

**PENGARUH PENAMBAHAN SERAT BAMBU DAN PELAPISAN BATU APUNG  
TERHADAP KUAT LENTUR BETON RINGAN**

**SKRIPSI  
TEKNIK SIPIL**

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan  
memperoleh gelar Sarjana Teknik



**FENTY PUTRI ALISTA  
NIM. 125060100111030**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
FAKULTAS TEKNIK  
MALANG  
2016**

**LEMBAR PENGESAHAN**

**PENGARUH PENAMBAHAN SERAT BAMBU DAN PELAPISAN BATU  
APUNG TERHADAP KUAT LENTUR BETON RINGAN**

**SKRIPSI**

**TEKNIK SIPIL**

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan memperoleh  
gelar Sarjana Teknik



**FENTY PUTRI ALISTA**

**NIM. 125060100111030**

Skripsi ini telah direvisi dan disetujui oleh dosen pembimbing  
pada tanggal 2 Agustus 2016

Dosen Pembimbing I

**Prof. Dr. Ir. Sri Murni Dewi, MS**  
NIP. 19511211 198103 2 001

Dosen Pembimbing II

**Dr. Eng. Eva Arifi, ST, MT**  
NIP. 2010027712032001

Mengetahui Ketua Program Studi

**Dr. Eng. Indradi W, ST, M.Eng (Prac)**  
NIP. 19810220 200604 1 002

## HALAMAN IDENTITAS TIM PENGUJI SKRIPSI

### JUDUL SKRIPSI

Pengaruh Penambahan Serat Bambu dan Pelapisan Batu Apung Terhadap Kuat Lentur Beton Ringan

Nama Mahasiswa : Fenty Putri Alista

NIM : 125060100111030

Program Studi : Teknik Sipil

Minat : Struktur

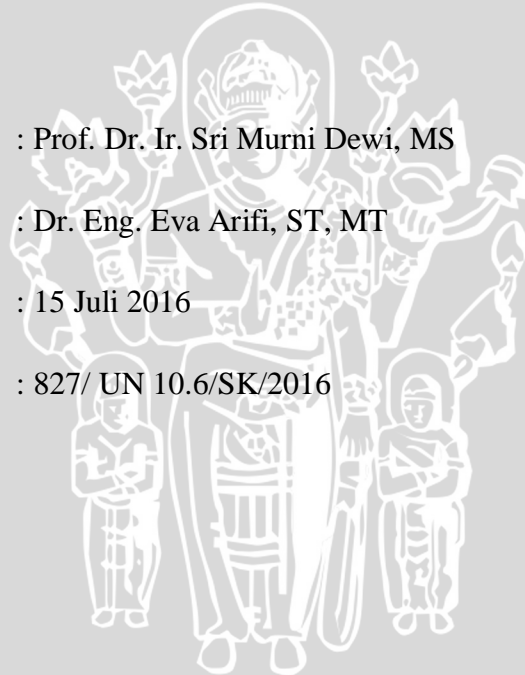
### TIM DOSEN PENGUJI :

Dosen Penguji 1 : Prof. Dr. Ir. Sri Murni Dewi, MS

Dosen Penguji 2 : Dr. Eng. Eva Arifi, ST, MT

Tanggal Ujian : 15 Juli 2016

SK Penguji : 827/ UN 10.6/SK/2016



## PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya dan berdasarkan hasil penelurusan berbagai karya ilmiah, gagasan dan masalah ilmiah yang diteliti dan diulas dalam Naskah Skripsi ini adalah asli dari pemikiran saya. Tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu Perguruan Tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka

Apabila ternyata di dalam naskah Skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur jiplakan, saya bersedia Skripsi dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku ( UU No 20 Tahun 2003, pasal 25 ayat 2 dan pasal 70).

Malang, Agustus 2016

Mahasiswa,

Fenty Putri Alista

NIM. 125060100111030



## RIWAYAT HIDUP

Fenty Putri Alista, lahir di kabupaten Sidoarjo pada tanggal 12 Maret 1994 merupakan anak pertama dari tiga bersaudara. Penulis lahir dari pasangan suami istri Bapak Agus Sugianto dan Ibu Sulistiningsih. Penulis sekarang bertempat tinggal di Desa Candipari RT.04/RW.02, Kecamatan Porong, Kabupaten Sidoarjo.

Penulis menyelesaikan pendidikan dasar di SD Negeri Candipari I lulus pada tahun 2006, SMP Negeri 1 Porong lulus pada tahun 2009, dan SMA Negeri 3 Sidoarjo lulus pada tahun 2012.

Pada Masa sekolah di SMP Negeri 1 Porong, penulis ditunjuk untuk mewakili sekolah di OSN Biologi kabupaten Sidoarjo pada tahun 2007, perlombaan-perlombaan dan olimpiade di bidang biologi aktif diikuti hingga masa sekolah di SMAN 3 Sidoarjo.

Penulis melanjutkan sekolah di Perguruan Tinggi Negeri Universitas Brawijaya Malang, lulus Program Sarjana Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya tahun 2016. Pada saat sedang menjalani kehidupan kampus, penulis ikut berpartisipasi sebagai asisten Tugas Besar Hidrologi tahun akademik 2014 / 2015 dan menjadi koordinator asisten Tugas Besar Hidrologi tahun akademik 2015/2016.

Malang, Agustus 2016

Penulis

**This Thesis is dedicated to my Mom & Dad who supported me passing through all the ups and downs**

Thanks to:

Allah SWT

Mom and Dad

My sisters Devi & Riza

My Partners Yuli & Izza

My gangsta Leleh Hanif Nursyah. Novinda. Ifit. Claudia. Adel

Ancha. Yuri. Alif. Hanif. Icha. Faizal. Nugi. Hamzah. Abdil. Roni. Ridho

Dana. Aziz. Filiyan

Ambar. Dede. Nanda. Rahma. CivilUB2012

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



## KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan syukur kepada Allah SWT atas berkat, rahmat serta karunia-Nya, Penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul : “Pengaruh Penambahan Serat Bambu dan Pelapisan Batu Apung Terhadap Kuat Lentur Beton Ringan”

Skripsi ini ditujukan untuk memenuhi salah satu persyaratan ujian guna memperoleh gelar Sarjana Teknik (ST) pada Jurusan Teknik Sipil di Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Malang.

Penulis menyadari bahwa penulisan skripsi ini masih jauh dari sempurna, dan banyak kekurangan baik dalam metode penulisan maupun dalam pembahasan materi. Hal tersebut dikarenakan keterbatasan kemampuan penulis. Sehingga penulis mengharapkan saran dan kritik yang bersifat membangun, mudah-mudahan dikemudian hari dapat memperbaiki segala kekurangannya. Semoga penulisan skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca sekaligus dapat menjadi bahan acuan untuk penelitian lebih lanjut.

Malang, Agustus 2016

Penulis



## RINGKASAN

**Fenty Putri Alista**, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Juni 2016, *Pengaruh Penambahan Serat bambu dan Pelapisan Batu Apung Terhadap Kuat Lentur Beton Ringan*, Dosen Pembimbing : Prof. Dr. Ir. Sri Murni Dewi, MS dan Dr. Eng. Eva Arifi, ST, MT.

Beton merupakan bahan yang sering digunakan dalam konstruksi bangunan. Selain harganya yang murah dan mudah untuk dibentuk, beton dipilih karena nilai kuat tekannya yang tinggi. Seiring dengan perkembangan zaman dan teknologi, penelitian tentang beton ringan juga semakin pesat. Beton ringan sangat bermanfaat dalam mengurangi berat sendiri suatu bangunan terutama bangunan tinggi, sehingga efek terhadap gempa dapat diminimalisir. Beton ringan dapat diperoleh dengan mengganti agregat kasar dengan agregat kasar ringan, seperti mengganti batu pecah dengan batu apung. Batu apung sering digunakan sebagai pengganti agregat kasar pada beton ringan karena strukturnya berpori sehingga berat jenisnya ringan. Agar campuran beton segar tidak masuk ke dalam pori-pori batu apung, maka dilakukan pelapisan pada permukaannya menggunakan lem beton. Selain itu untuk memperbaiki sifat beton ringan, beton ringan sering dikombinasikan dengan penambahan serat, salah satunya adalah serat bambu.

Objek yang diamati pada penelitian ini antara lain: 1.) balok beton ringan tanpa pelapisan batu apung dengan variasi penambahan serat 0%, 1%, 1.2%, 1.4%, 2.) balok beton ringan dengan pelapisan batu apung dengan variasi penambahan serat 0%, 1%, 1.2%, 1.4%. balok yang digunakan berukuran 15 x 15 x 60 cm dan masing-masing variabel menggunakan 5 benda uji. Pengujian kuat lentur beton dilakukan ketika beton berumur 28 hari dengan pembebanan di 2 titik pada 1/3 bentang.

Dalam penelitian ini didapatkan hasil kuat lentur rata-rata pada beton ringan tanpa pelapisan sebesar 2 MPa untuk prosentase serat 0%, 2.12 MPa untuk prosentase serat 1%, 1.87 MPa untuk prosentase serat 1.2%, 2.16 MPa untuk prosentase serat 1.4%. Sedangkan kuat lentur rata-rata pada beton ringan dengan pelapisan sebesar 2.09 MPa untuk prosentase serat 0%, 1.80 MPa untuk prosentase serat 1%, 2.32 MPa untuk prosentase serat 1.2%, 2.49 MPa untuk prosentase serat 1.4%.

Kata kunci : batu apung, pelapisan, serat bambu, kuat lentur



## SUMMARY

**Fenty Putri Alista**, Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering Brawijaya University, June 2016, *The Effect of Bamboo Fibres Addition and Pumice Coating Toward Flexural Strength of Lightweight Concrete*, Academic Supervisor : Prof. Dr. Ir. Sri Murni Dewi, MS and Dr. Eng. Eva Arifi, ST, MT.

Concrete is a material which commonly used in building and construction. Besides it is cheap and easy to set up, concrete is chosen because of its high compressive strength. Along with the times and technology, researches on lightweight concrete are also growing rapidly. Lightweight concrete is useful in reducing the selfweight of a building, especially highrise buildings, so the effects of the earthquake can be minimized. Lightweight concrete can be obtained by replacing the coarse aggregate with lightweight coarse aggregate, such as replacing gravel or crushed stone with pumice. Pumice is often used as a substitute for coarse aggregate in lightweight concrete. Because of its porous structure, pumice has lighter specific gravity. In order fresh concrete not to get into the pumice through its pores, then coating pumice surface using concrete bonding adhesive is needed. Beside that, to improve the properties of lightweight concrete, lightweight concrete is often combined with the addition of fibres, such as bamboo fibres.

This research objectives are: 1.) lightweight concrete beams without coated pumice with variation of bamboo fibres addition 0%, 1%, 1.2%, 1.4%, 2.) lightweight concrete beams with coated pumice and variation of bamboo fibres addition 0%, 1%, 1.2%, 1.4%. The dimension of beams are 15 x 15 x 60 cm and each variable has 5 specimens. Concrete flexural strength testing is done when the concrete aged 28 days by loading it at 2 points on the 1/3<sup>rd</sup> spans.

The result of this research showed that average flexural strength of the lightweight concrete with no coating is 2 MPa for fibre percentage of 0%, 2.12 MPa for fibre percentage of 1%, 1.87 MPa for fibre percentage of 1.2%, 2.16 MPa for fibre percentage of 1.4%. While the average flexural strength of the lightweight concrete with coating is 2.09 MPa for fibre percentage of 0%, 1.80 MPa for fibre percentage of 1%, 2.32 MPa for fibre percentage of 1.2%, 2.49 MPa for fibre percentage of 1.4%.

Keywords : pumice, coating, bamboo fibres, flexural strength

## DAFTAR ISI

<b>KATA PENGANTAR .....</b>	<b>i</b>
<b>RINGKASAN .....</b>	<b>ii</b>
<b>SUMMARY .....</b>	<b>iii</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>iv</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN.....</b>	<b>x</b>
<b>BAB 1 PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Identifikasi Masalah .....	2
1.3 Rumusan Masalah .....	2
1.4 Batasan Masalah .....	3
1.5 Maksud dan Tujuan Penelitian .....	3
1.6 Manfaat Penelitian .....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Beton .....	5
2.1.1 Beton ringan.....	5
2.1.2 Beton berat .....	6
2.1.3 Beton massa ( <i>mass concrete</i> ).....	6
2.1.4 <i>Ferro-Cement</i> .....	6
2.1.5 Beton serat ( <i>fibre concrete</i> ) .....	7
2.2 Bahan Penyusun Beton .....	9
2.3 Batuan .....	11
2.3.1 Klasifikasi batuan.....	11
2.4 Batu Apung.....	12
2.4.1 Pengertian umum.....	12
2.4.2 Karakteristik dan kegunaan.....	13
2.5 Bambu .....	13
2.5.1 Keuntungan dan kerugian .....	14

2.5.2 Teknologi pemerolehan ..... 14

2.5.3 Sifat-sifat bahan ..... 14

2.5.4 Serat bambu ..... 15

2.6 Bahan Perekat ..... 15

2.6.1 Kandungan perekat ..... 16

2.7 Metode Perawatan (*Curing*) ..... 17

2.8 Kuat Lentur ..... 17

2.8.1 Cara pengujian ..... 18

**BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

3.1 Umum ..... 21

3.2 Waktu dan Tempat Penelitian ..... 21

3.3 Variabel Penelitian ..... 21

3.4 Bahan yang Digunakan ..... 21

3.5 Analisis Bahan yang Digunakan ..... 22

3.5.1 Semen ..... 22

3.5.2 Air ..... 22

3.5.3 Agregat kasar (batu apung) ..... 22

3.5.4 Agregat halus (pasir) ..... 22

3.5.5 Perekat (lem beton) ..... 22

3.5.6 Serat bambu ..... 22

3.6 Rancangan Penelitian ..... 23

3.7 Pembuatan Benda Uji ..... 23

3.7.1 Tujuan ..... 24

3.7.2 Alat-alat yang digunakan ..... 24

3.7.3 Tahapan pelaksanaan ..... 25

3.7.4 Perawatan benda uji ..... 25

3.7.5 Pengujian kuat lentur ..... 26

3.8 Langkah-langkah Penelitian ..... 29

3.9 Metode Pengumpulan Data ..... 30

3.10 Analisis Data ..... 30

3.10.1 Uji anova ..... 30

3.10.2 Uji *independent sample t-test* ..... 31

3.11 Data *outlier* ..... 32



3.12 Data outlier .....	33
<b>BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN</b>	
4.1 Hasil Pengujian Material .....	35
4.1.1 Agregat halus .....	35
4.1.2 Agregat kasar .....	35
4.1.3 Hasil uji slump .....	36
4.2 Perawatan Beton .....	36
4.3 Hasil Pengujian Kuat Lentur Beton Ringan .....	37
4.3.1 Hasil pengujian kuat lentur beton ringan tanpa serat .....	37
4.3.2 Hasil pengujian kuat lentur beton ringan dengan serat 1% .....	37
4.3.3 Hasil pengujian kuat lentur beton ringan dengan serat 1.2% .....	37
4.3.4 Hasil pengujian kuat lentur beton ringan dengan serat 1.4% .....	38
4.4 Uji Hipotesis .....	51
4.4.1 Uji hipotesis dengan uji anova .....	51
4.4.2 Uji hipotesis dengan uji <i>independent sample t-test</i> .....	56
4.5 Hubungan FAS Terhadap Kuat Lentur Beton Ringan dan Beton Normal .....	60
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN</b>	
5.1 Kesimpulan .....	63
5.2 Saran .....	64
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	65



## DAFTAR TABEL

No.	Judul Halaman	
Tabel 2.1	Sifat karakteristik beberapa tipe serat .....	9
Tabel 2.2	Sifat mekanik beberapa tipe serat .....	9
Tabel 2.3	Syarat gradasi agregat kasar/batu apung .....	13
Tabel 3.1	Rancangan pembuatan benda uji.....	23
Tabel 4.1	Hasil pengujian agregat halus .....	35
Tabel 4.2	Hasil pengujian agregat kasar .....	35
Tabel 4.3	Hasil pengujian <i>slump</i> .....	36
Tabel 4.4	Hasil pengujian kuat lentur beton ringan tanpa serat .....	37
Tabel 4.5	Hasil pengujian kuat lentur beton ringan dengan serat 1% .....	37
Tabel 4.6	Hasil pengujian kuat lentur beton ringan dengan serat 1.2% .....	38
Tabel 4.7	Hasil pengujian kuat lentur beton ringan dengan serat 1.4% .....	38
Tabel 4.8	Rekap kuat lentur rata-rata beton ringan .....	42
Tabel 4.9	Hasil uji kuat lentur beton ringan tanpa pelapisan dan tanpa serat .....	43
Tabel 4.10	Hasil uji kuat lentur beton ringan tanpa pelapisan dengan serat 1%.....	44
Tabel 4.11	Hasil uji kuat lentur beton ringan tanpa pelapisan dengan serat 1.2%.....	45
Tabel 4.12	Hasil uji kuat lentur beton ringan tanpa pelapisan dengan serat 1.4%.....	46
Tabel 4.13	Hasil uji kuat lentur beton ringan dengan pelapisan dan tanpa serat .....	47
Tabel 4.14	Hasil uji kuat lentur beton ringan dengan pelapisan dan serat 1% .....	48
Tabel 4.15	Hasil uji kuat lentur beton ringan dengan pelapisan dan serat 1.2% .....	49
Tabel 4.16	Hasil uji kuat lentur beton ringan dengan pelapisan dan serat 1.4% .....	50
Tabel 4.17	Perhitungan pengujian hipotesis kuat lentur beton ringan tanpa pelapisan terhadap penambahan serat bambu .....	52
Tabel 4.18	Perhitungan pengujian hipotesis kuat lentur beton ringan dengan pelapisan terhadap penambahan serat bambu .....	53
Tabel 4.19	Analisis ragam kuat lentur beton ringan tanpa pelapisan .....	55
Tabel 4.20	Analisis ragam kuat lentur beton ringan dengan pelapisan .....	55
Tabel 4.21	Perhitungan uji t hipotesis kuat lentur beton ringan tanpa serat .....	56
Tabel 4.22	Perhitungan uji t hipotesis kuat lentur beton ringan dengan serat 1% .....	56
Tabel 4.23	Perhitungan uji t hipotesis kuat lentur beton ringan dengan serat 1.2% .....	56
Tabel 4.24	Perhitungan uji t hipotesis kuat lentur beton ringan dengan serat 1.4% .....	57
Tabel 4.25	Rangkuman hasil uji t-test .....	60

Tabel 4.26 Hasil perhitungan kuat tekan beton ringan tanpa pelapisan ..... 61

Tabel 4.27 Hasil perhitungan kuat tekan beton ringan dengan pelapisan ..... 61

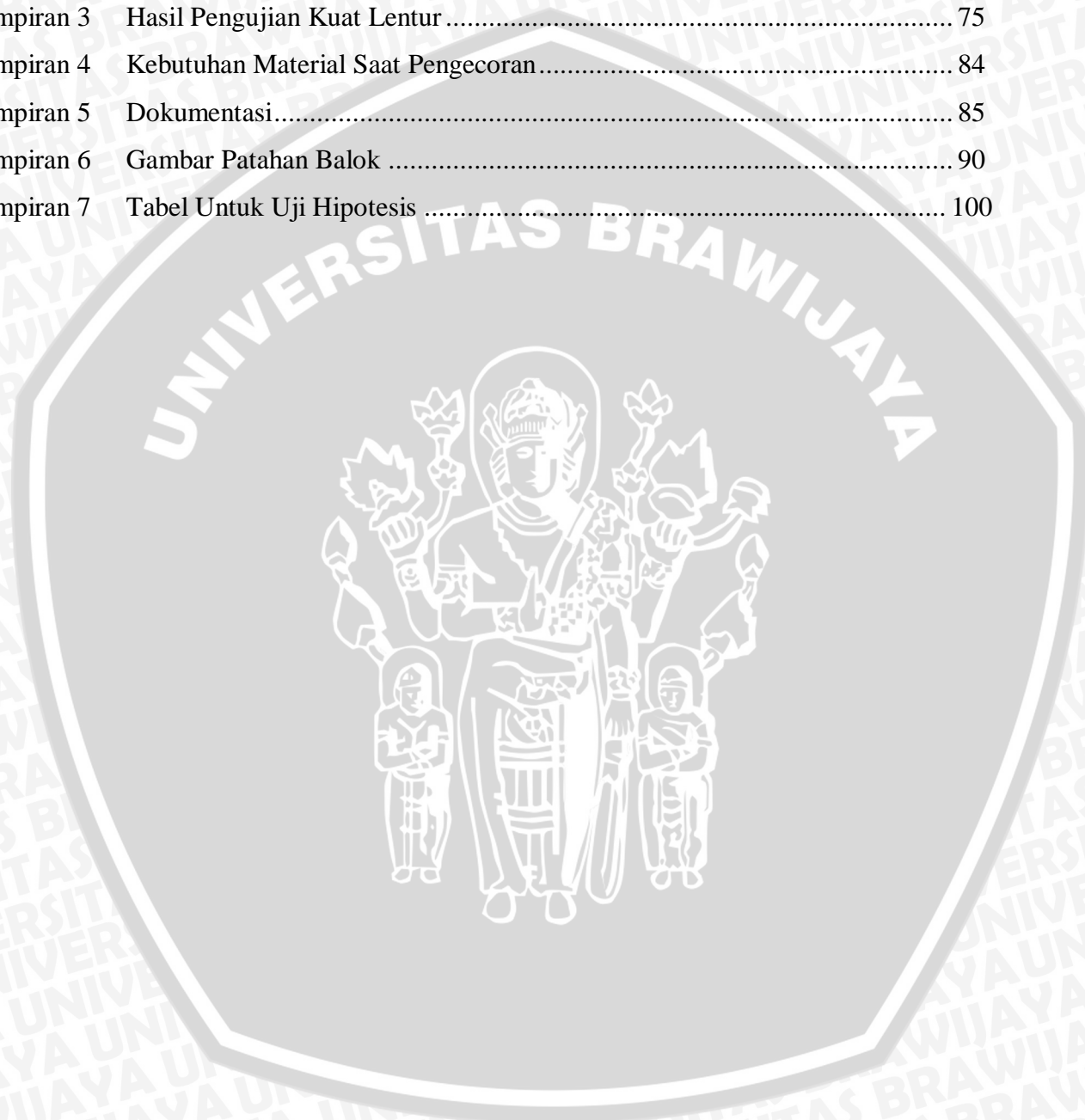


## DAFTAR GAMBAR

No.	Judul Halaman	
Gambar 2.1	Benda uji, perletakan, dan pembebanan.....	19
Gambar 2.2	Garis-garis perletakan dan pembebanan.....	19
Gambar 2.3	Balok patah pada 1/3 bentang.....	20
Gambar 2.4	Balok patah di luar 1/3 bentang tengah dan garis patah pada < 5% dari bentang.....	20
Gambar 3.1	Balok uji dengan garis bantu untuk perletakan dan pembebanan.....	27
Gambar 3.2	Perletakan benda uji pada tumpuan dan perletakan beban.....	28
Gambar 4.1	Grafik batang kuat lentur beton ringan tanpa pelapisan.....	39
Gambar 4.2	Grafik batang kuat lentur beton ringan dengan pelapisan.....	40
Gambar 4.3	Grafik hubungan prosentase serat bambu dengan kuat lentur beton ringan tanpa pelapisan batu apung.....	41
Gambar 4.4	Grafik hubungan prosentase serat bambu dengan kuat lentur beton ringan tanpa pelapisan batu apung.....	41
Gambar 4.5	Grafik kuat lentur rata-rata beton ringan.....	42
Gambar 4.6	Perbandingan grafik hubungan nilai FAS terhadap kuat tekan beton ringan dan beton normal.....	61

## DAFTAR LAMPIRAN

No.	Judul Halaman	
Lampiran 1	Pemeriksaan Agregat Halus .....	67
Lampiran 2	Pemeriksaan Agregat Kasar .....	71
Lampiran 3	Hasil Pengujian Kuat Lentur .....	75
Lampiran 4	Kebutuhan Material Saat Pengecoran.....	84
Lampiran 5	Dokumentasi.....	85
Lampiran 6	Gambar Patahan Balok .....	90
Lampiran 7	Tabel Untuk Uji Hipotesis .....	100





## BAB I PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Beton merupakan salah satu bahan yang banyak dipakai dalam suatu konstruksi bangunan. Material beton seringkali digunakan pada struktur utama dalam bangunan seperti pada kolom dan balok. Hal tersebut dikarenakan beton memiliki kekuatan yang sangat tinggi. Harganya yang lebih murah serta mudah dibentuk sesuai dengan kebutuhan konstruksi membuat beton lebih banyak dipakai daripada baja.

Seiring dengan perkembangan zaman, perkembangan teknologi dalam dunia konstruksi juga semakin pesat. Banyak sekali gedung-gedung tinggi serta struktur yang *massive* mulai dibangun. Salah satu permasalahan yang terdapat pada konstruksi tersebut adalah berat sendiri bangunan yang akan sangat berpengaruh jika terkena beban gempa. Oleh karena itu perlu dilakukan inovasi pada material bangunan untuk mengurangi berat sendiri bangunan, salah satunya adalah dengan menggunakan beton ringan.

Beton ringan sama seperti beton normal, hanya saja agregat kasar yang digunakan diganti dengan agregat yang lebih ringan. Berat jenis beton normal adalah  $2400 \text{ kg/m}^3$  sedangkan untuk beton ringan berkisar antara  $600 - 1900 \text{ kg/m}^3$ . Beberapa metode yang umum digunakan dalam pembuatan beton ringan antara lain, penggantian agregat kasar dengan agregat kasar ringan, penggunaan agregat kasar yang lebih ringan serta meniadakan agregat halus atau biasa disebut dengan beton non pasir, dan yang terakhir adalah dengan teknik aerasi yaitu mencampurkan bahan kimia dalam adukan beton agar terbentuk gelembung-gelembung udara sehingga beton menjadi ringan.

Pada beton ringan, agregat kasar bisa diganti menggunakan batu apung, *scoria*, *styrofoam*, batu alwa atau material lain yang berat jenisnya lebih ringan daripada kerikil biasa. Penelitian tentang penggunaan batu apung sebagai pengganti agregat kasar pada beton ringan sudah banyak dilakukan. Batu apung sendiri merupakan batuan hasil aktivitas vulkanik yang mengalami pendinginan secara alami dan terendapkan dalam lapisan tanah selama bertahun-tahun, sehingga batu apung banyak ditemukan pada daerah yang dekat dengan gunung berapi. Di Indonesia batu apung banyak dijumpai di Pulau Sumatera dan Jawa. Batu apung memiliki karakteristik berpori sehingga memiliki daya serap yang tinggi terhadap air.

Selain mengganti agregat kasar, beton ringan juga sering dikombinasikan dengan menambahkan serat ke dalam adukan. Serat tersebut berfungsi sebagai *filler* dan juga untuk memperbaiki sifat beton. Serat yang digunakan bisa terbuat dari baja, karbon, plastik, kaca atau yang alami seperti serat kelapa, bambu dan serat tumbuhan lain. Mengingat bambu mudah tumbuh di negara kita maka banyak sekali penelitian yang menggunakan serat bambu untuk diaplikasikan pada beton ringan.

### **1.2 Identifikasi Masalah**

Beton merupakan material yang banyak digunakan dalam konstruksi bangunan dibanding baja maupun kayu. Disamping harganya yang murah dan mudah dibentuk, beton dipilih karena memiliki ciri khas yaitu nilai kuat tekannya yang tinggi. Di sisi lain beton juga memiliki kekurangan terutama dalam kuat tarik dan daktilitas. Kekurangan beton biasa yang lain adalah pada berat sendiri beton yang akan yang akan berdampak pada berat total bangunan terutama pada bangunan tinggi (*high rise building*).

Penggunaan beton ringan sudah mulai banyak diaplikasikan pada konstruksi bangunan baik struktur sederhana maupun kompleks. Beton ringan memiliki keunggulan pada berat jenisnya yang ringan, sehingga memudahkan dalam hal pengangkutan dan pemasangan. Sudah banyak penelitian tentang penggunaan agregat kasar ringan maupun bahan campuran pada beton ringan.

Batu apung banyak digunakan dalam pembuatan beton ringan sebagai pengganti agregat kasar. Sifat batu apung yang berpori membuatnya menjadi ringan namun daya serapnya terhadap air lebih tinggi. Hal tersebut akan berpengaruh pada berat isi beton ringan karena campuran beton cair akan dengan mudah masuk ke celah-celah pori batu apung. Untuk mengatasinya, dalam penelitian ini peneliti mencoba melapisi permukaan batu apung menggunakan lem beton. Selain itu akan ditambahkan serat bambu dalam campuran beton dengan variasi serat bambu 0%, 1%, 1.2%, 1.4% dari berat semen. Penambahan serat bambu ini bertujuan untuk menambah kuat lentur beton ringan. Selanjutnya akan dilakukan evaluasi karakteristik campuran beton ringan dengan serat bambu dan batu apung yang telah dilapisi yang diperoleh dari uji kuat lentur.

### **1.3 Rumusan Masalah**

Berdasarkan penjelasan di atas, maka rumusan masalah pada pada penelitian ini antara lain:

1. Bagaimana pengaruh variasi penambahan serat bambu terhadap kuat lentur beton ringan.
2. Bagaimana pengaruh pelapisan batu apung terhadap kuat lentur beton ringan.

#### 1.4 Batasan Masalah

Agar tidak terjadi penyimpangan permasalahan dan mendapatkan hasil yang tepat serta sistematis, maka perlu diberikan batasan-batasan masalah. Adapun batasan-batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Benda uji yang digunakan adalah balok tanpa tulangan dengan dimensi 15 x 15 x 60 cm.
2. Batu apung yang digunakan untuk mengganti agregat kasar berasal dari pertambangan batu apung Lombok Timur dan Lombok Utara, NTB.
3. Panjang serat bambu yang digunakan adalah 4 – 6 cm.
4. Perbandingan campuran beton yang digunakan adalah 1 : 2 : 0.75.
5. Menggunakan Semen Gresik PPC.
6. Menggunakan air PDAM kota Malang.
7. Menggunakan pasir Lumajang.
8. Pengujian kuat lentur dilakukan setelah beton berumur 28 hari.
9. Tidak dilakukan analisa ekonomi atas penggantian agregat kasar dengan batu apung.

#### 1.5 Maksud dan Tujuan Penelitian

Maksud dan tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui pengaruh variasi penambahan serat bambu terhadap kuat lentur beton ringan.
2. Untuk mengetahui pengaruh pelapisan permukaan batu apung terhadap kuat lentur beton ringan.

#### 1.6 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh pelapisan batu apung dan penambahan serat bambu terhadap kuat lentur beton ringan. Dengan mengetahui kuat lentur tersebut diharapkan penelitian ini bisa digunakan sebagai acuan dasar untuk penelitian-penelitian selanjutnya.



## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Beton

Beton adalah campuran antara semen portland atau semen hidraulik yang lain, agregat halus, agregat kasar, dan air dengan atau tanpa bahan tambahan yang membentuk masa padat. (SNI 03 – 2002)

Beton didapat dari pencampuran bahan-bahan agregat halus dan kasar yaitu pasir, batu pecah, atau bahan semacam lainnya, dengan menambahkan secukupnya bahan perekat, dan air sebagai bahan pembantu guna keperluan reaksi kimia selama proses pengerasan dan perawatan beton bertulang. (Istimawan Dipohusodo, 1999)

Nawy (1985) mendefinisikan beton sebagai sekumpulan interaksi mekanis dan kimiawi dari material pembentuknya. Dengan demikian, masing-masing komponen tersebut perlu dipelajari sebelum mempelajari beton secara keseluruhan. Perencana (*engineer*) dapat mengembangkan pemilihan material yang layak komposisinya sehingga diperoleh beton yang efisien, memenuhi kekuatan batas yang disyaratkan oleh perencana dan memenuhi persyaratan *serviceability* yang dapat diartikan juga sebagai pelayanan yang handal dengan memenuhi kriteria ekonomi.

Beton dapat dibedakan menjadi tiga berdasarkan beratnya yaitu beton berat, beton sedang dan beton ringan. Beton dapat pula dibedakan berdasarkan material pembentuknya dan kegunaan strukturnya. Beton jenis lain pada prinsipnya sama dengan beton normal yang telah dibicarakan di awal, yang membedakan adalah material tambahan yang digunakan. (Mulyono, 2004)

Berdasarkan berat volumenya beton dapat dibedakan menjadi tiga, yaitu ringan, berat dan normal. Umumnya beton dibuat dengan menggunakan bahan agregat yang mempunyai kepadatan seperti yang diinginkan. Agregat ringan akan membentuk beton dengan berat volume ringan. (Mulyono, 2004)

#### 2.1.1 Beton ringan

Beton ringan adalah beton yang mengandung agregat ringan dan mempunyai berat satuan tidak lebih dari  $1900 \text{ kg/m}^3$ . Sedangkan agregat ringan adalah agregat yang dalam keadaan kering dan gembur mempunyai berat isi sebesar  $1100 \text{ kg/m}^3$  atau kurang. Berdasarkan definisi di atas beton ringan adalah beton ringan struktural dengan semua agregat halus diganti dengan pasir. Definisi ini bisa tidak sesuai dengan penggunaannya

oleh beberapa penyedia material atau kontraktor bilamana sebagian besar, meskipun tidak semua butiran halus diganti dengan pasir. Untuk penerapan yang tepat dari ketentuan tata cara ini, batasan penggantian harus dinyatakan dengan interpolasi bilamana digunakan penggantian pasir sebagian. (SNI 03-2847-2002)

Berat jenis beton dengan agregat ringan sangat bervariasi, tergantung pemilihan agregatnya, apakah pasir alam atau agregat pecah yang ringan halus yang dipergunakan. Berat jenis sebesar 1850 kg/m<sup>3</sup> dapat dianggap sebagai batasan atas dari beton ringan yang sebenarnya, meskipun nilai ini kadang-kadang melebihi. (Murdock dan Brook, 1999:395)

Beton ringan dibagi menjadi dua, yaitu (SNI 03-2847-2002)

1. Beton ringan berpasir adalah beton ringan yang semua agregat halusnyanya merupakan pasir berat normal.
2. Beton ringan total adalah beton ringan yang agregat halusnyanya bukan merupakan pasir alami.

### 2.1.2 Beton berat

Beton berat adalah beton yang dihasilkan dari agregat yang mempunyai berat isi lebih besar dari beton normal atau lebih dari 2400 kg/m<sup>3</sup>. Beton yang mempunyai berat yang tinggi ini biasanya digunakan untuk kepentingan tertentu seperti menahan radiasi, menahan benturan dan lainnya. (Mulyono, 2004)

### 2.1.3 Beton massa (*mass concrete*)

Dinamakan beton massa karena digunakan untuk pekerjaan beton yang besar dan masif misalnya untuk bendungan, kanal, pondasi jembatan, dll. Batuan yang digunakan dapat lebih besar dari yang disyaratkan sampai 150 mm, dengan *slump* rendah yang akan mengurangi jumlah semen. Pengalaman menunjukkan semen yang dipakai 5 zak/kubiknya. Pelaksanaan membutuhkan alat getar dan *manpower* yang banyak. Karena rendahnya nilai *slump* maka panas hidrasi menjadi penting (*the heat of hydration*) diperhatikan, agar tidak retak-retak. Untuk menanggulangi retak penuangan lapis demi lapis yang tipis selama beberapa hari dapat membantu, termasuk juga pemberian pipa untuk pengaliran air dingin sebagai perawatan. (Mulyono, 2004)

### 2.1.4 Ferro-Cement

Adalah bahan gabungan yang diperoleh dari campuran beton dengan tulangan kawat ayam/kawat yang dianyam. Beton jenis ini akan mempunyai kekuatan tarik yang tinggi dan daktail, serta lebih *waterproofing*. Ketebalannya biasanya antara 10 - 60 mm dengan volume tulangan 6% - 8% satu lapis atau dua lapis. Karena kerapatannya yang tinggi dari tulangan maka volume agregat halus sekitar 60 - 75% volume mortarnya. (Mulyono, 2004)

### 2.1.5 Beton serat (*fibres concrete*)

Merupakan campuran beton ditambah serat, umumnya berupa batang-batang dengan ukuran 5 - 500  $\mu\text{m}$ , dengan panjang sekitar 25 mm. bahan serat dapat berupa serat asbestos, serat plastik (*poly-propylene*), atau potongan kawat baja. Kelemahannya sulit dikerjakan, namun lebih banyak kelebihanannya antara lain kemungkinan terjadi segregasi kecil, daktil, dan tahan benturan. (Mulyono, 2004)

Beton serat didefinisikan sebagai beton yang terbuat dari campuran semen, agregat halus, agregat kasar, dan sejumlah kecil serat *fibres* (ACI Cocommitte 544, 1982). Bahan-bahan serat yang dapat digunakan untuk perbaikan sifat beton pada beton serat antara lain baja, plastic, kaca, karbon, serta serat dari bahan alami seperti ijuk, ijuk rami, maupun serat dari tumbuhan lain (ACI, 1982).

Pendekatan teori untuk menjelaskan mekanisme kerja serat beton sehingga dapat memperbaiki sifat beton adalah sebagai berikut (Soroushian, 1987):

a) *Spacing Concept*

Teori tersebut mengatakan bahwa dengan mendekatkan jarak antar serat dalam campuran beton, akan membuat beton lebih mampu membatasi ukuran retak dan mencegah berkembangnya retak menjadi lebih besar. Kerja serat akan lebih efektif jika diletakkan berjajar dan seragam tidak tumpang tindih (*overlapping*). Pada kondisi sebenarnya, penyebaran serat di dalam adukan beton sulit untuk dibuat beraturan dan saling menindih, sehingga volume efektif potongan serat hanya dapat dianggap 41% dari volume sebenarnya.

b) *Composit Material Concept*

Merupakan satu konsep pendekatan untuk memperkirakan kuat tarik dan lentur beton, dengan asumsi bahan penyusun beton saling melekat sempurna, dengan memperkirakan kekuatan material komposit saat timbul retak pertama (*force crack strength*).

Pada beton serat hal-hal yang perlu mendapatkan perhatian adalah:

a. Kelecekan Adukan Beton

Kelecekan adukan yang sering diukur dengan nilai *slump*, berpengaruh besar terhadap sifat dapat dikerjakan (*workability*) campuran beton segar. Penambahan serat ke campuran beton akan menurunkan kelecekan campuran, yang dipengaruhi oleh:

1. Aspek rasio serat (*fiber aspect ratio*), yaitu nilai banding antara panjang dengan diameter serat. Batas maksimal aspek rasio serat yang masih memungkinkan pengadukan dapat secara mudah dilakukan adalah  $l_f/d_f < 100$  dengan  $l_f$  dan  $d_f$  adalah panjang dan diameter serat. Aspek rasio yang tinggi menyebabkan

kecenderungan serat menggumpal (*balling effect*) dan sulit menyebar merata (Sudarmoko, 1991).

Dari hasil penelitiannya Firman (1998) menyimpulkan bahwa penambahan serat bambu ke dalam campuran beton segar menurunkan kelecakan beton, bervariasi tergantung dari konsentrasi serat, nilai kelecakan dan sifat dapat dikerjakan beton segarnya berkurang.

2. Prosen jumlah serat yang ditambahkan pada adukan beton segarnya (*fiber volume friction*). Dari hasil penelitiannya Firman (1998) membuktikan bahwa penambahan jumlah serat bambu ke dalam campuran beton segar menurunkan kelecakan beton, bervariasi tergantung dari prosentase jumlah serat yang ditambahkan. Semakin tinggi prosentase jumlah serat, semakin berkurang nilai kelecakan dan sifat dapat dikerjakan beton segarnya.

b. Teknik Pencampuran Serat (*Fiber-Dispersion*)

Teknik pencampuran serat merupakan teknik dan upaya pencampuran agar serat yang ditambahkan ke dalam adukan beton segar dapat tersebar merata. Salah satu cara pengatasan agar serat lebih tersebar merata adalah dengan memperkecil ukuran maksimum agregat. ACI Committee (1982) mengisyaratkan ukuran maksimum agregat sebesar 19 mm, untuk memudahkan pengadukan dan tersedianya ruang untuk serat. Panjang serat bisa bervariasi dari 1 - 20 in (25 - 500 mm). Karena fiber merupakan serat alami, maka diameter dan panjangnya tidak seragam. Pada umumnya besar diameternya untuk serat alami yang tidak diproses bervariasi mulai dari 0,004 - 0,003 in (0,1 - 0,75 mm). Sifat karakteristik dan mekanik dari beberapa tipe serat dapat ditunjukkan pada tabel-tabel berikut ini:

Tabel 2.1 Sifat Karakteristik Beberapa Tipe Serat

Fiber type	Coconut	Sisal	Sugar cane Bagasse	Bamboo	Jute	Flax	Elephant grass	Water reed	Plantain	Musamba	Wood fiber (kraft pulp)
Fiber length, in.	2-4	N/A	N/A	N/A	7-12	20	N/A	N/A	N/A	N/A	0.1-0.2
Fiber diameter, in.	0.004-0.016	N/A	0.008-0.016	0.002-0.016	0.004-0.008	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0.001-0.003
Specific gravity	1.12-1.15	N/A	1.2-1.3	1.5	1.02-1.04	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	1.5
Modulus of elasticity, ksi	2750-3770	1880-3770	2175-2750	4780-5800	3770-4640	14,500	710	750	200	130	N/A
Ultimate tensile strength, psi	17,400-29,000	40,000-82,400	26,650-42,000	50,750-72,500	36,250-50,750	145,000	25,800	10,000	13,300	12,000	101,500
Elongation at break, percent	10-25	3-5	N/A	N/A	1.5-1.9	1.8-2.2	3.6	1.2	5.9	9.7	N/A
Water absorption, percent	130-180	60-70	70-75	40-45	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	50-75

Note: N/A = properties not readily available or not applicable.  
Metric equivalents: 1 in. = 25.4 mm; 1 ksi = 1000 psi = 6.895 MPa

Sumber: ACI 544.1R-96



Tabel 2.2 Sifat Mekanik Beberapa Tipe Serat

Type of fiber	Average diameter, in.	Average length, in.	Absorption after 24 hr, percent	Average fiber density (SG)	Average tensile strength, psi	Average bonding strength, psi	Average elongation, percent
Bagasse	0.020	1.38	122.5	0.639	3,570	36	N/A
Coconut	0.027	11.02	58.5	0.580	8,825	40	2.600
Jute	0.004	15.75	62.0	1.280	53,500	20	N/A
Maguey	0.014	15.75	63.0	1.240	54,400	N/A	N/A
Lechuguilla	0.014	15.75	102.0	1.360	54,100	N/A	N/A
Banana	0.011	3.70	276.0	0.298	10,960	35	3.000
Guaney (palm)	0.017	17.44	129.9	1.195	50,000	40	2.880
Bamboo	Variable	Variable	51.0	0.720	54,680	45	1.800

Note: N/A = Not available

Metric equivalents: 1 in. = 25.4 mm; 1 psi = 0.006895 MPa

Sumber: ACI 544.1R-96

Pada ACI 544.1R-96 dijelaskan bahwa terdapat dua metode pencampuran dalam pembuatan beton berserat yaitu (1) Pencampuran basah (*wet mixing*) dan (2) Pencampuran kering-dipadatkan (*dry-compacted mix*). Prosedur pencampuran harus mengacu pada ASTM C 94, proses dan takaran dari rekomendasi ACI 304. Prosedur pencampuran yang disarankan adalah dengan menambahkan semen, air, dan zat additive untuk membentuk bubuk. Selanjutnya agregat halus ditambahkan. Kemudian serat ditaburkan sedikit demi sedikit ke dalam adukan yang sudah tercampur saat proses pengadukan masih berlangsung.

## 2.2 Bahan Penyusun Beton

Menurut Siti Nurlina (2008) bahan-bahan penyusun beton terdiri dari:

### a.) Semen Portland

Semen adalah bahan jadi yang mengeras dengan adanya air (semen hidrolis) yang memiliki sifat adhesif dan kohesif yang memungkinkan melekatnya fragmen-fragmen mineral menjadi suatu massa yang padat. (Siti Nurlina, 2008)

Semen yang biasa dipakai untuk beton dinamakan semen Portland (PC), karena setelah mengeras mirip batu portland yang ada di Inggris. (Siti Nurlina, 2008)

Komponen utama semen Portland (Siti Nurlina, 2008):

- Batu kapur yang mengandung CaO (kapur, *lime*)
- Lempung yang mengandung komponen SiO<sub>2</sub> (silica), Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (oksida alumina), Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (oksida besi).

Jenis-jenis Portland semen menurut ASTM (*American Society for Testing and Materials*) adalah sebagai berikut (Siti Nurlina, 2008):

1. Semen type I : Untuk konstruksi biasa, dimana tidak diperlukan sifat khusus.
2. Semen type II : Untuk konstruksi biasa, dimana diinginkan perlawanan terhadap sulfat atau panas hidrasi sedang.
3. Semen type III : Untuk konstruksi dimana diinginkan cepat mengeras dan kekuatan awal tinggi.

4. Semen type IV : Untuk konstruksi dimana diinginkan panas hidrasi rendah.
5. Semen type V : Untuk konstruksi dimana diinginkan daya tahan yang tinggi terhadap sulfat.

b.) Agregat

Agregat merupakan material berbutir, misalnya pasir, kerikil, batu pecah dan kerak tungku pijar, yang dipakai bersama-sama dengan suatu media pengikat untuk membentuk suatu beton atau adukan semen hidrolik (SNI 03-2847-2002).

Agregat kasar merupakan kerikil sebagai hasil disintegrasi 'alami' dari batuan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir antara 5 mm sampai 40 mm (SNI 03-2847-2002).

Agregat ringan merupakan agregat yang dalam keadaan kering dan gembur mempunyai berat isi sebesar  $1100 \text{ kg/m}^3$  atau kurang (SNI 03-2847-2002).

Pada umumnya penggunaan bahan agregat dalam adukan beton mencapai jumlah  $\pm 70\% - 75\%$  dari seluruh masa padat beton. Untuk mencapai kuat beton baik perlu diperhatikan kepadatan dan kekerasan massanya, karena umumnya semakin padat dan keras massa agregat akan makin tinggi kekuatan dan *durability*-nya (daya tahan terhadap penurunan mutu akibat pengaruh cuaca. (Istimawan Dipohusodo, 1993)

c.) Air

Air diperlukan pada pembuatan beton agar terjadi reaksi kimiawi dengan semen untuk membasahi agregat dan untuk melumasi campuran agar mudah pengerjaannya. Pada umumnya air minum dapat dipakai untuk campuran beton (Siti Nurlina, 2008).

Karena pasta semen merupakan hasil reaksi kimiawi antara semen dengan air, maka yang menentukan adalah perbandingan antara air dan semen. Air yang berlebihan akan menyebabkan banyaknya gelembung air setelah proses hidrasi selesai, sedangkan air yang terlalu sedikit akan menyebabkan proses hidrasi tidak seluruhnya selesai.. Sebagai akibatnya beton yang dihasilkan akan kurang kekuatannya. (Siti Nurlina, 2008)

Air untuk pembuatan dan perawatan beton tidak boleh mengandung minyak, asam alkali, garam, bahan-bahan organis atau bahan lain yang dapat merusak beton atau tulangnya. (Siti Nurlina, 2008)

### 2.3 Batuan

Batuan yang berasal dari alam sangat banyak dipakai dalam pembangunan gedung, jalan, irigasi, dan lain-lain, dimana setiap jenis batuan mempunyai sifat dan karakteristik yang berbeda satu sama lain tergantung dari susunan kandungan mineral di dalam batuan induknya. Sifat batuan juga ditentukan oleh pengaruh temperatur dan tekanan serta lokasi

dimana ia terbentuk. Perbedaan ini mengakibatkan jenis batuan yang satu mempunyai kualitas yang berbeda dengan jenis batuan lainnya. (Amri,2005)

### 2.3.1 Klasifikasi batuan

Batuan alam yang terdapat di permukaan bumi dapat diklasifikasikan sebagai berikut (Amri,2005) :

#### 1. Batuan beku (batuan vulkanis)

Batuan beku merupakan hasil aktivitas kegiatan gunung berapi dimana batuan ini banyak ditemukan di Indonesia sebagai dampak dari wilayah negara Indonesia kaya akan gunung berapi, diperkirakan hampir 70% gunung berapi di dunia terletak di Indonesia, sehingga Indonesia memiliki deposit batuan beku yang cukup potensial. (Amri, 2005)

#### 2. Batuan sedimen

Perubahan bentuk ini terjadi akibat pengaruh yang disebabkan oleh air, udara dan tekanan serta temperatur yang berubah-ubah dari waktu ke waktu. Air dan udara memindahkan batuan beku ke lokasi lain dan membentuk endapan sehingga membentuk lapisan hingga lapisan. Berdasarkan keadaan pembentuknya, batuan sedimen dapat dibagi menjadi batuan sedimen mekanis, batuan sedimen kimia dan batuan sedimen organis. Batuan sedimen memiliki variasi kekuatan, kepadatan dan berat dari rendah hingga tinggi. (Amri,2005)

#### 3. Batuan metamorfosa atau batuan malihan

Batuan metamorfosa merupakan hasil perubahan bentuk batuan beku ataupun batuan sedimen yang diakibatkan oleh adanya temperatur dan tekanan yang tinggi serta mengakibatkan perubahan susunan kimianya. Akibat sifat peralihan ini, batuan ini disebut sebagai batuan malihan, contoh dari batuan ini antara lain: gnesis, batu pualam (*marble*), kuarsit (*quartz*), *schist* dan bata sabak. (Amri, 2005)

## 2.4 Batu Apung

### 2.4.1 Pengertian umum

Batu apung (*pumice*) adalah jenis batuan yang berwarna terang. Mengandung buih yang terbuat dari gelembung berdinding gelas, dan biasanya disebut sebagai batuan gelas vulkanik silikat. Batuan ini terbentuk dari magma asam oleh aksi letusan gunung api yang mengeluarkan materialnya ke udara, kemudian mengalami transportasi secara horizontal dan terakumulasi sebagai batuan piroklastik (Bideci, Alper ., Haydar Gultekin, Ali., Yildirim, Hasan., Oymael, Sabit., Salli Bideci, Ozlem, 2014).

Sifat kimia dan fisika batu apung (*pumice*) antara lain (Pusat Penelitian & Pengembangan Teknologi Mineral Dan Batubara, 2005):

- Mengandung oksida  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{SO}_3$ , dan CI
- pH 5
- bobot ruah 480-960  $\text{kg/m}^3$
- hilang pijar (*loss of ignition*) 6%
- hantaran suara (*sound transmission*) rendah
- berat jenis 0,8  $\text{gr/cm}^3$
- peresapan air (*water absorption*) 16,67%
- konduktivitas panas (*thermal conductivity*) rendah
- katahanan terhadap api sampai 6 jam
- rasio kuat tekan terhadap beban tinggi

Batuan ini jauh lebih getas bila dibandingkan dengan batuan yang lainnya, porositas (rongga) yang dominan mengakibatkan batuan ini sangat ringan, permukaannya tajam dan cepat kering. (Pusat Penelitian & Pengembangan Teknologi Mineral Dan Batubara, 2005)

Distribusi batu apung dirancang menurut SNI 03-2834-2000, yaitu gradasi diameter maksimum 12,5 mm. Adapun gradasinya ditunjukkan pada Tabel 2.3

Tabel 2.3 Syarat gradasi agregat kasar/batu apung

Lubang ayakan (mm)	Persen berat tembus kumulatif (%)		
	40 mm	20 mm	12,5 mm
40	95-100	100	100
20	30-70	95-100	100
12,5	-	-	90-100
10	10-35	25-55	40-85
4,8	0-5	0-10	0-10

Sumber: SNI 03-2834-2000

#### 2.4.2 Karakteristik dan kegunaan

Batu apung termasuk batuan acid yang tempat terbentuknya diatas permukaan tanah. Terbentuknya batu apung ini adalah akibat pengkristalan dan pendinginan yang sangat cepat. Hal tersebut mengakibatkan permukaan (*interface*) batu ini halus, selain permukaan yang halus batu ini memiliki gelembung udara yang terperangkap pada waktu proses pendinginan mengakibatkan adanya rongga rongga dalam batuan. Batu apung memiliki warna sebagian besar abu-abu terang hingga putih, memiliki ukuran yang asangat bervariasi antara diameter 0,5 cm hingga sekitar 20 cm, komposisi penyusun kimia pada batu ini didominasi ( $\pm 75\%$ ) *silicon calcium*, dan *magnesium*, memiliki berat jenis

500kg/m<sup>3</sup> hingga 800 kg/m<sup>3</sup> sehingga dapat mengapung pada permukaan air karena berat jenis air 1000kg/m<sup>3</sup>. (Pusat Penelitian & Pengembangan Teknologi Mineral Dan Batubara, 2005)

Pemanfaatan batu ini sangatlah terbatas, hanya sebatas untuk keperluan konvensional yaitu digunakan sebagai bahan bangunan dan bahan urugan pada bangunan dipedesaan. Karena memiliki kekerasan yang rendah biasanya batu ini digunakan sebagai bahan baku patung karena kemudahan dalam di bentuk (dipahat). Karena penggunaan yang sangat terbatas dan keberadaan batu apung (*pumice*) yang sangat melimpah sehingga harga untuk batu apung (*pumice*) lebih rendah dibandingkan dengan agregat ringan buatan.

## 2.5 Bambu

Bambu (*bamboo*) adalah suatu bahan bangunan yang diperoleh dari hasil penebangan rumpun-rumpun bambu di hutan rimba alami atau hasil budidaya. Ukuran panjang dan diameter batang tergantung dari jenis bambu yang dapat tumbuh hampir di seluruh daerah Indonesia. Bambu ini merupakan bahan yang dapat dipakai sebagai pengganti kayu terutama untuk bangunan ringan di pedesaan dan sebagai struktur pembantu atau sementara. (Hendro Suseno, 2010)

Dari kurang lebih 1000 spesies bambu dalam 80 genera, sekitar 200 spesies dari 20 genera ditemukan di Asia Tenggara (Dransfield dan Widjaja, 1995), sedangkan di Indonesia ditemukan sekitar 60 jenis. Tanaman bambu di Indonesia ditemukan di dataran rendah sampai pegunungan dengan ketinggian sekitar 300 mdpl. Pada umumnya ditemukan ditempat-tempat terbuka dan daerahnya bebas dari genangan air. (Krisdianto, dkk)

### 2.5.1 Keuntungan dan kerugian

Keuntungan bambu adalah mudah didapat, murah, kegunaannya beragam, mudah disambung, pertumbuhan cepat dan bentuk rumpun yang terus berbiak sendiri sehingga tidak perlu adanya reboisasi sedangkan kerugiannya adalah kurang tahan lama karena mudah terserang rayap dan jamur, daya dukung relatif rendah, mudah dibelah, mudah terbakar dan rongga pada batang rawan menjadi sarang tikus. (Hendro Suseno, 2010)

### 2.5.2 Teknologi pemerolehan

Tanaman bambu di Indonesia merupakan tanaman bambu simpodial, yaitu batang-batangnya cenderung mengumpul didalam rumpun karena percabangan rhizomnya di dalam tanah cenderung mengumpul (Sindusuwarno, 1963)

Masa pemanenan bambu adalah setelah berumur (3-6) tahun secara tebang pilih bertahap, penebangan dilakukan secara manual dengan memotong setiap batang pada akhir

musim hujan atau selama musim kemarau dimana kadar air maupun pati pada batang bambu minimum. Batang-batang ini selanjutnya diangkut dan dikumpulkan ketempat penampungan, pengeringan batang-batang bambu dilakukan dengan meletakkan dalam keadaan berdiri di tempat teduh selama (1-2) bulan. Untuk memperpanjang umur pakai, bambu perlu diawetkan baik secara tradisional dengan merendam dalam air selama 1 bulan, dengan pembakaran pada permukaan batang sekalian untuk meluruskan atau menggunakan cara-cara modern dengan bahan kimia pengawet. Dari hasil akhir ini bambu telah siap diproses lebih lanjut sesuai dengan keperluan. (Hendro Suseno, 2010)

Metode pemanenan tanaman bambu adalah dengan metode tebang habis dan tebang pilih. Pada metode tebang habis, semua batang bambu ditebang baik yang tua maupun yang muda, sehingga kualitas batang bambu yang diperoleh bercampur antara bambu yang tua dan yang muda. Selain itu metode ini juga menimbulkan pengaruh terhadap sistem perbungan bambu, sehingga kelangsungan tanaman bambu terganggu, karena sistem perbungan bambu dipengaruhi juga oleh batang bambu yang ditinggalkan. Pada beberapa jenis tanaman bambu metode tebang habis menyebabkan rumpun menjadi kering dan mati, tetapi pada jenis yang lain masih mampu menumbuhkan rebungnya tetapi dengan diameter rebung tidak besar dan jumlahnya tidak banyak. (Sindusuwarno, 1963)

### **2.5.3 Sifat-sifat bahan**

Komposisi kimia batang bambu terdiri dari selulosa berkisar (42.2-53.8)%, hemiselulosa berkisar (17.5-21.5)%, lignin berkisar (19.8-26.6)%, abu berkisar (1.24-3.77)%, silika berkisar (0.2-1.78)%, zat ekstraktif gula dan pati berkisar (5.3-11.8)% dan zat ekstraktif lilin, lemak, resin, minyak dan tanin berkisar (0.9-6.9)%. Dengan melihat komposisi kimia yang hampir sama dengan kayu maka sifat kimianya akan relatif sama, namun dengan melihat kandungan selulosa yang lebih tinggi maka ketahanan terhadap serangan rayap akan menurun begitu pula kandungan pati dan gula yang tinggi menyebabkan ketahanan terhadap bubuk kayu juga rendah. Apabila kandungan pati dan gula ini tidak direduksi maka bambu hanya mampu bertahan (2-3) tahun saja tetapi bila dilakukan pengawetan maka akan mampu bertahan lebih 15 tahun. (Hendro Suseno, 2010)

Secara fisik bambu harus benar-benar tua, yaitu berwarna hijau tua atau hitam, berserat padat, permukaannya mengkilap dan pada ruas tidak terdapat pecah-pecah atau kerusakan lainnya. Kadar air kesetimbangan rata-rata pada kelembaban udara 70% adalah 12% dengan berat jenis berkisar (0.55-0.71) dan berat isi rata-rata sekitar 700 kg/m<sup>3</sup>. Penyusutan batang bambu pada arah longitudinal berkisar (0.08-0.30)%, arah radial

berkisar (5.4-9.5)% dan arah tangensial cukup besar berkisar (6.4-20.1)%. Ketahanan bambu terhadap api dinyatakan dalam tiga titik pembakaran, titik nyala api dengan sumber api dari luar adalah 23°C, titik api yang dinyalakan dan mulai terbakar adalah 260°C dan titik nyala sendiri tanpa adanya sumber api berkisar (330-480)°C sedangkan konduktivitas panas batang bambu adalah 0.17 W/m.°C. (Hendro Suseno, 2010)

#### **2.5.4 Serat bambu**

Salah satu serat alam yang tersedia banyak di sekitar kita adalah bambu. Bambu memiliki waktu tumbuh yang jauh lebih cepat dan harga yang lebih murah dari pohon penghasil kayu. (Subianto, N., 2008)

Tahapan-tahapan dalam pembuatan serat bambu antara lain sebagai berikut :

##### **A. Tahapan persiapan**

Pada tahap persiapan bahan baku utama di peroleh kesimpulan: makin tipis pembilahan yang dilakukan maka makin cepat proses degumming yang terjadi hal ini terlihat ketika proses pemisahan serat di mana bilah-bilah bambu yang tipis mudah untuk lakukan pemisahan seratnya, jika dibandingkan dengan bilah bambu yang tebal. (Denny Nurkertamanda dan Andi Alvin, 2012)

##### **B. Tahapan pembilasan**

Teknik pembilasan yang diambil adalah pembilasan dengan sistem rendam, dimana proses degumming atau pemecahan zat pengikat serat dilakukan secara perlahan dan menghilangkan kandungan NaOH yang tersisa secara bertahap. (Denny Nurkertamanda dan Andi Alvin, 2012)

#### **2.6 Bahan Perekat**

Dalam penelitian ini digunakan bahan perekat yaitu lem beton untuk menutupi pori-pori dari agregat kasar (batu apung) agar campuran beton tidak masuk ke dalam rongga-rongga batu apung yang berakibat pada bertambahnya berat beton ringan.

Perekat adalah bahan yang mampu mengikat dua permukaan atau lebih dengan ikatan yang kuat dan permanen. Secara umum perekat adalah bahan yang memiliki kekuatan tarik dan kekuatan geser yang tinggi. Perekat bekerja berdasarkan prinsip adesi, yaitu gaya tarik-menarik antara molekul-molekul dari jenis bahan yang berbeda. (<https://id.m.wikipedia.org>, 2016)

Perekat dipakai untuk mengikat aneka komponen struktur tertentu secara efektif dan mudah. Apalagi bila pemakaian teknik-teknik penyambungan lainnya (paku, solder, sekrup, dan sebagainya) mengakibatkan distorsi, korosi dan sebagainya. Teknik perikatan juga dipergunakan manakala hal ini menekan biaya. (Hartomo dkk, 1992)

### 2.6.1 Kandungan perekat

Komponen dasar zat perekat ialah zat perekatnya, yang menghasilkan kekuatan adhesif dan kohesif pada ikatannya. Ini biasanya merupakan resin organik, atau dapat pula karet, senyawa anorganik atau bahan alam lain. (Hartomo dkk, 1992)

Berbagai kandungan lain dalam perekat ialah (Hartomo dkk, 1992):

1. Pengencer. Ini merupakan pelarut bagi komponen-komponen perekat lain disamping mengatur viskositas agar perekat dapat disebarkan merata pada permukaan yang hendak direkatkan. (Hartomo dkk, 1992)
2. Katalis dan pengeras (*hardener*). Ini merupakan zat “*curing*” bagi sistem perekat. Pengeras bergabung secara kimia dengan bahan rekatannya. Pengeras dapat berupa monomer, polimer atau senyawa campuran. (Hartomo dkk, 1992)
3. *Akselerator, inhibitor, retarder*. Zat-zat ini mengatur laju “*curing*”. Akselerator mempercepat, inhibitor menghambat drastis, sedangkan retarder memperlambatnya sehingga dapat memperlama masa simpan dan pakainya. (Hartomo dkk, 1992)
4. Pengubah sifat (*modifier*). Ini meliputi *filler* (pengisi), *extender*, *thinner*, *plasticizer* (pemlastik), *stabilizer* (penstabil), *zat pembasah*, sesuai penggunaan masing-masing. *Filler* ialah zat bukan perekat yang memperbaiki sifat kerja, keawetan, kekuatan rekatan. *Extender* ialah zat yang bersifat perekat yang ditambahkan kedalam perekat untuk mengencerkan, mengurangi kadar komponen lain agar lebih ekonomis. *Thinner* ialah cairan atsir yang ditambahkan ke dalam perekat untuk meningkatkan konsistensi berbagai sifatnya. *Plasticizer* dimasukkan ke perekat agar lebih luwes. Zat penstabil untuk meningkatkan ketahanan kerjanya, misalnya terhadap cahaya, panas, radiasi, dan sebagainya. Zat pembasah meningkatkan kontak antarmuka antara perekat dan batang yang direkatkan dengan memperbaiki sifat basahan dan sebaran perekat tersebut. (Hartomo dkk, 1992)

### 2.7 Metode Perawatan (*Curing*)

Perawatan benda uji menurut SNI 03-4810-1998 harus memenuhi ketentuan sebagai berikut :

1. Penutupan setelah penyelesaian, yaitu benda uji ditutup dengan bahan yang tidak mudah menyerap air, tidak rektif dan dapat menjaga kelembaban sampai saat ujian dilepas dari cetakan;
2. Perawatan untuk pemeriksaan proposisi campuran untuk kekuatan atau sebagai dasar untuk pemeriksaan atau pengendalian mutu.

Perawatan awal sesudah percetakan :



- a. Benda uji harus disimpan dalam suhu antara 16 sampai 27°C, dan dalam lingkungan yang lembab selama 48 jam, harus terlindung dari sinar matahari langsung atau alat yang memancarkan panas.
- b. Benda uji dilepas dari cetakan dan diberi perawatan standar.
- c. Jika benda uji tidak akan diangkut selama 48 jam, cetakan harus dilepas dalam waktu 24 jam  $\pm$  8 jam dan diberi perawatan standar sampai tiba waktu pengangkutan.

Perawatan standar sebagai berikut ( SNI 03-4810-1998 ):

- 1) Dalam waktu 30 menit sesudah dilepas dari cetakan, harus disimpan dalam keadaan lembab pada suhu 23°C  $\pm$  1,7°C;
- 2) Tidak lebih dari 3 jam sebelum pengujian pada suhu antara 20°C sampai 30°C;
- 3) Benda uji tidak boleh terkena tetesan atau aliran air;
- 4) Penyimpanan dalam keadaan basah, yaitu dengan perendaman dalam air kapur jenuh atau dengan ditutupi kain basah;

Perawatan untuk menentukan saat pelepasan cetakan atau saat struktur boleh menerima beban :

- a) Silinder disimpan pada atau sedekat mungkin dengan struktur yang dan suhu serta kelembabannya harus sama;
- b) Balok uji dan struktur yang diwakilinya harus memperoleh perawatan yang sama;
- c) Balok uji dilepas dari cetakan setelah 48 jam  $\pm$  4 jam;
- d) Balok uji harus disimpan dalam air kapur pada suhu 23°C  $\pm$  1,7°C selama 24 jam  $\pm$  4 jam sebelum pengujian.

## 2.8 Kuat Lentur

Kuat lentur beton adalah kemampuan balok beton yang diletakkan pada dua perletakan untuk menahan gaya dengan arah tegak lurus sumbu benda uji, yang diberikan kepadanya, sampai benda uji patah, dinyatakan dalam *Mega Pascal (MPa)* gaya per satuan luas. (SNI 4431:2011)

Kuat lentur beton merupakan salah satu parameter utama yang harus diketahui. Pengujian kuat lentur dilakukan supaya dapat mengetahui sifat-sifat mekanis yang lain pada beton tersebut.

Kuat Lentur sering juga disebut sebagai modulus runtuh. Kuat Lentur biasanya mempunyai nilai 1.5 kali kuat tarik belah beton. (Amri, 2005)

Komponen beton akan melentur akibat beratnya sendiri atau ditambah dengan beban lain yang harus dipikulnya. Lentutan harus dibatasi dalam besaran tertentu untuk tujuan keamanan dan keindahan. Komponen yang mengalami lentutan melebihi batas dapat

terjadi bila komponen tersebut tidak memenuhi persyaratan atau akibat beberapa faktor penyebab lainnya. (Amri, 2005)

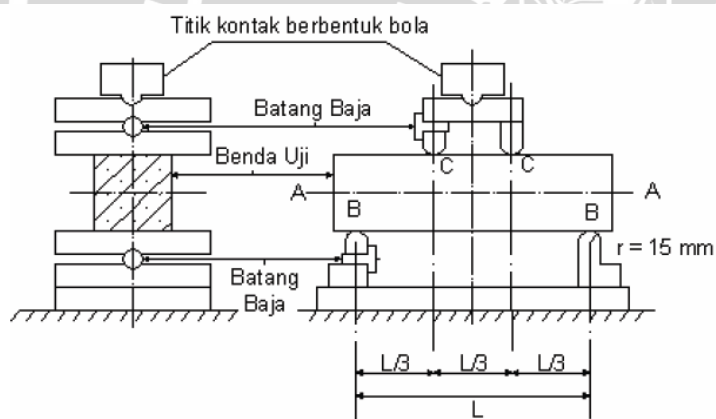
Kuat lentur beton dapat ditentukan dengan melakukan pengujian terhadap suatu balok beton seperti yang disyaratkan dalam BS-1881 atau ASTM C-78. (Amri, 2005)

### 2.8.1 Cara pengujian

Peralatan yang digunakan dalam pengujian kuat lentur beton normal dengan dua titik pembebanan adalah sebagai berikut:

- Mesin tekan beton yang dapat digunakan untuk pengujian kuat lentur dengan perlengkapan antara lain manometer dengan dua jarum pembacaan beban, dua buah titik perletakan berbentuk silinder, dua buah titik pembebanan berbentuk silinder, ketelitian peralatan pada skala pembacaan minimum adalah 12,5 g. (SNI 4431:2011)
- Cetakan benda uji dengan penampang lintang berbentuk bujur sangkar ukuran lebar 15 cm dan tinggi 15 cm, panjang 53 cm. (SNI 4431:2011)

Gambar 2.1 Benda uji, perletakan dan pembebanan

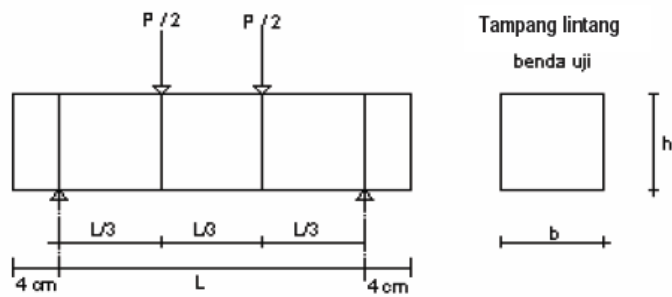


Keterangan gambar:

- A-A adalah sumbu memanjang
- B adalah titik-titik perletakan
- C adalah titik-titik pembebanan

Sumber: SNI 4431:2011

Gambar 2.2 Garis-garis perletakan dan pembebanan



Keterangan gambar:  
 L adalah jarak (bentang) antara dua garis perletakan (cm)  
 b adalah lebar tampak lintang benda uji (cm)  
 h adalah tinggi tampak lintang benda uji (cm)  
 P adalah beban tertinggi yang ditunjukkan oleh mesin uji (kg)

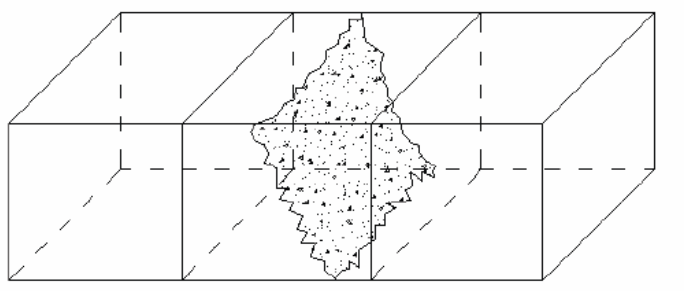
Sumber: SNI 4431:2011

Rumus-rumus perhitungan yang digunakan adalah: (SNI 4431:2011)

- a) Untuk pengujian dimana bidang patah terletak di daerah pusat (daerah 1/3 jarak titik perletakan bagian tengah), maka kuat lentur beton dihitung menurut persamaan sebagai berikut.

$$\sigma l = \frac{P \cdot L}{b \cdot h^2}$$

Gambar 2.3 Balok patah pada 1/3 bentang tengah

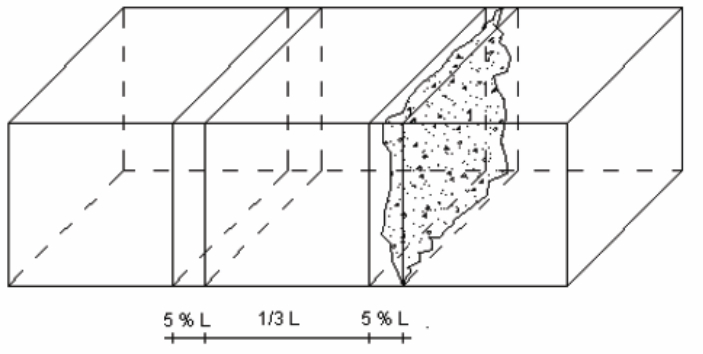


Sumber: SNI 4431:2011

- b) Untuk pengujian dimana patahnya benda uji ada di luar pusat (daerah 1/3 jarak titik perletakan bagian tengah), dan jarak antara titik pusat dan titik patah kurang dari 5% dari jarak antara titik perletakan maka kuat lentur beton dihitung menurut persamaan sebagai berikut.

$$\sigma l = \frac{P \cdot a}{b \cdot h^2}$$

Gambar 2.4 Balok patah di luar 1/3 bentang tengah dan garis patah pada  $< 5\%$  dari bentang



Sumber: SNI 4431:2011

Keterangan:

$\sigma_1$  = kuat lentur benda uji (MPa)

P = beban tertinggi yang terbaca pada mesin uji (pembacaan dalam ton sampai 3 angka di belakang koma)

L = jarak (bentang) antara dua garis perletakan (mm)

b = lebar tampang lintang patah arah horizontal (mm)

h = lebar tampang lintang patah arah vertikal (mm)

a = jarak rata-rata antara tampang lintang patah dan tumpuan luar yang terdekat, diukur pada tempat pada sudut dari bentang (mm)

## BAB III METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Umum

Penelitian ini menggunakan variabel terikat dan variabel bebas. Variabel terikat dalam penelitian antara lain agregat kasar berupa batu apung, pasir, semen dan air. Variabel bebasnya sendiri adalah variasi penambahan serat bambu pada benda uji yaitu 0%, 1%, 1.2%, dan 1.4% terhadap berat semen. Dalam penelitian ini sampel tiap variasi yang dibuat adalah 5 benda uji berbentuk balok dengan dimensi 15 x 15 x 60 cm untuk pengujian lentur dengan perbandingan campuran 1 : 2 : 0.75. Sampel diuji ketika umur beton 28 hari. Pengujian akan dilaksanakan di Laboratorium Struktur, Jurusan Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, Malang.

### 3.2 Waktu dan Tempat Penelitian

Waktu : Maret – Juni, 2016.

Tempat : Pembuatan benda uji dan pengujian kuat tekan beton dilakukan di Laboratorium Struktur, Jurusan Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, Malang.

### 3.3 Variabel Penelitian

#### a. Variabel Bebas

Penambahan serat bambu yang digunakan adalah 0%, 1%, 1.2%, 1.4% dan pelapisan agregat kasar (batu apung) dengan perekat dan pasir.

#### b. Variabel Terikat

Kuat lentur pada umur 28 hari dan berat isi beton.

### 3.4 Bahan yang Digunakan

1. Semen : Semen portland tipe I produksi PT. Semen Gresik
2. Pasir : Pasir yang digunakan berasal dari Lumajang.
3. Batu Apung : Batu Apung yang digunakan yang berasal dari daerah Lombok Utara dan Lombok Timur yang dipasarkan di Pergudangan Margomulyo Permai, Surabaya, Provinsi Jawa Timur, berupa batu apung yang dijual berdasarkan kelompok diameternya agar bisa menjadi pengganti agregat kasar pada beton.
4. Air : Air PDAM biasanya digunakan dengan pH normal.
5. Serat bambu : Serat bambu yang digunakan jenis apapun dengan panjang 4–6 cm.

6. Perekat : Perekat yang digunkakan berupa lem beton yang beredar di pasaran.

### 3.5 Analisis Bahan yang Digunakan

#### 3.5.1 Semen

Semen yang digunakan tidak dilakukan pengujian khusus, hanya secara visual dimana semen dalam keadaan bubuk dan belum sampai mengeras atau menggumpal, hal ini menunjukkan semen masih dalam kondisi baik.

#### 3.5.2 Air

Air yang digunakan tidak dilakukan pengujian khusus (berasal dari air bersih PDAM Kota Malang yang tersedia di laboratorium).

#### 3.5.3 Agregat kasar (batu apung)

Untuk memperoleh keseragaman agregat kasar yang digunakan, maka agregat kasar berupa batu apung diambil dari daerah Lombok Utara dan Lombok Timur yang selanjutnya dicuci dengan air agar semua debu dan kotorannya hilang.

Pengujian terhadap agregat kasar meliputi:

- Analisa ayakan (gradasi)
- Berat jenis
- Absorpsi
- Berat isi
- Kadar air

#### 3.5.4 Agregat halus (pasir)

Agregat halus yang digunakan adalah pasir yang berasal dari Lumajang dan dijual di pasaran. Adapun yang dilakukan terhadap agregat halus sama dengan perlakuan terhadap agregat kasar.

#### 3.5.5 Perekat (lem beton)

Perekat (lem beton) yang digunakan adalah lem beton yang banyak terdapat di pasaran. Adapun untuk pelapisan sangat bergantung pada daya pelapisan dari perekat tersebut. Ketebalan pelapisan sangat bergantung pada spesifikasi dari perekat tersebut.

#### 3.5.6 Serat bambu

##### 1. Tahapan persiapan

Pada tahap persiapan bahan baku utama di peroleh kesimpulan: makin tipis pembilahan yang dilakukan maka makin cepat proses degumming yang terjadi hal ini

terlihat ketika proses pemisahan serat di mana bilah-bilah bambu yang tipis mudah untuk lakukan pemisahan seratnya, jika dibandingkan dengan bilah bambu yang tebal.

## 2. Tahapan pembilasan

Teknik pembilasan yang diambil adalah pembilasan dengan sistem rendam, dimana proses degumming atau pemecahan zat pengikat serat dilakukan secara perlahan dan menghilangkan kandungan NaOH yang tersisa secara bertahap.

## 3. Tahap pengeringan dan pengguntingan

Setelah serat bambu direndam dengan NaOH, serat bambu dijemur di bawah sinar matahari hingga kering. Setelah mengering, serat bambu digunting dengan panjang 4 – 6 cm.

### 3.6 Rancangan Penelitian

Dalam penelitian ini akan dilakukan penggantian agregat kasar menggunakan batu Apung dengan variasi penambahan serat bambu 0%, 1%, 1.2%, 1.4%. Ukuran benda uji adalah 15 x 15 x 60 cm untuk pengujian lentur. Jumlah benda uji untuk tiap variasi adalah 5 buah.

Tabel 3.1 Rancangan pembuatan benda uji

Serat Bambu (%)	Dengan Pelapisan	Tanpa Pelapisan
0	5	5
1	5	5
1.2	5	5
1.4	5	5
Jumlah	20	20

Sumber : Rancangan Penelitian

Berdasarkan tabel di atas jumlah benda uji menjadi :

Pelapisan batu apung tanpa serat bambu	: 5 buah
Pelapisan batu apung dengan serat bambu 1%	: 5 buah
Pelapisan batu apung dengan serat bambu 1.2%	: 5 buah
Pelapisan batu apung dengan serat bambu 1.4%	: 5 buah
Tanpa pelapisan batu apung tanpa serat bambu	: 5 buah
Tanpa pelapisan batu apung dengan serat bambu 1%	: 5 buah
Tanpa pelapisan batu apung dengan serat bambu 1.2%	: 5 buah
Tanpa pelapisan batu apung dengan serat bambu 1.4%	: 5 buah
Total benda uji	: 40 buah

### 3.7 Pembuatan Benda Uji

Pembuatan benda uji pada penelitian ini yaitu mencampur semua bahan yang telah melalui proses analisis sebelumnya dan dinyatakan layak digunakan sebagai bahan pembuat beton. Pada penelitian ini batu apung digunakan 100% sebagai pengganti agregat kasar pada campuran beton. Batu Apung dilapisi dengan perekat dan pasir agar pori-pori pada batu apung tertutupi. Serat bambu ditambahkan pada benda uji dengan tujuan menambah kekuatan tarik dari beton.

#### 3.7.1 Tujuan

Pembuatan benda uji untuk penelitian bertujuan untuk mengetahui pengaruh pelapisan permukaan agregat kasar (batu apung) dan penambahan serat bambu terhadap kuat lentur beton ringan.

#### 3.7.2 Alat-alat yang digunakan

1. Ayakan (*Siever*)

Alat ini digunakan untuk analisis saringan agregat halus. Susunan ayakan berurutan dari bawah ke atas dengan diameter lubang 0.15 mm, 0.3 mm, 0.6 mm, 1.18 mm, 2.36 mm, 4.75 mm, 9.5 mm.

2. Pengaduk beton (*concrete mixer*)

Pengaduk beton dipakai untuk mengaduk bahan-bahan penyusun beton agar dapat membentuk campuran yang benar-benar homogen.

3. Cetakan balok

Alat ini dipakai untuk mencetak beton yang akan dipergunakan sebagai benda uji kuat lentur. Cetakan balok terbuat dari besi dengan ukuran 15 x 15 x 60 cm.

4. *Slump test apparatus*

Alat ini dipakai untuk mengukur nilai slump dari adukan beton. Alat ini berbentuk kerucut dengan tinggi 30 cm, diameter atas 10 cm, diameter bawah 20 cm, serta dilengkapi alat tumbuk berupa tongkat besi berdiameter 16 mm, dengan panjang 60 cm.

5. Ember penakar

6. Timbangan

7. *Stopwatch*

8. *Vibrator*

9. Cetok 4 buah , sekop 1 buah

10. Penggaris atau meteran



11. Besi penumbuk
12. Gerobak pengangkut
13. Loyang pengaduk / bak pencampur.

### 3.7.3 Tahapan pelaksanaan

Pelaksanaan pencampuran adukan beton adalah sebagai berikut :

1. Melakukan treatment terhadap serat bambu dengan dilakukan perendaman dengan NaOH. Setelah kering serat bambu disemprot perekat dan ditaburi pasir, tujuan penaburan pasir ini adalah untuk memberikan berat pada serat bambu sehingga pada saat pencampuran serat bambu tidak mengambang di permukaan dan dapat tercampur merata dalam campuran beton.
2. Mencuci batu apung agar debu-debu yang menempel hilang, setelah kering dilapisi dengan perekat (lem beton) dan pasir.
3. Menakar seluruh campuran sesuai dengan mix design yang dibuat, baik semen, pasir, batu apung dan air.
4. Memasukkan bahan – bahan kedalam molen dengan urutan sebagai berikut:
  - a. Memasukkan agregat kasar (batu apung) dan pasir terlebih dahulu.
  - b. Masukkan semen.
  - c. Memasukkan air sedikit demi sedikit, kurang lebih 60 % dari seluruh air yang akan dituangkan. Putar dengan tenaga mesin .
  - d. Setelah nampak mengental seperti bubur, seluruh serat bambu dimasukkan dengan ditambah air sedikit demi sedikit hingga habis.
5. Memutar molen selama kurang lebih 10 menit agar campuran merata. Untuk memastikan sudah merata, molen dibolak – balik kekanan – kekiri dengan kemiringan tertentu, namun jangan sampai menumpahkan isi molen.
6. Menuangkan campuran diatas Loyang.
7. Menuangkan campuran ke dalam cetakan yang telah dibersihkan dan disiapkan.

### 3.7.4 Perawatan benda uji

Perawatan benda uji dilakukan dengan cara benda uji ditutup dengan kain basah. Perawatan beton bertujuan untuk menjamin proses hidrasi semen dapat berlangsung dengan sempurna, sehingga retak-retak pada permukaan beton dapat dihindari serta mutu beton yang diinginkan dapat tercapai. Selain itu kelembaban permukaan beton juga dapat menambah ketahanan beton terhadap pengaruh cuaca dan lebih kedap air.

Adapun cara perendamannya adalah sebagai berikut:

1. Setelah 24 jam maka cetakan balok dibuka, lalu dilakukan perendaman terhadap sampel beton tersebut.
2. Perendaman dilakukan sampai umur beton 28 hari.
3. Sebelum beton direndam terlebih dahulu diberi nama pada permukaannya.

### 3.7.5 Pengujian kuat lentur

Pengujian kuat lentur balok beton sederhana tanpa tulangan ini menggunakan mesin uji tekan yang telah disediakan di Laboratorium Struktur dan Bahan Konstruksi, Teknik Sipil Universitas Brawijaya, Malang.

Sebelum pengujian pastikan bahwa benda uji yang akan diuji telah memenuhi syarat teknis seperti yang telah disebutkan di SNI 4431:2011.

Pengujian kuat lentur beton dilakukan pada umur beton 28 hari. Langkah langkah pengujiannya ( Menurut SNI 4431:2011) adalah :

#### 1. Persiapan Pengujian

Persiapan uji dilakukan dengan tahapan sebagai berikut.

##### a) Siapkan benda uji dan lakukan beberapa hal sebagai berikut:

- 1) Ukur dan catat dimensi penampang benda uji dengan jangka sorong minimum di 3 (tiga) tempat.
- 2) Ukur dan catat panjang benda uji pada keempat rusuknya.
- 3) Timbang dan catat berat masing-masing benda uji
- 4) Buat garis-garis melintang sebagai tanda dan petunjuk titik-titik perletakan, titik-titik pembebanan dan titik-titik sejauh 5% dari jarak bentang di luar titik perletakan.
- 5) Tempatkan benda uji yang telah selesai diukur, timbang dan beri tanda pada tumpuan tempat pada tempat yang tepat dengan sisi atas benda uji pada waktu pengecoran berada di bagian samping alat penekan.

##### b) Siapkan mesin tekan beton dan lakukan tahapan sebagai berikut.

- 1) Pasang 2 (dua) buah perletakan dengan lebar bentang 3 kali jarak titik-titik pembebanan dan pasang alat pembebanan sehingga mesin tekan beton berfungsi sebagai alat uji lentur.
- 2) Atur pembebanan dan skala pembacaannya
- 3) Tempatkan benda uji yang sudah diberi tanda di atas perletakan sedemikian sehingga tanda tumpuan yang dibuat pada benda uji, tepat pada pusat tumpuan dari alat uji, dengan kedudukan sisi atas benda uji pada waktu pengecoran berada pada

bagian samping alat penekan dan menyentuh benda uji pada sepertiga bentang titik tumpuan.

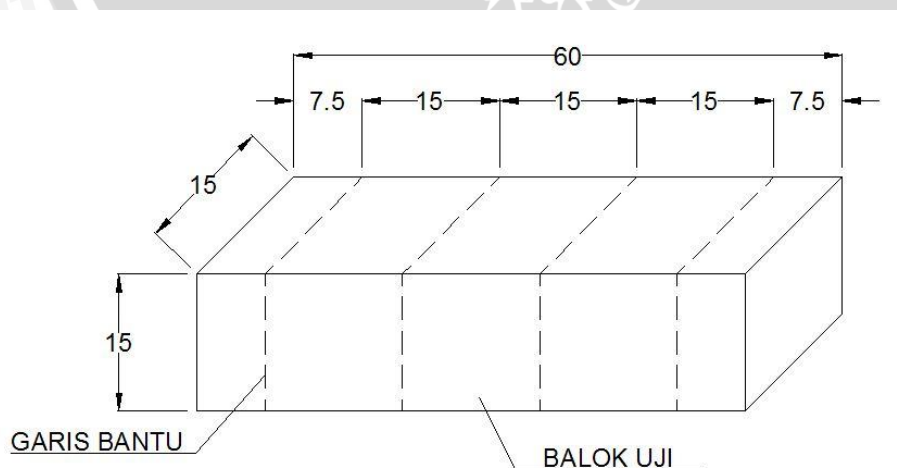
## 2. Prosedur Pengujian

Pengujian dilakukan dengan beberapa tahapan sebagai berikut.

- a) Hidupkan mesin uji tekan beton yang telah dipersiapkan, tunggu kira-kira 30 detik.
- b) Letakkan benda uji pada tumpuan dan atur benda uji sehingga siap untuk pengujian.
- c) Atur pembebanannya untuk menghindari terjadi benturan.
- d) Atur katup-katup pada kedudukan pembebanan dan kecepatan pembebanan pada kedudukan yang tepat sehingga jarum skala bergerak secara perlahan-lahan dan kecepatannya  $8 \text{ kg/cm}^2 - 10 \text{ kg/cm}^2$  tiap menit.
- e) Kurangi kecepatan pembebanan pada saat-saat menjelang patah yang ditandai dengan kecepatan gerak jarum pada skala beban agak lambat, sehingga tidak terjadi kejut.
- f) Hentikan pembebanan dan catat beban maksimum yang menyebabkan patahnya benda uji
- g) Ambil benda uji yang telah selesai diuji, yang dapat dilakukan dengan menurunkan plat perletakan benda uji atau menaikkan alat pembebanannya.
- h) Ukur dan catat lebar dan tinggi tampang lintang patah dengan ketelitian 0,25 mm sedikitnya pada 3 tempat dan ambil harga rata-ratanya.
- i) Ukur dan catat jarak antara tampang lintang patah dari tumpuan luar terdekat pada 4 tempat di bagian tarik pada arah bentang dan ambil harga rata-ratanya.
- j) Hitung kuat lentur menggunakan rumus sesuai dengan kondisi jarak patah pada balok. Seperti yang telah ditetapkan pada SNI 4431:2011.

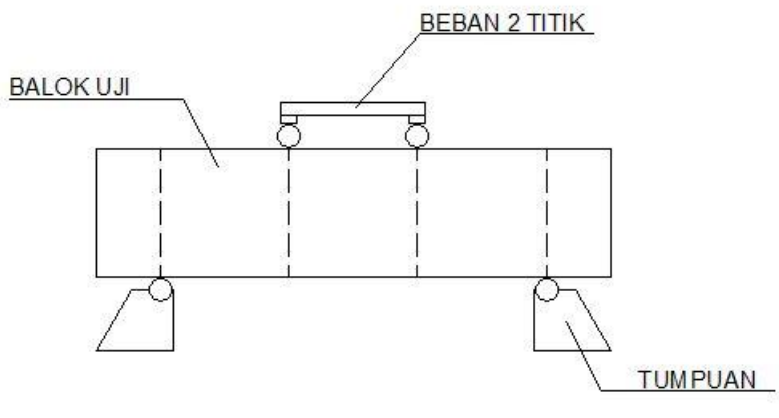
## 3. Gambar Skema Pengujian

Gambar 3.1 Balok uji dengan garis bantu untuk perletakan dan pembebanan



Sumber: Rancangan penelitian

Gambar 3.2 Perletakan benda uji pada tumpuan dan perletakan beban

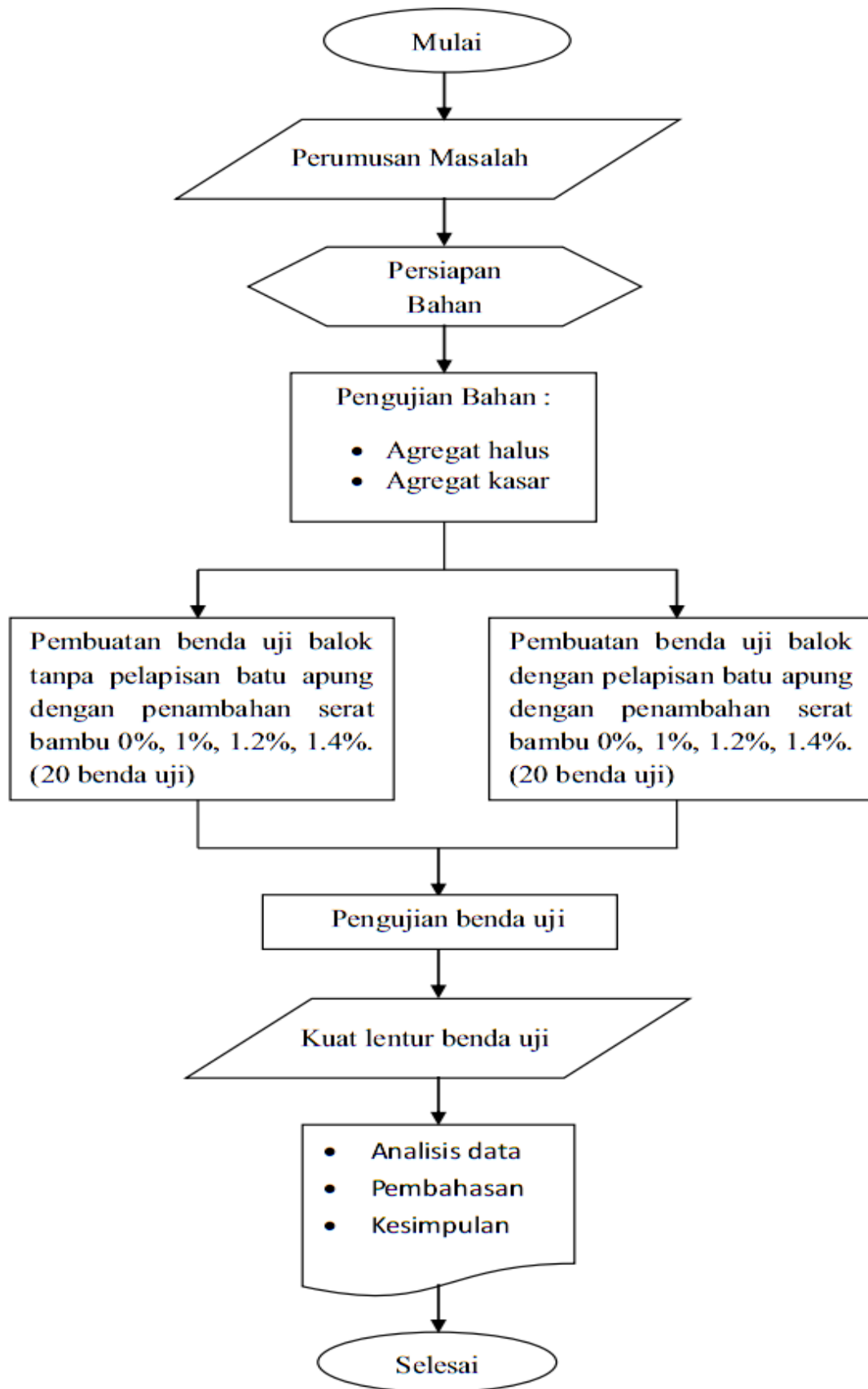


Sumber: Rancangan penelitian

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



### 3.8 Langkah-langkah Penelitian



### 3.9 Metode Pengumpulan Data

Data diambil dengan membuat benda uji berbentuk balok sederhana tanpa tulangan dengan ukuran 15 x 15 x 60 cm pada masing-masing perlakuan. Pengambilan data dilakukan dengan cara mengamati dan mencatat hasil pengukuran kuat lentur hingga benda uji tersebut mengalami retak atau hancur.

### 3.10 Analisis Data

#### 3.10.1 Uji anova

Anova satu arah (*one way anova*) digunakan apabila yang akan dianalisis terdiri dari satu variabel terikat dan satu variabel bebas. Interaksi suatu kebersamaan antar faktor dalam mempengaruhi variabel bebas, dengan sendirinya pengaruh faktor-faktor secara mandiri telah dihilangkan. Jika terdapat interaksi berarti efek faktor satu terhadap variabel terikat memiliki garis yang tidak sejajar dengan efek faktor lain terhadap variabel terikat sejajar (saling berpotongan), maka antara faktor tidak mempunyai interaksi. (Walpole,1995)

Prosedur Uji Hipotesis Anova Satu Arah :

#### 1. Menentukan Hipotesis ( $H_0$ dan $H_1$ )

- $H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_k$

Yaitu artinya, semua rata-rata (*mean*) populasi adalah sama

Tidak ada efek faktor terhadap variabel respon

- $H_1 : \text{Tidak semua } \mu_i \text{ sama, } i=1,2,\dots,k$

Yaitu artinya, minimal satu rata-rata populasi berbeda (yang lainnya sama)

Ada efek atau pengaruh faktor terhadap variabel respon

Tidak berarti bahwa semua populasi berbeda

#### 2. Menentukan tingkat signifikansi

#### 3. Tentukan derajat kebebasan

#### 4. Analisis dan Menentukan Fhitung dan Ftabel

#### 5. Menentukan daerah Kritis

#### 6. Menentukan kriteria pengujian

$H_0$  diterima jika  $F_{hitung} \leq F_{tabel}$

$H_a$  diterima jika  $F_{hitung} > F_{tabel}$

Untuk menentukan  $H_0$  atau  $H_a$  diterima maka ketentuan yang harus diikuti adalah :

- a. Bila F hitung sama atau lebih kecil dari F tabel maka  $H_0$  diterima dan  $H_a$  di tolak.
- b. Bila F hitung lebih besar dari F tabel maka  $H_0$  ditolak dan  $H_a$  diterima.

7. Keputusan
8. Pasca Anova (jika ada).
9. Kesimpulan

### 3.10.2 Uji *independent sample t-test*

Uji *independent sample t-test* merupakan bagian dari *statistic inferensial parametric* (uji beda). Uji sampel independen adalah metode yang digunakan untuk menguji kesamaan rata-rata dari 2 populasi yang bersifat independen, dimana peneliti tidak memiliki informasi mengenai ragam populasi. Independen maksudnya adalah bahwa populasi yang satu tidak dipengaruhi atau tidak berhubungan dengan populasi yang lain. Pengujian hipotesis dengan distribusi t adalah pengujian hipotesis yang menggunakan distribusi t sebagai uji statistik. Tabel pengujian disebut tabel *t-student*.

Dalam *statistic parametric* terdapat syarat-syarat yang harus dipenuhi sebelum dilakukan pengujian, antara lain :

- Data yang diuji adalah data kuantitatif.
- Data harus diuji normalitas dan hasilnya harus berdistribusi normal.
- Data harus sejenis atau homogen.
- Uji ini dilakukan dengan jumlah data yang sedikit ( kurang dari 30 ).

Fungsi Pengujian Uji T antara lain:

- Untuk memperkirakan interval rata-rata.
- Untuk menguji suatu pernyataan apakah sudah layak untuk dipercaya.
- Untuk menguji hipotesis tentang rata-rata suatu sampel.
- Menunjukkan batas penerimaan suatu hipotesis.

Adapun analisis yang diperlukan sebelum dimulainya uji ini antara lain :

1. Menentukan nilai rata-rata.
2. Menentukan standar deviasi.
3. Rumus umum Uji T Sampel Bebas.

Prosedur Uji *Independent Sample T-Test* :

1. Nyatakan hipotesis nol dan hipotesis alternative.
2. Tentukan taraf signifikansi,  $\alpha$ .
3. Tentukan nilai kritis, untuk uji dua arah, nilai kritisnya adalah  $\pm t_{\alpha/2}$
4. Hitung nilai statistik uji dari sampel

$$T = \frac{(\bar{X}_1 - \bar{X}_2) - D_0}{\sqrt{\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}}}$$

5. Jika nilai dari uji statistik jatuh pada daerah penolakan, maka tolak  $H_0$ ; selainnya, tidak menolak  $H_0$ .
6. Nyatakan kesimpulan. (Usman,2009)

### 3.11 Data Outlier

Dalam penelitian seringkali ditemukan data yang menyimpang atau biasa disebut dengan data *outlier*. Dalam statistik, *outlier* didefinisikan sebagai datum yang menyimpang sangat jauh dari datum yang lain. Data *outlier* dapat mengubah suatu kesimpulan penelitian, oleh karena itu perlu dilakukan perhitungan dan analisis yang tepat agar diperoleh kesimpulan yang sebenarnya. Banyak metode untuk menghitung *outlier*, salah satunya adalah dengan metode boxplot. Berikut merupakan langkah-langkah untuk menghitung *outlier* menggunakan metode boxplot.

1. Susun datum-datum dalam satu kumpulan datum dari yang terendah sampai yang tertinggi
2. Hitung median (Q2) dari kumpulan datum tersebut

$$Q2 = \frac{2(n+1)}{4}$$

3. Hitung kuartil bawah (Q1)

$$Q1 = \frac{1(n+1)}{4}$$

4. Hitung kuartil atas (Q3)

$$Q3 = \frac{3(n+1)}{4}$$

5. Hitung jarak antar kuartil (IQR)

$$IQR = Q3 - Q1$$

6. Suatu data dikatakan *outlier* jika

$$Q3 + (1.5 \times IQR) < outlier \leq Q3 + (3 \times IQR)$$

atau

$$Q1 - (1.5 \times IQR) > outlier \geq Q1 - (3 \times IQR)$$



### 3.12 Hipotesis Penelitian

Berdasarkan permasalahan yang telah diuraikan sebelumnya, maka dapat disusun hipotesis awal dari referensi dan penelitian terdahulu yang sudah dilakukan sebagai berikut:

1. Penambahan serat bambu pada campuran beton ringan berpengaruh atas meningkatnya kuat lentur beton ringan
2. Pelapisan perekat dan pasir pada permukaan agregat kasar (batu Apung) berpengaruh meningkatkan kekuatan dari agregat kasar (batu Apung) itu sendiri sehingga nilai kuat lentur pada beton ringan meningkat.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA





## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Hasil Pengujian Material

#### 4.1.1 Agregat halus

Agregat halus yang digunakan dalam penelitian ini adalah pasir hitam yang berasal dari daerah Lumajang. Untuk mengetahui sifat dan karakteristik dari pasir tersebut maka perlu dilakukan pengujian di laboratorium. Dari hasil pengujian didapatkan data sebagai berikut:

Tabel 4.1 Hasil pengujian agregat halus

Jenis Pemeriksaan	Satuan	Pasir Hitam
Modulus Halus	-	4.20
Berat Jenis SSD	-	2.65
Kadar Air	%	7.86
Penyerapan	%	1.4
Berat Isi	gram/cm <sup>3</sup>	1.37

*Sumber: Hasil Percobaan*

#### 4.1.2 Agregat kasar

Agregat kasar yang digunakan dalam penelitian ini adalah batu apung yang berasal dari Lombok Utara dan Lombok Timur yang dipasarkan di Pergudangan Margomulyo Permai, Surabaya, Provinsi Jawa Timur. Batu apung yang dijual dikelompokkan berdasarkan diameternya agar bisa menjadi pengganti agregat kasar pada beton.. Untuk mengetahui sifat dan karakteristik dari batu apung tersebut maka perlu dilakukan pengujian di laboratorium. Data yang didapatkan dari pengujian laboratorium adalah sebagai berikut:

Tabel 4.2 Hasil pengujian agregat kasar

Jenis Pemeriksaan	Satuan	Batu Apung
Modulus Halus	-	10.17
Berat Jenis SSD	-	1.041
Kadar Air	%	7.23
Penyerapan	%	6.8
Berat Isi	gram/cm <sup>3</sup>	0.42

*Sumber: Hasil Percobaan*

#### 4.1.3 Hasil uji slump

Uji *slump* digunakan untuk mengetahui sifat kelecakan (*workability*) dari beton segar. Dari uji *slump* didapatkan angka slump yang didapatkan dengan mengukur besarnya penurunan adukan beton segar yang sudah dicetak menggunakan kerucut *Abrams*. Penuangan adukan beton segar ke dalam cetakan kerucut *Abrams* dilakukan setiap 1/3 lapis dan tiap lapis dipadatkan sebanyak 25 kali tusukan menggunakan batang besi yang dijatuhkan vertikal secara jatuh bebas. Setelah lapisan terakhir ditumbuk, adonan beton segar dimasukkan hingga memenuhi kerucut *Abrams* dan diratakan menggunakan penggaris. Kemudian kerucut *Abrams* diangkat secara vertikal dan ditunggu hingga adonan beton menurun, selisih dari tinggi kerucut *Abrams* dengan penurunan adonan itulah yang dicatat sebagai nilai *slump*.

Dari pengujian *slump*, didapatkan nilai *slump* yang bervariasi tiap adukannya. Nilai *slump* yang didapatkan sesuai dengan *slump* rencana yaitu 60-180 mm. Nilai *slump* yang bervariasi dapat terjadi karena pengaruh penambahan air pada campuran beton. Semakin banyak air yang ditambahkan pada adonan maka adonan akan semakin encer dan nilai *slump*nya akan tinggi. Penambahan air yang berlebihan akan mengurangi kekuatan beton.

Hasil uji *slump* dapat dilihat pada tabel 4.3 sebagai berikut:

Tabel 4.3 Hasil pengujian slump

Prosentase Serat (%)	Uji Slump (cm)	
	Batu Apung Tanpa Lapis	Batu Apung dengan Lapis
0	8	10
1	8	10
1.2	9.5	8.5
1.4	7	8.5

Sumber: Hasil Percobaan

#### 4.2 Perawatan Beton

Perawatan beton setelah pengecoran dilakukan untuk mencegah panas hidrasi yang berlebih. Panas hidrasi tersebut membuat beton mengalami retak-retak yang nantinya mempengaruhi kekuatan beton. Perawatan dilakukan setelah beton mengeras (kurang lebih 24 jam), beton yang telah mengeras dikeluarkan dari cetakan dan ditutup karung goni basah selama 28 hari. Karung goni dibasahi dengan air secara rutin agar beton tetap dalam keadaan lembab.

### 4.3 Hasil Pengujian Kuat Lentur Beton Ringan

Dari hasil pengujian didapatkan bahwa benda uji mengalami retak pada 1/3 bentang tengah (gambar dapat dilihat pada lampiran), sehingga rumus yang digunakan untuk menghitung kuat lentur adalah:

$$\sigma_l = \frac{P \cdot L}{b \cdot h^2}$$

Perhitungan kuat lentur dapat dilihat pada lampiran.

#### 4.3.1 Hasil pengujian kuat lentur beton ringan tanpa serat

Pengujian kuat lentur pada benda uji balok ukuran 15 x 15 x 60 cm dilakukan pada umur beton 28 hari, sehingga diperoleh nilai kuat tarik seperti pada tabel berikut:

Tabel 4.4 Hasil pengujian kuat lentur beton ringan tanpa serat

No. Benda Uji	Kuat Lentur Beton (Mpa)	
	Tanpa Lapis	Dengan Lapis
1	2.27	1.93
2	2.27	1.87
3	1.93	2.67
4	1.73	1.80
5	1.80	2.20
Rata-rata	2.00	2.09

Sumber: Hasil Perhitungan

#### 4.3.2 Hasil pengujian kuat lentur beton ringan dengan serat 1%

Pengujian kuat lentur pada benda uji balok ukuran 15 x 15 x 60 cm dilakukan pada umur beton 28 hari, sehingga diperoleh nilai kuat tarik seperti pada tabel berikut:

Tabel 4.5 Hasil pengujian kuat lentur beton ringan dengan serat 1%

No. Benda Uji	Kuat Lentur Beton (Mpa)	
	Tanpa Lapis	Dengan Lapis
1	2.07	1.93
2	1.33	1.60
3	2.33	1.60
4	2.27	1.40
5	2.60	2.47
Rata-rata	2.12	1.80

Sumber: Hasil Perhitungan

#### 4.3.3 Hasil pengujian kuat lentur beton ringan dengan serat 1.2%

Pengujian kuat lentur pada benda uji balok ukuran 15 x 15 x 60 cm dilakukan pada umur beton 28 hari, sehingga diperoleh nilai kuat tarik seperti pada tabel berikut:

Tabel 4.6 Hasil pengujian kuat lentur beton ringan dengan serat 1.2%

No. Benda Uji	Kuat Lentur Beton (Mpa)	
	Tanpa Lapis	Dengan Lapis
1	1.87	2.07
2	1.93	3.13
3	1.93	2.07
4	1.60	2.33
5	2.00	2.00
Rata-rata	1.87	2.32

Sumber: Hasil Perhitungan

#### 4.3.4 Hasil pengujian kuat lentur beton ringan dengan serat 1.4%

Pengujian kuat lentur pada benda uji balok ukuran 15 x 15 x 60 cm dilakukan pada umur beton 28 hari, sehingga diperoleh nilai kuat tarik seperti pada tabel berikut:

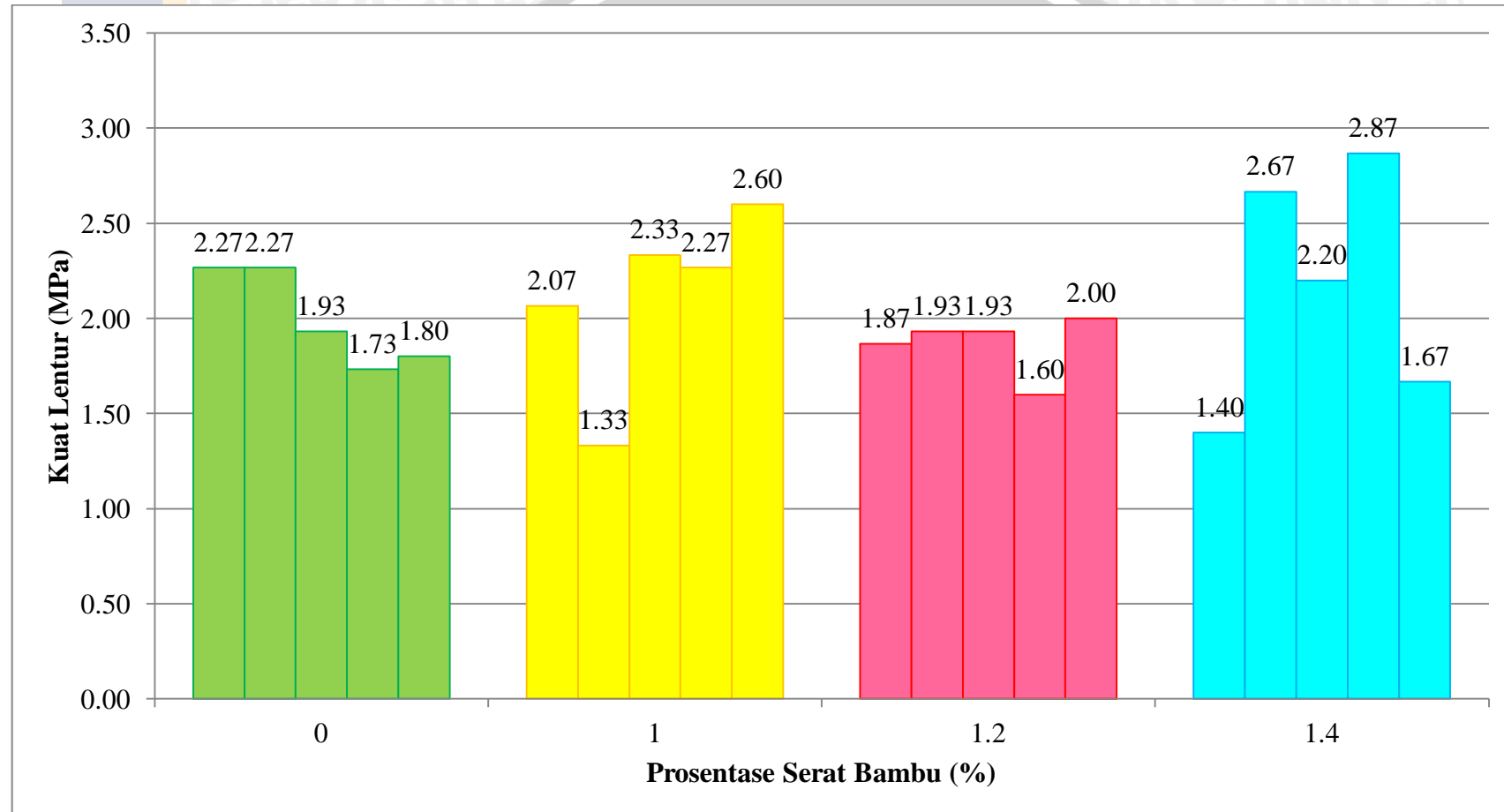
Tabel 4.7 Hasil pengujian kuat lentur beton ringan dengan serat 1.4%

No. Benda Uji	Kuat Lentur Beton (Mpa)	
	Tanpa Lapis	Dengan Lapis
1	1.40	2.53
2	2.67	3.07
3	2.20	2.20
4	2.87	1.93
5	1.67	2.73
Rata-rata	2.16	2.49

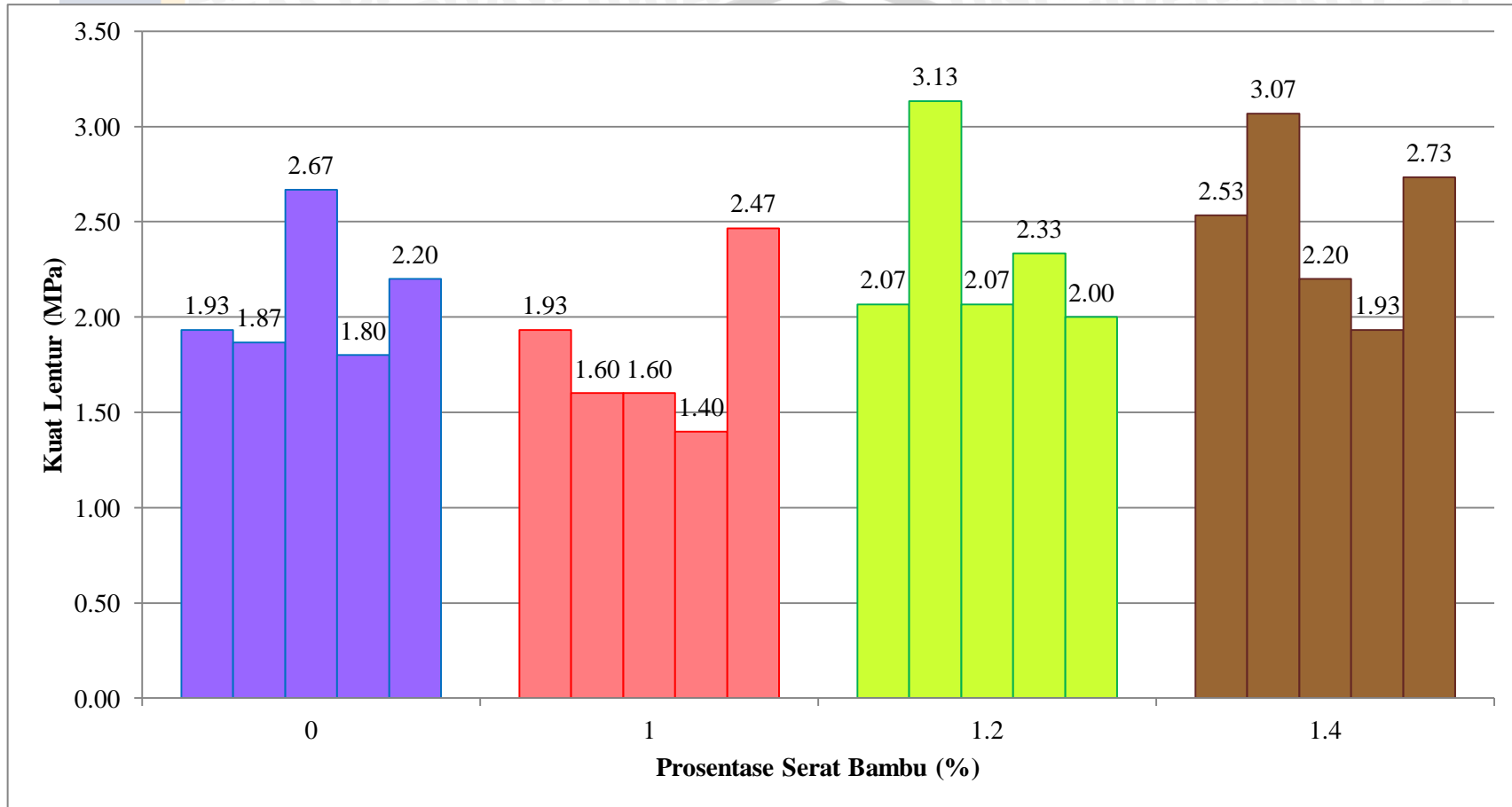
Sumber: Hasil Perhitungan

Dari tabel-tabel di atas dapat dibuat grafik batang hasil uji kuat lentur untuk mempermudah pembacaan.

Gambar 4.1 Grafik batang kuat lentur beton ringan tanpa pelapisan



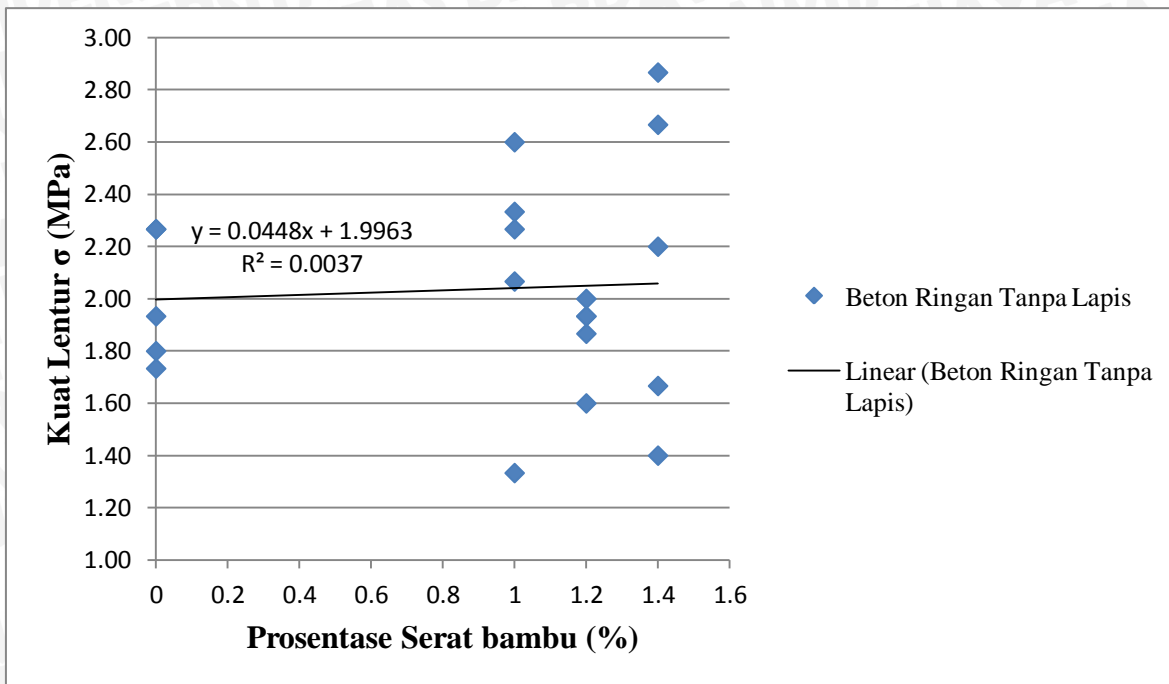
Sumber: Data kuat lentur



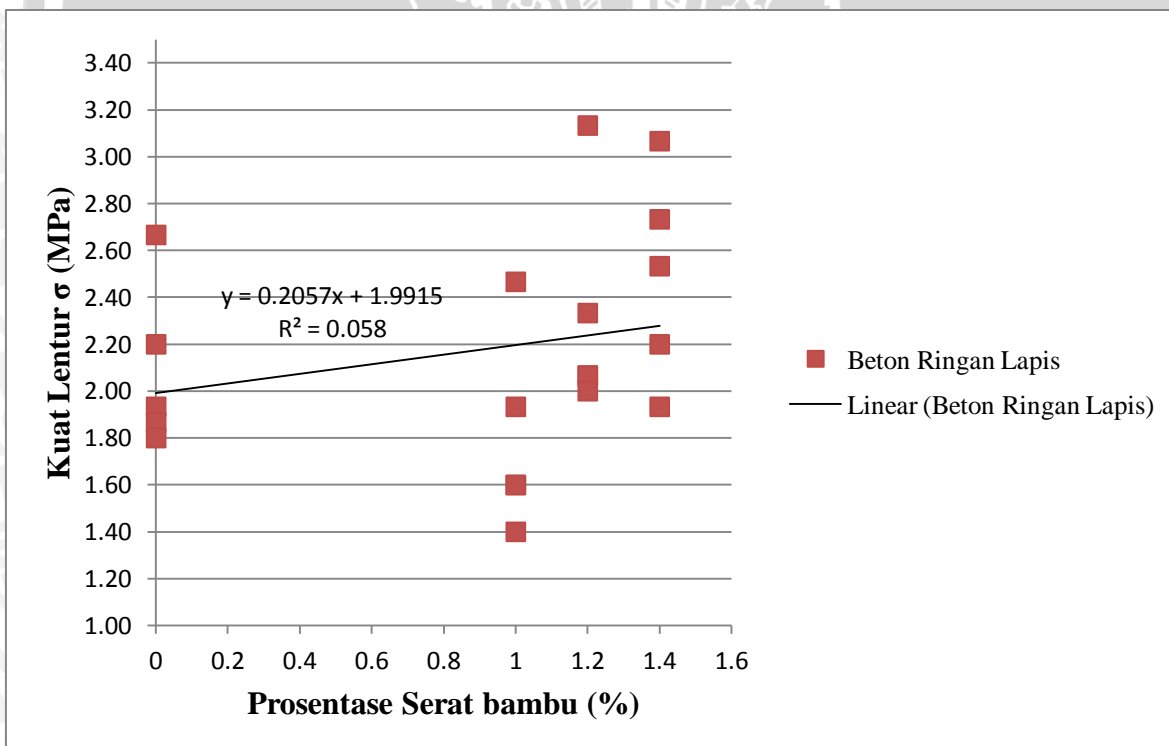
Gambar 4.2 Grafik batang kuat lentur beton ringan dengan pelapisan

Sumber: Data kuat lentur





Gambar 4.3 Grafik hubungan prosentase serat bambu dengan kuat lentur beton ringan tanpa pelapisan batu apung



Gambar 4.4 Grafik hubungan prosentase serat bambu dengan kuat lentur beton ringan dengan pelapisan batu apung

Dari grafik batang dapat dilihat bahwa kuat lentur beton ringan baik tanpa pelapisan maupun dengan pelapisan sangat bervariasi, jika diamati kuat lentur rata-ratanya cenderung naik sebanding dengan penambahan serat bambu, dan kuat lentur rata-rata beton

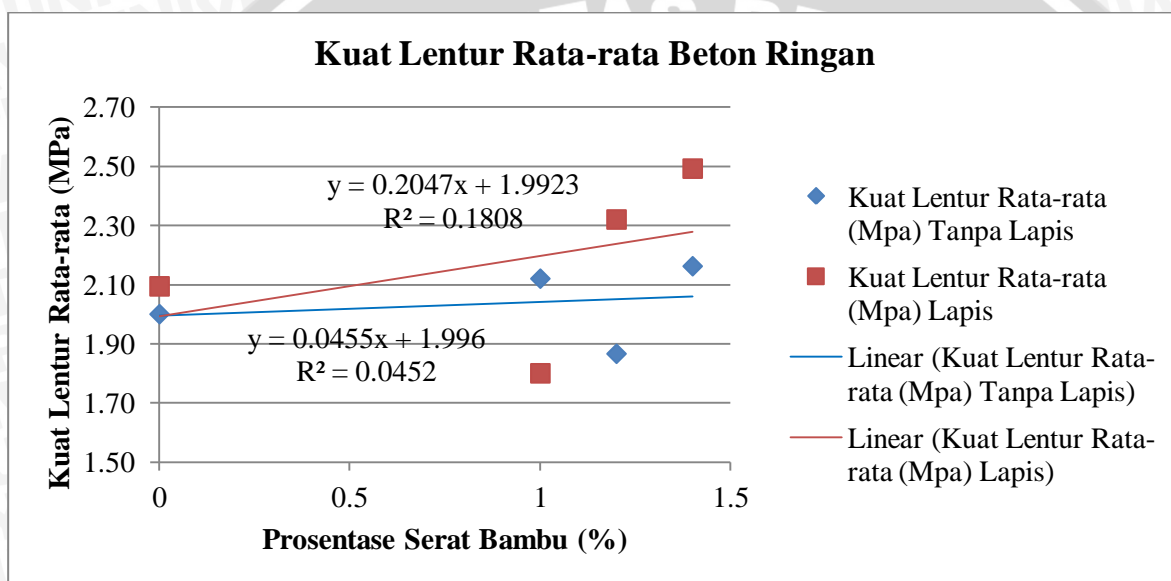
ringan dengan pelapisan lebih tinggi dibanding beton ringan tanpa pelapisan. Seperti yang terangkum pada tabel berikut ini.

Tabel 4.8 Rekap kuat lentur rata-rata beton ringan

Prosentase Serat (%)	Kuat Lentur Rata-rata (Mpa)	
	Tanpa Lapis	Lapis
0	2.00	2.09
1	2.12	1.80
1.2	1.87	2.32
1.4	2.16	2.49

Sumber: Hasil Perhitungan

Dari tabel 4.8 dapat dibuat grafik seperti di bawah ini.



Gambar 4.5 Grafik kuat lentur rata-rata beton ringan

Dapat disimpulkan bahwa kuat Lentur rata-rata maksimum dari 5 sampel terdapat pada prosentase bambu 1.4% baik beton tanpa pelapisan maupun dengan pelapisan yaitu sebesar 2.16 MPa dan 2.49 MPa. Dari grafik 4.5, garis regresi dari kuat lentur rata-rata beton ringan tanpa lapis dan dengan lapis dengan penambahan serat 0% berada pada titik yang sama, hal tersebut berarti pengaruh pelapisan batu apung tidak berpengaruh pada saat prosentase bambu 0%. Jika dilihat pada tabel 4.8 terdapat data yang rumpang yaitu terjadinya penurunan pada kuat lentur beton ringan tanpa lapis-serat 1.2% dengan kuat lentur sebesar 1.87 MPa lebih rendah daripada beton ringan-tanpa serat. Dan juga pada beton dengan lapis-serat 1% kuat lentur hanya 1.80 MPa lebih rendah daripada beton lapis-tanpa serat. Hal tersebut dapat disebabkan oleh beberapa faktor, antara lain kesalahan pada saat pembuatan beton, misal terlalu banyak menambahkan air pada adonan sehingga nilai FAS tidak sesuai dengan rencana, penambahan air yang berlebihan menyebabkan adonan

menjadi encer dan nilai slump menjadi tinggi, kemudian penyebaran agregat kasar yang tidak merata pada tiap cetakan, bisa juga karena adanya data *outlier* atau data yang menyimpang jauh sehingga kuat lentur rata-ratanya menurun.

Untuk mengetahui apakah dalam data penelitian ini terdapat data *outlier* atau tidak maka perlu dilakukan perhitungan dan analisis data *outlier*. Perhitungan dan analisis yang dilakukan menggunakan metode boxplot. Berikut hasil dari perhitungan data *outlier* sampel penelitian.

- a. Perhitungan data *outlier* beton ringan tanpa pelapisan dan tanpa serat  
Tabel 4.9 Hasil uji kuat lentur beton ringan tanpa pelapisan dan tanpa serat

Benda Uji	Kuat Lentur (Mpa)
1	2.27
2	2.27
3	1.93
4	1.73
5	1.80

Sumber: Hasil Perhitungan

Dari tabel 4.9 data kuat lentur diurutkan dari yang terkecil sampai yang terbesar, menjadi:

n	Kuat Lentur (Mpa)
1	1.73
2	1.80
3	1.93
4	2.27
5	2.27

Jumlah sampel (n) : 5

$$\text{Kuartil bawah (Q1)} = \frac{1(n+1)}{4} = 1.5 \rightarrow 1.77$$

$$\text{Kuartil tengah (Q2)} = \frac{2(n+1)}{4} = 3 \rightarrow 1.93$$

$$\text{Kuartil atas (Q3)} = \frac{3(n+1)}{4} = 4.5 \rightarrow 2.27$$

$$\text{Jarak antar kuartil (IQR)} = Q3 - Q1 = 0.51$$

$$Q3 + (1.5 \times \text{IQR}) = 3.03$$

$$Q3 + (3 \times \text{IQR}) = 3.79$$

$$Q1 - (1.5 \times \text{IQR}) = 1.01$$

$$Q1 - (3 \times \text{IQR}) = 0.25$$

dikatakan *outlier* jika  $Q3 + (1.5 \times \text{IQR}) < \text{outlier} \leq Q3 + (3 \times \text{IQR})$ , atau  $Q1 - (1.5 \times \text{IQR}) > \text{outlier} \geq Q1 - (3 \times \text{IQR})$ .

Dari hasil perhitungan di atas dapat disimpulkan bahwa tidak ada data *outlier* pada beton ringan tanpa pelapisan dan tanpa serat.

- b. Perhitungan data *outlier* beton ringan tanpa pelapisan dengan serat 1%

Tabel 4.10 Hasil uji kuat lentur beton ringan tanpa pelapisan dengan serat 1%

Benda Uji	Kuat Lentur (Mpa)
1	2.07
2	1.33
3	2.33
4	2.27
5	2.60

Sumber: Hasil Perhitungan

Dari tabel 4.10 data kuat lentur diurutkan dari yang terkecil sampai yang terbesar, menjadi:

n	Kuat Lentur (Mpa)
1	1.33
2	2.07
3	2.27
4	2.33
5	2.60

Jumlah sampel (n) : 5

$$\text{Kuartil bawah (Q1)} = \frac{1(n+1)}{4} = 1.5 \rightarrow 1.70$$

$$\text{Kuartil tengah (Q2)} = \frac{2(n+1)}{4} = 3 \rightarrow 2.27$$

$$\text{Kuartil atas (Q3)} = \frac{3(n+1)}{4} = 4.5 \rightarrow 2.47$$

$$\text{Jarak antar kuartil (IQR)} = Q3 - Q1 = 0.77$$

$$Q3 + (1.5 \times \text{IQR}) = 3.61$$

$$Q3 + (3 \times \text{IQR}) = 4.76$$

$$Q1 - (1.5 \times \text{IQR}) = 0.55$$

$$Q1 - (3 \times \text{IQR}) = -0.60$$

dikatakan *outlier* jika  $Q3 + (1.5 \times \text{IQR}) < \text{outlier} \leq Q3 + (3 \times \text{IQR})$ , atau  $Q1 - (1.5 \times \text{IQR}) > \text{outlier} \geq Q1 - (3 \times \text{IQR})$ .

Dari hasil perhitungan di atas dapat disimpulkan bahwa tidak ada data *outlier* pada beton ringan tanpa pelapisan dengan serat 1%.

- c. Perhitungan data *outlier* beton ringan tanpa pelapisan dengan serat 1.2%

Tabel 4.11 Hasil uji kuat lentur beton ringan tanpa pelapisan dengan serat 1.2%

Benda Uji	Kuat Lentur (Mpa)
-----------	-------------------

1	1.87
2	1.93
3	1.93
4	1.60
5	2.00

Sumber: Hasil Perhitungan

Dari tabel 4.11 data kuat lentur diurutkan dari yang terkecil sampai yang terbesar, menjadi:

n	Kuat Lentur (Mpa)
1	1.60
2	1.87
3	1.93
4	1.93
5	2.00

Jumlah sampel (n) : 5

$$\text{Kuartil bawah (Q1)} = \frac{1(n+1)}{4} = 1.5 \rightarrow 1.74$$

$$\text{Kuartil tengah (Q2)} = \frac{2(n+1)}{4} = 3 \rightarrow 1.93$$

$$\text{Kuartil atas (Q3)} = \frac{3(n+1)}{4} = 4.5 \rightarrow 1.97$$

$$\text{Jarak antar kuartil (IQR)} = Q3 - Q1 = 0.23$$

$$Q3 + (1.5 \times \text{IQR}) = 2.31$$

$$Q3 + (3 \times \text{IQR}) = 2.66$$

$$Q1 - (1.5 \times \text{IQR}) = 1.39$$

$$Q1 - (3 \times \text{IQR}) = 1.05$$

dikatakan *outlier* jika  $Q3 + (1.5 \times \text{IQR}) < \text{outlier} \leq Q3 + (3 \times \text{IQR})$ , atau  $Q1 - (1.5 \times \text{IQR}) > \text{outlier} \geq Q1 - (3 \times \text{IQR})$ .

Dari hasil perhitungan di atas dapat disimpulkan bahwa tidak ada data *outlier* pada beton ringan tanpa pelapisan dengan serat 1.2%.

- d. Perhitungan data *outlier* beton ringan tanpa pelapisan dengan serat 1.4%

Tabel 4.12 Hasil uji kuat lentur beton ringan tanpa pelapisan dengan serat 1.4%

Benda Uji	Kuat Lentur (Mpa)
1	1.40
2	2.67
3	2.20
4	2.87
5	1.67

Sumber: Hasil Perhitungan

Dari tabel 4.12 data kuat lentur diurutkan dari yang terkecil sampai yang terbesar, menjadi:

n	Kuat Lentur (Mpa)
1	1.40
2	1.67
3	2.20
4	2.67
5	2.87

Jumlah sampel (n) : 5

$$\text{Kuartil bawah (Q1)} = \frac{1(n+1)}{4} = 1.5 \rightarrow 1.54$$

$$\text{Kuartil tengah (Q2)} = \frac{2(n+1)}{4} = 3 \rightarrow 2.20$$

$$\text{Kuartil atas (Q3)} = \frac{3(n+1)}{4} = 4.5 \rightarrow 2.77$$

$$\text{Jarak antar kuartil (IQR)} = Q3 - Q1 = 1.24$$

$$Q3 + (1.5 \times \text{IQR}) = 4.62$$

$$Q3 + (3 \times \text{IQR}) = 6.48$$

$$Q1 - (1.5 \times \text{IQR}) = -0.32$$

$$Q1 - (3 \times \text{IQR}) = -2.17$$

dikatakan *outlier* jika  $Q3 + (1.5 \times \text{IQR}) < \text{outlier} \leq Q3 + (3 \times \text{IQR})$ , atau  $Q1 - (1.5 \times \text{IQR}) > \text{outlier} \geq Q1 - (3 \times \text{IQR})$ .

Dari hasil perhitungan di atas dapat disimpulkan bahwa tidak ada data *outlier* pada beton ringan tanpa pelapisan dengan serat 1.4%.

- e. Perhitungan data *outlier* beton ringan dengan pelapisan dan tanpa serat

Tabel 4.13 Hasil uji kuat lentur beton ringan dengan pelapisan dan tanpa serat

Benda Uji	Kuat Lentur (Mpa)
1	1.93
2	1.87
3	2.67
4	1.80
5	2.20

Sumber: Hasil Perhitungan

Dari tabel 4.13 data kuat lentur diurutkan dari yang terkecil sampai yang terbesar, menjadi:

n	Kuat Lentur (Mpa)
1	1.80
2	1.87
3	1.93
4	2.20
5	2.67

Jumlah sampel (n) : 5

$$\text{Kuartil bawah (Q1)} = \frac{1(n+1)}{4} = 1.5 \rightarrow 1.84$$

$$\text{Kuartil tengah (Q2)} = \frac{2(n+1)}{4} = 3 \rightarrow 1.93$$

$$\text{Kuartil atas (Q3)} = \frac{3(n+1)}{4} = 4.5 \rightarrow 2.44$$

$$\text{Jarak antar kuartil (IQR)} = Q3 - Q1 = 0.60$$

$$Q3 + (1.5 \times \text{IQR}) = 3.34$$

$$Q3 + (3 \times \text{IQR}) = 4.24$$

$$Q1 - (1.5 \times \text{IQR}) = 0.94$$

$$Q1 - (3 \times \text{IQR}) = 0.03$$

dikatakan *outlier* jika  $Q3 + (1.5 \times \text{IQR}) < \text{outlier} \leq Q3 + (3 \times \text{IQR})$ , atau  $Q1 - (1.5 \times \text{IQR}) > \text{outlier} \geq Q1 - (3 \times \text{IQR})$ .

Dari hasil perhitungan di atas dapat disimpulkan bahwa tidak ada data *outlier* pada beton ringan dengan pelapisan dan tanpa serat.

- f. Perhitungan data *outlier* beton ringan dengan pelapisan dan serat 1%

Tabel 4.14 Hasil uji kuat lentur beton ringan dengan pelapisan dan serat 1%

Benda Uji	Kuat Lentur (Mpa)
1	1.93
2	1.60
3	1.60
4	1.40
5	2.47

Sumber: Hasil Perhitungan

Dari tabel 4.14 data kuat lentur diurutkan dari yang terkecil sampai yang terbesar, menjadi:

n	Kuat Lentur (Mpa)
1	1.40
2	1.60
3	1.60
4	1.93
5	2.47

Jumlah sampel (n) : 5

$$\text{Kuartil bawah (Q1)} = \frac{1(n+1)}{4} = 1.5 \rightarrow 1.50$$

$$\text{Kuartil tengah (Q2)} = \frac{2(n+1)}{4} = 3 \rightarrow 1.60$$

$$\text{Kuartil atas (Q3)} = \frac{3(n+1)}{4} = 4.5 \rightarrow 2.20$$

$$\text{Jarak antar kuartil (IQR)} = Q3 - Q1 = 0.70$$

$$Q3 + (1.5 \times \text{IQR}) = 3.25$$

$$Q3 + (3 \times \text{IQR}) = 4.30$$

$$Q1 - (1.5 \times \text{IQR}) = 0.45$$

$$Q1 - (3 \times \text{IQR}) = -0.60$$

dikatakan *outlier* jika  $Q3 + (1.5 \times \text{IQR}) < \text{outlier} \leq Q3 + (3 \times \text{IQR})$ , atau  $Q1 - (1.5 \times \text{IQR}) > \text{outlier} \geq Q1 - (3 \times \text{IQR})$ .

Dari hasil perhitungan di atas dapat disimpulkan bahwa tidak ada data *outlier* pada beton ringan dengan pelapisan dan serat 1%.

- g. Perhitungan data *outlier* beton ringan dengan pelapisan dan serat 1.2%

Tabel 4.15 Hasil uji kuat lentur beton ringan dengan pelapisan dan serat 1.2%

Benda Uji	Kuat Lentur (Mpa)
1	2.07
2	3.13
3	2.07
4	2.33
5	2.00

Sumber: Hasil Perhitungan

Dari tabel 4.15 data kuat lentur diurutkan dari yang terkecil sampai yang terbesar, menjadi:

n	Kuat Lentur (Mpa)
1	2.00



2	2.07
3	2.07
4	2.33
5	3.13

Jumlah sampel (n) : 5

$$\text{Kuartil bawah (Q1)} = \frac{1(n+1)}{4} = 1.5 \rightarrow 2.04$$

$$\text{Kuartil tengah (Q2)} = \frac{2(n+1)}{4} = 3 \rightarrow 2.07$$

$$\text{Kuartil atas (Q3)} = \frac{3(n+1)}{4} = 4.5 \rightarrow 2.73$$

$$\text{Jarak antar kuartil (IQR)} = Q3 - Q1 = 0.70$$

$$Q3 + (1.5 \times \text{IQR}) = 3.77$$

$$Q3 + (3 \times \text{IQR}) = 4.82$$

$$Q1 - (1.5 \times \text{IQR}) = 0.99$$

$$Q1 - (3 \times \text{IQR}) = -0.05$$

dikatakan *outlier* jika  $Q3 + (1.5 \times \text{IQR}) < \text{outlier} \leq Q3 + (3 \times \text{IQR})$ , atau  $Q1 - (1.5 \times \text{IQR}) > \text{outlier} \geq Q1 - (3 \times \text{IQR})$ .

Dari hasil perhitungan di atas dapat disimpulkan bahwa tidak ada data *outlier* pada beton ringan dengan pelapisan dan serat 1.2%.

- h. Perhitungan data *outlier* beton ringan dengan pelapisan dan serat 1.4%

Tabel 4.16 Hasil uji kuat lentur beton ringan dengan pelapisan dan serat 1.4%

Benda Uji	Kuat Lentur (Mpa)
1	2.53
2	3.07
3	2.20
4	1.93
5	2.73

Sumber: Hasil Perhitungan

Dari tabel 4.16 data kuat lentur diurutkan dari yang terkecil sampai yang terbesar, menjadi:

n	Kuat Lentur (Mpa)
1	1.93
2	2.20
3	2.53

4	2.73
5	3.07

Jumlah sampel (n) : 5

$$\text{Kuartil bawah (Q1)} = \frac{1(n+1)}{4} = 1.5 \rightarrow 2.07$$

$$\text{Kuartil tengah (Q2)} = \frac{2(n+1)}{4} = 3 \rightarrow 2.53$$

$$\text{Kuartil atas (Q3)} = \frac{3(n+1)}{4} = 4.5 \rightarrow 2.90$$

$$\text{Jarak antar kuartil (IQR)} = Q3 - Q1 = 0.84$$

$$Q3 + (1.5 \times \text{IQR}) = 4.15$$

$$Q3 + (3 \times \text{IQR}) = 5.41$$

$$Q1 - (1.5 \times \text{IQR}) = 0.81$$

$$Q1 - (3 \times \text{IQR}) = -0.44$$

dikatakan *outlier* jika  $Q3 + (1.5 \times \text{IQR}) < \text{outlier} \leq Q3 + (3 \times \text{IQR})$ , atau  $Q1 - (1.5 \times \text{IQR}) > \text{outlier} \geq Q1 - (3 \times \text{IQR})$ .

Dari hasil perhitungan di atas dapat disimpulkan bahwa tidak ada data *outlier* pada beton ringan dengan pelapisan dan serat 1.4%.

Secara keseluruhan dapat dilihat bahwa dalam penelitian ini tidak ditemukan adanya data *outlier*. Sehingga untuk pengujian hipotesis digunakan sampel keseluruhan yaitu 5 sampel tiap-tiap variable.

#### 4.4 Uji Hipotesis

Uji hipotesis digunakan untuk mengetahui apakah hipotesis awal bisa diterima atau tidak. Jika hipotesis awal dapat diterima, maka penelitian dianggap benar dan dapat dilakukan.

##### 4.4.1 Uji hipotesis dengan uji anova

Uji hipotesis pada penelitian kali ini bertujuan untuk mengetahui apakah penambahan serat bambu pada campuran beton ringan berpengaruh pada kuat lentur beton ringan.

Hipotesis dalam pengujian ini adalah:

- $H_0$  = Penambahan serat bambu tidak memiliki pengaruh terhadap kuat lentur beton ringan
- $H_1$  = Penambahan serat bambu memiliki pengaruh terhadap kuat lentur beton ringan

Pengujian hipotesis pada penelitian ini menggunakan analisis varian satu arah terhadap nilai kuat lentur beton ringan dengan variasi serat bambu 0%;1%;1.2%;1.4%. Kriteria dari pengujian ini adalah:

- Jika  $F_{hitung} < F_{tabel}$  maka  $H_0$  diterima dan  $H_1$  ditolak
- Jika  $F_{hitung} > F_{tabel}$  maka  $H_0$  ditolak dan  $H_1$  diterima

Hasil perhitungan uji hipotesis kuat lentur beton ringan dengan 5 sampel dapat dilihat pada tabel 4.17 dan tabel 4.18.



Tabel 4.17 Perhitungan pengujian hipotesis kuat lentur beton ringan tanpa pelapisan terhadap penambahan serat bambu

Prosentase Serat	Sampel					$\Sigma A_i$	$A_j$	A	$A_j - A$
	1	2	3	4	5				
0	2.267	2.267	1.933	1.733	1.800	10.000	2.000		-0.037
1	2.067	1.333	2.333	2.267	2.600	10.600	2.120	2.037	0.083
1.2	1.867	1.933	1.933	1.600	2.000	9.333	1.867		-0.170
1.4	1.400	2.667	2.200	2.867	1.667	10.800	2.160		0.123
Prosentase Serat	$(A_j - A)^2$	$\Sigma(A_j - A)^2$	$(A_i - A_j)^2$					$\Sigma(A_i - A_j)^2$	$\Sigma \Sigma(A_i - A_j)^2$
			1	2	3	4	5		
0	0.001		0.071	0.071	0.004	0.071	0.040	0.258	
1	0.007	0.052	0.003	0.619	0.046	0.022	0.230	0.919	2.853
1.2	0.029		0.000	0.004	0.004	0.071	0.018	0.098	
1.4	0.015		0.578	0.257	0.002	0.499	0.243	1.579	

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 4.18 Perhitungan pengujian hipotesis kuat lentur beton ringan dengan pelapisan terhadap penambahan serat bambu

Prosentase Serat	Sampel					$\Sigma A_i$	$A_j$	A	$A_j - A$
	1	2	3	4	5				
0	1.933	1.867	2.667	1.800	2.200	10.467	2.093		-0.083
1	1.933	1.600	1.600	1.400	2.467	9.000	1.800	2.177	-0.377
1.2	2.067	3.133	2.067	2.333	2.000	11.600	2.320		0.143
1.4	2.533	3.067	2.200	1.933	2.733	12.467	2.493		0.317
Prosentase Serat	$(A_j - A)^2$	$\Sigma(A_j - A)^2$	$(A_i - A_j)^2$					$\Sigma(A_i - A_j)^2$	$\Sigma\Sigma(A_i - A_j)^2$
			1	2	3	4	5		
0	0.007		0.026	0.051	0.329	0.086	0.011	0.503	
1	0.142	0.270	0.018	0.040	0.040	0.160	0.444	0.702	2.885
1.2	0.021		0.064	0.662	0.064	0.000	0.102	0.892	
1.4	0.100		0.002	0.329	0.086	0.314	0.058	0.788	

Sumber: Hasil Perhitungan

### Pengujian Hipotesis Beton Ringan Tanpa Pelapisan Batu Apung

Pengujian Hipotesis menggunakan distribusi Fisher, data yang digunakan antara lain:

Tingkat Signifikasi ( $\alpha$ )	:	5	%
Jumlah Variasi (c)	:	4	variasi
Jumlah Sampel (n)	:	5	sampel

$$V1 = c - 1 = 4 - 1 = 3$$

$$V2 = c \times (n - 1) = 4 (5 - 1) = 16$$

Didapatkan nilai  $F_{\text{tabel}}$ :

$$F(3,16) = 3.24$$

Dari tabel 4.17 didapatkan hasil dari between method sebagai berikut :

Beton Ringan Tanpa Lapis :

$$Sx^2 = \frac{n \sum (\bar{A}_j - \bar{A})^2}{c-1} = \frac{5(0.052)^2}{4-1} = 0.087$$

Setelah mendapatkan nilai dari between method maka langkah selanjutnya adalah mencari nilai dari within method sebagai berikut :

Beton Ringan Tanpa Lapis :

$$Sw^2 = \frac{\sum_j \sum_i (\bar{A}_{ij} - \bar{A}_j)^2}{c(n-1)} = \frac{2.853}{16} = 0.178$$

Maka  $F_{\text{hitung}}$  dapat dihitung dengan rumus :

Beton Ringan Tanpa Lapis :

$$\frac{Sx^2}{Sw^2} = \frac{0.087}{0.178} = 0.490$$

Didapatkan kesimpulan bahwa:

$$F_{\text{hitung}} (0.490) < F_{\text{tabel}} (3.24)$$

Maka dapat ditarik kesimpulan bahwa  $H_0$  diterima dan  $H_1$  ditolak. Dengan penjelasan bahwa penambahan serat bambu pada beton ringan tanpa lapis tidak memiliki pengaruh terhadap kuat lentur beton ringan tanpa lapis .

### Pengujian Hipotesis Beton Ringan dengan Pelapisan Batu Apung

Pengujian Hipotesis menggunakan distribusi Fisher, data yang digunakan antara lain:

Tingkat Signifikasi ( $\alpha$ )	:	5	%
Jumlah Variasi (c)	:	4	variasi
Jumlah Sampel (n)	:	5	sampel

$$V1 = c - 1 = 4 - 1 = 3$$

$$V2 = c \times (n - 1) = 4 (5 - 1) = 16$$

Didapatkan nilai  $F_{\text{tabel}}$ :

$$F(3,16) = 3.24$$

Dari tabel 4.18 didapatkan hasil dari between method sebagai berikut :

Beton Ringan dengan Lapis :

$$S_x^2 = \frac{n \sum (\bar{A}_j - \bar{A})^2}{c-1} = \frac{5(0,270)}{4-1} = 0,449$$

Setelah mendapatkan nilai dari between method maka langkah selanjutnya adalah mencari nilai dari within method sebagai berikut :

Beton Ringan dengan Lapis :

$$S_w^2 = \frac{\sum_j \sum_i (\bar{A}_{ij} - \bar{A}_j)^2}{c(n-1)} = \frac{2,885}{16} = 0,180$$

Maka  $F_{hitung}$  dapat dihitung dengan rumus :

Beton Ringan dengan Lapis :

$$\frac{S_x^2}{S_w^2} = \frac{0,449}{0,180} = 2,492$$

Didapatkan kesimpulan bahwa:

$$F_{hitung} (2,492) < F_{tabel} (3,24)$$

Maka dapat ditarik kesimpulan bahwa  $H_0$  diterima dan  $H_1$  ditolak. Dengan penjelasan bahwa penambahan serat bambu pada beton ringan dengan pelapisan tidak memiliki pengaruh terhadap kuat lentur beton ringan dengan pelapisan.

Berikut ini merupakan tabel analisis ragam dari percobaan beton ringan dengan variasi penambahan serat.

Tabel 4.19 Analisis ragam kuat lentur beton ringan tanpa pelapisan

Sumber Variasi	Jumlah Kuadrat	Derajat Kebebasan	Rataan Kuadrat	$F_{hitung}$	$F_{tabel}$
Penambahan Serat	0,262	3	0,087	0,490	3,24
Galat	2,853	16	0,178		
Total	3,115	19			

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 4.20 Analisis ragam kuat lentur beton ringan dengan pelapisan

Sumber Variasi	Jumlah Kuadrat	Derajat Kebebasan	Rataan Kuadrat	$F_{hitung}$	$F_{tabel}$
Penambahan Serat	1,348	3	0,449	2,492	3,24
Galat	2,885	16	0,180		
Total	4,234	19			

Sumber: Hasil Perhitungan

#### 4.4.2 Uji hipotesis dengan uji *independent sample t-test*

Uji hipotesis menggunakan uji *independent sample t-test* dilakukan untuk mengetahui apakah hipotesis awal dapat diterima atau tidak. Pengujian ini dilakukan pada tiap variasi penambahan serat.

Hipotesis dalam pengujian ini adalah sebagai berikut:

- $H_0$  = Tidak terdapat perbedaan kuat lentur yang signifikan pada kedua beton
- $H_1$  = Terdapat perbedaan kuat lentur yang signifikan pada kedua beton

Berikut merupakan hasil perhitungan pengujian *t-test* pada beton ringan.

Tabel 4.21 Perhitungan uji t hipotesis kuat lentur beton ringan tanpa serat

No. Benda Uji	Kuat Lentur Beton (Mpa)	
	Tanpa Lapis	Lapis
1	1.87	2.07
2	1.93	3.13
3	1.93	2.07
4	1.60	2.33
5	2.00	2.00
$\bar{x}$	1.87	2.32
S	0.16	0.47
$S^2$	0.02	0.22

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 4.22 Perhitungan uji t hipotesis kuat lentur beton ringan dengan serat 1%

No. Benda Uji	Kuat Lentur Beton (Mpa)	
	Tanpa Lapis	Lapis
1	2.07	1.93
2	1.33	1.60
3	2.33	1.60
4	2.27	1.40
5	2.60	2.47
$\bar{x}$	2.12	1.80
S	0.48	0.42
$S^2$	0.23	0.18

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 4.23 Perhitungan uji t hipotesis kuat lentur beton ringan dengan serat 1.2%

No. Benda Uji	Kuat Lentur Beton (Mpa)	
	Tanpa Lapis	Lapis
1	1.87	2.07
2	1.93	3.13
3	1.93	2.07
4	1.60	2.33
5	2.00	2.00



$\bar{x}$	1.87	2.32
S	0.16	0.47
S <sup>2</sup>	0.02	0.22

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 4.24 Perhitungan uji t hipotesis kuat lentur beton ringan dengan serat 1.4%

No. Benda Uji	Kuat Lentur Beton (Mpa)	
	Tanpa Lapis	Lapis
1	1.40	2.53
2	2.67	3.07
3	2.20	2.20
4	2.87	1.93
5	1.67	2.73
$\bar{x}$	2.16	2.49
S	0.63	0.45
S <sup>2</sup>	0.40	0.20

Sumber: Hasil Perhitungan

### Pengujian Hipotesis Beton Ringan tanpa Serat

Hipotesis dalam pengujian ini antara lain :

- H<sub>0</sub> = Tidak terdapat perbedaan kuat lentur yang signifikan pada kedua beton.
- H<sub>1</sub> = Terdapat perbedaan kuat lentur yang signifikan pada kedua beton

Kriteria dalam pengujian ini adalah :

- Jika  $T_{hitung} < T_{tabel}$  maka H<sub>0</sub> diterima dan H<sub>1</sub> ditolak.
- Jika  $T_{hitung} > T_{tabel}$  maka H<sub>0</sub> ditolak dan H<sub>1</sub> diterima.

Data-data yang digunakan adalah :

Tingkat signifikansi ( $\alpha/2$ )	:	5 % / 2 = 2.5 %
Jumlah Sampel (n <sub>1</sub> ) untuk beton tanpa lapis	:	5 sampel
Jumlah Sampel (n <sub>2</sub> ) untuk beton dengan lapis	:	5 sampel
Nilai df	:	n <sub>1</sub> + n <sub>2</sub> - 2 = 8
Maka didapatkan nilai T <sub>tabel</sub>	:	T <sub>0.025,8</sub> = ± 2.306

Dari tabel 4.21 didapatkan  $\bar{X}_1, \bar{X}_2, S_1, S_2$ , selanjutnya T dihitung dengan menggunakan rumus :

$$T = \frac{(\bar{X}_1 - \bar{X}_2) - D_0}{\sqrt{\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}}}$$

$$= \frac{(2 - 2.09) - 0}{\sqrt{\frac{0.26^2}{5} + \frac{0.36^2}{5}}} = -0.479$$

Dari hasil perhitungan didapatkan nilai  $T_{hitung} = -0.479$  dan sebelumnya sudah didapatkan  $T_{tabel} = T_{0.025,8} = \pm 2.306$  yang artinya  $T_{hitung} < T_{tabel}$  maka  $H_0$  diterima dan  $H_1$  ditolak dengan penjelasan bahwa tidak terdapat perbedaan kuat lentur yang signifikan pada kedua beton.

### Pengujian Hipotesis Beton Ringan dengan Serat 1%

Hipotesis dalam pengujian ini antara lain :

- $H_0$  = Tidak terdapat perbedaan kuat lentur yang signifikan pada kedua beton.
- $H_1$  = Terdapat perbedaan kuat lentur yang signifikan pada kedua beton

Kriteria dalam pengujian ini adalah :

- Jika  $T_{hitung} < T_{tabel}$  maka  $H_0$  diterima dan  $H_1$  ditolak.
- Jika  $T_{hitung} > T_{tabel}$  maka  $H_0$  ditolak dan  $H_1$  diterima.

Data-data yang digunakan adalah :

Tingkat signifikansi ( $\alpha/2$ )	:	5 % / 2 = 2.5 %
Jumlah Sampel ( $n_1$ ) untuk beton tanpa lapis	:	5 sampel
Jumlah Sampel ( $n_2$ ) untuk beton dengan lapis	:	5 sampel
Nilai df	:	$n_1 + n_2 - 2 = 8$
Maka didapatkan nilai $T_{tabel}$	:	$T_{0.025,8} = \pm 2.306$

Dari tabel 4.22 didapatkan  $\bar{X}_1, \bar{X}_2, S_1, S_2$ , selanjutnya T dihitung dengan menggunakan rumus :

$$T = \frac{(\bar{X}_1 - \bar{X}_2) - D_0}{\sqrt{\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}}}$$

$$= \frac{(2.12 - 1.80) - 0}{\sqrt{\frac{0.48^2}{5} + \frac{0.42^2}{5}}} = 1.121$$

Dari hasil perhitungan didapatkan nilai  $T_{hitung} = 1.121$  dan sebelumnya sudah didapatkan  $T_{tabel} = T_{0.025,8} = \pm 2.306$  yang artinya  $T_{hitung} < T_{tabel}$  maka  $H_0$  diterima dan  $H_1$  ditolak dengan penjelasan bahwa tidak terdapat perbedaan kuat lentur yang signifikan pada kedua beton.

### Pengujian Hipotesis Beton Ringan dengan Serat 1.2%

Hipotesis dalam pengujian ini antara lain :

- $H_0$  = Tidak terdapat perbedaan kuat lentur yang signifikan pada kedua beton.
- $H_1$  = Terdapat perbedaan kuat lentur yang signifikan pada kedua beton

Kriteria dalam pengujian ini adalah :

- Jika  $T_{hitung} < T_{tabel}$  maka  $H_0$  diterima dan  $H_1$  ditolak.
- Jika  $T_{hitung} > T_{tabel}$  maka  $H_0$  ditolak dan  $H_1$  diterima.

Data-data yang digunakan adalah :

Tingkat signifikansi ( $\alpha/2$ )	:	5 % / 2 = 2.5 %
Jumlah Sampel ( $n_1$ ) untuk beton tanpa lapis	:	5 sampel
Jumlah Sampel ( $n_2$ ) untuk beton dengan lapis	:	5 sampel
Nilai df	:	$n_1 + n_2 - 2 = 8$
Maka didapatkan nilai $T_{tabel}$	:	$T_{0.025,8} = \pm 2.306$

Dari tabel 4.23 didapatkan  $\bar{X}_1, \bar{X}_2, S_1, S_2$ , selanjutnya T dihitung dengan menggunakan rumus :

$$T = \frac{(\bar{X}_1 - \bar{X}_2) - D_0}{\sqrt{\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}}}$$

$$= \frac{(1.87 - 2.32) - 0}{\sqrt{\frac{0.16^2}{5} + \frac{0.47^2}{5}}} = -2.050$$

Dari hasil perhitungan didapatkan nilai  $T_{hitung} = -2.050$  dan sebelumnya sudah didapatkan  $T_{tabel} = T_{0.025,8} = \pm 2.306$  yang artinya  $T_{hitung} < T_{tabel}$  maka  $H_0$  diterima dan  $H_1$  ditolak dengan penjelasan bahwa tidak terdapat perbedaan kuat lentur yang signifikan pada kedua beton.

#### **Pengujian Hipotesis Beton Ringan dengan Serat 1.4%**

Hipotesis dalam pengujian ini antara lain :

- $H_0$  = Tidak terdapat perbedaan kuat lentur yang signifikan pada kedua beton.
- $H_1$  = Terdapat perbedaan kuat lentur yang signifikan pada kedua beton

Kriteria dalam pengujian ini adalah :

- Jika  $T_{hitung} < T_{tabel}$  maka  $H_0$  diterima dan  $H_1$  ditolak.
- Jika  $T_{hitung} > T_{tabel}$  maka  $H_0$  ditolak dan  $H_1$  diterima.

Data-data yang digunakan adalah :

Tingkat signifikansi ( $\alpha/2$ )	:	5 % / 2 = 2.5 %
Jumlah Sampel ( $n_1$ ) untuk beton tanpa lapis	:	5 sampel
Jumlah Sampel ( $n_2$ ) untuk beton dengan lapis	:	5 sampel
Nilai df	:	$n_1 + n_2 - 2 = 8$
Maka didapatkan nilai $T_{tabel}$	:	$T_{0.025,8} = \pm 2.306$

Dari tabel 4.24 didapatkan  $\bar{X}_1, \bar{X}_2, S_1, S_2$ , selanjutnya T dihitung dengan menggunakan rumus :

$$T = \frac{(\bar{X}_1 - \bar{X}_2) - D_0}{\sqrt{\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}}}$$

$$= \frac{(2.16 - 2.49) - 0}{\sqrt{\frac{0.63^2}{5} + \frac{0.45^2}{5}}} = -0.957$$

Dari hasil perhitungan didapatkan nilai  $T_{hitung} = -0.957$  dan sebelumnya sudah didapatkan  $T_{tabel} = T_{0.025,8} = \pm 2.306$  yang artinya  $T_{hitung} < T_{tabel}$  maka  $H_0$  diterima dan  $H_1$  ditolak dengan penjelasan bahwa tidak terdapat perbedaan kuat lentur yang signifikan pada kedua beton.

Hasil uji t secara keseluruhan dapat dilihat pada tabel di bawah ini:

Tabel 4.25 Rangkuman hasil uji t-test

Variasi Serat Bambu (%)	Nilai T	
	$T_{hitung}$	$T_{tabel}$
0	-0.479	+/- 2.306
1	1.121	
1.2	-2.05	
1.4	-0.957	

Sumber: Hasil Perhitungan

#### 4.5 Hubungan FAS Terhadap Kuat Lentur Beton Ringan dan Beton Normal

Dari data kuat lentur yang sudah didapatkan dapat dibuat grafik hubungan antara nilai FAS dengan kuat tekan beton ringan baik tanpa pelapisan maupun dengan pelapisan. Grafik tersebut nantinya akan dibandingkan dengan dengan grafik milik beton normal. Sesuai dengan persamaan SNI 03-1726-2002 persamaan kuat lentur dapat dicari dengan rumus  $fr = 0.7 \sqrt{fc'}$ . Jika nilai kuat lentur sudah ada maka nilai kuat tekan dapat dihitung. Hasil dari perhitungan nilai kuat tekan beton ringan dapat dilihat pada tabel berikut ini:

Tabel 4.26 Hasil perhitungan kuat tekan beton ringan tanpa pelapisan

Beton Ringan Tanpa Pelapisan					
Prosentase Serat (%)	Slump (cm)	FAS Rencana	FAS Aktual	$\sigma_1$ (Mpa)	$fc'$ (Mpa)
0	8		0.6	2.00	8.16
1	8		0.6	2.12	9.17
1.2	9.5	0.6	0.9	1.87	7.14
1.4	7		0.8	2.16	9.52

Sumber: Hasil Perhitungan

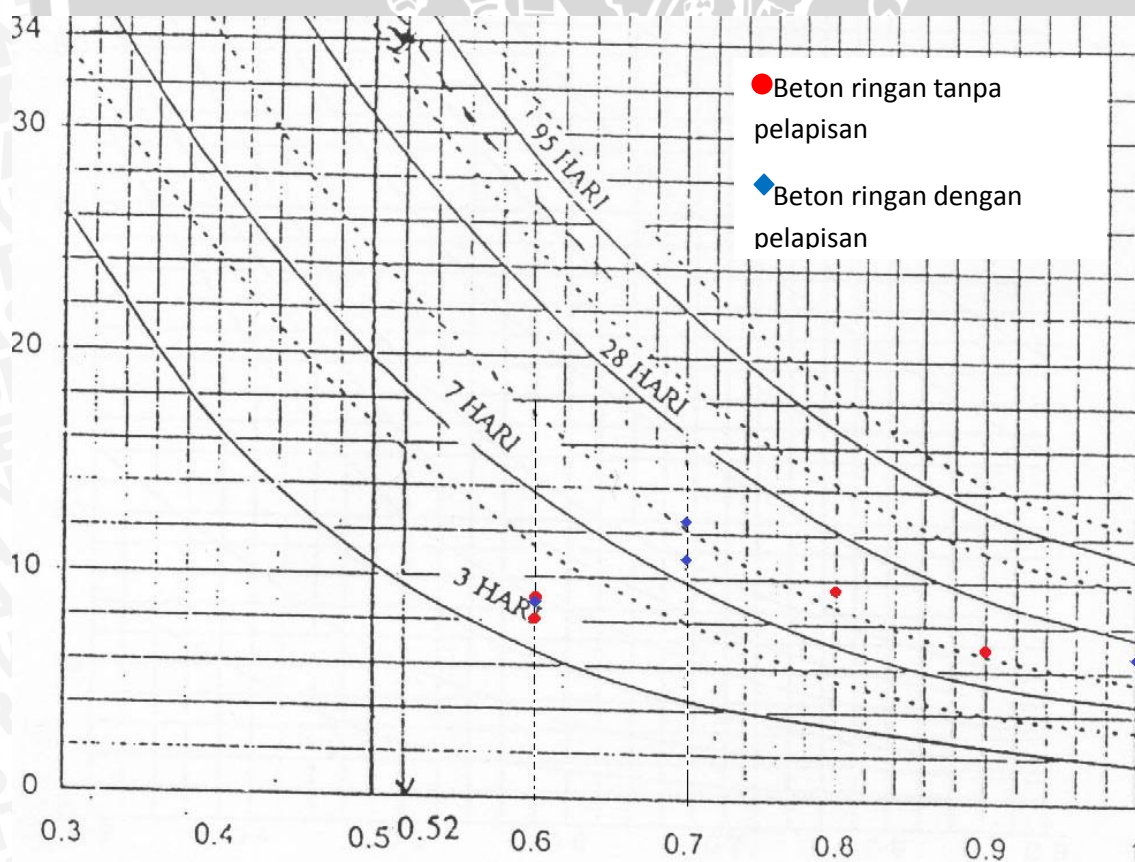
Tabel 4.27 Hasil perhitungan kuat tekan beton ringan dengan pelapisan

Beton Ringan Tanpa Pelapisan					
Prosentase Serat (%)	Slump (cm)	FAS Rencana	FAS Aktual	$\sigma_1$ (Mpa)	$fc'$ (Mpa)
0	10		0.6	2.09	8.91
1	10		1	1.80	6.61
1.2	8.5	0.6	0.7	2.32	10.98
1.4	8.5		0.7	2.49	12.65

Sumber: Hasil Perhitungan

Dari tabel di atas dapat dibuat grafik seperti berikut ini:

Gambar 4.6 Perbandingan grafik hubungan nilai FAS terhadap kuat tekan beton ringan dan beton normal.



Sumber: Hasil Perhitungan dan SNI 03-2834-2000

Dapat dilihat bahwa kuat tekan beton normal pada umur 28 hari dengan FAS yang sama jauh lebih tinggi daripada beton ringan tanpa pelapisan dan dengan pelapisan. Beton dengan pelapisan memiliki kuat tekan lebih tinggi daripada beton tanpa pelapisan. Hal tersebut berlaku juga dengan kuat lentur, karena kuat lentur berbanding lurus dengan kuat tekan. Semakin tinggi kuat tekan yang dihasilkan, maka kuat lentur juga meningkat.



## BAB V KESIMPULAN

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis yang telah dilakukan maka dapat ditarik kesimpulan mengenai kuat lentur pada beton ringan tanpa pelapisan dan dengan pelapisan dengan variasi penambahan serat, yaitu:

1. a.) Berdasarkan analisis eksperimen, variasi penambahan serat bambu memiliki pengaruh terhadap kuat lentur beton ringan, namun hasil yang didapatkan tidak terlalu signifikan.
- b.) Dari hasil regresi kuat lentur rata-rata 5 sampel didapatkan bahwa nilai kuat lentur rata-rata mengalami peningkatan sebanding dengan penambahan serat. Pada saat variasi serat 1.2% untuk beton tanpa lapis dan 1% untuk beton dengan lapis, nilai kuat lentur rata-rata mengalami penurunan, namun pada variasi setelahnya kuat lentur rata-rata mengalami kenaikan. Penurunan pada kuat lentur rata-rata disebabkan oleh factor penambahan air untuk mencapai nilai slump tertentu. Pada saat percobaan penambahan air tidak dikontrol, sehingga FAS bertambah tidak sesuai dengan rencana dan menurunkan mutu beton.
- c.) Dari hasil uji anova 5 sampel nilai  $F_{hitung}$  kurang dari  $F_{tabel}$ , hal tersebut menunjukkan bahwa belum ada interaksi antara penambahan serat bambu terhadap kuat lentur beton ringan.
2. a.) Berdasarkan analisis eksperimen, pelapisan batu apung belum memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kuat lentur beton ringan.
- b.) Hasil analisis uji T 5 sampel didapatkan nilai  $T_{hitung}$  kurang dari  $T_{tabel}$ , hal tersebut menunjukkan bahwa pelapisan batu apung masih belum memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kuat lentur beton ringan.

## 5.2 Saran

Berikut ini merupakan saran apabila melakukan penelitian lebih lanjut mengenai pengaruh variasi penambahan serat dan pelapisan batu apung terhadap kuat lentur beton ringan:

1. Dalam pembuatan beton serat perlu diperhatikan kebutuhan airnya (FAS), karena kebutuhan air beton berserat berbeda dengan beton tanpa serat.
2. Dalam percobaan laboratorium hendaknya mengacu pada nilai FAS rencana bukan nilai *slump*. Hal tersebut untuk mendapatkan nilai kekuatan sesuai dengan yang telah direncanakan.
3. Perlu dilakukan penelitian pengaruh serat bambu terhadap kuat lentur beton ringan dengan interval prosentase serat bambu yang lebih besar agar hasil yang didapatkan lebih kontras dan signifikan.





## DAFTAR PUSTAKA

- ACI COMMITTEE 544., May 1982, *State Of The Art Report On Fibre Reinforced Concrete*, ACI 544. IR-82, ACI, Detroit, Michigan
- Amri, Sjafei. 2005, *Teknologi Beton A-Z*. Jakarta
- Anton J. Hartomo. 1992, *Memahami Polimer Perekat*. Andi Offset, Yogyakarta
- Bideci, Alper ., Haydar Gultekin, Ali., Yildirim, Hasan., Oymael, Sabit., Salli Bideci, Ozlem, Polymer coated pumice and their properties, Science Direct, 2014
- Departemen Pekerjaan Umum. 2002, *Tata Cara Rencana Pembuatan Campuran Beton Ringan dengan Agregat Ringan (SK SNI-T-03-3449-2002)*, Jakarta.
- Dipohusodo, Istimawan, *Struktur Beton Bertulang*, Badan LITBANG PU, 1993.
- Dransfield, S. Dan E. A. Widjaja (Editor). 1995. *Plant Resources of South-East Asia No. 7 : Bambus*. Backhuys Publisher. Leyden
- Firman, 1998, *Bamboos Fibre Cement Board*, Tugas Akhir, JTS UII, Yogyakarta
- Hartomo, A. J, dkk. 1992. *Memahami Polimer dan Perekat*. Yogyakarta: Andi Offset
- Mulyono, Tri. 2004, *Teknologi Beton*, First Edition. Yogyakarta: Andi
- Murdock, L.J, K.M Brook dan Stephanus Hendarko. 1999, *Bahan dan Praktek Beton*, Edisi Keempat. Jakarta: Penerbit Erlangga
- Nawy, E.G. 1985. *Terjemahan. Beton Bertulang*, Refika: Bandung
- Neville AM. 1981. *Properties of Concrete, 3rd Edition*. London
- Nurketamanda, Denny, Andi Alvin. 2012. *Desain Proses Pembentukan Serat Bambu sebagai Bahan Dasar Produk Industri Kreatif Berbahan Dasar Serat pada UKM*.
- Nurlina, Siti, *Struktur Beton*, Bargie Media, 2008.
- Pusat Penelitian & Pengembangan Teknologi Mineral Dan Batubara, 2005
- Sindusuwarno. 1963. *Permasalahan Sumberdaya Bambu di Indonesia* Fakultas Kehutanan Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta
- SK SNI S-16-1990-F, *Spesifikasi Agregat Ringan untuk Beton Struktural*.
- SK SNI T-15-1990-03, *Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal*.
- SNI 4431:2011, *Cara Uji Kuat Lentur Beton Normal dengan Dua Titik Pembebanan*.
- SNI 0013-1981, *Mutu dan Cara Uji Semen Portland*.
- SNI 03-2847-2002, *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung*.
- Soroushian & Bayasi, 1987, *Fibre Reinforced Concrete Design And Application*, Seminar Proceeding Composite And Structure Centre, Michigan State University

Subakti, Aman. 2005. *Teknologi Beton Dalam Praktek*, Jurusan Teknik Sipil FTSP-ITS, Institut Teknologi Sepuluh November Surabaya

Suseno, Hendro. 2010. *Bahan Bangunan untuk Teknik Sipil*. Bargie Media.

Wuryati, Samekto, Candra Rahmadiyanto. 2001. *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Kanisius



## LAMPIRAN 1

### Pemeriksaan Agregat Halus

#### 1. Pemeriksaan gradasi

Pemeriksaan gradasi ini dilakukan agar dapat diketahui ukuran butir agregat halus dari hasil penyaringan. Agregat halus berupa pasir diambil sebanyak 5000 gram atau sekitar 5 kilogram secara acak. Benda uji yang telah ditimbang di masukkan ke dalam saringan untuk dilakukan proses penyaringan, saringan yang dipakai adalah satu set saringan yang berukuran 4,75 mm hingga 0,075 mm. Kemudian diletakkan pada mesin pengguncang untuk di guncangkan selama 15 menit. Setelah proses pengguncangan berakhir, agregat halus yang tertahan pada masing masing saringan ditimbang dan dicatat.

Hasil dari pemeriksaan gradasi agregat halus berupa pasir hitam dari Lumajang untuk seluruh benda uji kuat tekan beton dapat dilihat pada tabel L1.1.

Tabel L1.1. Pemeriksaan gradasi agregat halus

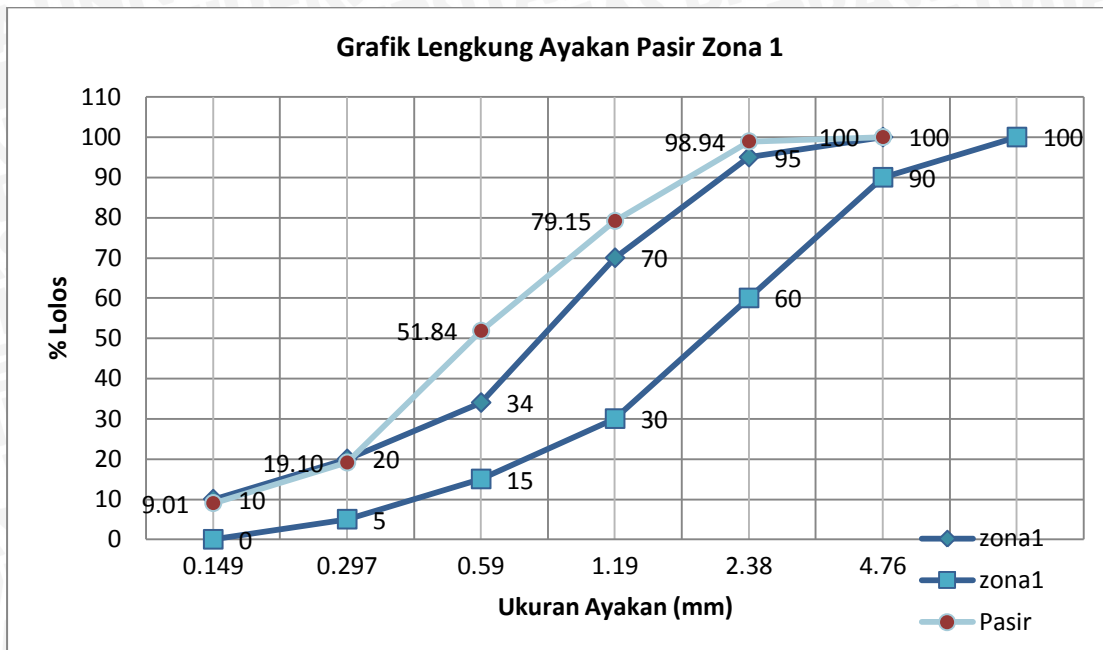
Lubang Saringan		Pasir			
No	mm	Tertinggal gram	% Tertinggal	%Kumulatif Tertinggal	Lolos
3"	76,2	-	-	-	-
2.5"	63,5	-	-	-	-
2"	50,8	-	-	-	-
1.5"	38,1	-	-	-	-
1"	25,4	-	-	-	-
3/4"	19,1	-	-	-	-
1/2"	12,7	-	-	-	-
3/8"	9,5	-	-	-	100
4	4,76	40	4,028	4,028	95,972
8	2,38	140,00	14,099	18,127	81,873
16	1,19	200	20,141	38,268	61,732
20	0,59	380	38,268	76,536	23,464
50	0,297	135	13,595	90,131	9,869
100	0,149	50	5,035	95,166	4,834
200	0,075	28	2,820	97,986	2,014
Pan		20	2,014	-	-
Total		993	100	420,242	

Sumber : Hasil percobaan dan perhitungan

$$\text{Modulus halus pasir} = \frac{S\% \text{ yang tertahan ayakan no 4 sampai no 100}}{100}$$

$$= \frac{420,242}{100} = 4,2024$$

Hasil grafik pemeriksaan gradasi agregat halus dapat dilihat pada gambar L1.1 berikut :



Gambar L1.1. Grafik analisa ayakan pemeriksaan gradasi agregat halus

## 2. Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat halus

Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan ini bertujuan untuk mengetahui berat jenis curah, berat jenis SSD, berat jenis semu dan berapa persentase penyerapannya. Metode yang digunakan yaitu Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan.

Pemeriksaan dilakukan dengan cara mengeringkan benda uji dalam oven pada suhu  $(100 \pm 5)^\circ\text{C}$  sampai berat tetap. Kemudian dinginkan pada suhu ruang lalu rendam dalam air selama 24 jam. Buang air perendam lalu tebarkan agregat diatas talam dan dikeringkan dengan dibalik-balik sampai permukaan jenuh. Lakukan pengeringan sampai tercapai keadaan kering permukaan jenuh (SSD). Periksa SSD dengan mengisi benda uji ke dalam kerucut terpancung setiap 1/3 bagian dan padatkan dengan penumbuk sebanyak 25 kali lalu angkat kerucut. Keadaan SSD tercapai bila benda uji runtuh tetapi masih dalam keadaan tercetak. Setelah kondisi SSD tercapai, masukkan 500 gram benda uji ke dalam piknometer, masukkan air suling sampai 90% isi piknometer. Putar sambil diguncang sampai tidak terlihat gelembung udara di dalamnya. Rendam piknometer dalam air, dan ukur suhu air untuk penyesuaian hitungan pada suhu standar  $25^\circ\text{C}$ . Tambahkan air sampai mencapai tanda batas. Timbang piknometer berisi air dan benda uji sampai dengan ketelitian 1 gram. Keluarkan benda uji, keringkan dalam oven dengan suhu  $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$  sampai berat tetap, lalu dinginkan benda uji dalam desikator. Setelah dingin, lalu ditimbang. Tentukan berat piknometer berisi air penuh dan ukur suhu air guna penyesuaian dengan suhu standar  $25^\circ\text{C}$ .

Hasil dari pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat halus dapat dilihat pada tabel L1.2 dan L1.3 berikut :

Tabel L1.2 Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan

NOMOR CONTOH		A
Berat benda uji kering permukaan jenuh	Bj (gr)	500
Berat benda uji kering oven	Bk (gr)	487
Berat piknometer + air	B (gr)	1349,7
Berat piknometer + benda uji (ssd) + air (pada suhu kamar)	Bt (gr)	1702,2

Sumber : Hasil percobaan dan perhitungan

Tabel L1.3 Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan

NOMOR CONTOH		B
Berat Jenis Curah (Bulk Specific Gravity)	$Bk/(B+500-Bt)$	3,302
Berat Jenis Kering Permukaan Jenuh (Bulk Specific Gravity Saturated Surface Dry)	$500/(B+500-Bt)$	3,390
Berat Jenis Semu Apparent Specific Gravity)	$Bk/(B+Bk-Bt)$	3,621
Penyerapan (%) (Absorption)	$(500-Bk)/Bk \times 100\%$	2,669

Sumber : Hasil percobaan dan perhitungan

### 3. Pemeriksaan kadar air dan berat isi agregat halus

Pemeriksaan kadar air dan berat isi ini bertujuan untuk mengetahui berapa hasil rata-rata dari kadar air dan berat isi baik dari rodded maupun shoveled pada agregat halus yang akan digunakan.

Pelaksanaan pemeriksaan kadar air dimulai dengan menimbang dan mencatat berat talam. Kemudian masukkan bahan ke dalam talam dan ditimbang sebagai berat bahan basah kemudian dimasukkan ke dalam oven dengan suhu  $110^{\circ} \text{C}$  sampai berat tetap. Hitung benda uji (bahan + talam) ke dalam oven dengan suhu  $(100 \pm 5)^{\circ} \text{C}$ . Keluarkan dari oven lalu timbang benda uji. Hitung berat benda uji kering. Setelah semua data terkumpul hitung kadar air agregat.

Pelaksanaan pemeriksaan berat isi dimulai dengan pengambilan agregat halus yang akan dipakai direndam selama 24 jam lalu permukaan disapu dengan lap. Timbang kotak takar kosong. Timbang kotak takar berisi air penuh. Isi kotak takar dengan benda uji dalam 2 lapisan sama tebal, tiap lapisan ditusuk-tusuk. Cara ini disebut Rodding. Ratakan muka bahannya dengan tangan atau mistar. Timbang kotak takar yang berisi benda uji. Kosongkan kotak takar dan isi lagi dengan benda uji yang dimasukkan dengan singkup dan tinggi tidak lebih 2" diatas kotak takar. Cara ini disebut Shoveling. Ratakan muka benda ujinya dengan tangan atau mistar. Timbang kotak takar yang berisi benda uji. Data berat isi rodded dan shoveled didapatkan dengan cara merata rata hasil rodded dan shoveled.

Hasil dari pemeriksaan kadar air dan berat isi dapat dilihat pada tabel L1.4 dan L1.5 berikut :

Tabel L1.4 Pemeriksaan Berat Isi

1	Berat takaran	(gr)	1600	1600
2	Berat takaran + air	(gr)	4660	4660
3	Berat air = (2)-(1)	(gr)	3060	3060
4	Volume air = (3)/(1)	(cc)	3060,0	3060
CARA			RODDED	SHOVELED
5	Berat Takaran	(gr)	1600	1600
6	Berat takaran + benda uji	(gr)	5880	5680
7	Berat benda uji = (6)-(5)	(gr)	4280	4080
8	Berat isi agregat halus = (7)/(4)	(gr/cc)	1,3987	1,3333
9	Berat isi agregat halus rata-rata	(gr/cc)		1,366

Sumber : Hasil percobaan dan perhitungan

Tabel L1.5 Pemeriksaan Kadar Air

Nomor Contoh	Nomor Talam		1	
			A	B
1	Berat Talam + Contoh basah	(gr)	178,2	207
2	Berat Talam + Contoh kering	(gr)	167,2	193,6
3	Berat Air = (1)-(2)	(gr)	11	13,4
4	Berat Talam	(gr)	26	24,8
5	Berat Contoh Kering = (2)-(4)	(gr)	141,2	168,8
6	Kadar Air = (3)/(5)	(%)	7,79	7,94
7	Kadar Air rata-rata	(%)		7,86

Sumber : Hasil percobaan dan perhitungan

## Lampiran 2

### Pemeriksaan Agregat kasar

#### 1. Pemeriksaan gradasi agregat kasar

Pemeriksaan gradasi ini dilakukan agar dapat diketahui ukuran butir agregat kasar dari hasil penyaringan. Baik kerikil dari batu sungai maupun dari batu *onyx* tahapan pemeriksaan gradasi agregat kasar yang dilakukan sama saja. Dimulai dari kerikil ditimbang untuk bahan uji 10000 gram atau sekitar 10 kilogram dan kemudian dimasukkan ke dalam oven dengan suhu 110° C. Keluarkan bahan dari oven dan dinginkan. Bahan diayak dengan susunan ayakan : 25,4 mm ; 19,10 mm ; 12,70 mm ; 9,52 mm dan 4,75 mm dengan tangan maupun dengan mesin pengguncang saringan. Agregat kasar yang tertinggal diatas masing-masing ayakan ditimbang.

Hasil dari pemeriksaan gradasi agregat kasar dapat dilihat sebagai berikut :

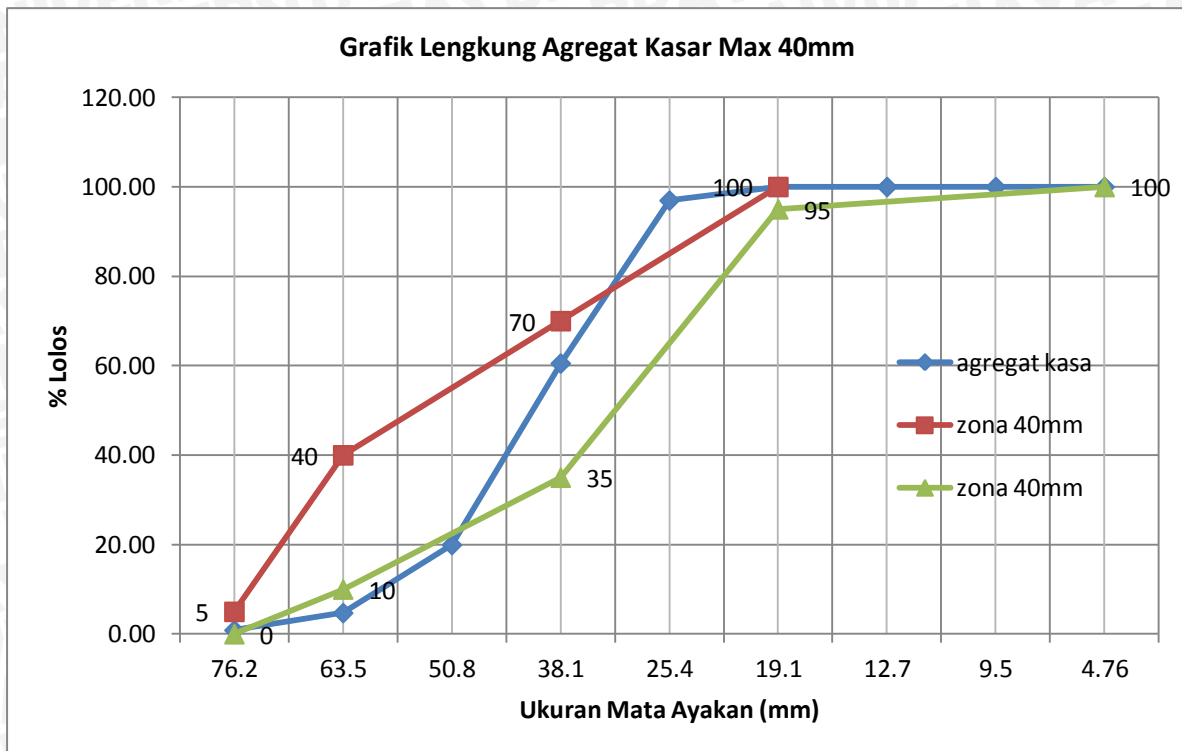
Tabel L2.1 Pemeriksaan Gradasi Batu Apung

Lubang Saringan		Pasir			
No	mm	Tertinggal gram	% Tertinggal	%Kumulatif Tertinggal	Lolos
3"	76,2	-	-	-	100
2.5"	63,5	-	-	-	100
2"	50,8	-	-	-	100
1.5"	38,1	-	-	-	100
1"	25,4	300	3,04	3,04	96,96
0.75"	19,1	3590	36,43	39,47	60,53
0.5"	12,7	4000	40,59	80,06	19,94
0.375"	9,5	1500	15,22	95,28	4,72
4	4,76	380	3,86	99,14	0,86
8	2,38	85	0,86	100,00	-
16	1,19	-	-	100,00	-
20	0,85	-	-	100,00	-
50	0,297	-	-	100,00	-
100	0,149	-	-	100,00	-
200	0,075	-	-	100,00	-
Pan		-	-	100,00	-
Total		9855	100,0	1017,00	

Sumber : Hasil percobaan dan perhitungan

$$\text{Modulus halus agregat kasar} = \frac{\sum \% \text{ yang tertahan ayakan } 1.5'' + 0.75'' + 0.375'' \text{ sampai } 100}{100}$$

$$= \frac{817,00}{100} = 8,17$$



Gambar L2.1 Grafik analisa ayakan batu Apung

## 2. Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat kasar

Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan ini bertujuan untuk mengetahui berat jenis curah, berat jenis SSD, berat jenis semu dan berapa persentase penyerapannya. Metode yang digunakan yaitu Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan.

Pemeriksaan dilakukan dengan mencuci benda uji untuk menghilangkan debu. Keringkan benda uji dalam oven ( $110 \pm 5$ )° C sampai berat tetap. Keluarkan dari oven lalu ditimbang. Dinginkan pada suhu kamar selama (1-3) jam, lalu ditimbang dengan ketelitian 0,5 gram. Rendam benda uji pada suhu kamar selama ( $24 \pm 4$ ) jam. Keluarkan benda uji dari air, lap dengan kain penyerap. Timbang benda uji kering permukaan jenuh. Letakkan benda uji di dalam keranjang, guncangkan untuk mengeluarkan udara dan tentukan beratnya di dalam air, ukur suhu air sesuai suhu standar (25°C).

Hasil dari pemeriksaan berat jenis dan penyerapan dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel L2.3 Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Batu Apung

Nomor Contoh			A
Berat benda uji kering permukaan jenuh	Bj	(gr)	2200
Berat benda uji kering oven	Bk	(gr)	2060
Berat benda uji dalam air	Ba	(gr)	87,2

Sumber : Hasil percobaan dan perhitungan



Tabel L2.4 Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Batu Apung

Nomor Contoh		B
Berat Jenis Curah (Bulk Specific Gravity)	$Bk/(Bj-Ba)$	0,975
Berat Jenis Kering Permukaan Jenuh (Bulk Specific Gravity Saturated Surface Dry)	$Bj/(Bj-Ba)$	1,041
Berat Jenis Semu Apparent Specific Gravity)	$Bk/(Bk-Ba)$	1,044
Penyerapan (%) (Absorption)	$(Bj-Bk)/Bk \times 100\%$	6,796

Sumber : Hasil percobaan dan perhitungan

### 3. Pemeriksaan kadar air dan berat isi agregat kasar

Pemeriksaan kadar air dan berat isi ini bertujuan untuk mengetahui berapa hasil rata-rata dari kadar air dan berat isi baik dari rodded maupun shoveled pada agregat halus yang akan digunakan.

Pemeriksaan kadar air batu apung dimulai dengan menimbang dan catat berat talam. Masukkan bahan ke dalam talam dan ditimbang sebagai berat bahan basah kemudian dimasukkan ke dalam oven dengan suhu  $110^{\circ}C$  sampai berat tetap. Keluarkan dari oven lalu timbang benda uji. Menghitung berat benda uji kering. Menghitung kadar air agregat.

Pemeriksaan berat isi agregat kasar dimulai dengan mengambil agregat kasar SSD yang kemudian direndam selama 24 jam lalu permukaan disapu dengan lap. Timbang kotak takar kosong. Timbang kotak takar berisi air penuh. Isi kotak takar dengan benda uji dalam 2 lapisan sama tebal, tiap lapisan ditusuk-tusuk. Cara ini disebut Rodding. Ratakan muka bahannya dengan tangan atau mistar. Timbang kotak takar yang berisi benda uji. Kosongkan kotak takar dan isi lagi dengan benda uji yang dimasukkan dengan singkup dan tinggi tidak lebih 2" diatas kotak takar. Cara ini disebut Shoveling. Ratakan muka benda ujinya dengan tangan atau mistar. Timbang kotak takar yang berisi benda uji.

Hasil dari pemeriksaan kadar air dan berat isi dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel L2.5 Pemeriksaan Kadar Air Batu Aung

Nomor Contoh		1	
Nomor Talam		A	B
1	Berat Talam + Contoh basah (gr)	80,5	67,5
2	Berat Talam + Contoh kering (gr)	75,6	65,6
3	Berat Air = (1)-(2) (gr)	4,9	1,9
4	Berat Talam (gr)	25,4	25,1
5	Berat Contoh Kering = (2)-(4) (gr)	50,2	40,5
6	Kadar Air = (3)/(5) (%)	9,76	4,7
7	Kadar Air rata-rata (%)	7,23	

Sumber : Hasil percobaan dan perhitungan

Tabel L2.6 Pemeriksaan Berat Isi Batu Apung

1	Berat takaran (gr)	1600	1600
2	Berat takaran + air (gr)	4660	4660
3	Berat air = (2)-(1) (gr)	3060	3060
4	Volume air = (3)/(1) (cc)	3060,0000	3060
CARA		RODDED	SHOVELED
5	Berat Takaran (gr)	1600	1600
6	Berat takaran + benda uji (gr)	2920	2860
7	Berat benda uji = (6)-(5) (gr)	1320	1260
8	Berat isi agregat halus = (7)/(4) (gr/cc)	0,4314	0,4118
9	Berat isi agregat kasar rata-rata (gr/cc)	0,42	

Sumber : Hasil percobaan dan perhitungan

## Lampiran 3

## Hasil Pengujian Kuat Lentur

Tabel L3.1 Hasil pengujian kuat lentur beton ringan tanpa lapis tanpa serat

PENGUJIAN KUAT LENTUR BETON					
PATAH PADA PUSAT 1/3 LEBAR PADA SISI TARIK					
RUMUS : $\sigma_1 = (P.L)/(B.H^2)$					
<b>Nama</b>	:	BETON RINGAN-SERAT			
<b>Tanggal Uji</b>	:	12-May-2016			
<b>Tanggal Pembuatan</b>	:	11-Apr-2016			
<b>Tempat Uji</b>	:	LAB. STRUKTUR TEKNIK SIPIL UNIVERSITAS BRAWIJAYA			
<b>Benda Uji</b>	:	BALOK TL-TS			
<b>Ukuran</b>	:	15x15x60			
Kondisi	<b>Ukuran maks. Agregat kasar (mm)</b>	<b>Slump (cm)</b>	<b>Kadar udara (%)</b>	<b>Faktor air semen W/C (%)</b>	<b>Volume agregat halus s/a (%)</b>
	30	8	-	0,6	-
Berat Volume 1875	<b>Air (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>PC (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Pasir (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Batu Apung (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Bahan pencampuran (g atau cc/m<sup>3</sup>)</b>
	431.11	862.22	322.96	258.52	-
<b>Nomor Benda Uji</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
Umur benda uji (hari)	28	28	28	28	28
Lebar benda uji (cm)	15.10	15.00	15.00	15.00	15.00
Tinggi benda uji (cm)	15.03	15.00	15.00	15.00	15.00
Panjang benda uji (cm)	60.30	60.50	60.50	59.50	60.07
Berat benda uji (kg)	23.72	23.34	22.86	22.58	23.76
Volume benda uji (cm <sup>3</sup> )	13688.30	13612.50	13612.50	13387.50	13515.00
Berat volume (kg/m <sup>3</sup> )	1732.87	1714.60	1679.34	1686.65	1758.05
Beban maksimum (N)	17000	17000	14500	13000	13500
Jarak bentang (mm)	450	450	450	450	450
Lebar tampak lintang = b (mm)	150	150	150	150	150
Tinggi tampak lintang = h (mm)	150	150	150	150	150
Kuat lentur uji (Mpa)	2.27	2.27	1.93	1.73	1.80
Kuat lentur rata-rata (Mpa)	2.00				

Sumber : Hasil percobaan dan perhitungan

Tabel L3.2 Hasil pengujian kuat lentur beton ringan tanpa lapis dengan serat 1%

PENGUJIAN KUAT LENTUR BETON					
PATAH PADA PUSAT 1/3 LEBAR PADA SISI TARIK					
RUMUS : $\sigma_1 = (P.L)/(B.H^2)$					
<b>Nama</b>	:	BETON RINGAN-SERAT			
<b>Tanggal Uji</b>	:	1-Jun-16			
<b>Tanggal Pembuatan</b>	:	15-Apr-16			
<b>Tempat Uji</b>	:	LAB. STRUKTUR TEKNIK SIPIL UNIVERSITAS BRAWIJAYA			
<b>Benda Uji</b>	:	BALOK TL-S 1%			
<b>Ukuran</b>	:	15x15x60			
Kondisi	<b>Ukuran maks. Agregat kasar (mm)</b>	<b>Slump (cm)</b>	<b>Kadar udara (%)</b>	<b>Faktor air semen W/C (%)</b>	<b>Volume agregat halus s/a (%)</b>
	30	8	-	-	-
Berat Volume 1875	<b>Air (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>PC (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Pasir (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Batu Apung (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Bahan pencampur (g atau cc/m<sup>3</sup>)</b>
	431.11	862.22	322.96	258.52	-
<b>Nomor Benda Uji</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
Umur benda uji (hari)	28	28	28	28	28
Lebar benda uji (cm)	15.00	15.00	15.00	15.00	15.17
Tinggi benda uji (cm)	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00
Panjang benda uji (cm)	59.50	60.00	60.00	60.00	59.67
Berat benda uji (kg)	22.9	22.62	23.98	21.76	21.06
Volume benda uji (cm <sup>3</sup> )	13387.50	13500.00	13500.00	13500.00	13574.17
Berat volume (kg/m <sup>3</sup> )	1710.55	1675.56	1776.30	1611.85	1551.48
Beban maksimum (N)	15500	10000	17500	17000	19500
Jarak bentang (mm)	450	450	450	450	450
Lebar tampak lintang = b (mm)	150	150	150	150	150
Tinggi tampak lintang = h (mm)	150	150	150	150	150
Kuat lentur uji (Mpa)	2.07	1.33	2.33	2.27	2.60
Kuat lentur rata-rata (Mpa)	2.12				

Sumber : Hasil percobaan dan perhitungan

Tabel L3.3 Hasil pengujian kuat lentur beton ringan tanpa lapis dengan serat 1.2%

PENGUJIAN KUAT LENTUR BETON					
PATAH PADA PUSAT 1/3 LEBAR PADA SISI TARIK					
RUMUS : $\sigma_1 = (P.L)/(B.H^2)$					
<b>Nama</b>	:	BETON RINGAN-SERAT			
<b>Tanggal Uji</b>	:	2-Jun-16			
<b>Tanggal Pembuatan</b>	:	16-Apr-16			
<b>Tempat Uji</b>	:	LAB. STRUKTUR TEKNIK SIPIL UNIVERSITAS BRAWIJAYA			
<b>Benda Uji</b>	:	BALOK TL-S 1,2%			
<b>Ukuran</b>	:	15x15x60			
Kondisi	<b>Ukuran maks. Agregat kasar (mm)</b>	<b>Slump (cm)</b>	<b>Kadar udara (%)</b>	<b>Faktor air semen W/C (%)</b>	<b>Volume agregat halus s/a (%)</b>
	30	9.5	-	-	-
Berat Volume 1875	<b>Air (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>PC (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Pasir (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Batu Apung (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Bahan pencampur (g atau cc/m<sup>3</sup>)</b>
	431.11	862.22	322.96	258.52	-
<b>Nomor Benda Uji</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
Umur benda uji (hari)	28	28	28	28	28
Lebar benda uji (cm)	15.00	15.00	15.13	15.00	15.00
Tinggi benda uji (cm)	15.00	15.23	15.00	15.00	15.00
Panjang benda uji (cm)	60.00	59.67	60.00	60.00	60.00
Berat benda uji (kg)	22.94	22.78	22.98	22.52	23.22
Volume benda uji (cm <sup>3</sup> )	13500.00	13633.83	13620.00	13500.00	13500.00
Berat volume (kg/m <sup>3</sup> )	1699.26	1670.84	1687.22	1668.15	1720.00
Beban maksimum (N)	14000	14500	14500	12000	15000
Jarak bentang (mm)	450	450	450	450	450
Lebar tampak lintang = b (mm)	150	150	150	150	150
Tinggi tampak lintang = h (mm)	150	150	150	150	150
Kuat lentur uji (Mpa)	1.87	1.93	1.93	1.60	2.00
Kuat lentur rata-rata (Mpa)	1.87				

Sumber : Hasil percobaan dan perhitungan

Tabel L3.4 Hasil pengujian kuat lentur beton ringan tanpa lapis dengan serat 1.4%

PENGUJIAN KUAT LENTUR BETON					
PATAH PADA PUSAT 1/3 LEBAR PADA SISI TARIK					
RUMUS : $\sigma_1 = (P.L)/(B.H^2)$					
<b>Nama</b>	:	BETON RINGAN-SERAT			
<b>Tanggal Uji</b>	:	9-Jun-16			
<b>Tanggal Pembuatan</b>	:	4-May-16			
<b>Tempat Uji</b>	:	LAB. STRUKTUR TEKNIK SIPIL UNIVERSITAS BRAWIJAYA			
<b>Benda Uji</b>	:	BALOK TL-S 1,4%			
<b>Ukuran</b>	:	15x15x60			
Kondisi	<b>Ukuran maks. Agregat kasar (mm)</b>	<b>Slump (cm)</b>	<b>Kadar udara (%)</b>	<b>Faktor air semen W/C (%)</b>	<b>Volume agregat halus s/a (%)</b>
	30	7	-	-	-
Berat Volume 1875	<b>Air (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>PC (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Pasir (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Batu Apung (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Bahan pencampur (g atau cc/m<sup>3</sup>)</b>
	431.11	862.22	322.96	258.52	-
<b>Nomor Benda Uji</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
Umur benda uji (hari)	28	28	28	28	28
Lebar benda uji (cm)	15.50	15.00	15.40	15.00	15.23
Tinggi benda uji (cm)	15.00	15.00	15.00	15.50	15.00
Panjang benda uji (cm)	59.50	60.00	60.00	60.00	60.00
Berat benda uji (kg)	22.66	21.92	22.94	22.76	23.24
Volume benda uji (cm <sup>3</sup> )	13833.75	13500.00	13860.00	13950.00	13710.00
Berat volume (kg/m <sup>3</sup> )	1638.02	1623.70	1655.12	1631.54	1695.11
Beban maksimum (N)	10500	20000	16500	21500	12500
Jarak bentang (mm)	450	450	450	450	450
Lebar tampak lintang = b (mm)	150	150	150	150	150
Tinggi tampak lintang = h (mm)	150	150	150	150	150
Kuat lentur uji (Mpa)	1.40	2.67	2.20	2.87	1.67
Kuat lentur rata-rata (Mpa)	2.16				

Sumber : Hasil percobaan dan perhitungan

Tabel L3.5 Hasil pengujian kuat lentur beton ringan lapis tanpa serat

PENGUJIAN KUAT LENTUR BETON					
PATAH PADA PUSAT 1/3 LEBAR PADA SISI TARIK					
RUMUS : $\sigma_1 = (P.L)/(B.H^2)$					
<b>Nama</b>	:	BETON RINGAN-SERAT			
<b>Tanggal Uji</b>	:	7-Jun-16			
<b>Tanggal Pembuatan</b>	:	27-Apr-16			
<b>Tempat Uji</b>	:	LAB. STRUKTUR TEKNIK SIPIL UNIVERSITAS BRAWIJAYA			
<b>Benda Uji</b>	:	BALOK L-TS			
<b>Ukuran</b>	:	15x15x60			
Kondisi	<b>Ukuran maks. Agregat kasar (mm)</b>	<b>Slump (cm)</b>	<b>Kadar udara (%)</b>	<b>Faktor air semen W/C (%)</b>	<b>Volume agregat halus s/a (%)</b>
	30	10	-	-	-
Berat Volume 1875	<b>Air (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>PC (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Pasir (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Batu Apung (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Bahan pencampuran (g atau cc/m<sup>3</sup>)</b>
	431.11	862.22	322.96	258.52	-
<b>Nomor Benda Uji</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
Umur benda uji (hari)	28	28	28	28	28
Lebar benda uji (cm)	15.50	15.00	15.47	15.00	15.27
Tinggi benda uji (cm)	15.00	15.00	15.23	15.00	15.00
Panjang benda uji (cm)	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00
Berat benda uji (kg)	22.94	24.12	24.86	22.24	22.26
Volume benda uji (cm <sup>3</sup> )	13950.00	13500.00	14136.53	13500.00	13740.00
Berat volume (kg/m <sup>3</sup> )	1644.44	1786.67	1758.56	1647.41	1620.09
Beban maksimum (N)	14500	14000	20000	13500	16500
Jarak bentang (mm)	450	450	450	450	450
Lebar tampak lintang = b (mm)	150	150	150	150	150
Tinggi tampak lintang = h (mm)	150	150	150	150	150
Kuat lentur uji (Mpa)	1.93	1.87	2.67	1.80	2.20
Kuat lentur rata-rata (Mpa)	2.09				

Sumber : Hasil percobaan dan perhitungan

Tabel L3.6 Hasil pengujian kuat lentur beton ringan lapis dengan serat 1%

PENGUJIAN KUAT LENTUR BETON					
PATAH PADA PUSAT 1/3 LEBAR PADA SISI TARIK					
RUMUS : $\sigma_1 = (P.L)/(B.H^2)$					
<b>Nama</b>	:	BETON RINGAN-SERAT			
<b>Tanggal Uji</b>	:	14-Jun-16			
<b>Tanggal Pembuatan</b>	:	10-May-16			
<b>Tempat Uji</b>	:	LAB. STRUKTUR TEKNIK SIPIL UNIVERSITAS BRAWIJAYA			
<b>Benda Uji</b>	:	BALOK L-S 1%			
<b>Ukuran</b>	:	15x15x60			
Kondisi	<b>Ukuran maks. Agregat kasar (mm)</b>	<b>Slump (cm)</b>	<b>Kadar udara (%)</b>	<b>Faktor air semen W/C (%)</b>	<b>Volume agregat halus s/a (%)</b>
	30	10	-	-	-
Berat Volume 1875	<b>Air (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>PC (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Pasir (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Batu Apung (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Bahan pencampur (g atau cc/m<sup>3</sup>)</b>
	431.11	862.22	322.96	258.52	-
<b>Nomor Benda Uji</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
Umur benda uji (hari)	28	28	28	28	28
Lebar benda uji (cm)	15.50	15.00	15.23	15.23	15.03
Tinggi benda uji (cm)	15.00	15.00	15.07	15.23	15.13
Panjang benda uji (cm)	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00
Berat benda uji (kg)	23.2	24.45	23	23.15	24.3
Volume benda uji (cm <sup>3</sup> )	13950.00	13500.00	13770.93	13923.27	13650.27
Berat volume (kg/m <sup>3</sup> )	1663.08	1811.11	1670.18	1662.68	1780.19
Beban maksimum (N)	14500	12000	12000	10500	18500
Jarak bentang (mm)	450	450	450	450	450
Lebar tampak lintang = b (mm)	150	150	150	150	150
Tinggi tampak lintang = h (mm)	150	150	150	150	150
Kuat lentur uji (Mpa)	1.93	1.60	1.60	1.40	2.47
Kuat lentur rata-rata (Mpa)	1.80				

Sumber : Hasil percobaan dan perhitungan



Tabel L3.7 Hasil pengujian kuat lentur beton ringan lapis dengan serat 1.2%

PENGUJIAN KUAT LENTUR BETON					
PATAH PADA PUSAT 1/3 LEBAR PADA SISI TARIK					
RUMUS : $\sigma_1 = (P.L)/(B.H^2)$					
<b>Nama</b>	:	BETON RINGAN-SERAT			
<b>Tanggal Uji</b>	:	15-Jun-16			
<b>Tanggal Pembuatan</b>	:	18-May-16			
<b>Tempat Uji</b>	:	LAB. STRUKTUR TEKNIK SIPIL UNIVERSITAS BRAWIJAYA			
<b>Benda Uji</b>	:	BALOK L-S 1,2%			
<b>Ukuran</b>	:	15x15x60			
Kondisi	<b>Ukuran maks. Agregat kasar (mm)</b>	<b>Slump (cm)</b>	<b>Kadar udara (%)</b>	<b>Faktor air semen W/C (%)</b>	<b>Volume agregat halus s/a (%)</b>
	30	8.5	-	-	-
Berat Volume 1875	<b>Air (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>PC (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Pasir (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Batu Apung (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Bahan pencampuran (g atau cc/m<sup>3</sup>)</b>
	431.11	862.22	322.96	258.52	-
<b>Nomor Benda Uji</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
Umur benda uji (hari)	28	28	28	28	28
Lebar benda uji (cm)	15.00	15.13	15.30	15.07	15.17
Tinggi benda uji (cm)	15.00	15.00	15.23	15.00	15.00
Panjang benda uji (cm)	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00
Berat benda uji (kg)	22.35	23.5	22.7	24.6	24.3
Volume benda uji (cm <sup>3</sup> )	13500.00	13620.00	13984.20	13560.00	13650.00
Berat volume (kg/m <sup>3</sup> )	1655.56	1725.40	1623.26	1814.16	1780.22
Beban maksimum (N)	15500	23500	15500	17500	15000
Jarak bentang (mm)	450	450	450	450	450
Lebar tampak lintang = b (mm)	150	150	150	150	150
Tinggi tampak lintang = h (mm)	150	150	150	150	150
Kuat lentur uji (Mpa)	2.07	3.13	2.07	2.33	2.00
Kuat lentur rata-rata (Mpa)	2.32				

Sumber : Hasil percobaan dan perhitungan

Tabel L3.8 Hasil pengujian kuat lentur beton ringan lapis dengan serat 1.4%

PENGUJIAN KUAT LENTUR BETON					
PATAH PADA PUSAT 1/3 LEBAR PADA SISI TARIK					
RUMUS : $\sigma_1 = (P.L)/(B.H^2)$					
<b>Nama</b>	:	BETON RINGAN-SERAT			
<b>Tanggal Uji</b>	:	15-Jun-16			
<b>Tanggal Pembuatan</b>	:	18-May-16			
<b>Tempat Uji</b>	:	LAB. STRUKTUR TEKNIK SIPIL UNIVERSITAS BRAWIJAYA			
<b>Benda Uji</b>	:	BALOK L-S 1,4%			
<b>Ukuran</b>	:	15x15x60			
Kondisi	<b>Ukuran maks. Agregat kasar (mm)</b>	<b>Slump (cm)</b>	<b>Kadar udara (%)</b>	<b>Faktor air semen W/C (%)</b>	<b>Volume agregat halus s/a (%)</b>
	30	8.5	-	-	-
Berat Volume 1875	<b>Air (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>PC (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Pasir (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Batu Apung (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Bahan pencampur (g atau cc/m<sup>3</sup>)</b>
	431.11	862.22	322.96	258.52	-
<b>Nomor Benda Uji</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
Umur benda uji (hari)	28	28	28	28	28
Lebar benda uji (cm)	15.00	15.20	15.47	15.00	15.27
Tinggi benda uji (cm)	15.00	15.00	15.20	15.00	15.00
Panjang benda uji (cm)	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00
Berat benda uji (kg)	23.35	23.35	23.75	23.2	23.75
Volume benda uji (cm <sup>3</sup> )	13500.00	13680.00	14105.60	13500.00	13740.00
Berat volume (kg/m <sup>3</sup> )	1729.63	1706.87	1683.73	1718.52	1728.53
Beban maksimum (N)	19000	23000	16500	14500	20500
Jarak bentang (mm)	450	450	450	450	450
Lebar tampak lintang = b (mm)	150	150	150	150	150
Tinggi tampak lintang = h (mm)	150	150	150	150	150
Kuat lentur uji (Mpa)	2.53	3.07	2.20	1.93	2.73
Kuat lentur rata-rata (Mpa)	2.49				

Sumber : Hasil percobaan dan perhitungan

## Perhitungan Kuat Lentur Beton Ringan

$$\sigma_{lt} = \frac{P l}{b h^2}$$

$\sigma_{lt}$  = Kuat lentur beton (MPa)

P = Beban maksimum (N)

l = Jarak bentang (mm)

b = Lebar tampak lintang (mm)

h = Tinggi tampak lintang (mm)

Contoh perhitungan pada beton ringan tanpa lapis tanpa serat benda uji 1

Diketahui :

P = 17000 N

l = 450 mm

b = 150 mm

h = 150 mm

Perhitungan :

$$\sigma_{lt} = \frac{P l}{b h^2} = \frac{17000 \times 450}{150 \times 150^2} = 2.27 \text{ MPa}$$



### Lampiran 4

#### Kebutuhan Material Saat Pengecoran

#### PERBANDINGAN CAMPURAN SEMEN DAN AGREGAT BETON RINGAN DENGAN BATU APUNG

1 : 2 : 0,75 : 0,6  
Semen Pasir Batu Apung Air

#### Besarnya Perbandingan Masing-masing Bahan

Semen	=	1/4,35	=	0,230	Untuk
Pasir	=	2/4,35	=	0,460	volume
Batu Apung	=	0,75/4,35	=	0,172	1 m <sup>3</sup>
Air	=	0,6/4,35	=	0,138	beton

#### Volume benda uji balok

B	=	0,15	m
H	=	0,15	m
L	=	0,6	m
V	=	0,0135	m <sup>3</sup>

#### Berat jenis bahan

Semen	=	3100	kg/m <sup>3</sup>
Pasir	=	2600	kg/m <sup>3</sup>
Batu apung	=	800	kg/m <sup>3</sup>
Air	=	1000	kg/m <sup>3</sup>

#### Berat jenis beton segar

$$= \frac{3100 + 2600 + 800 + 1000}{4}$$

$$= 1875 \text{ kg/m}^3$$

#### Kebutuhan material untuk 1 benda uji balok

Semen	=	0,230 x 1875 x 0,0135	=	5,819	kg
Pasir	=	0,460 x 1875 x 0,0135	=	11,638	kg
Batu Apung	=	0,172 x 1875 x 0,0135	=	4,364	kg
Air	=	0,138 x 1875 x 0,0135	=	3,491	kg

Lampiran 5

Dokumentasi



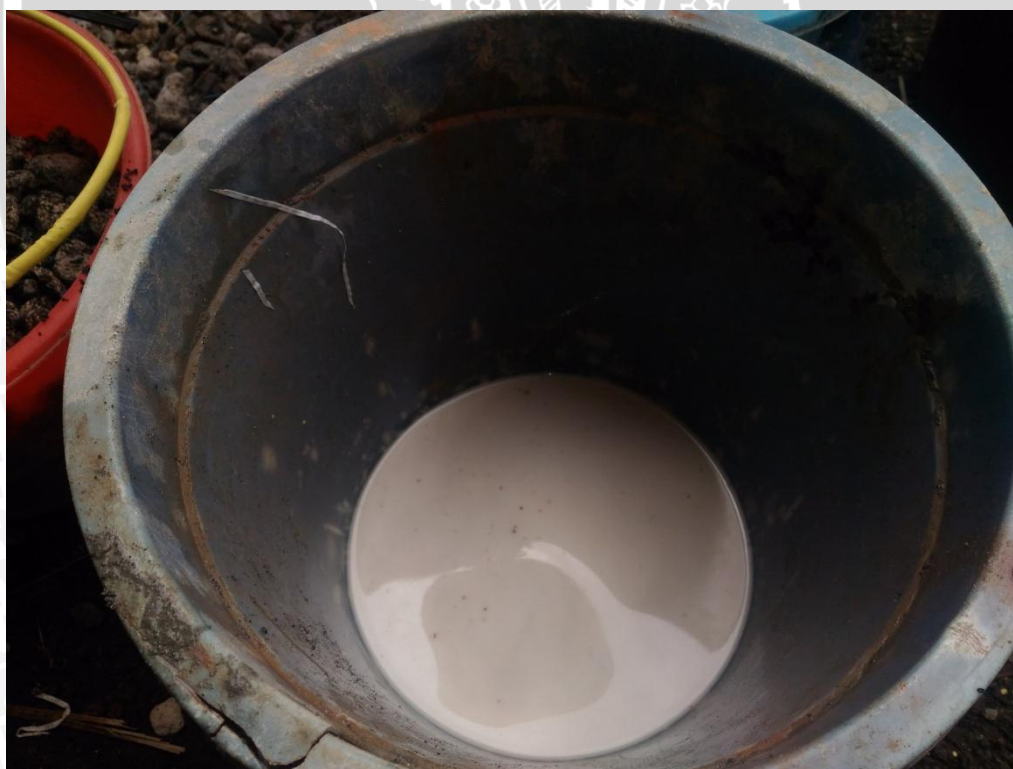
Gambar L5.1 Batu Apung Tanpa Lapis



Gambar L5.2 Batu Apung Dengan Pelapisan



Gambar L5.3 Proses Pelapisan



Gambar L5.4 Bahan Pelapis Berupa Lem Beton



Gambar L5.5 Serat Bambu



Gambar L5.6 Serat Bambu Dilapisi Pasir



Gambar L5.7 Pencampuran Semen, Pasir, Batu Apung, Air dan Serat Bambu Pada Molen



Gambar L5.8 Uji Slump





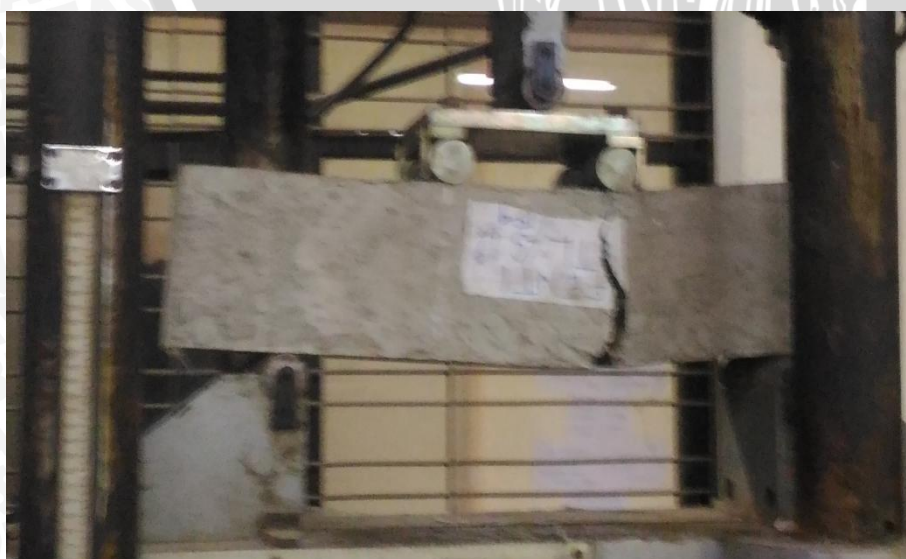
Gambar L5.9 Uji kuat lentur



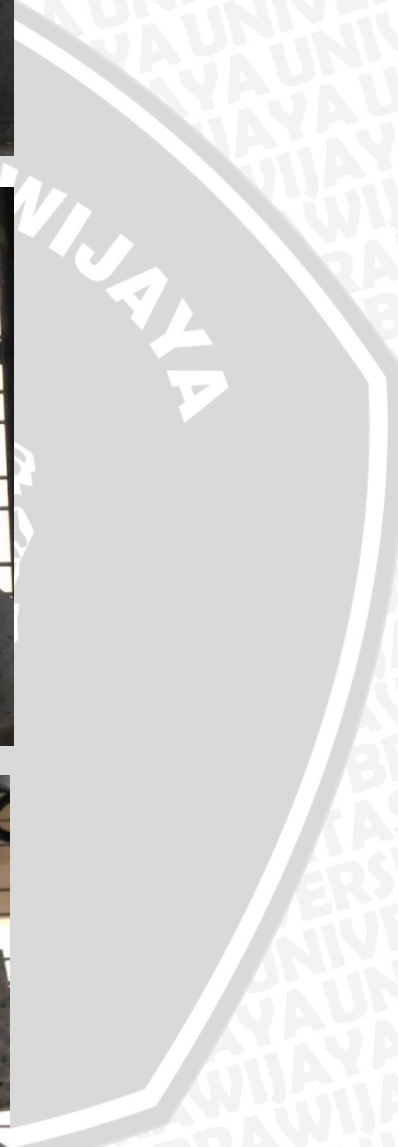
Gambar L5.10 Alat pembaca beban lentur

Lampiran 6

Gambar Patahan Balok



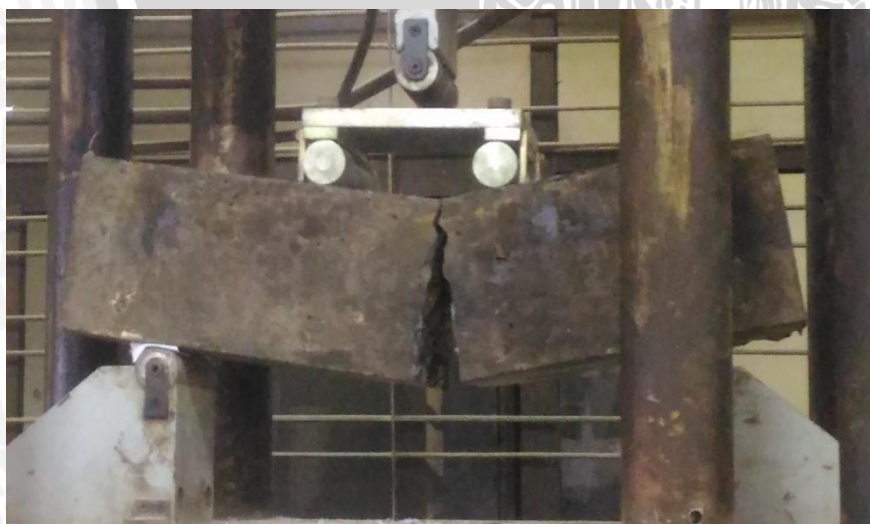




















Lampiran 7

Tabel untuk Uji Hipotesis  
Tabel L7.1 Tabel F

TABEL F	ISI
Probability	5%
Numerator	100
Denominator	8
Hasil	3,005,303

By: Anwar Hidayat

<http://www.statistikian.com>

DENUMERATOR	DF	NUMERATOR									
		1	2	3	4	5	30	40	60	120	
1	1	161,447,639	199,500,000	215,707,345	224,583,241	230,161,878	250,095,148	251,143,153	252,195,739	253,252,854	
2	2	18,512,821	19,000,000	19,164,292	19,246,794	19,296,410	19,462,411	19,470,736	19,479,064	19,487,394	
3	3	10,127,964	9,552,094	9,276,628	9,117,182	9,013,455	8,616,576	8,594,411	8,572,004	8,549,351	
4	4	7,708,647	6,944,272	6,591,382	6,388,233	6,256,057	5,745,877	5,716,998	5,687,744	5,658,105	
5	5	6,607,891	5,786,135	5,409,451	5,192,168	5,050,329	4,495,712	4,463,793	4,431,380	4,398,454	
6	6	5,987,378	5,143,253	4,757,063	4,533,677	4,387,374	3,808,164	3,774,286	3,739,797	3,704,667	
7	7	5,591,448	4,737,414	4,346,831	4,120,312	3,971,523	3,375,808	3,340,430	3,304,323	3,267,445	
8	8	5,317,655	4,458,970	4,066,181	3,837,853	3,687,499	3,079,406	3,042,778	3,005,303	2,966,923	
9	9	5,117,355	4,256,495	3,862,548	3,633,089	3,481,659	2,863,652	2,825,933	2,787,249	2,747,525	
10	10	4,964,603	4,102,821	3,708,265	3,478,050	3,325,835	2,699,551	2,660,855	2,621,077	2,580,122	
11	11	4,844,336	3,982,298	3,587,434	3,356,690	3,203,874	2,570,489	2,530,905	2,490,123	2,448,024	
12	12	4,747,225	3,885,294	3,490,295	3,259,167	3,105,875	2,466,279	2,425,880	2,384,166	2,340,995	
13	13	4,667,193	3,805,565	3,410,534	3,179,117	3,025,438	2,380,334	2,339,180	2,296,596	2,252,414	
14	14	4,600,110	3,738,892	3,343,889	3,112,250	2,958,249	2,308,207	2,266,350	2,222,950	2,177,811	
15	15	4,543,077	3,682,320	3,287,382	3,055,568	2,901,295	2,246,789	2,204,276	2,160,105	2,114,056	
16	16	4,493,998	3,633,723	3,238,872	3,006,917	2,852,409	2,193,841	2,150,711	2,105,813	2,058,895	
17	17	4,451,322	3,591,531	3,196,777	2,964,708	2,809,996	2,147,708	2,103,998	2,058,411	2,010,663	
18	18	4,413,873	3,554,557	3,159,908	2,927,744	2,772,853	2,107,143	2,062,885	2,016,643	1,968,100	

19	4,380,750	3,521,893	3,127,350	2,895,107	2,740,058	2,071,186	2,026,410	1,979,544	1,930,237
20	4,351,244	3,492,828	3,098,391	2,866,081	2,710,890	2,039,086	1,993,819	1,946,358	1,896,318
21	4,324,794	3,466,800	3,072,467	2,840,100	2,684,781	2,010,248	1,964,515	1,916,486	1,865,739
22	4,300,950	3,443,357	3,049,125	2,816,708	2,661,274	1,984,195	1,938,018	1,889,445	1,838,018
23	4,279,344	3,422,132	3,027,998	2,795,539	2,639,999	1,960,537	1,913,938	1,864,844	1,812,760
24	4,259,677	3,402,826	3,008,787	2,776,289	2,620,654	1,938,957	1,891,955	1,842,360	1,789,642
25	4,241,699	3,385,190	2,991,241	2,758,710	2,602,987	1,919,188	1,871,801	1,821,727	1,768,395
26	4,225,201	3,369,016	2,975,154	2,742,594	2,586,790	1,901,010	1,853,255	1,802,719	1,748,795
27	4,210,008	3,354,131	2,960,351	2,727,765	2,571,886	1,884,236	1,836,129	1,785,149	1,730,650
28	4,195,972	3,340,386	2,946,685	2,714,076	2,558,128	1,868,709	1,820,263	1,768,857	1,713,800
29	4,182,964	3,327,654	2,934,030	2,701,399	2,545,386	1,854,293	1,805,523	1,753,704	1,698,107
30	4,170,877	3,315,830	2,922,277	2,689,628	2,533,555	1,840,872	1,791,790	1,739,574	1,683,452
31	4,159,615	3,304,817	2,911,334	2,678,667	2,522,538	1,828,345	1,778,964	1,726,363	1,669,733
32	4,149,097	3,294,537	2,901,120	2,668,437	2,512,255	1,816,625	1,766,956	1,713,984	1,656,859
33	4,139,252	3,284,918	2,891,564	2,658,867	2,502,635	1,805,636	1,755,689	1,702,359	1,644,752
34	4,130,018	3,275,898	2,882,604	2,649,894	2,493,616	1,795,311	1,745,097	1,691,420	1,633,345
35	4,121,338	3,267,424	2,874,187	2,641,465	2,485,143	1,785,591	1,735,119	1,681,106	1,622,575
36	4,113,165	3,259,446	2,866,266	2,633,532	2,477,169	1,776,424	1,725,703	1,671,365	1,612,390
37	4,105,456	3,251,924	2,858,796	2,626,052	2,469,650	1,767,764	1,716,803	1,662,149	1,602,741
38	4,098,172	3,244,818	2,851,741	2,618,988	2,462,548	1,759,569	1,708,376	1,653,416	1,593,586
39	4,091,279	3,238,096	2,845,068	2,612,306	2,455,831	1,751,803	1,700,385	1,645,128	1,584,887
40	4,084,746	3,231,727	2,838,745	2,605,975	2,449,466	1,744,432	1,692,797	1,637,252	1,576,610
41	4,078,546	3,225,684	2,832,747	2,599,969	2,443,429	1,737,427	1,685,582	1,629,757	1,568,723
42	4,072,654	3,219,942	2,827,049	2,594,263	2,437,693	1,730,762	1,678,713	1,622,615	1,561,199
43	4,067,047	3,214,480	2,821,628	2,588,836	2,432,236	1,724,411	1,672,165	1,615,803	1,554,013
44	4,061,706	3,209,278	2,816,466	2,583,667	2,427,040	1,718,354	1,665,916	1,609,296	1,547,142
45	4,056,612	3,204,317	2,811,544	2,578,739	2,422,085	1,712,569	1,659,945	1,603,075	1,540,564
46	4,051,749	3,199,582	2,806,845	2,574,035	2,417,356	1,707,039	1,654,235	1,597,122	1,534,261
47	4,047,100	3,195,056	2,802,355	2,569,540	2,412,837	1,701,748	1,648,769	1,591,417	1,528,216
48	4,042,652	3,190,727	2,798,061	2,565,241	2,408,514	1,696,679	1,643,530	1,585,947	1,522,412

49	4,038,393	3,186,582	2,793,949	2,561,124	2,404,375	1,691,820	1,638,505	1,580,697	1,516,836
50	4,034,310	3,182,610	2,790,008	2,557,179	2,400,409	1,687,157	1,633,682	1,575,654	1,511,472
51	4,030,393	3,178,799	2,786,229	2,553,395	2,396,605	1,682,679	1,629,047	1,570,805	1,506,310
52	4,026,631	3,175,141	2,782,600	2,549,763	2,392,953	1,678,374	1,624,591	1,566,139	1,501,338
53	4,023,017	3,171,626	2,779,114	2,546,273	2,389,444	1,674,234	1,620,302	1,561,646	1,496,544
54	4,019,541	3,168,246	2,775,762	2,542,918	2,386,070	1,670,248	1,616,172	1,557,317	1,491,920
55	4,016,195	3,164,993	2,772,537	2,539,689	2,382,823	1,666,408	1,612,191	1,553,142	1,487,456
56	4,012,973	3,161,861	2,769,431	2,536,579	2,379,697	1,662,706	1,608,353	1,549,113	1,483,145
57	4,009,868	3,158,843	2,766,438	2,533,583	2,376,684	1,659,135	1,604,648	1,545,223	1,478,977
58	4,006,873	3,155,932	2,763,552	2,530,694	2,373,780	1,655,688	1,601,071	1,541,464	1,474,945
59	4,003,983	3,153,123	2,760,767	2,527,907	2,370,977	1,652,359	1,597,614	1,537,830	1,471,044
60	4,001,191	3,150,411	2,758,078	2,525,215	2,368,270	1,649,141	1,594,273	1,534,314	1,467,267
61	3,998,494	3,147,791	2,755,481	2,522,615	2,365,656	1,646,029	1,591,040	1,530,912	1,463,606
62	3,995,887	3,145,258	2,752,970	2,520,101	2,363,128	1,643,018	1,587,911	1,527,616	1,460,059
63	3,993,365	3,142,809	2,750,541	2,517,670	2,360,684	1,640,103	1,584,880	1,524,423	1,456,617
64	3,990,924	3,140,438	2,748,191	2,515,318	2,358,318	1,637,280	1,581,944	1,521,328	1,453,278
65	3,988,560	3,138,142	2,745,915	2,513,040	2,356,028	1,634,544	1,579,098	1,518,326	1,450,037
66	3,986,269	3,135,918	2,743,711	2,510,833	2,353,809	1,631,891	1,576,337	1,515,412	1,446,888
67	3,984,049	3,133,762	2,741,574	2,508,695	2,351,658	1,629,318	1,573,658	1,512,584	1,443,829
68	3,981,896	3,131,672	2,739,502	2,506,621	2,349,573	1,626,820	1,571,058	1,509,837	1,440,854
69	3,979,807	3,129,644	2,737,492	2,504,609	2,347,550	1,624,395	1,568,532	1,507,167	1,437,962
70	3,977,779	3,127,676	2,735,541	2,502,656	2,345,586	1,622,040	1,566,078	1,504,572	1,435,147
71	3,975,810	3,125,764	2,733,647	2,500,760	2,343,680	1,619,751	1,563,693	1,502,049	1,432,408
72	3,973,897	3,123,907	2,731,807	2,498,919	2,341,828	1,617,526	1,561,373	1,499,594	1,429,740
73	3,972,038	3,122,103	2,730,019	2,497,129	2,340,028	1,615,362	1,559,116	1,497,204	1,427,142
74	3,970,230	3,120,349	2,728,280	2,495,388	2,338,278	1,613,256	1,556,920	1,494,878	1,424,610
75	3,968,471	3,118,642	2,726,589	2,493,696	2,336,576	1,611,207	1,554,782	1,492,612	1,422,142
76	3,966,760	3,116,982	2,724,944	2,492,049	2,334,920	1,609,212	1,552,700	1,490,404	1,419,735
77	3,965,094	3,115,366	2,723,343	2,490,447	2,333,308	1,607,268	1,550,671	1,488,252	1,417,387
78	3,963,472	3,113,792	2,721,783	2,488,886	2,331,739	1,605,375	1,548,694	1,486,154	1,415,096

79	3,961,892	3,112,260	2,720,265	2,487,366	2,330,210	1,603,529	1,546,767	1,484,108	1,412,860
80	3,960,352	3,110,766	2,718,785	2,485,885	2,328,721	1,601,730	1,544,887	1,482,111	1,410,677
81	3,958,852	3,109,311	2,717,343	2,484,441	2,327,269	1,599,975	1,543,054	1,480,163	1,408,545
82	3,957,388	3,107,891	2,715,937	2,483,034	2,325,854	1,598,263	1,541,264	1,478,261	1,406,461
83	3,955,961	3,106,507	2,714,565	2,481,661	2,324,473	1,596,593	1,539,518	1,476,404	1,404,426
84	3,954,568	3,105,157	2,713,227	2,480,322	2,323,126	1,594,962	1,537,812	1,474,590	1,402,436
85	3,953,209	3,103,839	2,711,921	2,479,015	2,321,812	1,593,369	1,536,147	1,472,817	1,400,490
86	3,951,882	3,102,552	2,710,647	2,477,740	2,320,529	1,591,814	1,534,520	1,471,085	1,398,586
87	3,950,587	3,101,296	2,709,402	2,476,494	2,319,277	1,590,294	1,532,929	1,469,391	1,396,725
88	3,949,321	3,100,069	2,708,186	2,475,277	2,318,053	1,588,809	1,531,375	1,467,735	1,394,903
89	3,948,084	3,098,870	2,706,999	2,474,089	2,316,858	1,587,357	1,529,855	1,466,116	1,393,119
90	3,946,876	3,097,698	2,705,838	2,472,927	2,315,689	1,585,937	1,528,369	1,464,531	1,391,373
91	3,945,694	3,096,553	2,704,703	2,471,791	2,314,547	1,584,549	1,526,915	1,462,980	1,389,664
92	3,944,539	3,095,433	2,703,594	2,470,681	2,313,431	1,583,191	1,525,492	1,461,462	1,387,989
93	3,943,409	3,094,337	2,702,509	2,469,595	2,312,339	1,581,862	1,524,100	1,459,976	1,386,348
94	3,942,303	3,093,266	2,701,448	2,468,533	2,311,270	1,580,561	1,522,737	1,458,521	1,384,740
95	3,941,222	3,092,217	2,700,409	2,467,494	2,310,225	1,579,288	1,521,402	1,457,096	1,383,165
96	3,940,163	3,091,191	2,699,393	2,466,476	2,309,202	1,578,041	1,520,095	1,455,699	1,381,620
97	3,939,126	3,090,187	2,698,398	2,465,480	2,308,200	1,576,820	1,518,814	1,454,331	1,380,105
98	3,938,111	3,089,203	2,697,423	2,464,505	2,307,220	1,575,623	1,517,560	1,452,990	1,378,619
99	3,937,117	3,088,240	2,696,469	2,463,550	2,306,259	1,574,451	1,516,330	1,451,675	1,377,162
100	3,936,143	3,087,296	2,695,534	2,462,615	2,305,318	1,573,302	1,515,125	1,450,386	1,375,732

Tabel L7.2 Tabel T

DISTRIBUSI NILAI  $t_{\text{tabel}}$ 

d.f	$t_{0.10}$	$t_{0.05}$	$t_{0.025}$	$t_{0.01}$	$t_{0.005}$
1	3.078	6.314	12.71	31.82	63.66
2	1.886	2.920	4.303	6.965	9.925
3	1.638	2.353	3.182	4.541	5.841
4	1.533	2.132	2.776	3.747	4.604
5	1.476	2.015	2.571	3.365	4.032
6	1.440	1.943	2.447	3.143	3.707
7	1.415	1.895	2.365	2.998	3.499
8	1.397	1.860	2.306	2.896	3.355
9	1.383	1.833	2.262	2.821	3.250
10	1.372	1.812	2.228	2.764	3.169
11	1.363	1.796	2.201	2.718	3.106
12	1.356	1.782	2.179	2.681	3.055
13	1.350	1.771	2.160	2.650	3.012
14	1.345	1.761	2.145	2.624	2.977
15	1.341	1.753	2.131	2.602	2.947
16	1.337	1.746	2.120	2.583	2.921
17	1.333	1.740	2.110	2.567	2.898
18	1.330	1.734	2.101	2.552	2.878
19	1.328	1.729	2.093	2.539	2.861
20	1.325	1.725	2.086	2.528	2.845
21	1.323	1.721	2.080	2.518	2.831
22	1.321	1.717	2.074	2.508	2.819
23	1.319	1.714	2.069	2.500	2.807
24	1.318	1.711	2.064	2.492	2.797
25	1.316	1.708	2.060	2.485	2.787
26	1.315	1.706	2.056	2.479	2.779
27	1.314	1.703	2.052	2.473	2.771
28	1.313	1.701	2.048	2.467	2.763
29	1.311	1.699	2.045	2.462	2.756
30	1.310	1.697	2.042	2.457	2.750
31	1.309	1.696	2.040	2.453	2.744
32	1.309	1.694	2.037	2.449	2.738
33	1.308	1.692	2.035	2.445	2.733
34	1.307	1.691	2.032	2.441	2.728
35	1.306	1.690	2.030	2.438	2.724
36	1.306	1.688	2.028	2.434	2.719
37	1.305	1.687	2.026	2.431	2.715
38	1.304	1.686	2.024	2.429	2.712
39	1.304	1.685	2.023	2.426	2.708
40	1.303	1.684	2.021	2.423	2.704
41	1.303	1.683	2.020	2.421	2.701
42	1.302	1.682	2.018	2.418	2.698
43	1.302	1.681	2.017	2.416	2.695
44	1.301	1.680	2.015	2.414	2.692
45	1.301	1.679	2.014	2.412	2.690
46	1.300	1.679	2.013	2.410	2.687
47	1.300	1.678	2.012	2.408	2.685
48	1.299	1.677	2.011	2.407	2.682
49	1.299	1.677	2.010	2.405	2.680
50	1.299	1.676	2.009	2.403	2.678
51	1.298	1.675	2.008	2.402	2.676
52	1.298	1.675	2.007	2.400	2.674
53	1.298	1.674	2.006	2.399	2.672
54	1.297	1.674	2.005	2.397	2.670
55	1.297	1.673	2.004	2.396	2.668
56	1.297	1.673	2.003	2.395	2.667
57	1.297	1.672	2.002	2.394	2.665
58	1.296	1.672	2.002	2.392	2.663
59	1.296	1.671	2.001	2.391	2.662
60	1.296	1.671	2.000	2.390	2.660
61	1.296	1.671	2.000	2.390	2.659
62	1.296	1.671	1.999	2.389	2.659
63	1.296	1.670	1.999	2.389	2.658
64	1.296	1.670	1.999	2.388	2.657
65	1.296	1.670	1.998	2.388	2.657
66	1.295	1.670	1.998	2.387	2.656
67	1.295	1.670	1.998	2.387	2.655
68	1.295	1.670	1.997	2.386	2.655
69	1.295	1.669	1.997	2.386	2.654
70	1.295	1.669	1.997	2.385	2.653
71	1.295	1.669	1.996	2.385	2.653
72	1.295	1.669	1.996	2.384	2.652
73	1.295	1.669	1.996	2.384	2.651
74	1.295	1.668	1.995	2.383	2.651
75	1.295	1.668	1.995	2.383	2.650
76	1.294	1.668	1.995	2.382	2.649
77	1.294	1.668	1.994	2.382	2.649
78	1.294	1.668	1.994	2.381	2.648
79	1.294	1.668	1.994	2.381	2.647
80	1.294	1.667	1.993	2.380	2.647
81	1.294	1.667	1.993	2.380	2.646
82	1.294	1.667	1.993	2.379	2.645
83	1.294	1.667	1.992	2.379	2.645
84	1.294	1.667	1.992	2.378	2.644
85	1.294	1.666	1.992	2.378	2.643
86	1.293	1.666	1.991	2.377	2.643
87	1.293	1.666	1.991	2.377	2.642
88	1.293	1.666	1.991	2.376	2.641
89	1.293	1.666	1.990	2.376	2.641
90	1.293	1.666	1.990	2.375	2.640
91	1.293	1.665	1.990	2.374	2.639
92	1.293	1.665	1.989	2.374	2.639
93	1.293	1.665	1.989	2.373	2.638
94	1.293	1.665	1.989	2.373	2.637
95	1.293	1.665	1.988	2.372	2.637
96	1.292	1.664	1.988	2.372	2.636
97	1.292	1.664	1.988	2.371	2.635
98	1.292	1.664	1.987	2.371	2.635
99	1.292	1.664	1.987	2.370	2.634
100	1.292	1.664	1.987	2.370	2.633
101	1.292	1.663	1.986	2.369	2.633
102	1.292	1.663	1.986	2.369	2.632
103	1.292	1.663	1.986	2.368	2.631
104	1.292	1.663	1.985	2.368	2.631
105	1.292	1.663	1.985	2.367	2.630
106	1.291	1.663	1.985	2.367	2.629
107	1.291	1.662	1.984	2.366	2.629
108	1.291	1.662	1.984	2.366	2.628
109	1.291	1.662	1.984	2.365	2.627
110	1.291	1.662	1.983	2.365	2.627
111	1.291	1.662	1.983	2.364	2.626
112	1.291	1.661	1.983	2.364	2.625
113	1.291	1.661	1.982	2.363	2.625
114	1.291	1.661	1.982	2.363	2.624
115	1.291	1.661	1.982	2.362	2.623
116	1.290	1.661	1.981	2.362	2.623
117	1.290	1.661	1.981	2.361	2.622
118	1.290	1.660	1.981	2.361	2.621
119	1.290	1.660	1.980	2.360	2.621
120	1.290	1.660	1.980	2.360	2.620

Dari "Table of Percentage Points of the t-Distribution." Biometrika, Vol. 32 (1941), p. 300. Reproduced by permission of the Biometrika Trustees.