

JURNAL REKAYASA TEKNIK SIPIL

REKATS



UNESA

Universitas Negeri Surabaya



JURNAL ILMIAH TEKNIK SIPIL	VOLUME: 01	NOMER: 01	HALAMAN: 247- 255	SURABAYA 2017	ISSN: 2252-5009
-------------------------------	---------------	--------------	----------------------	------------------	--------------------

JURUSAN TEKNIK SIPIL-FAKULTAS TEKNIK-UNIVERSITAS NEGERI SURABAYA

TIM EJOURNAL

Ketua Penyunting:

Prof.Dr.Ir.Kusnan, S.E,M.M,M.T

Penyunting:

1. Prof.Dr.E.Titiek Winanti, M.S.
2. Prof.Dr.Ir.Kusnan, S.E,M.M,M.T
3. Dr.Nurmi Frida DBP, MPd
4. Dr.Suparji, M.Pd
5. Hendra Wahyu Cahyaka, ST., MT.
6. Dr.Naniek Esti Darsani, M.Pd
7. Dr.Erina,S.T,M.T.
8. Drs.Suparno,M.T
9. Drs.Bambang Sabariman,S.T,M.T
10. Dr.Dadang Supryatno, MT

Mitra bestari:

1. Prof.Dr.Husaini Usman,M.T (UNJ)
2. Prof.Dr.Ir.Indra Surya, M.Sc,Ph.D (ITS)
3. Dr. Achmad Dardiri (UM)
4. Prof. Dr. Mulyadi(UNM)
5. Dr. Abdul Muis Mapalotteng (UNM)
6. Dr. Akmad Jaedun (UNY)
7. Prof.Dr.Bambang Budi (UM)
8. Dr.Nurhasanyah (UP Padang)
9. Dr.Ir.Doedoeng, MT (ITS)
10. Ir.Achmad Wicaksono, M.Eng, PhD (Universitas Brawijaya)
11. Dr.Bambang Wijanarko, MSi (ITS)
12. Ari Wibowo, ST., MT., PhD. (Universitas Brawijaya)

Penyunting Pelaksana:

1. Drs.Ir.Karyoto,M.S
2. Krisna Dwi Handayani,S.T,M.T
3. Arie Wardhono, ST., M.MT., MT. Ph.D
4. Agus Wiyono,S.Pd,M.T
5. Eko Heru Santoso, A.Md

Redaksi:

Jurusan Teknik Sipil (A4) FT UNESA Ketintang - Surabaya

Website: tekniksipilunesa.org

Email: REKATS

DAFTAR ISI

	Halaman
TIM EJOURNAL.....	i
DAFTAR ISI.....	ii
<ul style="list-style-type: none">• Vol 1 Nomer 1/rekat/17 (2017)	
ANALISIS PENAMBAHAN <i>FLY ASH</i> TERHADAP DAYA DUKUNG PONDASI DANGKAL PADA TANAH LEMPUNG EKSPANSIF	
<i>Puspa Dewi Ainul Mala, Machfud Ridwan,</i>	01 – 12
PEMANFAATAN SERAT KULIT JAGUNG SEBAGAI BAHAN CAMPURAN PEMBUATAN PLAFON ETERNIT	
<i>Dian Angga Prasetyo, Sutikno,</i>	13 – 24
PENGARUH PENAMBAHAN SERAT KULIT BAMBU PADA PLAFON GIPSUM DENGAN PEREKAT POLISTER	
<i>Tiang Eko Sukoko, Sutikno,</i>	25 – 33
PENERAPAN SAMBUNGAN MEKANIS (METODE PEMBAUTAN) PADA BALOK DENGAN PERLETAKAN SAMBUNGAN $\frac{1}{2}$ PANJANG BALOK DITINJAU DARI KUAT LENTUR BALOK	
<i>Hehen Suhendi, Sutikno,</i>	34 – 38
STUDI KELAYAKAN EKONOMI DAN FINANSIAL RENCANA PELEBARAN JALAN TOL WARU-SIDOARJO	
<i>Reynaldo B. Theodorus Tampang Allo, Mas Suryanto HS,</i>	39 – 48
PENGARUH SUBSTITUSI <i>FLY ASH</i> DAN PENAMBAHAN SERBUK CANGKANG KERANG DARAH PADA KUALITAS GENTENG BETON	
<i>Mohamad Ari Permadi, Sutikno,</i>	49 – 55

PENGARUH PENAMBAHAN *SLAG* SEBAGAI BAHAN SUBSTITUSI AGREGAT HALUS TERHADAP KARAKTERISTIK *MARSHALL* DAN PERMEABILITAS PADA CAMPURAN PANAS (*HOT MIX*) ASPAL PORUS

Rifky Arif Laksono, Purwo Mahardi, 56 – 64

ANALISA PEMANFAATAN LIMBAH *STYROFOAM* SEBAGAI BAHAN SUBSTITUSI KE DALAM ASPAL PENETRASI 60/70 TERHADAP KARAKTERISTIK CAMPURAN ASPAL PORUS

Taufan Gerri Noris, Purwo Mahardi, 65 – 70

ANALISIS PERSEDIAAN MATERIAL PADA PEMBANGUNAN PROYEK *MY TOWER HOTEL & APARTMENT* DENGAN MENGGUNAKAN METODE *MATERIAL REQUIREMENT PLANNING* (MRP)

Tri Wahyuni, Arie Wardhono, 71 – 85

ANALISIS KECELAKAAN KERJA DENGAN MENGGUNAKAN METODE *FAULT TREE ANALYSIS* PADA PROYEK PEMBANGUNAN APARTEMENT GRAND SUNKONO LAGOON SURABAYA

Great Florentino Miknyo Hendarich, Karyoto, 86 - 100

PEMANFAATAN *SLAG* BAJA SEBAGAI BAHAN SUBSTITUSI AGREGAT HALUS PADA PEMBUATAN *PAVING BLOCK*

Arifin Kurniadi, Sutikno, 101 - 106

PENERAPAN *E-PROCUREMENT* PADA PROSES PENGADAAN PEKERJAAN KONSTRUKSI DI UNIT LAYANAN PENGADAAN PEMERINTAH KABUPATEN GRESIK

Anastastia Ria Utami, Hendra Wahyu Cahyaka, 107 - 116

PENGARUH PENAMBAHAN SULFUR TERHADAP KARAKTERISTIK *MARSHALL* DAN PERMEABILITAS PADA ASPAL BERPORI

Qurratul Ayun, Purwo Mahardi, 117 - 122

PENGARUH PENAMBAHAN DINDING GESER PADA PERENCANAAN ULANG GEDUNG FAVE HOTEL SURABAYA <i>Irwan Wahyu Wicaksana, Sutikno,</i>	123 - 128
PENGARUH PENAMBAHAN LIMBAH PLASTIK (PET) TERHADAP KARAKTERISTIK MARSHALL DAN PERMEABILITAS PADA ASPAL BERPORI <i>Rizky Putra Ramadhan, Purwo Mahardi,</i>	129 - 135
PENGARUH TREATMENT LUMPUR LAPINDO TERHADAP MUTU BATU BATA BAHAN LUMPUR LAPINDO BERDASARKAN SNI 15-2094-2000 <i>Ah. Yazidun Ni'am, Arie Wardhono,</i>	136 - 143
ANALISIS PRODUKTIVITAS <i>TOWER CRANE</i> PADA PROYEK PEMBANGUNAN GEDUNG TUNJUNGAN PLAZA 6 SURABAYA <i>Sofia Dewi Amalia, Didiek Purwadi,</i>	144 - 155
ANALISIS PENAMBAHAN LIMBAH MARMER TERHADAP DAYA DUKUNG PONDASI DANGKAL PADA TANAH LEMPUNG EKSPANSIF DI DAERAH DRIYOREJO GRESIK <i>Machfid Ridwan, Falaq Karunia Jaya,</i>	156 - 166
ANALISA PRODUKTIVITAS KELOMPOK KERJA PADA PEMASANGAN DINDING BATA RINGAN DI PROYEK PERUMAHAN <i>Loga Geocahya Pratama, Sutikno,</i>	167 - 181
ANALISA PRODUKTIVITAS KELOMPOK KERJA PADA PEMASANGAN GENTENG ATAP METAL DI PROYEK PERUMAHAN <i>Siti Komariyah, Hasan Dani,</i>	182 - 191
PENGARUH PENAMBAHAN LIMBAH KARBIT TERHADAP DAYA DUKUNG PONDASI DANGKAL PADA TANAH LEMPUNG EKSPANSIF DI DAERAH DRIYOREJO GRESIK <i>Nur Fauzan, Nur Andajani,</i>	192 - 200

PEMANFAATAN BAHAN TAMBAH <i>POZZOLAN</i> LUMPUR SIDOARJO SEBAGAI SUBSTITUSI SEMEN DENGAN AGREGAT <i>PUMICE</i> PADA KUAT TEKAN DAN POROSITAS BETON RINGAN <i>Dwi Kurniawan, Arie Wardhono,</i>	201 - 211
PEMANFAATAN LUMPUR LAPINDO SEBAGAI BAHAN DASAR PENGGANTI PASIR PADA PEMBUATAN <i>PAVING BLOCK GEOPOLYMER</i> <i>Feminia Heri Cahyanti, Arie Wardhono,</i>	212 - 219
<i>ANALISIS PERENCANAAN STRUKTUR ATAS JEMBATAN BUSUR RANGKA BAJA</i> <i>Siswo Hadi Murdoko, Karyoto,</i>	220 - 228
<i>ANALISA PERENCANAAN STRUKTUR ATAS JEMBATAN PELENGKUNG BAJA</i> <i>Achmad Fajrin, Karyoto,</i>	229 - 237
<i>ANALISA HASIL PERHITUNGAN KONSTRUKSI GEDUNG GRAHA ATMAJA MENGGUNAKAN GEMPA SNI 1726-2002 DENGAN MENGGUNAKAN PERHITUNGAN BETON SNI 2847-2013</i> <i>Mohamad Sukoco, Sutikno,</i>	238 - 241
<i>ANALISA PENGARUH VARIASI BENTANG KOLOM PADA PERENCANAAN ULANG STRUKTUR GEDUNG LABORATORIUM TERPADU FMIPA UNIVERSITAS NEGERI SURABAYA TERHADAP PERSYARATAN KOLOM KUAT BALOK LEMAH PADA SRPMK</i> <i>Imam Awaludin Asshidiq Ramelan, Arie Wardhono,</i>	242 - 246
<i>PENGARUH PENAMBAHAN SERAT IJUK TERHADAP KUAT LENTUR BALOK BETON BERTULANG</i> <i>Dyah Rinjani Ratu Pertiwi, Bambang Sabariman,</i>	247 - 255

PENGARUH PENAMBAHAN SERAT IJUK TERHADAP KUAT LENTUR BALOK BETON BERTULANG

Dyah Rinjani Ratu Pertiwi

Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
dyahrinjanil@gmail.com

Drs. Bambang Sabariman, ST., MT.

Dosen Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
bambang.sabarima@gmail.com

Abstrak

Balok beton bertulang merupakan bagian dari struktural sebuah bangunan yang kaku dan dirancang untuk menanggung beban menuju elemen-elemen kolom penopang, yang terdiri dari beton dan baja tulangan. Balok beton bertulang yang menahan beban semakin lama akan mengalami retak akibat tegangan tarik yang terjadi, untuk mengurangi tegangan tarik yang terjadi berbagai penelitian dilakukan salah satunya yaitu penambahan serat ke dalam beton konvensional yang menunjukkan bahwa serat mampu meningkatkan karakteristik beton secara signifikan.

Serat ijuk yang digunakan dalam campuran beton adalah serat yang dipilih dengan cara membuang bagian yang tidak beraturan, cara membuangnya dengan menyisir ijuk dengan sisir kawat. Serat ijuk mempunyai sifat agak kaku dan seratnya panjang-panjang serta kandungan gabusnya antara 0,5-5% berat. Serat dapat memberikan ketahanan terhadap retakan yang terjadi pada beton serat tersebut karena serat dapat merekatkan retak yang terjadi. Keadaan ini mampu meningkatkan kekerasan balok beton bertulang.

Penelitian ini dilakukan untuk memperoleh hasil dari pengaruh penambahan serat ijuk terhadap kuat lentur balok beton bertulang, dengan mencampur serat ijuk kedalam adukan beton dengan campuran serat ijuk sebesar 0%, 1% dan 3% dari volume semen dalam campuran beton, dengan diameter serat ijuk ≤ 1 mm serta panjang 60 mm. Penempatan beban pada balok beton bertulang dengan menggunakan 2 titik beban terpusat, dengan jarak 650 mm dari tumpuan dan dimensi balok yang digunakan adalah 125 x 230 x 2000 mm. Data eksperimen yang didapatkan dicatat kemudian dibandingkan berdasarkan data perhitungan secara teoritis.

Hasil penelitian menunjukkan peningkatan M_{cr} pada balok BL.1% sebesar 147,33%, dan pada balok BL.3% sebesar 54,53% terhadap balok kontrol BL.0%. Peningkatan beban maksimal pada balok dengan campuran serat ijuk BL.1% sebesar 36,28% dan BL.3% sebesar 28,02%, Momen maksimal pada pengujian BL.0% mengalami penurunan sebesar 11,03%, BL.1% mengalami peningkatan 19,73%, dan BL.3% mengalami peningkatan 13,92% terhadap nilai momen maksimal teoritis. Nilai lendutan secara eksperimen untuk BL.0% memiliki nilai selisih sebesar 0,67 mm, BL.1% sebesar 1,7 mm dan BL.3% sebesar 0,99 mm, terhadap perhitungan secara teori. Retakan yang terjadi pada ketiga balok uji adalah dominan retak lentur. Berdasarkan hasil penelitian dengan penambahan serat ijuk ke dalam campuran beton menambah kuat lentur balok beton bertulang.

Kata Kunci: Balok beton Bertulang, Serat ijuk, Kuat Lentur.

Abstract

Reinforced concrete beam is a structural part of a building that is rigid and designed to bear the burden to elements supporting column, which consists of concrete and reinforcing steel. Reinforced concrete beams that the longer it holds the load will have cracked due to tensile stresses that occur. In order to reduce the tensile stress that occurs, the studies carried out about the addition of palm fibers to the conventional concrete that shows fiber can improve concrete characteristics significantly.

Palm fibers used in concrete mixtures is a fiber selected by removing the irregular. The way to remove is by combing the fibers with a wire comb. The characteristics of palm fibers are a little rigid and long-fiber length and content of the cork between 0.5-5% by weight. Fiber can provide resistance to cracks that occur on the fiber because it can glue the cracks that occur. This condition was able increase the hardness of reinforced concrete beams.

This research was conducted to obtain the results of the effect of adding palm fibers on flexural strength of reinforced concrete beams, by mixing the palm fibers into the concrete with mixed fibers of 0%, 1% and 3% of the volume of cement in the concrete mixture, the fiber diameter fibers ≤ 1 mm and a length of 60 mm. Load placement on reinforced concrete beams by using two point concentrated load, with a distance of 650 mm from the pedestal and the dimensions of the beam used is 125 x 230 x 2000 mm. The experimental data obtained by the data recorded later than theoretical calculations.

The results showed an increase in the beam M_{cr} BL.1% at 147.33%, and on the beams BL.3% at 54.53% of the control beam BL.0%. Increasing the maximum load on beam with a mixture of palm fiber BL.1% amounting to 36.28% and amounted to 28.02% BL.3%, the maximum moment on the test BL.0% decreased by 11.03%, BL.1% experienced increase of 19.73%, and BL.3% increased 13.92% to the theoretical maximum torque value. It values deflection experimentally to BL.0% value difference of 0,67 mm, BL.1% of 1,7 mm and BL.3% of 0,99 mm to the theoretical calculations. The cracks that occurred in the third beam bending crack test is dominant. Based on the research results with the addition of palm fibers into the concrete mix add flexural strength of reinforced concrete beams.

Keywords: Reinforced Concrete Beams, Palm Fibers, Flexural Strength.

PENDAHULUAN

Balok beton bertulang merupakan bagian dari struktural sebuah bangunan yang kaku dan dirancang untuk menanggung beban menuju elemen-elemen kolom penopang. Beton memiliki sifat bahan yang sangat kuat untuk menahan tekan tetapi lemah untuk menahan tarik, sehingga beton dapat mengalami retak jika beban yang dipikulnya menimbulkan tegangan tarik yang melebihi kuat tariknya. Baja tulangan ditambahkan kedalam adukan beton berguna mengurangi tegangan tarik yang terjadi, sehingga dapat mengurangi keretakan yang terjadi pada balok beton bertulang tersebut.

Berbagai penelitian dilakukan untuk mengurangi keretakan akibat tegangan tarik yang terjadi, salah satunya yaitu penambahan serat ke dalam beton konvensional yang menunjukkan bahwa serat mampu meningkatkan karakteristik beton secara signifikan.

Serat dapat memberikan ketahanan terhadap retakan yang terjadi pada beton serat tersebut karena serat dapat merekatkan retak yang terjadi. Keadaan ini akan membuat daktilitas dan kekerasan beton menjadi naik. Selain itu, penggunaan serat telah terbukti akan meningkatkan umur lelah (*fatigue*) dari balok dan mengurangi lebar retak ketika batang-batang beton menerima beban lelah. (Dipohusodo, 1996)

Beberapa tahun terakhir ini, penggunaan serat alami sebagai campuran dalam beton sudah semakin meluas. Ini dikarenakan serat alami mudah diperoleh dan harga beli yang relatif murah, seperti serat ijuk aren. Ijuk diperoleh dari pohon aren yang banyak tersebar di hampir seluruh wilayah Indonesia. Ijuk merupakan helaian benang-benang yang berwarna hitam, bersifat kaku, dan ulet (tidak mudah putus). Ijuk mempunyai kuat tarik setara dengan serat polypropylene dan keawetannya sangat baik, selain itu ijuk merupakan serat yang dapat menyerap air sehingga dapat digunakan sebagai bahan campuran dengan semen (Pambudi, 2005 dalam Wahyuni, 2010).

Serat ijuk yang digunakan dalam campuran beton adalah serat yang dipilih dengan cara membuang bagian yang tidak beraturan, cara membuangnya dengan menyisir ijuk dengan sisir kawat. Serat ijuk mempunyai sifat agak kaku dan seratnya panjang-panjang serta kandungan

gabusnya antara 0,5-5% berat. Semakin besar diameter serat ijuk maka semakin kuat dan kaku, permukaan licin serta pada ujungnya tidak bulat (Suseno, 1994).

Menurut Sarjono dan Wajono (2008), serat ijuk yang ditambahkan sampai 1-5% dari berat semen dan dipotong-potong dengan ukuran sebesar $\pm 2,5$ cm pada campuran semen-pasir mampu meningkatkan: (1) kuat tarik belah, dengan peningkatan kuat tarik tertinggi dicapai oleh penambahan ijuk sebanyak 4% yaitu sebesar 34,81 %. (2) kuat desak, dengan peningkatan kuat desak tertinggi dicapai oleh penambahan ijuk sebanyak 4% sebesar 9,86 %. (3) ketahanan kejut. mampu memperbaiki performance campuran semen pasir dalam parameter yang diuji adalah kuat tarik belah, kuat desak, dan ketahanan kejut.

Menurut Sitohang (2013) penambahan serat ijuk aren sebesar 2% dari volume semen dengan diameter ± 1 mm dan panjang 6 cm pada daerah tarik beton bertulang meningkatkan kuat tekan beton sebesar 34,958 %, meningkatkan kuat tarik belah sebesar 31,814%, mengurangi lendutan sebesar 13,308%, penurunan regangan beton (ϵ_s) sebesar 11,937%, penurunan regangan tulangan baja tarik (ϵ_c) sebesar 30,634%. Peningkatan kapasitas lentur balok beton bertulang sebesar 12,295%, Koefisien kapasitas lentur balok beton bertulang dengan dan tanpa penambahan serat ijuk aren berturut-turut adalah 0,875 dan 0,9903. Dari hasil pengujian tersebut dapat disimpulkan bahwa penambahan serat ijuk aren dapat meningkatkan kinerja beton khususnya balok beton bertulang.

Berbagai hasil eksperimen menunjukkan bahwa nilai perbandingan bentang geser (a) terhadap tinggi efektif (d) ternyata merupakan faktor yang sangat berpengaruh dalam perencanaan geser balok. Balok biasa dengan panjang sedang dengan nilai $2,5 < a/d \leq 6$ memiliki keruntuhan yang dimulai dengan retak lentur vertikal, disusul dengan retak lentur miring. Balok panjang dengan nilai $a/d > 6$ memiliki keruntuhan yang dimulai dengan melelehnya penulangan tarik dan diakhiri dengan kehancuran beton pada penampang dengan momen maksimum. (Wang dan Salmon, 1990)

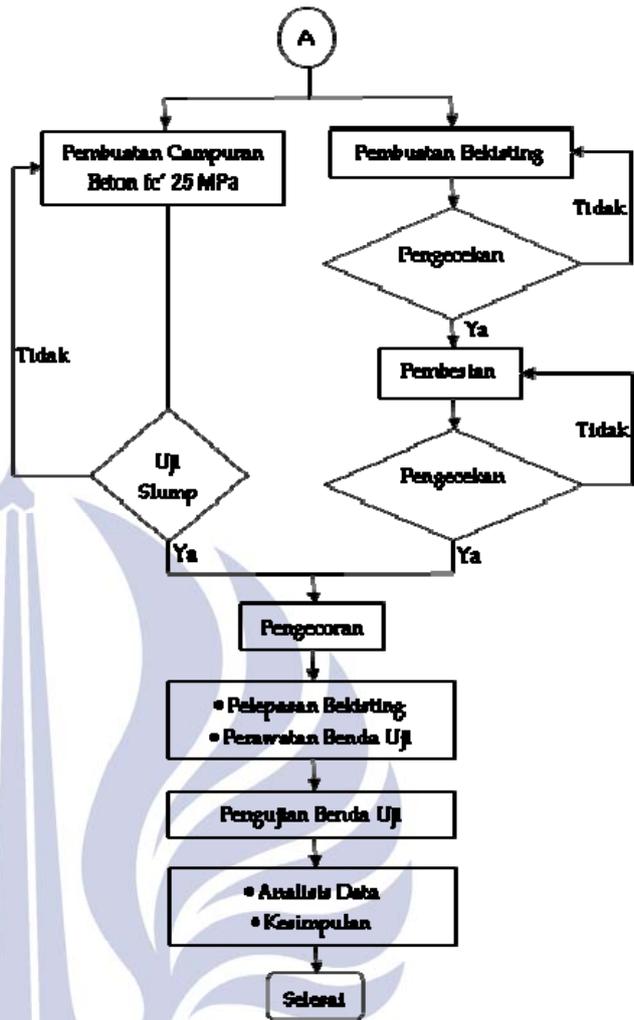
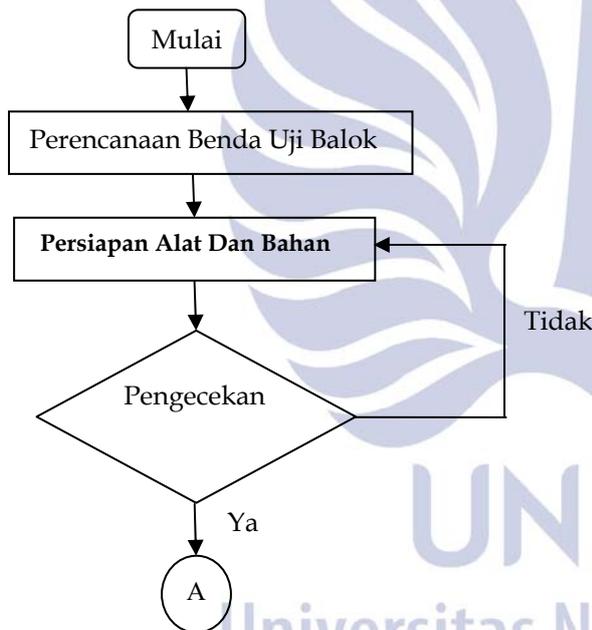
Pengembangan penelitian ini dilakukan untuk memperoleh hasil dari pengaruh penambahan serat ijuk terhadap kuat lentur balok beton bertulang, dengan

penempatan beban pada balok beton bertulang dengan menggunakan 2 titik beban terpusat. Perilaku yang terjadi dengan menempatkan 2 beban terpusat dengan jarak 650 mm dari tumpuan dengan dimensi balok 125x230x2000 mm, pada eksperimental penambahan serat ke dalam campuran benda uji diharapkan menghasilkan retak lentur vertikal.

Serat Ijuk ditambahkan dengan menggunakan diameter ≤ 1 mm dan panjang serat ijuk 60 mm mengacu pada penelitian sebelumnya dari Sitohang (2013), sedangkan persentase serat ijuk sebesar 0%, 1% dan 3% dari volume semen

Berdasarkan latar belakang tersebut, pengaruh penambahan serat ijuk terhadap kuat lentur balok beton bertulang yang dimaksud pada penelitian ini, yaitu bagaimana pengaruh penambahan serat ijuk sebesar 0%, 1% dan 3% dari volume semen terhadap kuat lentur balok beton bertulang?

METODE

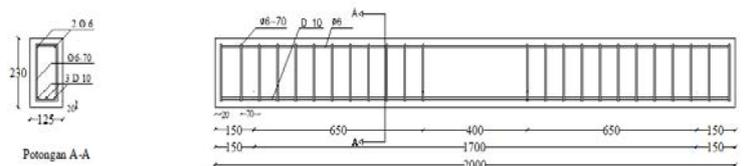


Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Penelitian eksperimen yang dilakukan di laboratorium, setelah diperoleh hasilnya maka dilakukan analisis penambahan serat ijuk 0%, 1%, dan 3% berdasarkan volume semen untuk balok beton bertulang, dengan perencanaan sebagai berikut:

Tabel 1. Rencana Benda uji

Kode Benda Uji	Mutu Beton (f _c) MPa	Panjang Bertang (cm)	Lebar (mm)	Tinggi (cm)	Tul. Memanjang (Atas)	Tul. Memanjang (Bawah)	Tul. Sengkiang	Jumlah
B1	25	200	12,5	23	2Ø6	3D10	Ø6-70	1
B2	25	200	12,5	23	2Ø6	3D10	Ø6-70	1
B3	25	200	12,5	23	2Ø6	3D10	Ø6-70	1



Gambar 2. Desain Balok

Analisis data pada penelitian ini menggunakan bantuan Program MS-Excel untuk melakukan perhitungan dan pembuatan tabel, gambar serta kurva. Analisis meliputi perhitungan tentang kuat lentur balok beton bertulang, momen retak pertama, momen maksimal, lendutan, pola runtuh, beban retak pertama serta beban maksimal yang diterima oleh balok. Hasil data tersebut disesuaikan dengan rumus-rumus serta peraturan-peraturan yang berlaku. Pembuatan tabel, grafik, kurva dan gambar merupakan cara untuk mempermudah dalam melakukan analisis data agar dapat diketahui secara jelas bagaimana perilaku hasil penelitian dikaitkan dengan permasalahan dalam penelitian.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Kuat Tekan Balok Beton Bertulang

Tabel 2. Desain Balok

Kode Benda Uji	Kuat Tekan (N/mm ²)		Selisih Kuat Tekan Eksperimen dengan Kuat Tekan Teori (N/mm ²)	Persentase Selisih Kuat Tekan Eksperimen dengan Kuat Tekan Teori (%)	Peningkatan(N/mm ²)	Persentase Peningkatan(%)
	Teoritis	Eksperimen				
SL.0%	25	28,79	3,79	15,16	-	-
SL.1%	25	32,22	7,22	28,88	3,43	11,91
SL.3%	25	27,01	2,01	8,04	-1,78	-6,18

Hasil tersebut menunjukkan bahwa penambahan serat sebanyak 1% kedalam campuran beton memiliki nilai kuat tekan yang lebih tinggi, dibandingkan penambahan serat ijuk sebanyak 3% ke dalam campuran beton dan dibandingkan dengan beton normal yaitu beton tanpa campuran serat ijuk.

2. Analisis Daya Dukung Teoritis Balok Beton Bertulang

Hasil dan pembahasan analisis daya dukung balok beton bertulang antara perhitungan secara teoritis dan hasil eksperimen sebagai berikut:

a. Momen Retak Pertama (Mcr)

Tabel 3. Perbandingan Momen Retak Pertama

Kode Benda Uji		BL.0%	BL.1%	BL.3%
Momen Retak Pertama (Mcr) (KNm)	Teoritis	3,685	3,896	3,568
	Eksperimen	2,43	6,01	3,76
Selisih Eksperimen Terhadap Teoritis (KNm)		-1,175	2,114	0,192
Persentase Selisih Eksperimen Terhadap Teoritis (%)		-31,89	54,26	5,38
Peningkatan (KNm)		-	3,58	1,33
Persentase Peningkatan (%)		-	147,33	54,53

Nilai hasil pengujian momen retak pertama pada balok beton bertulang berbeda dengan perhitungan secara teori, hal ini dikarenakan retak pertama pada

balok pada saat pengujian berjalan tidak terlihat oleh mata telanjang.

b. Beban Maksimal (Pmaks)

Tabel 4. Perbandingan Momen Retak Pertama

Kode Benda Uji	Beban Maksimal (Pmaks) (KN)		Selisih Pmaks Eksperimen dengan Pmaks Teori (KN)	Persentase Selisih Pmaks Eksperimen dengan Pmaks Teori (%)	Peningkatan(KN)	Persentase Peningkatan(%)
	Teoritis	Eksperimen				
BL.0%	23,61	20,95	-2,66	11,26	-	-
BL.1%	23,79	28,55	4,76	20,01	7,6	36,28
BL.3%	23,50	26,82	3,32	14,13	5,87	28,02

Hasil penelitian dengan menambahkan serat ijuk sebesar 1% dari volume semen pada balok menghasilkan beban yang lebih besar dibandingkan perhitungan secara teori dan lebih besar dari persentase penambahan serat ijuk sebesar 3%, serta lebih besar dari balok kontrol. Balok dengan campuran serat lebih besar dari balok tanpa campuran serat ijuk, nilai beban maksimal pada balok dengan penambahan serat ijuk sebesar 3% memiliki hasil nilai yang lebih besar dari perhitungan perencanaan, akan tetapi untuk balok tanpa serat kurang dari nilai perhitungan secara teori.

c. Momen Maksimal (Mmaks)

Penambahan serat ijuk dapat meningkatkan kuat lentur balok beton bertulang dengan memiliki kekakuan balok terbesar, dan persentase serat ijuk yang lebih baik digunakan sebesar 1% dari volume semen pada adukan beton hal ini dapat dilihat pada Tabel 5 berikut ini:

Tabel 5. Perbandingan Momen Maksimal

Kode Benda Uji	Momen Maksimal (Mmaks) (KNm)		Selisih Mmaks Eksperimen dengan Mmaks Teori (KNm)	Persentase Selisih Mmaks Eksperimen dengan Mmaks Teori (%)	Peningkatan(KNm)	Persentase Peningkatan(%)
	Teoritis	Eksperimen				
BL.0%	15,59	13,87	1,72	11,03	-	-
BL.1%	15,71	18,81	3,1	19,73	4,94	35,62
BL.3%	15,52	17,68	2,16	13,92	3,81	27,47

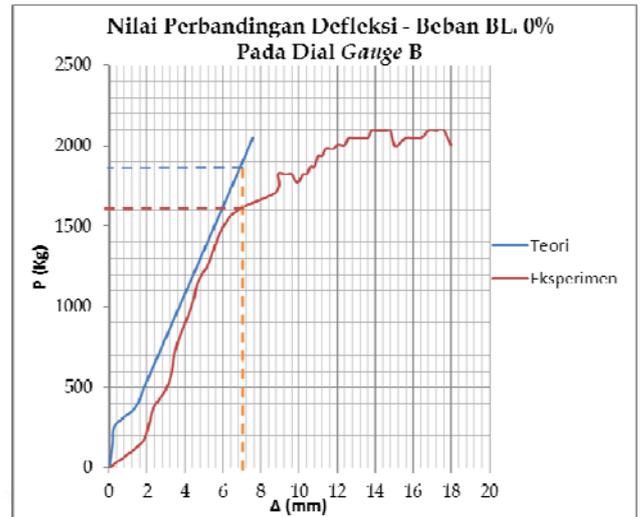
d. Lentutan (Δ)

Tabel 6. Nilai Lentutan

Kode Benda Uji	Lentutan (Δ) (mm)		Selisih Δ Eksperimen dengan Δ Teori (mm)	Persentase Selisih Δ Eksperimen dengan Δ Teori (%)	Penurunan (mm)	Persentase Penurunan (%)
	Teoritis	Eksperimen				
BL.0%	3,44	4,11	-0,67	-19,48	-	-
BL.1%	3,37	1,67	1,7	50,44	2,44	59,37
BL.3%	3,43	2,44	0,99	28,86	1,67	40,63

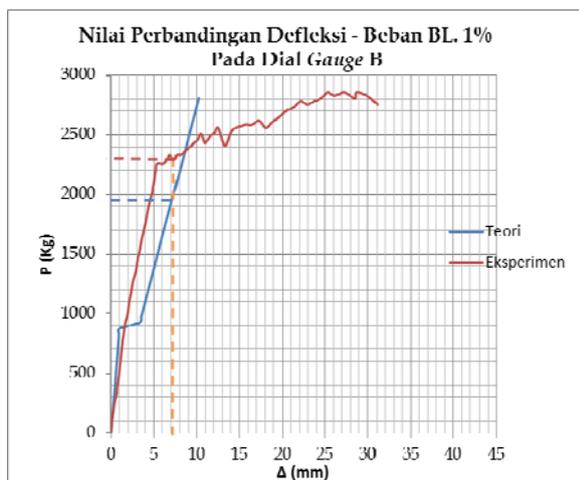
Nilai lentutan (Δ) berdasarkan hasil pengujian dan teoritis memiliki nilai yang berbeda, hal ini terlihat ada Tabel 6 diambil berdasarkan nilai beban yang sama yaitu sebesar 1848,55 Kg yang menunjukkan nilai lentutan secara eksperimen dan teoritis merupakan nilai kekakuan dari balok tersebut, untuk balok BL.0% memiliki nilai lentutan maksimal secara teori sebesar 3,44 mm sedangkan setelah balok diuji mendapatkan nilai lentutan sebesar 4,11 mm yang melebihi nilai keamanan lentutan sebesar 0,67 mm dari yang telah tentukan. Balok BL.1% memiliki kelebihan nilai keamanan lentutan sebesar 1,7 mm dari perhitungan secara teori, hal ini menunjukkan bahwa serat ijuk yang telah dicampurkan pada adukan beton mampu berkontribusi untuk mengurangi lentutan pada balok sehingga balok tersebut lebih aman untuk digunakan, sama halnya balok BL.1% balok dengan campuran serat ijuk sebesar 3% juga mampu mengurangi lentutan pada balok sebesar 0,99 mm akan tetapi nilai ini lebih kecil dibandingkan dengan campuran serat ijuk sebesar 1%.

Grafik perbandingan antara hasil pengujian dan secara teori dapat dilihat pada Gambar 3 sampai Gambar 5 untuk nilai perbandingannya diambil nilai lentutan sesuai SNI 2847-2013 tentang lentutan maksimal, dari perhitungan didapatkan nilai lentutan maksimal dengan $L/240 = 2000/240$ didapatkan nilai lentutan maksimal sebesar 7,08 mm.



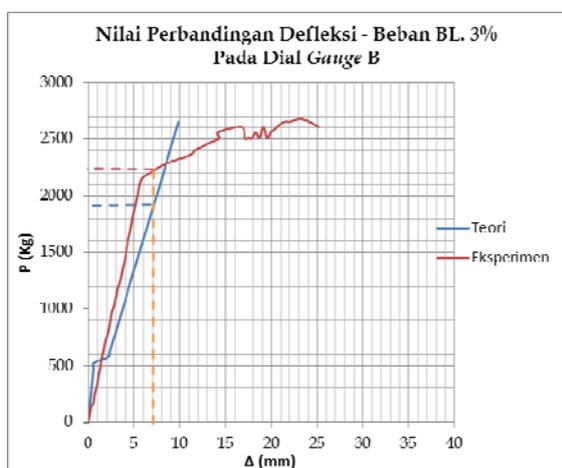
Gambar 3. Kurva Defleksi-Beban BL.0%

Gambar 3 menunjukkan bahwa hasil nilai pengujian (secara eksperimen) pada balok BL.0% membentuk kurva perbandingan antara defleksi dan beban sesuai teori, akan tetapi pada saat dilakukan perhitungan secara teori kurva peralihan antara balok sebelum terjadi retakan dan pada awal terjadi retakan sangat terlihat jelas perbedaannya, hal ini dikarenakan perbedaan nilai inersia pada balok. Balok yang mengalami retakan memiliki nilai yang berbeda pada saat balok kondisi utuh, karena balok mengalami retakan maka nilai inersia menurun dan terjadi peningkatan nilai lentutan yang jauh pada awal terjadinya retakan. Peningkatan beban pada balok selanjutnya menghasilkan peningkatan lentutan, sehingga menghasilkan nilai kurva yang konstan keatas. Grafik tersebut tidak menunjukkan nilai pada saat balok mengalami kerusakan (*spalling*), hal ini dikarenakan keterbatasan pengetahuan untuk melakukan perhitungan nilai *spalling* secara teori, sedangkan untuk secara eksperimen tidak dilakukan pengujian karena keterbatasan alat. Perbandingan kurva tersebut menunjukkan bahwa nilai kurva BL.0% secara teori memiliki nilai kekakuan terbesar dibandingkan hasil secara eksperimen.



Gambar 4. Kurva Defleksi-Beban BL.1%

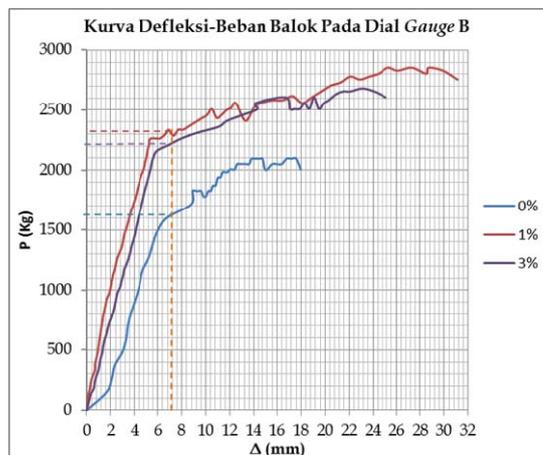
Gambar 4 menunjukkan bahwa hasil nilai pengujian pada balok BL.1% membentuk kurva perbandingan antara defleksi dan beban sesuai teori, akan tetapi pada saat dilakukan perhitungan secara teori kurva peralihan antara balok sebelum terjadi retakan dan pada awal terjadi retakan sangat terlihat jelas perbedaannya, hal ini dikarenakan perbedaan nilai inersia pada balok, sama halnya yang terjadi pada balok dengan kode BL.0%. Perbandingan kurva tersebut menunjukkan bahwa nilai kurva BL.1% secara eksperimen memiliki nilai kekakuan terbesar dibandingkan hasil perhitungan secara teori.



Gambar 5. Kurva Defleksi-Beban BL.3%

Gambar 5 menunjukkan bahwa hasil nilai pengujian pada balok BL.3% membentuk kurva perbandingan antara defleksi dan beban sesuai teori, akan tetapi pada saat dilakukan perhitungan secara teori kurva peralihan antara balok sebelum terjadi retakan dan pada awal terjadi retakan sangat terlihat jelas perbedaannya, hal ini dikarenakan perbedaan nilai inersia pada balok, sama halnya yang terjadi pada balok dengan kode BL.0%. Perbandingan kurva

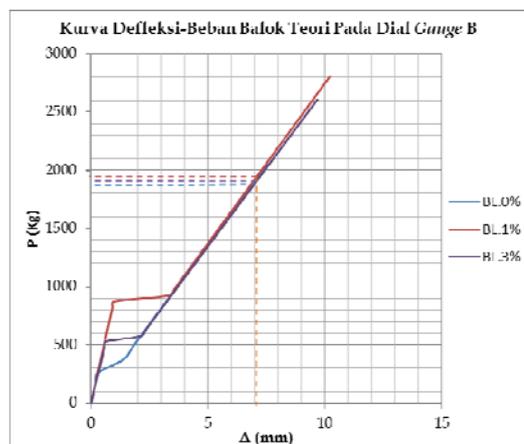
tersebut menunjukkan bahwa nilai kurva BL.3% secara eksperimen memiliki nilai kekakuan terbesar dibandingkan hasil perhitungan secara teori.



Gambar 6. Kurva Defleksi-Beban di Tengah Bentang

Hasil pengujian hubungan antara nilai lendutan dan beban pada Gambar 6 pada balok di dial gauge B (daerah tengah bentang) sesuai SNI 2847-2013 tentang lendutan maksimal sebesar 7,08 mm dengan hasil pembebanan saat pengujian balok BL.0% adalah 1620 Kg, balok BL.1% adalah 2330 Kg, sedangkan balok BL.3% adalah 2220 Kg.

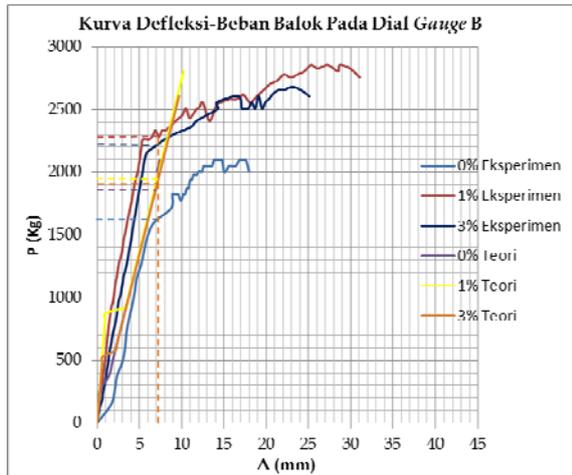
Serat ijuk yang tercampur dengan baik dengan kadar yang tidak terlalu banyak yaitu sebesar 1% menunjukkan kemampuannya untuk mengurangi lendutan yang terjadi dan mampu menahan beban yang lebih besar untuk ditumpu, sedangkan serat ijuk dengan kadar 3% hasilnya dibawah kadar 1% dikarenakan serat yang terlalu banyak sulit bercampur dengan baik karena serat ijuk tersebut tidak dapat tersebar merata dan kemungkinan terjadinya gumpalan serat dalam adukan beton yang dapat mengurangi hasil yang diharapkan.



Gambar 7. Kurva Defleksi- Beban Pada Dial Gauge B Secara Teori

Hasil hubungan antara nilai lendutan dan beban secara teoritis pada Gambar 7 pada balok pada dial *gauge* B sesuai SNI 2847-2013 tentang lendutan maksimal sebesar 7,08 mm dengan prediksi hasil balok BL.0% adalah 1860 Kg, balok BL.1% adalah 1950 Kg, dan balok BL.3% adalah 1910 Kg.

Hasil nilai beban antara balok BL.0%, BL.1% dan BL.3% pada dial *gauge* B di daerah tengah bentang menunjukkan BL.1% memiliki kekakuan paling besar.



Gambar 8. Kurva Defleksi-Beban di Dial *Gauge* B Berdasarkan Nilai Lendutan

Hasil pengujian hubungan antara nilai lendutan dan beban pada Gambar 8 pada balok di dial *gauge* B (tengah bentang) sesuai SNI 2847-2013 tentang lendutan maksimal sebesar 7,08 mm dengan hasil pembebanan saat pengujian balok BL.0% adalah 1620 Kg, balok BL.1% adalah 2330 Kg, sedangkan balok BL.3% adalah 2220 Kg, sedangkan berdasarkan nilai secara teori BL.0% adalah 1860 Kg, balok BL.1% adalah 1950 Kg, dan balok BL.3% adalah 1910 Kg.

Perbandingan antara ketiga grafik secara teori dan eksperimen adalah 1860:1950:1910:1620:2330:2220 adalah 1:1,05:1,03:0,87:1,25:1,19, hasil perbandingan nilai beban antara balok BL.0%, BL.1% dan BL.3% secara teori dan hasil eksperimen menunjukkan bahwa kekakuan terbesar dimiliki oleh balok BL.1% hasil dari nilai eksperimen, karena lendutan sebesar 7,08 mm terjadi pada saat balok uji BL.1% menerima beban sebesar 2330 Kg dengan selisih 25% lebih besar dari BL.0% secara teoritis. Serat ijuk dalam adukan beton mampu bercampur dengan baik dan mampu menambah nilai kuat lentur, karena serat ijuk dengan kadar yang tidak terlalu banyak yaitu sebesar 1% menunjukkan kemampuannya untuk mengurangi lendutan yang terjadi dan mampu menahan beban yang lebih besar untuk ditumpu, sedangkan serat ijuk dengan kadar 3% hasilnya dibawah kadar 1% dikarenakan serat yang terlalu banyak sulit bercampur

dengan baik karena serat ijuk tersebut tidak dapat tersebar merata dan kemungkinan terjadinya gumpalan serat dalam adukan beton yang dapat mengurangi hasil yang diharapkan.

e. Pengaruh Penambahan Serat Ijuk Terhadap Pola Retak



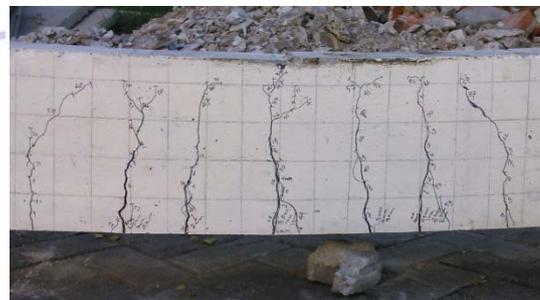
Gambar 9 Pola Retak BL.0% Sisi Barat



Gambar 10 Pola Retak BL.0% Sisi Timur



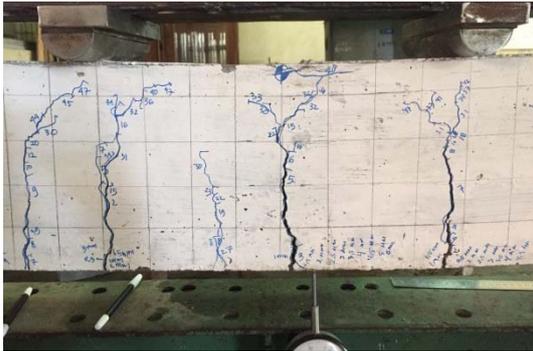
Gambar 11 Pola Retak BL.1% Sisi Barat



Gambar 12 Pola Retak BL.1% Sisi Timur

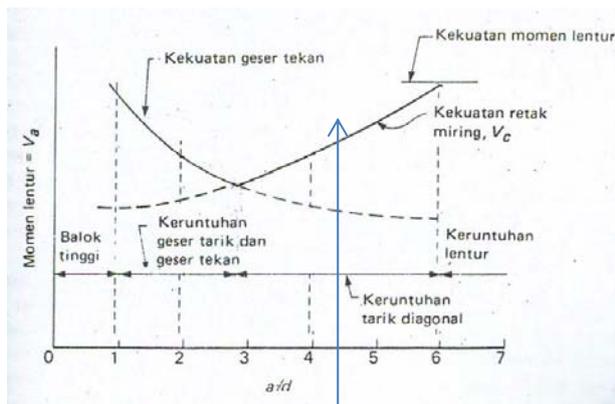


Gambar 13 Pola Retak BL.3% Sisi Barat



Gambar 14. Pola Retak BL.3% Sisi Timur

Pola retak pada balok uji dapat dilihat pada Gambar 9 hingga Gambar 14, retak pertama yang terjadi dimulai dari serat paling bawah disekitar daerah pembebanan yang selanjutnya membentuk retak rambut yang cenderung membentuk garis vertikal seiring dengan penambahan beban pada balok semakin terlihat membentuk retak lentur (*flexural crack*) dengan bertambahnya lebar retak, retakan ini juga terjadi pada daerah tengah bentang dan membentuk garis vertikal, tegak lurus sumbu memanjang balok seperti pola retak lentur.



Gambar 15. Rasio a/d Terhadap Keruntuhan Balok

Sumber : Wang dan Salmon, 1990

Penelitian pada balok BL.0%, BL.1% dan BL.3% menggunakan $a/d = 3,25$, menurut Chu-Kia Wang (1990) menjelaskan bahwa balok pada penelitian termasuk dalam kategori balok biasa

dengan rasio $2,5 < a/d < 6$. Gambar 15 menunjukkan bahwa balok dengan $a/d=3,25$ akan mengalami retak lentur vertikal yang akan disusul retak retak lentur-geser miring, atau dapat diartikan bahwa balok tersebut termasuk kedalam balok dengan kondisi lentur yang tinggi dan geser yang rendah.

Penelitian yang dilakukan dan direncanakan mengalami gagal lentur, sehingga di daerah bentang geser diperkuat dengan tulangan geser dengan jarak 70 cm, yang menunjukkan balok kuat terhadap geser. Hasil penelitian balok uji BL.0%, BL.1% dan BL.3% menghasilkan retakan yang terkonsentrasi di tengah bentang (daerah momen maksimum) dan retakan yang terjadi cenderung membentuk arah vertikal menunjukkan balok mengalami runtuh lentur, bersamaan dengan penjarangan retak maka lebar retak pada bagian bawah pada sisi balok semakin bertambah lebar. Retak yang terjadi pada bagian bawah pada sisi balok menunjukkan bahwa sisi balok pada bagian bawah di tengah bentang tersebut mengalami tegangan tarik yang paling besar. Pengujian ketiga balok tersebut menunjukkan bahwa, perencanaan awal bahwa balok harus mengalami gagal lentur terpenuhi, dibuktikan pada beban maksimal balok tidak mengalami gagal geser.

UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti mengucapkan terimakasih kepada pihak PT. Varia Usaha Beton yang telah memberikan dukungan atapun bantuan dari segi material dan alat demi kelancaran dan kesuksesan peneliti untuk membuat benda uji dalam penelitian pengaruh penambahan serat ijuk terhadap kuat lentur balok beton bertulang.

PENUTUP

Kesimpulan

Berdasarkan hasil pembahasan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

- Peningkatan M_{cr} pada balok BL.1% sebesar 147,33%, dan pada balok BL.3% sebesar 54,53% terhadap balok kontrol BL.0%. Peningkatan ini menunjukkan bahwa balok dengan campuran serat ijuk mampu menahan beban yang lebih besar dibandingkan balok tanpa campuran serat ijuk,

sehingga retak awal terjadi pada balok tersebut pada saat menumpu beban yang lebih besar.

- Peningkatan beban maksimal pada balok dengan campuran serat ijuk BL.1% sebesar 36,28% dan BL.3% sebesar 28,02%, menunjukkan balok mampu menahan beban yang lebih besar.
- Momen maksimal pada pengujian BL.0% mengalami penurunan sebesar 11,03%, BL.1% mengalami peningkatan 19,73%, dan BL.3% mengalami peningkatan 13,92% terhadap nilai momen maksimal teoritis.
- Nilai lendutan secara eksperimen untuk BL.0% memiliki nilai selisih sebesar 0,67 mm, BL.1% sebesar 1,7 mm dan BL.3% sebesar 0,99 mm, terhadap perhitungan secara teori. Hal ini menunjukkan bahwa balok eksperimen lebih aman, sehingga kekakuan balok meningkat
- Retakan yang terjadi pada ketiga balok uji adalah dominan retak lentur.

Berdasarkan kesimpulan di atas dapat ditarik kesimpulan kembali, bahwa BL.1% dan BL.3% dapat meningkatkan kuat lentur dan kekakuan balok dibandingkan balok kontrol BL.0%, sedangkan untuk hasil yang optimum adalah BL.1%.

Saran

1. Perlu adanya penelitian lanjutan masalah penambahan kadar serat ijuk kedalam campuran beton, supaya didapatkan hasil kontribusi serat ijuk yang lebih baik.
2. Penelitian selanjutnya disarankan menambah benda uji dan menggunakan alat uji yang lebih modern, supaya hasil yang diperoleh lebih akurat.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 2002. SNI 03-2847-2002. Tata Cara Penghitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung. Bandung: LPMB Dep. Pekerjaan Umum RI.
- Anonim, 2013. SNI 2847-2013. Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung. Jakarta: BSN.
- Diharjo, K., dan Triyono, T., 2003. Buku Pegangan Kuliah Material Teknik. Surakarta: Universitas Sebelas Maret.
- Hassoun, M. Nadim. And Al-Manaseer, Akthem., 2015. Structural Concrete Theory and Design Six Edition. Canada: John Wiley & Sons, Inc.
- Kartini, R., 2002. Pembuatan Dan Karakterisasi Komposit Polimer Berpenguat Serat Alam. Jurnal Sains Materi Indonesia Volume 3 No. 3, Juni 2002, hal. 30 - 38 ISSN : 1411-1098
- Kusuma, G., 1993. Dasar-dasar Perencanaan Beton Bertulang. Jakarta: Erlangga.
- Lempang, M., 1996. Jenis-jenis kayu untuk

pembangunan kapal kayu tradisional propinsi Sulawesi Selatan. Buletin Penelitian Kehutanan No.2 tahun 1996 hal. 56-76. Balai Penelitian Kehutanan: Ujung Pandang.

- MacGregor, J.G., 1997. Reinforced Concrete: Mechanics and Design 3rd Ed. , Prentice-Hall International, Inc.
- McCormac, J.C., 2004. Desain Beton Bertulang Edisi Kelima. Jakarta: Erlangga.
- Pambudi, W., 2005. Pengaruh Penambahan Serat Ijuk dan Pengurangan Pasir terhadap Beban Lentur dan Berat Jenis Genteng Beton. Skripsi. Semarang.
- Ramadani P. dkk. 2008. Pengenalan Jenis-Jenis Pohon Yang Umum di Sulawesi. Palu: UNTAD Press.
- Sarjono P.W. dan Wahjono A., 2008. Pengaruh Penambahan Serat Ijuk Pada Kuat Tarik Campuran Semen-Pasir Dan Kemungkinan Aplikasinya. Yogyakarta: Universitas Atma Jaya Yogyakarta.
- Soeseno, S., 1991. Bertanam Aren. Jakarta: PT. Penebar Swadaya.
- Sitohang, Y. N., 2013. Analisa Lentur dan Eksperimental Penambahan Serat Ijuk Aren (arenae pinnafe merr) Pada Daerah Tarik Balok Beton Bertulang. Skripsi. Medan: Universitas Sumatera Utara.
- Slamet, S., 1994. Pemanfaatan serat Ijuk. Jurnal Penelitian Pemukiman No 3 – 4: Bandung.
- Sukirman, S., 2003. Beton Aspal Campuran Panas. Jakarta : Granit.
- Tjokrodinuljo K., 1996. Teknologi Beton. Yogyakarta: Nafiri.
- Tjokrodinuljo K., 2007. Teknologi Beton. Yogyakarta: Teknik Sipil Universitas Gadjah Mada.
- Wang, C. dan Salmon, C. G., 1990. Desain Beton Bertulang Edisi Keempat. Jakarta: Erlangga.
- Wahyuni, N., 2010. Pemanfaatan Serat Ijuk Pendek Dalam Pembuatan Beton Ringan Terhadap Sifat mekaniknya. Skripsi. Medan: Universitas Sumatera Utara.