

JURNAL REKAYASA TEKNIK SIPIL

REKATS



UNESA

Universitas Negeri Surabaya



JURNAL ILMIAH TEKNIK SIPIL	VOLUME: 01	NOMER: 01	HALAMAN: 256- 265	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 ½ 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
<i>PENGARUH PENAMBAHAN SERAT IJUK DALAM PEMBUATAN BALOK BETON BERTULANG BERDASARKAN UJI KUAT GESER</i> <i>Dennes Yuni Puspita, Bambang Sabariman,</i>	256 - 265

PENGARUH PENAMBAHAN SERAT IJUK DALAM PEMBUATAN BALOK BETON BERTULANG BERDASARKAN UJI KUAT GESER

Dennes Yuni Puspita

Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
dennes.yuni.p@gmail.com

Drs. Bambang Sabariman, ST., MT.

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

Abstrak

Beton bertulang memerlukan penambahan serat dalam adukan beton untuk meningkatkan kuat tarik beton. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa dengan penambahan serat ijuk ke dalam campuran beton mampu meningkatkan karakteristik beton secara signifikan. Penelitian ini membuat benda uji 3 buah balok beton bertulang, dimana 1 buah merupakan beton bertulang normal (tanpa penambahan serat) dan yang lain merupakan balok beton bertulang dengan penambahan serat ijuk aren sebesar 1% dan 3%. Pengujian yang dilakukan terdiri dari uji kuat tekan dan uji kuat geser.

Pengaruh penambahan serat ijuk dalam pembuatan balok beton bertulang berdasarkan uji kuat geser dibuat benda uji balok beton bertulang dengan mutu beton normal $f_c = 25$ MPa menggunakan acuan Standar Nasional Indonesia (SNI- 2843), sedangkan baja tulangan menggunakan D10 untuk tulangan utama dan $\varnothing 8$ untuk tulangan geser. Balok beton berukuran 125x 230x2000 mm yang meliputi Balok Geser 0% (BG.0%), Balok Geser 1% (BG.1%) dan Balok Geser 3% (BG.3%).

Rasio pembebanan $a/d=2$ menurut Chu-Kia Wang berada pada daerah lentur-geser dengan ketentuan $1 < a/d \leq 2,5$ termasuk dalam kategori balok pendek, akan tetapi direncanakan retak geser saja, sehingga di daerah bentang geser digunakan tulangan geser (sengkang) dengan jarak 90 cm menjadikan $\varnothing V_n > V_u$. Balok pendek memiliki kekuatan geser yang melebihi kekuatan tarik miring, setelah retak lentur-geser terjadi, retak merambat lebih jauh kedalam daerah tekan dengan naiknya beban.

Hasil pengujian kuat tekan beton diperoleh $f_c = 28,39$ MPa untuk campuran balok tanpa serat, $f_c = 30,81$ MPa untuk campuran balok dengan kadar serat ijuk 1% dan $f_c = 26,71$ MPa untuk campuran balok dengan kadar serat ijuk 3%, sedangkan mutu baja tulangan D10 adalah $f_y = 411$ MPa dan mutu baja tulangan $\varnothing 6$ adalah $f_y = 306$ MPa. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dengan adanya penambahan serat ijuk berpengaruh terhadap kuat tarik beton yang mengakibatkan lendutan pada beban yang sama, pada balok uji BG 1% lebih besar dibanding BG.0% dan BG.3% menurunkan kuat tarik beton.

Kata Kunci : Beton bertulang, Balok berserat, Kuat geser.

Abstract

Reinforced concrete require fiber in the mix of concrete to increase the tensile strenght of concrete. There are a lot of researches that the addition of fibers to the mix of concrete increase concrete characteristics significantly. This study used three reinforced concrete beams, which one of piece is normal (without the addition of fiber) and the others use addition of sugar palm of fiber 1% and 3%. This study consist of compressive strength and shear strength.

The Effect of additionl palm fibers based on the the test specimen beams made of reinforced concrete with normal concrete quality $f_c = 25$ MPa using a reference to the Indonesian National Standard (SNI 2843), while the reinforcing steel using the D10 to the main reinforcement and $\varnothing 8$ to shear. Concrete beams measuring 125x 230x2000 mm covering beam Scroll to 0% (BG.0%), beam Slide 1% (BG.1%) and beam Slide 3% (BG.3%).

The ratio of load $a/d = 2$ by Chu Kia Wang was in the region bending-shear $1 < a/d \leq 2,5$, included in the short beam category, but planned shear crack only, so in the area of used shear span shear reinforcement (stirrups) with a distance of 90 cm make $\varnothing V_n > V_u$. Short beam has shear strength more than tensile strength tilted, after bending-shear crack occured, the crack propagates further into the press area with increasing load.

The result showed that compressive strength of beams without fiber was $f_c = 28,39$ MPa, beams with additional of fiber by 1% was $f_c = 30,81$ and $f_c = 26,71$ for beams with additional fiber by 3%, while the quality of reinforcement steel D10 was $f_y = 411$ MPa and the quality of steel reinforcement $\varnothing 6$ was $f_y = 306$ MPa. The addition of palm fiber was effect the tensile strength of concrete, which results in the same load, deflection at beam test with palm fiber content of 1% greater than the beam without the fiber and the fibers 3%.

Keywords : Reinforced concrete, Fiber concrete, Shear strenght.

PENDAHULUAN

Pada dasarnya balok beton bertulang merupakan gabungan dari dua jenis bahan/ material yaitu beton polos dan tulangan baja. Beton polos merupakan bahan yang memiliki kekuatan tekan yang tinggi, akan tetapi memiliki kekuatan tarik yang rendah. Maka dari itu dilakukan penambahan serat ijuk yang dapat meningkatkan kekuatan tarik dan untuk menahan gaya tarik yang cukup besar pada serat-serat balok bagian tepi bawah tetap diberi baja tulangan sehingga disebut dengan balok beton bertulang (Sanggpramana, 2010). Kuat tekan beton diberi notasi f_c' dengan satuan N/mm^2 atau MPa, yaitu kuat tekan silinder beton yang disyaratkan pada umur 28 hari yang nilainya berkisar antara kurang lebih 10 MPa sampai 65 MPa. Suatu balok beton bertulang sederhana (simple beam), menahan beban yang mengakibatkan timbulnya momen lentur, maka akan terjadi deformasi lentur didalam balok tersebut. Dengan adanya kelebihan masing-masing elemen tersebut, maka konfigurasi antara beton dan tulangan baja diharapkan dapat saling bekerjasama dalam struktur tersebut, dimana gaya tekan ditahan oleh beton, sedangkan gaya tarik ditahan oleh tulangan baja dan serat ijuk.

Serat ijuk adalah berupa helaian benang (serat) berwarna hitam, berdiameter kurang dari 0,5 mm, bersifat kaku dan ulet (tidak mudah putus) yang dihasilkan oleh pohon aren (Wahyudi, 2014). Perkembangan teknologi memungkinkan perluasan pemanfaatan serat ijuk, diantaranya sebagai pengisi bahan bangunan. Ijuk bersifat lentur dan tidak mudah rapuh, sangat tahan terhadap genangan asam termasuk genangan air laut yang mengandung garam. Dengan karakteristik ijuk seperti ini maka diharapkan dapat memperbaiki sifat kurang baik beton yang lemah terhadap tarik. Menurut Wiryawan Sarjono dan Agt. Wahjono (2008) dalam penelitian yang berjudul Pengaruh Penambahan Serat Ijuk Pada Kuat Tarik Campuran Semen-Pasir Dan Kemungkinan Aplikasinya Penambahan serat dalam adukan beton terbukti mampu meningkatkan kuat tarik beton.

Untuk keperluan non struktur, secara terbatas material serat dapat digunakan dari bahan-bahan alami. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan serat ijuk pada adukan semen-pasir terhadap peningkatan kuat tarik belah, desak dan *impact resistance*-nya. Benda uji yang digunakan dalam penelitian ini, untuk masing-masing jenis adukan berupa 5 silinder uji tekan, 5 silinder uji tarik belah dan 3 benda uji *impact*. Perbandingan (volume) adukan adalah 1 : 11 (semen : pasir) sedang serat ijuk yang digunakan dengan panjang 2,5 cm. Penambahan serat ijuk masing-masing

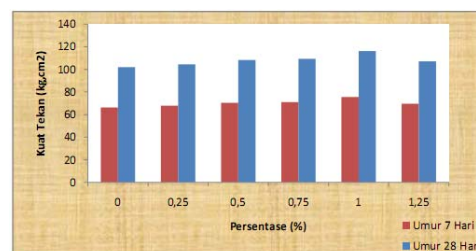
jenis adukan sebanyak (1–5)% dari berat semen. Kode yang digunakan pada benda uji adalah BI-0 untuk adukan tanpa ijuk, BI-1 untuk adukan dengan ijuk 1%, BI-2 untuk adukan dengan ijuk 2%, BI-3 untuk adukan dengan ijuk 3%, BI-4 untuk adukan dengan ijuk 4% dan BI-5 untuk adukan dengan ijuk 5%. Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa penambahan serat ijuk sebanyak (1 – 5)% didapat presentase tertinggi 4% yaitu 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 %.

Tabel 1 : Komposisi Kandungan Unsur Kimia Pada Serat Ijuk

Kandungan Unsur Kimiawi	Komposisi (%)
Selulosa	51,54
Hemiselulosa	15,88
Lignin	43,09
Air	8,9
Abu	2,54

(Sumber: Anton Ariyanto dan Bambang Edison, 2014)

Menurut Anton Ariyanto dan Bambang Edison, 2014 dalam penelitian yang berjudul penggunaan ijuk dan sabut kelapa terhadap kuat tekan pada beton K-100 didapat pengujian rata-rata kuat tekan beton pada umur 7 hari yaitu Beton normal sebesar 15 ton atau 66,67 Kg/cm^2 , penambahan 0,25 % ijuk dan sabut kelapa menghasilkan kuat tekan beton rata-rata sebesar 15,27 ton atau 67,87 Kg/cm^2 , penambahan 0,5 % ijuk dan sabut kelapa sebesar 15,83 atau 70,36 Kg/cm^2 , penambahan 0,75 % ijuk dan sabut kelapa sebesar 16 ton atau 70,36 Kg/cm^2 , penambahan 1 % ijuk dan sabut kelapa sebesar 17 ton atau 75,56 Kg/cm^2 , penambahan 1,25% ijuk dan sabut kelapa sebesar 15,67 ton atau 69,64 Kg/cm^2 .



Gambar 1 : Diagram Kuat Tekan Beton (Sumber: Anton Ariyanto, Bambang Edison, 2014)

Kuat tekan beton yang tertinggi pada umur rencana 7 hari terdapat pada beton yang menggunakan campuran ijuk dan sabut kelapa 1% yaitu sebesar 75,56 Kg/Cm². Sedangkan kuat tekan beton yang terendah terdapat pada beton yang menggunakan campuran ijuk dan sabut kelapa 0% yaitu sebesar 66,67 Kg/Cm². Hasil ini menunjukkan bahwa dengan penambahan ijuk dan sabut kelapa sebagai agregat halus mengalami peningkatan dari 0%, 0,25%, 0,75%, 1% sedangkan setelah melebihi 1% nilai kuat tekan mengalami penurunan. Penurunan nilai kuat tekan tersebut diakibatkan oleh semakin banyaknya serat yang dimasukkan kedalam adukan beton maka akan mengurangi volume beton yang seharusnya diisi oleh pasta semen. Selain itu kemungkinan penyebabnya ada pada faktor pembuatan benda uji, yaitu tidak meratanya serat ijuk dan sabut kelapa yang dicampurkan yang terlihat dari bongkahan kubus beton sisa pengujian yang dipecah. Peneliti ini memberikan serat ijuk dalam beton sebagai bahan penambah terhadap berat agregat halus.

Dalam beberapa tahun terakhir ini, penggunaan serat alami sebagai campuran dalam beton sudah semakin meluas. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa dengan penambahan serat ke dalam beton konvensional mampu meningkatkan karakteristik beton secara signifikan. Penelitian ini dilakukan pada 2 buah balok beton bertulang, dimana 1 buah merupakan beton bertulang normal (tanpa penambahan serat) dan yang lain merupakan balok beton bertulang dengan penambahan serat ijuk aren sebesar 2% dari volume semen di daerah tarik balok beton bertulang (di bagian bawah). Pengujian yang dilakukan berupa pengujian lentur dan pengujian regangan. Dari hasil pengujian diperoleh bahwa dengan menambahkan serat ijuk aren pada beton dapat meningkatkan kuat tekan beton sebesar 34,958%, meningkatkan kuat tarik belah sebesar 31,814%, mengurangi lendutan sebesar 13,308%, meningkatkan kapasitas lentur balok beton bertulang sebesar 12,295% (Yessica Sihotang dan Besman Surbakti, 2014) dalam jurnal penelitiannya yang berjudul "Analisa Lentur Dan Eksperimental Penambahan Serat Ijuk Aren (Arenae Pinnafa Merr) Pada Daerah Tarik Balok Beton Bertulang".

Pengembangan penelitian ini dilakukan untuk mengetahui perilaku penambahan serat ijuk pada badan balok terhadap kapasitas lentur dan geser beton dengan dua beban terpusat. Diharapkan dari penelitian ini dihasilkan kerusakan geser pada balok akan tetapi tidak mengurangi kekuatan lentur balok. Berdasarkan penelitian diatas serat ijuk yang digunakan untuk campuran sebesar 1% dan 3% dari volume semen dan balok beton tanpa campuran serat ijuk sebagai pembanding dengan panjang serat 6 cm dan ukuran

dimensi balok beton bertulang 200x12,5x23 cm. Dengan penjelasan diatas maka diadakan penelitian tentang "Pengaruh Penambahan Serat Ijuk Dalam Pembuatan Balok Beton Bertulang Berdasarkan Uji Kuat Geser".

METODE

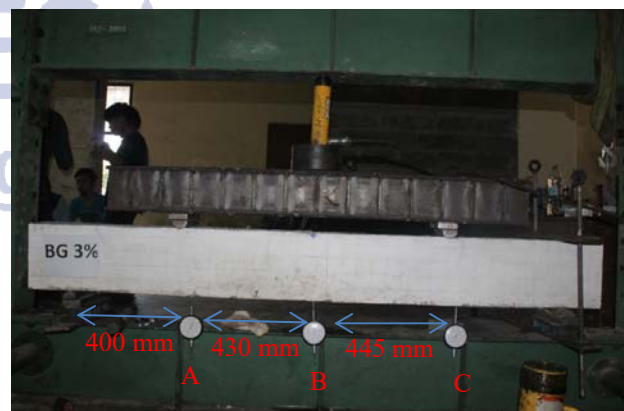
Penelitian ini merupakan eksperimen yang menguji serat ijuk terhadap kuat geser balok beton bertulang. Data diperoleh melalui pengujian kuat tekan dan kuat geser balok beton bertulang. Data komposisi bahan pembuatan balok beton bertulang antara lain: data kuat geser hasil eksperimen dan data-data lainnya yang mendukung dalam penelitian ini. Penelitian ini merupakan penelitian laboratorium sehingga semua aktivitas dilakukan di Laboratorium Beton, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya Jl. Ketintang Surabaya. Sedangkan saat pengecoran lokasi pelaksanaan pada PT. Varia Usaha Beton.

Dalam penelitian ini benda uji yang dibuat berupa balok beton bertulang dengan ukuran 200cm x 12,5cm x 23cm dengan jumlah sesuai Tabel 3.1.

Tabel 2 : Jumlah Benda Uji

No.	Kadar Serat Ijuk	Jumlah Benda Uji Geser
1.	0%	1 Buah
2.	1%	1 Buah
3.	3%	1 Buah
Jumlah		3 Buah

Dalam penelitian ini akan dibuat 3 jenis adukan dengan perbandingan kadar serat ijuk dalam pembuatan balok beton bertulang.



Gambar 2 : Set Up Pengujian Pada Laboratorium Beton
Sumber: Hasil Penelitian

Pelaksanaan pengujian benda uji balok beton bertulang adalah sebagai berikut:

- a. Benda uji diangkat dan diletakkan pada tumpuan berupa sendi dan rol pada kerangka alat. Tumpuan

benda uji terletak 15,0 cm dari sisi kanan dan kiri bagian bawah benda uji.

- b. Benda uji yang sudah terpasang dibebani dengan beban titik di dua tempat. Beban dua titik ini berupa seperangkat *hydraulic jack* yang sudah dipasang manometer yang berfungsi untuk mengetahui beban P dan diletakkan tepat ditengah-tengah baja kanal yang bawahnya diberi tumpuan yang berupa besi pejal. Manometer yang terpasang pada *hydraulic jack* mempunyai ukuran tekanan dengan satuan kg/cm^2 .
- c. Kemudian memasang *mechanical dial gage* pada bagian bawah benda uji yang berfungsi untuk membaca seberapa besar lendutan yang akan terjadi. *Mechanical dial gage* yang digunakan mempunyai ketelitian 0,01 mm dengan penurunan sebesar 1 cm.
- d. Bila pemasangan alat sudah siap selanjutnya dilakukan tahap pengujian. Pengujian dilakukan dengan cara memompa *hidraulik jack* dengan kelipatan beban yang tetap. Kelipatan beban yang terjadi dibaca lewat manometer. *Hydraulic jack* yang dipompa, bagian ujung *hidraulik jack* akan menekan plat yang ada pada kerangka profil canal bagian atas dan secara otomatis bagian pangkal *hidraulik jack* menekan baja kanal yang diberi 2 tumpuan besi pejal sebagai beban 2 titik. Setiap kali penambahan beban dilakukan, maka *mechanical dial gage* akan berputar dan membaca lendutan yang terjadi. Pencatatan beban dan lendutan dilakukan pada saat penambahan beban dengan kelipatan tertentu. Selain melakukan pencatatan beban dan lendutan setiap penambahan beban dilakukan pengamatan pada benda uji apakah terjadi retakan atau tidak. Penambahan beban dilakukan sampai benda uji retak dan beban yang ada pada manometer tidak mau naik lagi. Pada saat benda uji retak secara otomatis beban akan turun dan lendutan akan naik pada nilai tertentu dan ini dicatat sebagai data terakhir.

Pembacaan yang dilakukan pada pengujian adalah data beban yang diberikan setiap kenaikan 100 kg. Beban saat retak awal balok, beban saat retak diagonal/geser terjadi, beban saat kondisi ultimit tercapai, serta displacemen pada titik beban (tepi atas dan tepi bawah balok). Pengamatan yang dilakukan adalah pola retak yang terjadi mulai retak awal, retak diagonal sampai beban pasca retak balok (retak miring / kedua).

Peralatan pengujian yang digunakan antara lain; loading frame, hydraulic jack, load. yang dilengkapi dengan Load Indikator dengan ketelitian pembacaan mulai 100 kg, *dial gauge*. Bila pemasangan alat sudah siap selanjutnya dilakukan tahap pengujian. Pengujian dilakukan dengan cara memompa *hidraulik jack* dengan

kelipatan beban yang tetap. Kelipatan beban yang terjadi dibaca lewat manometer.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Hasil Penelitian

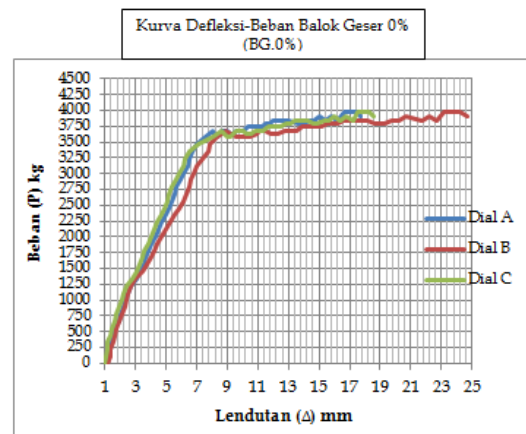
Penelitian ini dilakukan dengan berbagai tahap, seperti yang telah dijabarkan dalam tahap-tahap penelitian. Kuat tekan silinder beton dengan ukuran $\varnothing 150 \text{ mm}$ dan tinggi 300 mm diperoleh hasil sebagai berikut:

Tabel 3 : Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

Kode	Sampel	Kuat Tekan Hasil Pengujian (MPa)	Kuat Tekan Rata-Rata (MPa)	Slump Test (cm)
BG.0%	Sampel 1	26,83	28,39	9
	Sampel 2	29,02		
	Sampel 3	29,33		
BG.1%	Sampel 1	30,78	30,81	10
	Sampel 2	31,01		
	Sampel 3	30,64		
BG.3%	Sampel 1	25,31	26,71	12
	Sampel 2	27,02		
	Sampel 3	27,81		

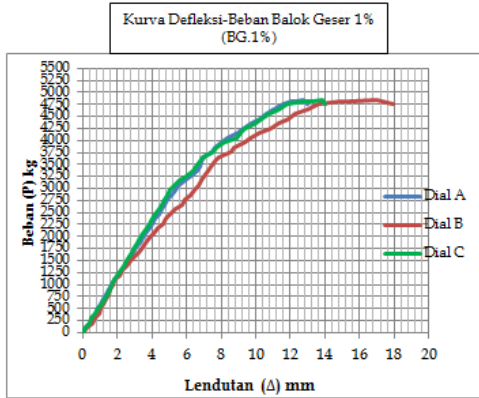
Sumber: Hasil Penelitian

Hasil pengujian dari 9 silinder diperoleh kuat tekan beton rata-rata ($f'c$) 28,64 MPa. Nilai dari masing-masing pengujian tidak sama, hal itu dikarenakan pada saat pengecoran tidak dalam satu adukan. Namun hasil pengujian tersebut relatif sama dengan kuat tekan beton yang telah direncanakan sebesar $f'c$ 25 MPa. Berdasarkan hasil pengujian kuat tekan beton dan beban geser, penelitian ini menggunakan analisa daya dukung kekuatan teoritis balok untuk mengetahui hasil kekuatan momen retak awal (M_{cr}), Momen penampang (M_n), Beban Maksimal (P_u) dan Lendutan (Δ), maka hasil pengujian pada tiap balok didapatkan grafik sebagai berikut:

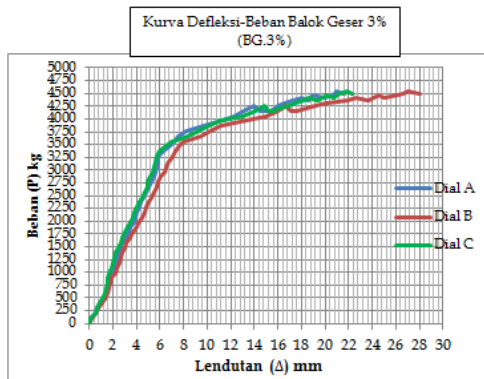


Gambar 3 : Kurva Defleksi-Beban BG.0%

Sumber: Hasil Eksperimen

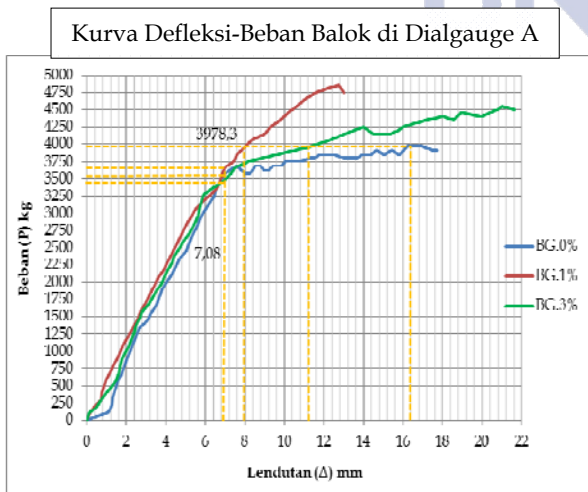


Gambar 4 : Kurva Defleksi-Beban BG.1%
Sumber: Hasil Eksperimen

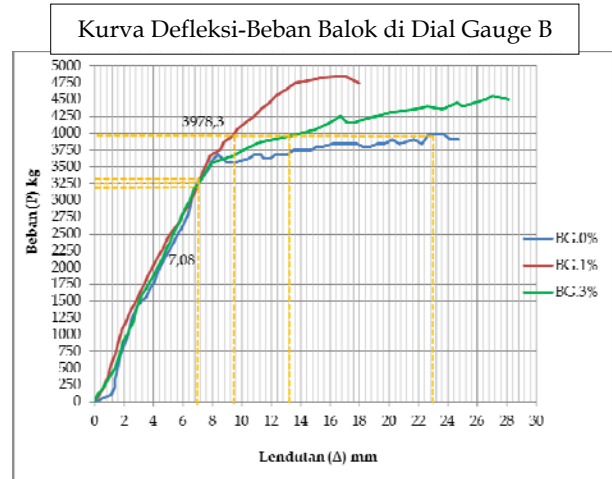


Gambar 5 : Kurva Defleksi-Beban BG.3%
Sumber: Hasil Eksperimen

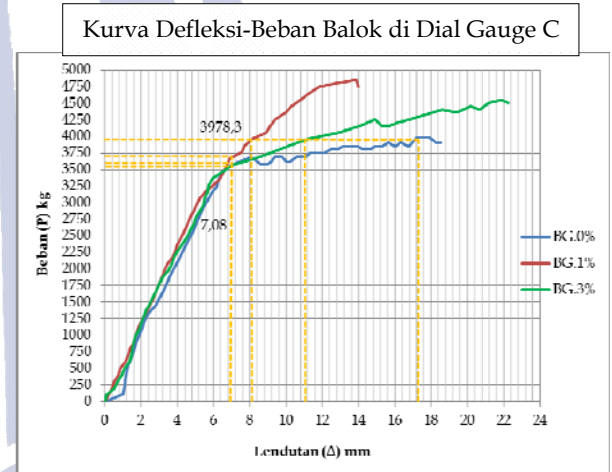
Maka didapatkan balok uji BG.1% memiliki nilai lendutan yang paling kecil dibanding balok uji BG.0% dan BG.3%. Saat balok mengalami runtuh, balok uji BG.1% dapat menerima nilai beban yang paling besar, hal tersebut dikarenakan serat ijuk yang terkandung dalam campuran beton mampu menambah kuat tarik sehingga balok uji mengalami lendutan hanya sedikit saja. Berikut nilai beban dan lendutan maksimum 3 balok tersebut dalam 1 grafik:



Gambar 6 : Kurva Defleksi-Beban Balok di Dial A
($\frac{1}{4}$ bentang)
Sumber: Hasil Eksperimen



Gambar 7 : Kurva Defleksi-Beban Balok di Dial B
($\frac{1}{2}$ bentang)
Sumber: Hasil Eksperimen

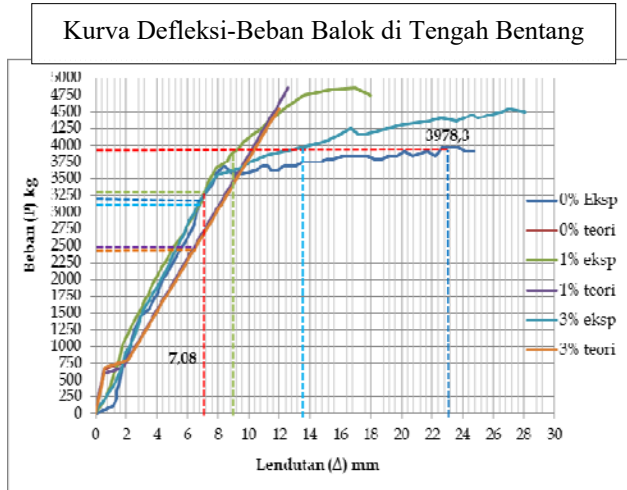


Gambar 8 : Kurva Defleksi-Beban Balok di Dial C
($\frac{3}{4}$ bentang)
Sumber: Hasil Eksperimen

Dari ketiga Gambar 6, 7 dan 8 pada lendutan yang sama yang mampu menerima dengan beban terbesar adalah BG.1%, dikarenakan kekakuan balok berserat 1% di tengah bentang mengalami peningkatan beban 2,1% dibandingkan balok tanpa serat, juga balok berserat 1% di tengah bentang, mengalami peningkatan beban 4% dibandingkan balok berserat 3% hal tersebut dapat disimpulkan bahwa balok berserat 1% dibadan daerah momen maksimal mempengaruhi kekakuan balok. Beban maksimal BG.1% juga lebih besar dibanding BG.0% dan BG.3%. Sedangkan pada nilai beban yang sama yang mampu menerima dengan beban besar dan hanya mengalami lendutan terkecil adalah BG.1%, dikarenakan juga kekakuan balok berserat 1% di tengah bentang lebih besar dan mengalami lendutan lebih kecil 58,4%, dibandingkan balok tanpa serat dan balok berserat 1% di tengah bentang mengalami lendutan lebih kecil 16,2% dibandingkan balok berserat 3%, hal tersebut dapat disimpulkan bahwa balok berserat 1% dibadan daerah momen maksimal mempengaruhi kekakuan balok

dibanding dengan balok 0% dan balok berserat 3%. Terbukti bahwa campuran beton dengan penambahan serat ijuk 1% dari volume semen maka dapat menambah kekakuan balok berdasarkan uji kuat geser.

Berikut adalah nilai beban dan lendutan maksimum secara teori dan eksperimen:

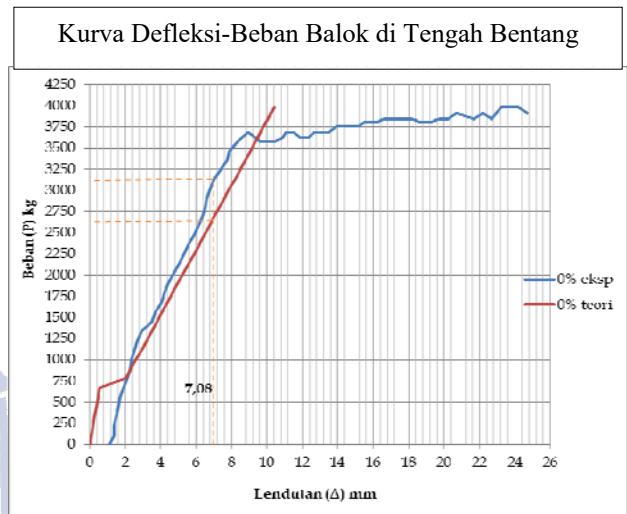


Gambar 9: Perbandingan Kurva Defleksi-Beban Balok di ½ Bentang
Sumber: Hasil Eksperimen

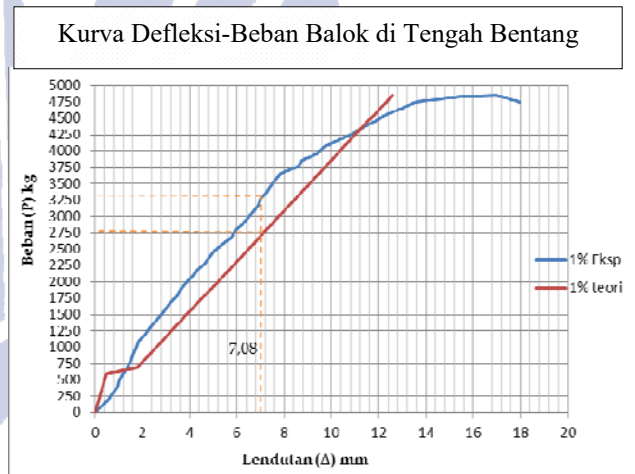
Berdasarkan pada Gambar 9 menunjukkan hasil pengujian hubungan antara lendutan dan beban di ½ bentang pada balok eksperimen dan teori dengan hasil beban balok eksp.0% pada lendutan berdasarkan SNI 2847 : 2013 sebesar $\Delta = \frac{L}{240} = 7,08 \text{ mm}$ adalah 3017,5Kg, beban balok 0% teori pada lendutan 7,08 mm adalah 2661 Kg. Beban balok eksperimen 1% pada lendutan 7,08 mm adalah 3313,5 Kg, beban balok 1% teori pada lendutan 7,08 mm adalah 2700 Kg. Beban balok eksperimen 3% pada lendutan 7,08 mm adalah 3250 Kg, beban balok 3% teori pada lendutan 7,08 mm adalah 2500Kg. Dari ketiga balok (BG.0%, BG.1%, BG.3%) berdasarkan eksperimen dan teori pada lendutan yang sama di ½ bentang yaitu pada lendutan 7,08 mm yang mampu menerima dengan beban terbesar adalah balok BG.1% berdasarkan hasil eksperimen.

Sedangkan hubungan antara lendutan dan beban di ½ bentang pada balok eksp. dan teori dengan hasil beban yang sama yaitu diambil dari pmaks BG.0% berdasarkan eksperimen karena itu adalah P terkecil. Maka pada beban 3978,3 Kg didapat lendutan pada balok eksp.0% sebesar 22,70 mm. Pada beban 3978,3 Kg didapat lendutan balok eksp.1% sebesar 9,40 mm. Pada beban 3978,3 Kg didapat lendutan balok eksp.3% sebesar 13,5 mm. Dari ketiga balok (0%, 1%, 3%) berdasarkan eksperimen dan teori pada beban yang sama didapatkan P maka pada beban 3978,3 Kg yang mampu menerima dengan lendutan terkecil adalah balok BG.1% berdasarkan eksperimen.

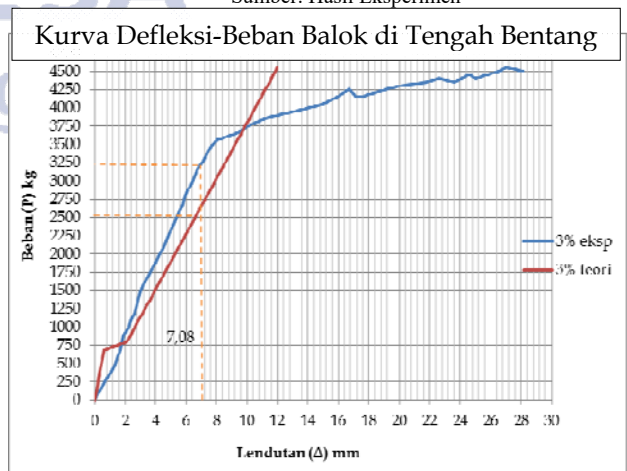
Berikut adalah kurva defleksi-beban balok antara hasil eksperimen dan teori dari masing-masing jenis balok:



Gambar 10: Perbandingan Kurva Defleksi-Beban Balok 0% di Tengah Bentang
Sumber: Hasil Eksperimen



Gambar 11: Perbandingan Kurva Defleksi-Beban Balok 1% di Tengah Bentang
Sumber: Hasil Eksperimen



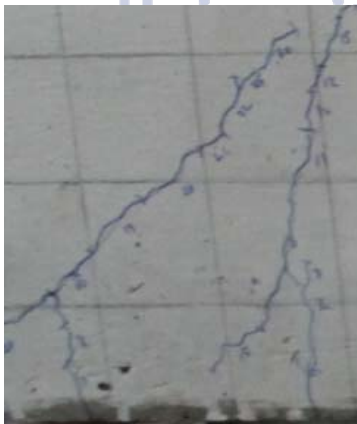
Gambar 12: Perbandingan Kurva Defleksi-Beban Balok 3% di Tengah Bentang
Sumber: Hasil Eksperimen

Pada Gambar 10 saat diambil nilai beban pada lendutan yang sama berdasarkan SNI 2847 : 2013 sebesar $\Delta = \frac{L}{240} = 7,08 \text{ mm}$ didapat balok 0% eksperimen yang mampu menerima beban lebih besar yaitu 3017,5 kg daripada balok 0% teori yang hanya mampu menerima beban sebesar 2661 kg. Saat diambil nilai beban yang sama yaitu 3978,3 kg berdasarkan pmaks eksperimen menunjukkan nilai lendutan yang paling kecil adalah pada balok 0% teori.

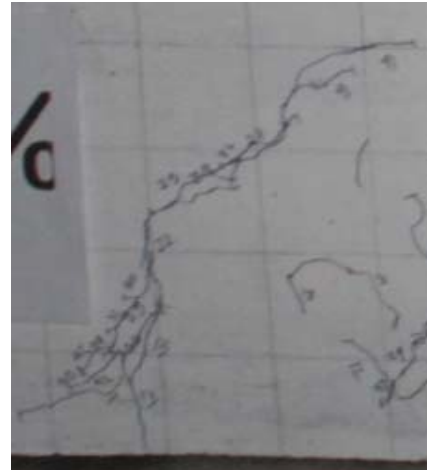
Pada Gambar 11 saat diambil nilai beban dengan lendutan yang sama berdasarkan SNI 2847 : 2013 sebesar $\Delta = \frac{L}{240} = 7,08 \text{ mm}$ didapat balok 1% eksperimen yang mampu menerima beban lebih besar yaitu 3313,5 kg daripada balok 1% teori yang hanya mampu menerima beban sebesar 2700 kg. Saat diambil nilai beban yang sama yaitu 4851 kg berdasarkan pmaks eksperimen menunjukkan nilai lendutan terkecil adalah balok 1% teori. Pada Gambar 12 saat diambil nilai beban pada lendutan yang sama berdasarkan SNI 2847 : 2013 sebesar $\Delta = \frac{L}{240} = 7,08 \text{ mm}$ didapat balok 3% eksperimen yang mampu menerima beban lebih besar yaitu 3250 kg daripada balok 3% teori yang hanya mampu menerima beban sebesar 2500 kg. Saat diambil nilai beban yang sama yaitu 4257 kg berdasarkan pmaks eksperimen menunjukkan nilai lendutan terkecil adalah balok 3% teori.

Maka dapat disimpulkan bahwa hasil balok eksperimen 0%, 1% dan 3% pada tengah bentang lebih kaku daripada balok teori 0%, 1% dan 3% berdasarkan lendutan yang sama berdasarkan SNI 2847 : 2013 L/240 di 7,08 mm balok eksperimen yang lebih kecil nilai lendutannya. Hal tersebut adalah karena kandungan serat dalam balok eksperimen mampu menambah kekakuan balok dibanding balok teori.

Hasil Pola Retak yang Terjadi



Gambar 13: Retak Pertama Geser BG.0%
Sumber: Hasil Eksperimen



Gambar 14: Retak Pertama Geser BG.1%
Sumber: Hasil Eksperimen



Gambar 15: Retak Pertama Geser BG.0%
Sumber: Hasil Eksperimen

2. Pembahasan

Berdasarkan hasil pengujian kuat tekan beton dan beban geser, maka secara analisis dapat dijabarkan keruntuhan balok beton bertulang pada perbandingan teoritis dengan eksperimen.

Tabel 4: Hasil Eksperimen dengan Teoritis

Benda Uji	Momen Retak Pertama (Mcr) (kNm)		Beban Maksimal (P) (kN)		Momen Maksimal (Mmax) (kNm)		Lendutan (Δ) (mm)	
	Teoritis	Eksperimen	Teoritis	Eksperimen	Teoritis	Eksperimen	Teoritis	Eksperimen
BG.0 %	1,2	3,3	38	39,8	16	16,9	1,6	24,1
BG.1 %	1,2	2,94	38	48,5	16	20,6	1,6	18
BG.3 %	1,2	3,37	38	42,6	16	18,1	1,7	28,1

Sumber: Hasil Penelitian

Adapun analisa pembahasannya sebagai berikut:

1. Momen Retak Pertama (M_{cr})

Momen retak pertama (M_{cr}) berdasarkan hasil pengujian di lab. dan teoritis memiliki nilai yang berbeda. Secara teoritis memiliki nilai sebesar 1,18 kNm untuk BG.0%, 1,19 kNm untuk BG.1% dan 1,17 kNm untuk BG.3%, sedangkan hasil pengujian eksperimen BG.0% sebesar 3,32 kNm, BG.1% sebesar 2,94 kNm dan BG.3% sebesar 3,37 kNm, hal tersebut menunjukkan momen retak pertama pada pengujian BG.0% lebih besar dari momen retak pertama teoritis, BG.1% lebih besar dari momen retak pertama teoritis sedangkan momen retak pertama pada pengujian BG.3% juga lebih besar dari momen retak pertama teoritis.

Perbedaan momen retak pertama tidak sama dengan teori, karena retak pertama pada saat pengujian tidak kelihatan dengan mata telanjang, sehingga menimbulkan perbedaan eksperimen dengan teoritis.

Tabel 5: Perbandingan M_{cr} Eksperimen dengan Teori

Benda Uji	Momen Retak Pertama (M_{cr}) (kNm)		% M_{cr} E thdp M_{cr} T
	Teoritis (T)	Eksperimen (E)	
BG.0%	1,18	3,32	281%
BG.1%	1,19	2,94	247%
BG.3%	1,17	3,37	288%

Sumber: Hasil Penelitian

2. Beban Maksimal (P_{maks})

Beban maksimal (P_{maks}) berdasarkan hasil pengujian dan teoritis memiliki nilai yang berbeda. Secara teoritis memiliki nilai sebesar 38,32 kN untuk BG.0%, 38,55 kN untuk BG.1% dan BG.3% sebesar 38,14 kN, sedangkan hasil pengujian eksperimen BG.0% sebesar 39,78 kN, BG.1% sebesar 48,51 dan BG.3% sebesar 42,57 kN, hal tersebut menunjukkan beban maksimal pada pengujian BG.0% lebih besar 3,81% dari beban maksimal teoritis, pada pengujian BG.1% lebih besar 25,84% sedangkan beban maksimal pada pengujian BG.3% juga mengalami kenaikan sebesar 11,62%. Dari hasil ketiga pengujian tersebut secara eksperimen lebih besar daripada teori, hal tersebut menunjukkan perencanaan kuat geser yang telah direncanakan memenuhi dari yang disesuaikan rencana.

Tabel 6: Perbandingan Beban Maksimal Eksperimen dengan Teori

Benda Uji	Beban Maksimal (P) (kN)		% P_E thdp P_T
	Teoritis (T)	Eksperimen (E)	
BG.0%	38,32	39,78	3,81
BG.1%	38,55	48,51	25,84
BG.3%	38,14	42,57	11,62

Sumber: Hasil Penelitian

3. Momen Maksimal (M_{maks})

Momen maksimal (M_{maks}) berdasarkan hasil pengujian dan teoritis memiliki nilai yang berbeda. Momen maksimal secara teoritis balok uji BG.0% sebesar 15,58 kNm, balok uji BG.1% sebesar 15,68 kNm dan balok uji BG.3% sebesar 15,50 kNm, sedangkan momen maksimal secara eksperimen untuk balok uji BG.0% sebesar 16,91 kNm, balok uji BG.1% sebesar 20,62 dan untuk balok uji BG.3% sebesar 18,09 kNm, hal tersebut menunjukkan momen maksimal teoritis pada pada ketiga balok tersebut hampir sama, sedangkan momen maksimal pada pengujian BG.0% mengalami peningkatan 8,54% dari momen maksimal teoritis, momen maksimal BG.1% eksperimen mengalami peningkatan 31,50% dari momen maksimal teoritis dan juga momen maksimal eksperimen BG.3% mengalami peningkatan 16,71% dari momen maksimal teoritis.

Tabel 7: Perbandingan Momen Maksimal Eksperimen dengan Teori

Benda Uji	Momen Maksimal (M_{maks}) (kN)		% Perbandingan M_{maks} E dengan M_{maks} T
	Teoritis (T)	Eksperimen (E)	
BG.0%	15,58	16,91	8,54
BG.1%	15,68	20,62	31,50
BG.3%	15,50	18,09	16,71

Sumber: Hasil Penelitian

Tabel 7 menunjukkan momen maksimal (Mmax) teoritis pada ketiga balok uji hampir sama. Hal ini menunjukkan bahwa adanya campuran serat ijuk di daerah momen maksimal mempengaruhi kekuatan geser-lentur, hal itu ditunjukkan dengan benda uji BG.0% mengalami peningkatan hanya sedikit sedangkan BG.1% dan BG.3% mengalami peningkatan persentase lebih banyak dari momen maksimal teoritis.

4. Lentutan (Δ)

Lentutan (Δ) berdasarkan hasil pengujian dan teoritis memiliki nilai yang berbeda. Secara teoritis lentutan maksimal sebesar 1,62 mm untuk BG.0%, 1,56 mm untuk BG.1% dan 1,66 mm untuk BG.3%, sedangkan hasil pengujian eksperimen BG.0% sebesar 24,07 mm, BG.1% sebesar 17,96 mm dan BG.3% sebesar 28,10 mm pada saat retak di tengah bentang, hal tersebut menunjukkan lentutan pada pengujian BG.0% lebih besar 342,46% dari lentutan teoritis, pengujian BG.1% lebih besar 229,41%, sedangkan lentutan pada pengujian BG.3% lebih besar 406,31% dari lentutan teoritis.

Perbedaan lentutan yang signifikan pada teoritis dikarenakan adanya retak pertama pada balok. Pada saat BG.0% secara teori mengalami lentutan maksimal sebesar 1,62 mm, hasil pengujian BG.0% pada retak pertama dengan beban 782,3 kg mengalami lentutan 1,92 mm, sehingga hasil lentutan eksperimen dan lentutan teoritis hampir sama. Perbedaan lentutan BG.1% dan BG.3% hampir sama kasusnya dengan BG.0% yaitu pada saat BG.1% mengalami lentutan maksimal sebesar 1,56 mm, hasil pengujian BG.1% pada retak pertama dengan beban 693 kg mengalami lentutan 1,37 mm, sehingga hasil lentutan eksperimen dan lentutan teoritis tidak jauh beda dan pada saat BG.3% mengalami lentutan maksimal sebesar 1,66 mm, hasil pengujian BG.3% pada retak pertama dengan beban 792 kg mengalami lentutan 1,80 mm, sehingga hasil lentutan eksperimen dan lentutan teoritis juga hampir sama.

Tabel 8: Perbandingan Lentutan Eksperimen dengan Teori

Benda Uji	Beban (P) (kN)	Lentutan (Δ) (mm)			% ΔE thdp ΔT
		Teori (T)	Eksp. (E)	Selisih	
BG.0%	7,92	2,07	1,90	-0,17	91,79%
BG.1%	7,92	2,05	1,50	-0,55	73,17%
BG.3%	7,92	2,09	1,80	0,29	86,12%

Sumber: Hasil Penelitian

Tabel 9: Perbandingan Lentutan Terhadap Balok Kontrol

Benda Uji	Beban (P) (kN)	Lentutan Eksperimen (Δ) (mm)	% ΔE thdp $\Delta 0\%$
BG.0%	39,78	22,70	-
BG.1%	39,78	9,40	41,4%
BG.3%	39,78	13,50	59,4%

Sumber: Hasil Penelitian

UCAPAN TERIMAKASIH

Peneliti mengucapkan terimakasih kepada pihak PT. Varia Usaha Beton Waru, Sidoarjo yang telah memberikan dukungan ataupun bantuan dari segi material dan alat demi kelancaran dan kesuksesan penelitian balok beton bertulang dengan bahan tambah serat ijuk.

PENUTUP

Simpulan

Berdasarkan hasil pada pembahasan balok beton bertulang dengan penambahan serat ijuk maka dalam penelitian ini dapat disimpulkan sebagai berikut:

- Momen maksimum eksperimen BG.0% meningkat sebesar 2,8% terhadap Mmaks teori dan hasil eksperimen BG.1% meningkat 24,75 % terhadap Mmaks teori sedang pada balok BG.3% meningkat 10,64% terhadap Mmaks teori.
- Lentutan berdasarkan SNI 2847 : 2013 sebesar $\Delta = \frac{L}{140} = 7,08 \text{ mm}$, dengan lentutan yang sama sebesar 7,08 mm pada semua balok uji didapat nilai P tertinggi pada balok BG.1% sebesar 3270 kg.
- Syarat lentutan maksimum pada beban yang sama sebesar P=7,92 kN didapat lentutan BG.0% sebesar Δ_{teori} 2,07 mm Δ_{eksp} 1,90 mm; lentutan BG.1% Δ_{teori} 2,05 mm, Δ_{eksp} 1,50 mm; lentutan BG.3% Δ_{teori} 2,09 mm, Δ_{eksp} 1,80 mm, dengan demikian balok BG.1% adalah balok yang mempunyai kekakuan yang lebih baik.

Berdasarkan kesimpulan di atas dapat ditarik kembali kesimpulan bahwa dengan penambahan serat ijuk 1% dapat meningkatkan kekakuan balok daripada balok tanpa serat ijuk dan balok dengan penambahan serat ijuk 3%.

Saran

Dalam penelitian ini banyak sekali kesulitan yang ditemukan, ada beberapa saran yang mungkin mempermudah penelitian selanjutnya yaitu:

1. Perlu dilakukan penelitian balok beton bertulang dengan presentasi penambahan serat ijuk yang berbeda untuk mengetahui

presentasi serat ijuk paling optimum terhadap kapasitas kuat geser.

2. Penelitian selanjutnya disarankan memperhitungkan desain balok terlebih dahulu, agar saat pengujian sesuai dengan yang diharapkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 1990. *Standar Nasional Indonesia 1974 Tata Cara Pengujian Kuat Tekan Beton*: Badan Standarisasi Nasional.
- Anonim. 2011. *Standar Nasional Indonesia 4431 Cara Uji Kuat Lentur Beton Normal Dengan Dua Titik Beban*: Badan Standarisasi Nasional.
- Anonim. 2013. *SNI Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung*: Badan Standarisasi Nasional.
- ASTM C 39-94 “ *Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical concrete Spesimens*”
- Dewobroto, Wiryanto. 2005. *Perancangan Balok beton Bertulang dengan SAP2000*. Tangerang: Pelita Harapan University.
- Dinas PU. 1991. *SNI T-15-1991-03, Standar Perhitungan Struktur Beton*. Bandung: Yayasan LPMB Departemen Pekerjaan Umum.
- Dinas PU. 2002. *SNI-03-2847-2002, Standart Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung*. Bandung: Badan Litbang PU Departemen Pekerjaan Umum.
- Julianto. 2008. *Kajian Kuat Lentur Balok Beton Bertulang Biasa dan Balok Beton Bertulang Kayu Dan Bambu Pada Simple Beam*. Surakarta: Muhammadiyah University.
- Mahmuda, Efri. 2013. *Pengaruh Panjang Serat Terhadap Kuat Tarik Komposit Berpenguat Serat Ijuk Dengan Matrik Epoxy*. Bandar Lampung: Universitas Lampung.
- Marpaung, Richo Ronald. 2013. *Pengaruh Penambahan Sabut Kelapa Pada Campuran Beton Terhadap kuat Tekan dan Sebagai Peredam Suara*. Medan: Sumatra Utara University.
- McCormac, Jack C. 2000. *Desain Beton Bertulang*. Jakarta: Erlangga
- Sarjono, Wiryawan P., Agt. Wahjono. 2008. *Pengaruh Penambahan Serat Ijuk Pada Kuat Tarik Campuran Semen-Pasir Dan Kemungkinan Aplikasinya*. Yogyakarta: Univ Atma Jaya.
- Sihotang, yessica, Besman Surbakti. 2014. *Analisa Lentur Dan Eksperimental Penambahan Serat Ijuk Aren (Arenae Pinnafa Merr) Pada Daerah Tarik Balok Beton Bertulang*. Medan: Univ Sumatera Utara.
- Sihotang, hendri. 2008. *Analisa Pelat Satu Arah (One Way Slab) Dari Teori M. Levy*. Medan: Sumatra Utara University.
- Suhardiyono. 1999. *Tanaman Kelapa, Budidaya dan Pemanfaatannya*. Yogyakarta: Kanisius.
- Wang, Chu-Kia ., Salmon , Charles G. 1993. *Desain Beton Bertulang Edisi Keempat*. Jakarta: Erlangga.
- Wiley, John, Sons. 2012. *Structure Concrete*. Washington, D.C: Permission.