beton menggunakan tulangan model rangka dari kayu meranti mendekati hasil kuat geser pada balok menggunakan tulangan baja
- 3) Hasil persentase kuat geser dari balok beton menggunakan tulangan baja dengan balok beton tulangan model rangka dari kayu meranti dengan jarak sengkang 8 cm adalah 4,61%, sedangkan balok beton menggunakan tulangan baja dengan balok beton tulangan model rangka dari kayu meranti jarak sengkang 10 cm adalah 3,99 %.
- 4) Data hasil perhitungan rata-rata berat jenis pada pengujian kuat tekan silinder beton adalah 2,26 g/cm^3
- 5) Hasil perhitungan rata-rata kuat tekan beton silinder adalah 18,96 MPa

Agar diperoleh hasil yang maksimal dalam melakukan penelitian balok beton dari tulangan baja dengan balok beton dari tulangan kayu meranti, peneliti memberikan saran sebagai berikut :

- 1) Kayu meranti yang akan dipilih sebagai pengganti tulangan baja harus benar-benar dalam kondisi yang layak
- 2) Pada pembuatan sampel hendaknya menggunakan pasta yang berasal dari satu adukan, agar mutu beton antar masing-masing sampel tidak jauh berbeda
- 3) Pada pembuatan sampel tulangan hendaknya lebih teliti, baik dalam perakitan tulangan ataupun pada pembuatan benda uji balok beton
- 4) Pada percobaan ini masih menggunakan satu jenis kayu dan satu ukuran kayu, untuk mendapatkan hasil yang bervariasi perlu diadakan penelitian dengan menggunakan jenis kayu dan ukuran kayu yang bervariasi pula, agar didapatkan hasil terbaik dari beberapa variasi tersebut.

PERSANTUNAN

Ucapan terimakasih disampaikan kepada laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Surakarta dan juga teman-teman seangkatan 2010 yang senasib dan sepejuangan, tak lupa juga kepada dosen pembimbing yang membantu menyelesaikan penelitian ini sehingga dapat berjalan dengan lancar.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 1982. *Persyaratan Umum Bahan Bangunan di Indonesia*, Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Asroni, A., 1997, *Struktur Beton I (Balok dan Plat Beton Bertulang)*, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.
- Asroni, A., 2003, *Struktur Beton Lanjut*, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.
- Dipohusodo, I., 1994, *Struktur Beton Bertulang Berdasar SNI T-15-1991-03 DPU RI*, PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta
- Ghambir, M. L., 1986. *Concrete Technology*. Tata Mc Graw Hill Publishing Company Limited New Delhi.
- Mordock dan K.M. Brook., 1991. *Bahan dan Praktek Beton*, Terjemahan Stephany Hindarko, Erlangga, Jakarta.
- Mulyono, T., 2005. *Teknologi Beton*, Andy Offset, Yogyakarta.
- Tjokrodinuljo, K., 1995. *Bahan Bangunan*, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Tjokrodinuljo, K., 1996. *Teknologi Beton*, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Yuliawan, B., 2015. *Perbandingan Kekuatan Balok Beton Menggunakan Begel Model Rangka Dengan Balok Beton Menggunakan Begel Biasa*, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.