

**KEKUATAN LENTUR BALOK KOMPOSIT BETON DAN BATA RINGAN
TULANGAN BAMBU DENGAN VARIASI TINGGI BATA RINGAN**

SKRIPSI

TEKNIK SIPIL

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



FERRY SINGGIH PRASETYO
NIM 125060100111076

UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
MALANG
2016

LEMBAR PENGESAHAN

**KEKUATAN LENTUR BALOK KOMPOSIT BETON DAN BATA RINGAN
TULANGAN BAMBU DENGAN VARIASI TINGGI BATA RINGAN**

**SKRIPSI
TEKNIK SIPIL**

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



FERRY SINGGIH PRASETYO

NIM 125060100111076

Skripsi ini telah direvisi dan disetujui oleh dosen pembimbing
pada tanggal 13 Juni 2016

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

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

Roland Martin S., ST., M.Sc.
NIP. 19850714 201212 1 001

Mengetahui,
Ketua Program Studi S1

Dr.Eng. Indradi W., ST., M.Eng.
NIP. 19810220 200604 1 002

HALAMAN IDENTITAS TIM PENGUJI SKRIPSI

Judul Skripsi: kekuatan lentur balok komposit beton dan bata ringan tulangan bambu dengan variasi tinggi bata ringan

Nama Mahasiswa : Ferry Singgih Prasetyo

NIM. : 125060100111076

Program Studi : Teknik Sipil

Minat : Struktur

Tim Dosen Penguji :

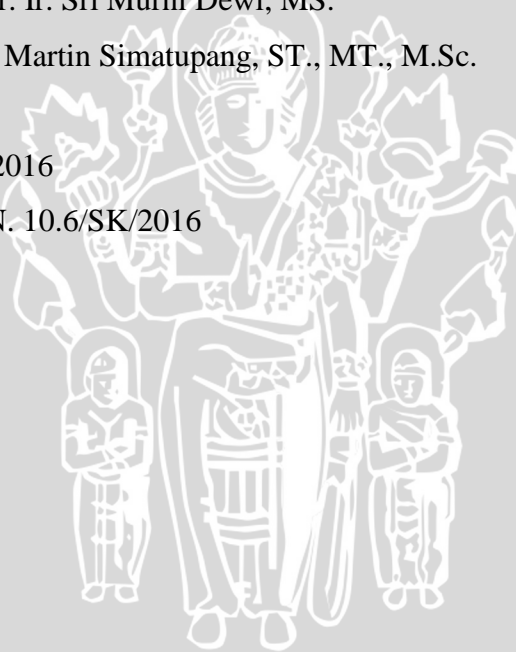
Dosen Penguji 1 : Dr. Eng. Ming Narto Wijaya, ST., M.Sc.

Dosen Penguji 2 : Prof. Dr. Ir. Sri Murni Dewi, MS.

Dosen Penguji 3 : Roland Martin Simatupang, ST., MT., M.Sc.

Tanggal Ujian : 8 Juni 2016

SK Penguji : 660/UN. 10.6/SK/2016



LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya dan berdasarkan hasil penelusuran berbagai karya ilmiah, gagasan, dan masalah ilmiah yang diteliti dan diulas di 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 ini dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, pasal 25 ayat 2 dan pasal 70).

Malang, 13 Juni 2016

Mahasiswa,

Ferry Singgih Prasetyo

NIM. 125060100111076





RIWAYAT HIDUP

Ferry Singgih Prasetyo, kelahiran Kediri, 13 September 1993, merupakan putra sulung dari ayah Subandi dan ibu Supriati. Mulai mengenyam bangku pendidikan dasar di SDN Grogol III Kabupaten Kediri sejak tahun 1999 dan lulus pada tahun 2005. Kemudian melanjutkan pendidikan di SMP Negeri 1 Grogol dan lulus pada tahun 2008. Dan pada tahun 2011 telah dinyatakan lulus dari SMA Negeri 1 Grogol Program Ilmu Pengetahuan Alam.

Pada tahun 2012 mulai menjejak bangku perguruan tinggi tepatnya di Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, Malang. Selama masa kuliah, aktif dalam beberapa kegiatan akademik maupun non-akademik, meliputi penelitian jembatan *precast* dengan menggunakan teknologi beton ringan hingga menjuarai Kompetisi Jembatan Indonesia X kategori Jembatan Beton Ringan, penelitian gedung tahan gempa di Taiwan, serta aktif dalam kepengurusan Departemen Amara selama tiga periode berturut-turut.



Malang, Juni 2016

Penyusun

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Tuhan Yang Maha Esa, atas limpahan rahmat serta hidayah-Nya sehingga skripsi dengan judul “Kekuatan Lentur Balok Komposit Beton Dan Bata Ringan Tulangan Bambu Dengan Variasi Tinggi Bata Ringan” dapat terselesaikan. Judul tersebut diambil, karena pada umumnya beban sendiri struktur akan lebih besar dari pada beban guna suatu struktur tersebut. Maka teknologi beton ringan sangat dibutuhkan untuk pembangunan infrastruktur di Indonesia

. Naskah ini disusun sebagai hasil dari kajian literatur dan penelitian eksperimental yang dilakukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik.

Pada kesempatan ini, penyusun ingin menyampaikan kepada:

1. Ayah, Ibu, Adik dan segenap keluarga besar yang telah memberikan dukungan moral dan material demi terwujudnya skripsi ini.
2. Ir. Sugeng P. Budio, MS., selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya,
3. Dr.Eng. Indradi Wijatmiko, ST., M.Eng., selaku Ketua Program Studi Sarjana (S1) Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya,
4. Prof. Dr. Ir. Sri Murni Dewi, MS dan Roland Martin S., ST., M.Sc selaku dosen pembimbing,
5. Bapak Sugeng dan Mas Dino selaku laboran di laboratorium Struktur dan Bahan Konstruksi Jurusan Teknik Sipil Universitas Brawijaya,
6. Staf recording yang telah membantu proses administrasi skripsi.
7. Rekan tim penelitian dan skripsi, Hadi, Christo, Aristo, dan Claudia, yang telah bekerja sama dan berjuang selama beberapa bulan terakhir,
8. Segenap Keluarga Besar Mahasiswa Sipil Universitas Brawijaya, khususnya sipil 2012 yang memberikan dukungan dan semangat selama penelitian ini berlangsung,
9. Teman-teman AmerA Bridge Club, serta semua pihak yang telah membantu dalam selama proses penelitian.
10. Tim Balapati yang telah membantu setiap proses dari skripsi.
11. Defri Arya, yang telah membantu proses skripsi.

Terima kasih atas bantuan dan kontribusi pihak-pihak sebagaimana disebutkan, semoga Allah SWT selalu melimpahkan kasih sayang dan kebaikan-Nya.

Malang , Juni 2016

Penyusun



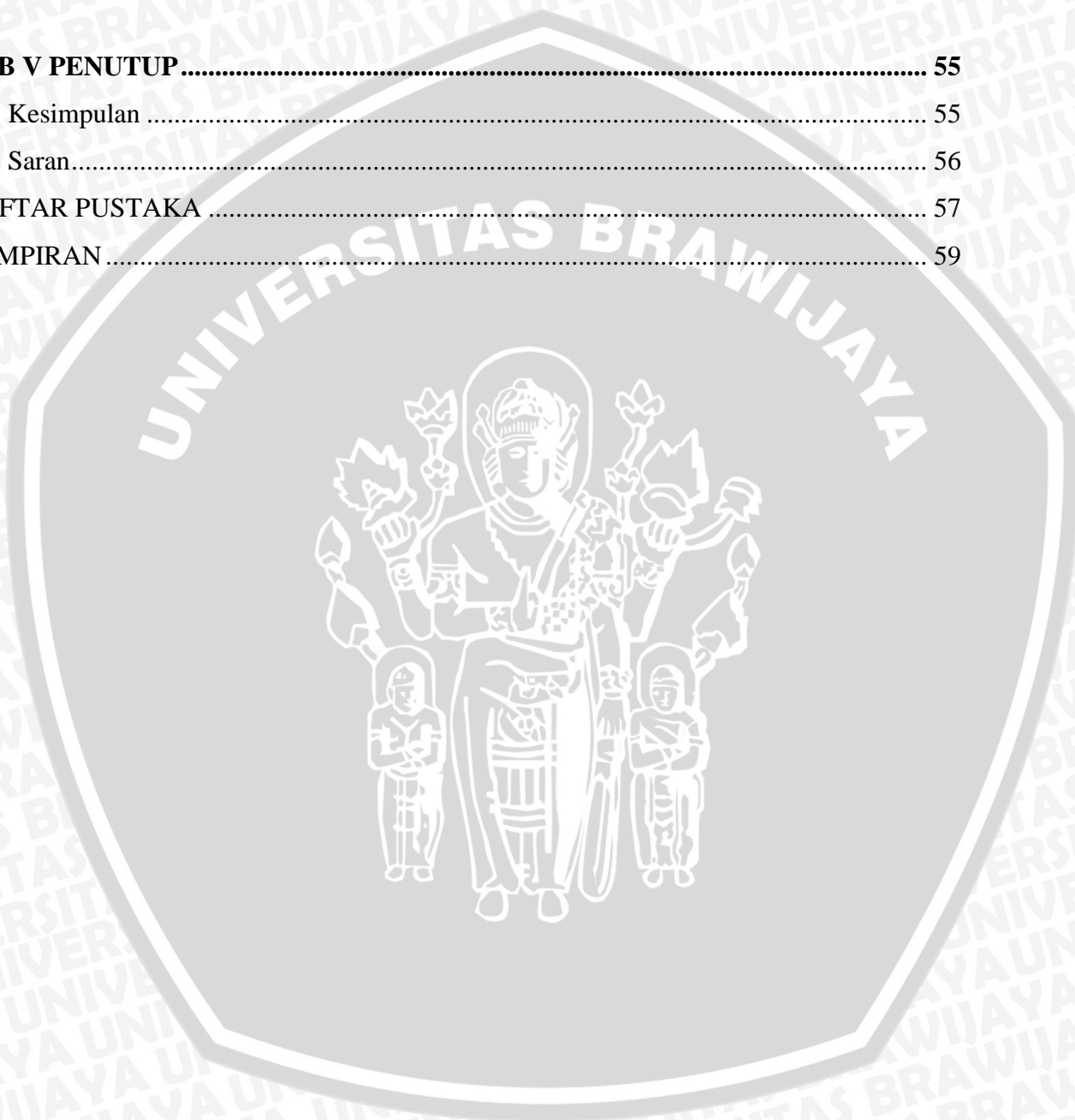
DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR LAMPIRAN	vii
RINGKASAN	vi
SUMMARY	vii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Identifikasi Masalah.....	2
1.3 Rumusan Masalah.....	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Tujuan Penelitian.....	4
1.6 Manfaat Penelitian.....	4
BAB II DASAR TEORI	5
2.1 Balok.....	5
2.2 Balok Komposit.....	5
2.3 Beton.....	6
2.4 Beton Ringan.....	7
2.5 Material Penyusun Beton.....	8
2.5.1 Semen.....	8
2.5.2 Agregat.....	9
2.5.3 Air.....	9
2.5.4 FAS.....	9
2.5.5 Slump Test.....	10
2.6 Bata Ringan.....	11
2.7 Bambu.....	11
2.7.1 Sifat Bahan Bambu.....	13
2.7.2 Presentase Tulangan Bambu Minimum Pada Balok.....	14
2.7.3 Zat Pelapis Bambu.....	15
2.7.4 Bambu Petung (Dendroculumus Asper (Schufles F.).....	15



2.8 Perhitungan Kapasitas Balok.....	17
2.8.1 Momen Nominal Kapasitas Penampang Mn	17
2.8.2 Hubungan Beban (Gaya Luar) Terhadap Momen.....	19
2.8.3 Hubungan Beban (Gaya Luar) Terhadap Tegangan dan Regangan	19
2.9 Perhitungan Defleksi	20
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	23
3.1 Rancangan Penelitian	23
3.2 Tempat dan Waktu Penelitian	23
3.3 Peralatan dan Bahan Penelitian	24
3.4 Diagram Alir Penelitian.....	25
3.5 Prosedur Penelitian.....	26
3.6 Variabel Penelitian	27
3.7 Benda Uji dan <i>Setting</i>	27
3.8 Metode Analisis Data	30
3.9 Hipotesis Penelitian.....	31
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	33
4.1 Hasil Pengujian Bahan Penyusun Balok	33
4.1.1 Pengujian Beton Segar	33
4.1.2 Pengujian Resapan Air Terhadap Bambu	33
4.1.3 Pengujian Lekatan Bata Ringan dengan Beton.....	34
4.1.4 Perencanaan <i>Mix Design</i> Beton	34
4.1.5 Pengujian Kuat Tekan Beton	36
4.2 Analisa Perhitungan Beban Maksimum (Pu).....	38
4.2.1. Pemodelan Struktur.....	38
4.2.2. Kapasitas Lentur	38
4.2.3. Beban Vertikal Maksimum Teoritis.....	39
4.2.4. Beban Vertikal Maksimum Balok Komposit Aktual.....	40
4.3 Berat Volume Balok Komposit	42
4.3.1. Berat Volume Teoritis.....	42
4.3.2. Berat Volume Aktual	43

4.4 Analisa Kekakuan Balok Komposit.....	44
4.4.1. Lendutan	44
4.4.2. Perhitungan Kekakuan Balok	49
4.5 Perbandingan Pola Retak dan Beban Vertikal Maksimum.....	52
4.6 Analisis statistik	524
BAB V PENUTUP	55
5.1 Kesimpulan	55
5.2 Saran.....	56
DAFTAR PUSTAKA	57
LAMPIRAN.....	59



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Petunjuk awal penetapan nilai slump :	11
Tabel 2.2 Tabel tegangan batas dan tegangan ijin bambu.....	14
Tabel 2.3 Sifat Fisik dan Mekanik Bambu Petung.....	16
Tabel 2.4 pull out test	17
Tabel 2.5 Rumus defleksi	21
Tabel 3.1 Rencana Form Data Benda Uji.....	30
Tabel 4.1 Perencanaan Campuran Beton Normal (SNI 03-2834-2000).....	35
Tabel 4.2 Perbandingan Campuran Pada Perencanaan <i>Mix Design</i> 15 MPa	36
Tabel 4.3 Perbandingan Campuran Pada Perencanaan <i>Mix Design</i> 25 MPa	36
Tabel 4.4 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton 15 Mpa.....	37
Tabel 4.5 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton 25 Mpa.....	37
Tabel 4.6 Perbandingan antara Beban Maksimum Hasil Eksperimen dengan Teoritis	41
Tabel 4.7 Hasil Perhitungan berat isi teoritis bata ringan 6,5 cm.....	42
Tabel 4.8 Hasil Perhitungan berat isi teoritis bata ringan 8,5 cm.....	43
Tabel 4.9 Hasil pengukuran volume aktual.....	43
Tabel 4.10 Nilai Momen disetiap titik.....	47
Tabel 4.11 Perbandingan nilai Lendutan Teoritis dan Aktual.....	48
Tabel 4.12 Kekakuan Balok Komposit	51
Tabel 4.13 Tipe pola retak dan beban maksimum pada tinggi bata ringan 6,5 cm	52
Tabel 4.14 Tipe pola retak dan beban maksimum pada tinggi bata ringan 8,5 cm	53
Tabel 4.15 Tabel analisis statistik.....	54
Tabel 4.16 Tabel analisis f hitung dan f tabel.....	54

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Uji Slump	10
Gambar 2.2 Perilaku bambu yang tidak dilapisi lapisan kedap air	13
Gambar 2.3 : Diagram Tegangan – Regangan bambu dan baja.....	16
Gambar 2.4. Diagram regangan, tegangan, gaya-gaya dalam penampang balok	18
Gambar 2.5 Distribusi gaya dan tegangan pada balok	20
Gambar 2.6 Defleksi balok tunggal dengan beban merata.....	21
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian.....	26
Gambar 3.2 Tampak Atas Benda Uji	28
Gambar 3.3 Detail Potongan Melintang Benda Uji	28
Gambar 3.4 <i>Setting Up</i> Penguji.....	29
Gambar 3.5 Grafik Hubungan Antara Beban (P) dan Defleksi (Δ)	31
Gambar 4.1 Pengujian Slump.....	33
Gambar 4.2 Pengujian resapan bambu terhadap air.....	34
Gambar 4.3 Pengujian lekatan bata ringan dan beton.....	34
Gambar 4.4 Pemodelan Pembebanan Struktur.....	38
Gambar 4.5 potongan 6,5 dan 8,5 cm	39
Gambar 4.7 Gambar setting pengujian.....	41
Gambar 4.8 Potongan Melintang Balok.....	44
Gambar 4.9 Momen dan Bidang Konjugate.....	46
Gambar 4.10 Grafik hubungan beban dan lendutan.....	50

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Analisa Gradasi Agregat	59
Lampiran 2 Berat Jenis Agregat	63
Lampiran 3 Berat Isi Agregat	65
Lampiran 4 Perencanaan Mutu Beton	66
Lampiran 5 Kuat Tekan Beton	68
Lampiran 6 Hasil Pengujian Hammer Test	70
Lampiran 7 Tabel Perhitungan Penampang Transformasi Bata Ringan 6,5 cm	72
Lampiran 8 Tabel Perhitungan Penampang Transformasi Bata Ringan 8,5 cm	74
Lampiran 9 Hasil Pengujian Balok A1-85	76
Lampiran 10 Hasil Pengujian Balok B1-85	79
Lampiran 11 Hasil Pengujian Balok C1-85	82
Lampiran 12 Hasil Pengujian Balok A1-65	85
Lampiran 13 Hasil Pengujian Balok B1-65	88
Lampiran 14 Hasil Pengujian Balok C1-65	91
Lampiran 15 Hasil Pengujian Balok A2-85	93
Lampiran 16 Hasil Pengujian Balok B2-85	96
Lampiran 17 Hasil Pengujian Balok C2-85	99
Lampiran 18 Hasil Pengujian Balok A2-65	101
Lampiran 19 Hasil Pengujian Balok B2-65	103
Lampiran 20 Hasil Pengujian Balok C2-65	105
Lampiran 21 Gambar Persiapan Pembuatan Benda Uji	109
Lampiran 22 Gambar Hasil Pengujian	114
Lampiran 23 Grafik P delta Hasil Pengujian	118



RINGKASAN

Ferry Singgih Prasetyo, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Mei 2016, *Kekuatan Lentur Balok Komposit Beton Dan Bata Ringan Tulangan Bambu Dengan Variasi Tinggi Bata Ringan*, Dosen Pembimbing: Sri Murni Dewi dan Roland Martin.S.

Teknologi beton ringan sangat dibutuhkan untuk pembangunan infrastruktur di Indonesia. Struktur yang menggunakan beton ringan akan memiliki beban mati (*dead load*) yang lebih kecil, Sehingga berat total struktur akan menjadi lebih kecil yang berakibat pada perhitungan total suatu struktur. Apabila digunakan pada proyek bangunan tinggi (*high rise building*) akan mengurangi berat sendiri bangunan secara signifikan, yang selanjutnya berdampak kepada perhitungan suatu struktur.

Penelitian ini didesain dengan menggunakan dua variable tinggi bata ringan yaitu 6,5 cm dan 8,5 cm. Mutu beton rencana dibuat sama yaitu 25 MPa. Benda uji yang digunakan memiliki dimensi 200 x 16 x 20 cm. Bata ringan yang digunakan memiliki dimensi 50 x 8 x 8,5 cm. Dalam proses pengujian, balok diletakkan di atas dua tumpuan sederhana dengan beban terpusat dibagi menjadi dua titik. Hal ini bertujuan untuk mendapatkan hasil pengujian lentur murni. *Dialgauge* diletakkan di kedua sisi untuk mengetahui besar lendutan yang terjadi.

Dalam hasil pengujian balok komposit dengan tinggi bata ringan 8,5 cm, memiliki berat volume yang lebih kecil dibandingkan dengan balok komposit dengan tinggi 6,5 cm. Hal ini sesuai dengan perhitungan teoritis dengan kesalahan relative 0,19% - 1,95%.

Balok komposit dengan tinggi bata ringan 6,5 cm, mampu menahan beban 2476 kg Sedangkan balok komposit dengan tinggi bata ringan 8,5 cm mampu menahan beban 2537 kg. Hal ini berarti bata ringan yang lebih rendah memiliki kekuatan 2,5% lebih besar. Dengan menggunakan metode *conjugate beam* dan mengambil beban pada saat kondisi elastis maka, didapatkan bahwa tinggi bata ringan 6,5 cm memiliki lenduta 0,858 mm dan tinggi bata ringan 8,5 cm memiliki lendutan 0,972 mm.

Balok komposit dengan tinggi bata ringan 6,5 cm, memiliki kekakuan 519,23 kg/mm sedangkan balok komposit dengan tinggi bata ringan 8,5 cm memiliki kekakuan 605,23 kg/mm. Untuk hasil pengamatan pola retak, tidak ada pengaruh yang signifikan akibat variasi tinggi bata ringan. Berdasarkan hasil percobaan pola retak banyak dipengaruhi oleh mutu beton.

Kata kunci: balok, komposit, bata ringan, kuat lentur

SUMMARY

Ferry Singgih Prasetyo, Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, University of Brawijaya, May 2016, *Flexural Strength of Lightweight Brick and Concrete Composite Beam using Bamboo Reinforcement with Variation of Lightweight Brick Height*, Supervisor: Sri Dewi Murni and Roland Martin.S.

Lightweight concrete technology is needed for infrastructure development in Indonesia. The structure that uses lightweight concrete will have a dead load smaller, so the total weight of the structure will be smaller which results in the calculation of the total structure. When it used in high-rise building, will reduce the weight of the building significantly, which in turn affect the calculations of a structure.

This study was designed using two variables, lightweight brick with high of 6.5 cm and 8.5 cm. Quality of concrete made same in each specimen, used about 25 MPa. The test object used dimensions of 200 cm x 16 cm x 20 cm. Lightweight brick used dimensions of 50 cm x 8 cm x 8.5 cm. In the process of testing, beam laid on two simple supports with concentrate load is divided into two points. It aims to obtain a pure bending test results. Dial gauge placed on both sides to get the deflection occurs.

In test results, the composite beams with lightweight brick high of 8.5 cm, have a smaller weight volume than the composite beams with a height of 6.5 cm. This result consistent with theoretical calculations with relative error in range 0.19% - 1.95%.

Composite beams with lightweight brick high of 6.5 cm, able to hold up load of 2476 kg, while the composite beam with lightweight brick high of 8.5 cm can hold up load of 2537 kg. It means that the lower lightweight brick has a strength of 2.5% larger. By using conjugate beam analysis method and take the load at the elastic conditions, it was found that 6.5 cm high of lightweight brick has deflection 0.858 mm and a height of 8.5 cm of lightweight brick has deflection 0,972 mm.

Composite beams with lightweight brick high of 6.5 cm, has a stiffness 519.23 kg/mm whereas composite beams with a height of 8.5 cm lightweight brick has stiffness 605.23 kg/mm. Then, the crack pattern observed, there is insignificant effect due to high variations in lightweight brick. Based on the experimental results of crack patterns influenced by the quality of concrete.

Keywords: beams, composite, lightweight brick, flexural strength

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Beton bertulang merupakan bahan bangunan yang sangat lazim digunakan dalam bidang konstruksi di Indonesia tetapi dalam perhitungan sebuah struktur beton bertulang, pada umumnya beban sendiri struktur akan lebih besar dari pada beban guna suatu struktur tersebut. Maka teknologi beton ringan sangat dibutuhkan untuk pembangunan infrastruktur di Indonesia seperti balok, kolom, pelat, pandasi maupun bangunan yang lainnya. Apalagi posisi Indonesia yang berada di wilayah rawan gempa.

Struktur yang menggunakan beton ringan akan memiliki beban mati (*dead load*) yang lebih kecil, sehingga berat total struktur akan menjadi lebih kecil yang berakibat pada perhitungan total suatu struktur. Teknologi beton ringan multak dibutuhkan, karena apabila digunakan pada proyek bangunan tinggi (*high rise building*) akan dapat secara signifikan mengurangi berat sendiri bangunan, yang selanjutnya berdampak kepada perhitungan suatu struktur.

Ditunjang dengan kemajuan teknologi, kini pembuatan jembatan dapat dilakukan dengan sistem pracetak. Karena di buat di pabrik, beton pracetak semakin banyak digunakan karena beberapa kelebihanannya yaitu: Percepatan waktu pelaksanaan pekerjaan, tidak tergantung cuaca, penggunaan tenaga kerja di lapangan yang relatif sedikit, kontrol kualitas yang lebih terjamin, lebih tahan korosi dan kerusakan lainnya, tanpa menggunakan perancah, bekisting dapat dipergunakan berulang-ulang, dan lebih ekonomis karena banyak langkah-langkah yang dapat dikurangi pelaksanaannya.

Beton ringan merupakan beton yang memiliki berat jenis (*density*) lebih ringan daripada beton pada umumnya. Ringannya berat dari beton ringan tersebut disebabkan oleh material bahan yang didapat dari hasil inovasi, seperti contohnya menempatkan bata ringan sebagai material ringan di daerah tarik. Hal ini karena beton memiliki kuat tekan lebih tinggi dari pada kuat tariknya, sehingga penempatan bata ringan di daerah tarik diharapkan tidak mereduksi kekuatan yang cukup besar. Tidak

seperti beton biasa, berat beton ringan dapat diatur sesuai kebutuhan. Pada umumnya berat beton ringan berkisar antara 600 – 1900 kg/m³. Tulangan yang digunakan adalah tungan bambu, sehingga berat dari baja tulangan bisa direduksi.

Bambu merupakan tumbuhan jenis rumput – rumputan yang dapat tumbuh hampir di seluruh belahan dunia. Pertumbuhan tanaman ini tergolong sangat cepat, karena memiliki sistem rhizoma-dependen yang unik dan dapat tumbuh sepanjang 100 cm (39in) dalam 24 jam.

Sebagai sumber daya alam yang dapat diperbaharui, bambu juga memiliki keuntungan lainnya, yaitu serat – serat bambu dalam arah memanjang memiliki bentuk yang teratur dan daya lekat antara serat yang sangat tinggi, sehingga menyebabkan bambu memiliki kuat tarik yang tinggi.

Material bata ringan sebagai pengganti agregat. Bata ringan diletakkan pada bagian tarik sehingga tidak mengganggu kekuatan tekan beton. Beton memiliki kuat tekan tinggi, namun di sisi lain beton memiliki kuat tarik yang rendah yaitu sekitar 0,1 kali terhadap kekuatan tekan, maka penguatan tarik dan geser diberikan pada tulangan bambu. Akan tetapi kedua komponen ini, baik beton dan tulangannya harus disusun dengan komposisi sedemikian rupa sehingga dapat dipakai sebagai material yang optimal.

Dalam penelitian ini akan dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai beban vertikal maksimum yang dapat ditahan oleh balok komposit, lendutan, kekakuan, dan berat volume balok komposit bertulangan bambu dengan bata ringan sebagai pengisi agregat di daerah tarik. Sehingga balok komposit bertulangan bambu dengan bata ringan sebagai pengisi agregat di daerah tarik ini dapat menjadi alternatif yang baik sebagai balok struktural yang memiliki keunggulan dalam segi berat sendiri dan efisiensi bahannya.

1.2 Identifikasi Masalah

Balok beton komposit dengan bata ringan sebagai pengisi agregat di daerah tarik di desain agar dapat menahan beban vertikal dan mampu menahan beban lentur. Material bata ringan, bambu dan beton sendiri diharapkan mampu bekerja secara monolit karena material tersebut berasal dari jenis material yang sama. Slip yang sering terjadi pada tulangan bambu akan diberi perlakuan agar mampu menghilangkan sifat higroskopis dan menambah daya lekat bambu pada beton.

1.3 Rumusan Masalah

Permasalahan yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah

1. Bagaimana pengaruh tinggi bata ringan terhadap berat volume balok komposit ?
2. Bagaimana pengaruh tinggi bata ringan terhadap kekuatan lentur balok komposit ?
3. Bagaimana pengaruh tinggi bata ringan terhadap lendutan balok komposit ?
4. Bagaimana pengaruh tinggi bata ringan terhadap kekakuan balok komposit ?
5. Bagaimana pengaruh tinggi bata ringan terhadap pola retak balok komposit ?

1.4 Batasan Masalah

Untuk memperjelas ruang lingkup penelitian, maka pembatasan masalah yang diberikan adalah sebagai berikut:

1. Benda uji berupa balok komposit dengan dimensi benda uji 200 x 16 x 20 cm
2. Dimensi bata ringan 50 x 8 x 8,5 cm dan 50 x 8 x 6,5 cm
3. Mutu beton rencana yang digunakan adalah 25 MPa
4. Bata ringan yang digunakan bata ringan lokal daerah malang
5. Tualangan menggunakan bambu petung yang dilapisi cat besi dan ditaburi pasir untuk mencegah sifat higroskopis yang dimiliki oleh bambu
6. Nilai kuat lekat, kuat tarik, dan modulus elastisitas bambu didapatkan dari penelitian terdahulu dengan jenis dan perlakuan yang sama pada tualangan bambunya.
7. Dimensi tualangan bambu adalah 2 – Ø2 cm
8. Menggunakan sengkang Ø6 - 200
9. Menggunakan agregat dengan dimensi 0,2 cm
10. Pasir yang digunakan merupakan pasir lokal daerah malang
11. Semen yang digunakan semen PCC tipe 1
12. Pengujian dilakukan dengan meletakkan benda uji di atas dua tumpuan sederhana
13. Pengujian dilakukan pada saat benda uji berumur 28 hari

1.5 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui berapa beban vertikal maksimum yang dapat ditahan balok komposit dengan variasi tinggi bata ringan
2. Mengetahui berapa berat volume beton komposit bertulangan bambu dengan bata ringan sebagai pengisi di daerah tarik.
3. Mengetahui berapa lendutan balok komposit.
4. Mengetahui bagaimana kekakuan balok komposit.
5. Mengetahui bagaimana polaretak balok komposit

1.6 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah:

1. Bagi praktisi lapangan, antara lain:
 - Sebagai bahan pertimbangan dan referensi informasi untuk menentukan solusi guna memproduksi beton ringan yang ekonomis namun tidak mengabaikan kekuatan struktur itu sendiri.
2. Bagi kalangan akademisi:
 - Sebagai referensi informasi data beban vertikal maksimum dan lendutan yang terjadi pada balok bertulangan bambu dengan bata ringan sebagai pengisi agregat di daerah tarik sehingga dapat digunakan sebagai penelitian selanjutnya.

BAB II DASAR TEORI

2.1 Balok

Balok (*Beam*) adalah salah satu elemen struktur yang digunakan untuk mentransfer beban vertical secara horizontal. Meskipun dianggap sederhana dalam hal konstruksi, balok mempunyai karakteristik internal yang lebih rumit dalam memikul beban dibandingkan elemen struktur yang lain, misalnya rangka batang maupun kabel. (Schodek, 1998).

2.2 Balok Komposit

Pada dasarnya prinsip sistem komposit pada struktur beton bertulang yaitu memperhitungkan pengaruh elemen-elemen yang berbeda sehingga dapat menjadi satu kesatuan dengan perilaku yang sama dalam mekanisme menahan beban dan gaya-gaya dari luar. Pada sistem komposit, setiap elemen penyusunnya memiliki modulus elastisitas yang berbeda. Modulus elastisitas merupakan perbandingan antara tegangan normal tarik atau tekan dengan regangan yang timbul akibat tegangan tersebut. Perbedaan modulus elastisitas ini membuat perhitungan menjadi sedikit rumit. Sehingga untuk mempermudah perhitungan terhadap tegangan yang terjadi digunakan suatu metode yang disebut Metode Penampang Transformasi. Prinsip Metode Penampang Transformasi ini adalah dengan mengganti luasan penampang dari kedua material menjadi satu bahan yang sama atau homogen dengan tujuan untuk menjadikan suatu kesatuan perilaku yang sama dalam mekanisme menahan gaya-gaya luar.

Pada penelitian ini digunakan bambu sebagai tulangnya. Perhitungan Metode Penampang Transformasi untuk penelitian ini diperlukan peninjauan terhadap luas tulangan bambu. Sehingga dilakukan penggantian luasan salah satu material untuk menjadi material lain agar menjadi satu material yang sama atau homogen. Pemilihan jenis material penampang ini berdasarkan nilai modulus elastisitas dari material penyusun kompositnya. Karena besar modulus elastisitas dari beton (E_c) lebih besar dari modulus elastisitas tulangan (E bambu), maka dilakukan perhitungan dengan cara mengganti luas beton dengan luas bambu.

Dengan menggunakan nilai perbandingan modulus elastisitas :

$$n = \frac{E_c}{E_{\text{bambu}}} \dots\dots\dots(2-1)$$

sehingga didapatkan luasan penampang yang baru setelah dilakukan penggantian luasan beton:

$$A = b \cdot h + (n - 1) \cdot A_s \dots\dots\dots(2-2)$$

Dimana :

- n = rasio modulus elastisitas antara beton dengan tulangan bambu
- E bambu = modulus elastisitas bambu (kg/cm²)
- E_c = modulus elastisitas spesi (kg/cm²)
- A = luas penampang setelah transformasi (cm²)
- b = lebar penampang setelah transformasi (cm)
- h = tinggi penampang komposit (cm)
- A_s = luas tulangan bambu (cm²)

2.3 Beton

Beton bertulang adalah gabungan antara beton polos yang memiliki kekuatan tekan yang tinggi, tetapi memiliki kekuatan tarik yang rendah, dan tulangan yang ditanamkan dalam beton yang bertujuan untuk memberikan kekuatan tarik yang diperlukan (Wang & Salmon,1994). Sebagai salah satu bahan komposit, ikatan efektif antara beton dan tulangan mutlak diperlukan agar terjadi penyaluran gaya yang baik dari suatu bahan ke bahan lain. Kuat ikatan antara beton dan tulangan dapat ditentukan melalui tegangan yang ada, dimana kemungkinan terjadi penggelinciran sangat kecil.

Kuat lekat dapat terjadi akibat adanya saling geser antara tulangan dan beton di sekelilingnya. Pada penggunaan beton sebagai salah satu komponen bangunan, beton selalu diperkuat dengan tulangan baja. Jadi diharapkan bambu juga dapat bekerja sama baiknya dengan tulangan baja, sehingga dapat menutupi kelemahan yang ada pada beton, yaitu kurang kuat dalam menahan gaya tarik.

Menurut Nawy (1986) kuat lekat antara tulangan dan beton yang membungkusnya dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu :

1. Adhesi antara elemen beton dan bahan penguatnya. Efek *gripping* (memegang) sebagai akibat dari susut pengeringan beton di sekeliling tulangan dan saling geser antara tulagan dengan beton di sekitarnya.

2. Efek kualitas beton, yaitu kekuatan tarik dan tekannya.
3. Efek mekanis penjangkaran ujung tulangan, yaitu dengan panjang penyaluran (*development length*), panjang lewatan (*splicing*), bengkokan tulangan (*hooks*) dan persilangan tulangan.
4. Diameter, bentuk, dan jarak tulangan karena seluruhnya berpengaruh terhadap pertumbuhan retak.

Kuat lekat antara beton dan bambu tulangan akan berkurang apabila mendapat tegangan yang tinggi karena terjadi retak pada beton. Apabila terus berlanjut, hal ini akan mengakibatkan retakan menjadi lebih besar dan bersamaan dengan itu akan terjadi defleksi pada balok.

2.4 Beton Ringan

Beton ringan total adalah beton ringan yang agregat halusya bukan pasir alami, sedangkan beton ringan berpasir adalah beton ringan yang agregat halusya dari pasir alami. Beton ringan struktur adalah beton yang mempunyai berat isi kering maksimum sebesar 1900 kg/m³, dan diperoleh dengan menggantikan agregat normal dengan agregat ringan yang mempunyai berat isi kering gembur maksimum 1100 kg/m³. (SNI,1991). Agregat ringan ini dapat berupa agregat ringan alami ataupun buatan seperti yang telah disampaikan di atas.

Secara ekonomi harga beton ringan per m³ akan lebih mahal (Robinson dkk,1993) dan harga ini bisa mencapai sekitar 20% lebih mahal bila dibandingkan dengan harga beton normal. (McGregor, 1997). Hal ini disebabkan oleh konsumsi semen Portland yang lebih banyak untuk mencapai kekuatan yang sama selain harga agregat ringan buatan yang memerlukan teknologi pembuatan yang lebih mahal. Namun bila ditinjau dari harga keseluruhan konstruksi, penggunaan beton ringan ini akan lebih murah karena dengan lebih rendahnya berat isi, maka beban mati akan kecil sehingga akan mengurangi dimensi penampang maupun pembesian begitu pula harga pengerjaan maupun pencetakan akan lebih murah dan tentunya sampai pada dimensi kolom maupun pondasi yang juga menjadi lebih kecil. (Wicaksono, 2005).

2.5 Material Penyusun Beton

Beton komposit terbuat dari bahan semen Portland, agregat dan perkuatan tulangan dalam proporsi perbandingan tertentu dengan atau tanpa bahan tambah pembentuk massa padat. Bahan – bahan tersebut memiliki sifat dan karakteristik yang bervariasi. Berikut adalah penjelasan karakteristik bahan penyusun beton tersebut

2.5.1 Semen

Semen adalah suatu jenis bahan yang memiliki sifat adhesif (*adhesive*) dan kohesif (*cohesive*) yang memungkinkan melekatnya fragmen – fragmen mineral menjadi suatu massa yang padat. Meskipun definisi ini dapat diterapkan untuk banyak jenis bahan, semen yang dimaksudkan untuk konstruksi beton bertulang adalah bahan yang jadi dan mengeras dengan adanya air – yang dinamakan semen hidraulis (*hydraulic cements*). (Wang & Salmon,1985).

Semen semacam ini terutama terdiri dari silikat (*silicates*) dan lime yang terbuat dari batu kapur dan tanah liat (batu tulis) yang digerinda, dicampur, dibakar di dalam pembakaran kapur (*kiln*), dan kemudian dihancurkan menjadi tepung. Semen semacam ini secara kimia dicampur dengan air (*hydration*) untuk membentuk massa yang mengeras. Semen hidrolik biasa yang dipakai untuk beton bertulang dinamakan semen portland (*Portland cement*), karena setelah mengeras mirip dengan batu Portland yang ditemukan di dekat Dorset, Inggris. Nama ini diawali dengan sebuah hak paten yang diperoleh oleh Joseph Aspdin dari Leeds, Inggris, pada tahun 1824. (Wang & Salmon,1985)

Berdasarkan tujuan pemakaiannya semen sebagai bahan bangunan dapat diklasifikasikan menjadi lima, yaitu :

- Jenis I adalah semen untuk pemakain konstruksi secara umum dan diproduksi paling banyak pada saat ini.
- Jenis II adalah semen untuk pemakaian konstruksi secara umum namun dengan persyaratan agak tahan terhadap sulfat dan panas hidrasi sedang.
- Jenis III adalah semen untuk pemakaian kekuatan awal tinggi dan digunakan pada struktur beton yang segera dioperasikan.
- Jenis IV adalah semen untuk pemakaian panas hidrasi rendah dan digunakan pada beton masif dalam volume yang besar.
- Jenis V adalah semen untuk pemakaian tahan sulfat dan digunakan pada beton di lingkungan sulfat ganas.

2.5.2 Agregat

Agregat merupakan komponen beton yang paling berperan dalam menentukan besarnya beton. Pada beton biasanya terdapat sekitar 60%-80% volume agregat. Agregat ini harus bergradasi sedemikian rupa sehingga seluruh masa beton dapat berfungsi sehingga benda yang utuh, homogen dan rapat, dimana agregat yang berukuran kecil berfungsi sebagai pengisi celah yang ada diantara agregat berukuran besar. Adapun jenis agregat dibagi menjadi dua yaitu:

- Agregat kasar, disebut agregat kasar apabila ukurannya sudah melebihi $\frac{1}{4}$ in (6 mm). Sifat agregat kasar mempengaruhi kekuatan akhir beton keras dan daya tahannya terdapat disintegrasi beton, cuaca dan efek-efek perusak lainnya. Agregat kasar ini harus bersih dari bahan-bahan organik, dan harus mempunyai ikatan yang baik dengan gel semen. jenis agregat kasar yang umum antara lain: batu pecah alami, agregat kasar buatan dan sebagainya.
- Agregat halus, merupakan pengisi yang berupa pasir. Ukurannya bervariasi antara ukuran no.4 dan no.100 saringan standar ASTM. Agregat halus yang baik harus bebas dari bahan-bahan lain yang dapat merusak campuran beton. Variasi ukuran dalam suatu campuran harus mempunyai gradasi yang baik, yang sesuai dengan saringan dari ASTM (Nawy,1990).

2.5.3 Air

Air diperlukan pada pembuatan beton agar terjadi reaksi kimiawi dengan semen untuk membasahi agregat dan untuk melumas campuran agar mudah pengerjaannya. Pada umumnya air minum dapat dipakai untuk campuran beton.

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 seluruhnya tidak selesai. Sebagai akibatnya beton yang dihasilkan akan kurang kekuatannya.

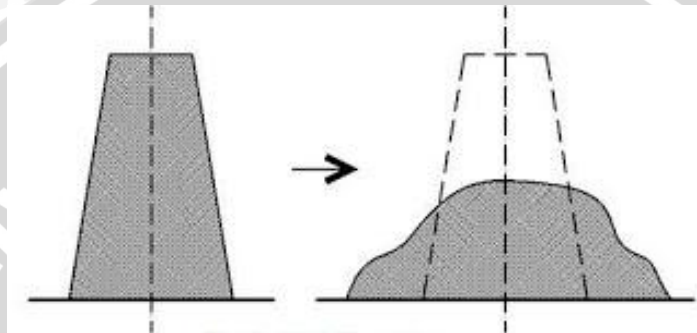
Air untuk pembuatan dan perawatan beton tidak boleh mengandung minyak, asam alkali, garam, bahan – bahan organis atau bahan lain yang dapat merusak beton atau tulangnya. (Nurlina,2008)

2.5.4 FAS

Faktor air semen atau *Water Cement Ratio* (W.C.R) sangat mempengaruhi kekuatan beton. Faktor air semen (FAS) merupakan perbandingan antara jumlah air terhadap jumlah semen dalam suatu campuran beton. Fungsi FAS yaitu :

- Untuk memungkinkan reaksi kimia yang menyebabkan pengikatan dan berlangsungnya pengerasan.
- Memberikan kemudahan dalam pengerjaan beton (*Workability*). Semakin tinggi nilai FAS, mengakibatkan penurunan mutu kekuatan beton. Namun nilai FAS yang semakin rendah tidak selalu berarti bahwa kekuatan beton semakin tinggi. Umumnya nilai FAS yang diberikan minimum 0,4 dan maksimum 0,65 (Mulyono, 2004)

2.5.5 Slump Test



Gambar 2.1 Uji Slump

Nilai slump adalah nilai yang diperoleh dari hasil uji slump dengan cara beton segar diisikan ke dalam suatu corong baja berupa kerucut terpancung, kemudian bejana ditarik ke atas sehingga beton segar meleleh ke bawah.

Besar penurunan permukaan beton segar diukur, dan disebut nilai slump. Semakin besar nilai slump, maka beton segar semakin encer dan ini berarti semakin mudah untuk dikerjakan.

Penetapan nilai slump memperhatikan beberapa faktor berikut :

- Cara pengangkutan adukan beton.
- Cara penuangan adukan beton.
- Cara pemadatan beton segar.
- Jenis struktur yang dibuat.

Cara pengangkutan adukan beton dengan aliran dalam pipa yang dipompa dengan tekanan membutuhkan nilai slump yang besar, adapun pemadatan adukan dengan alat getar (*triller*) dapat dilakukan dengan nilai slump yang sedikit lebih kecil.

Sebagai petunjuk awal penetapan nilai slump, dapat mengacu pada tabel penetapan nilai slump adukan beton berikut :

Tabel 2.1 Petunjuk awal penetapan nilai slump :

Pemakaian Beton (Berdasarkan jenis struktur yang dibuat)	Maks (cm)	Min (cm)
Dinding, Plat Pondasi dan Pondasi telapak bertulang	12,5	5,0
Pondasi telapak tidak bertulang, Caisson, dan struktur di bawah tanah	9,0	2,5
Pelat, Balok, Kolom dan dinding	15,0	7,5
Pengerasan jalan	7,5	5,0
Pembetonan masal (beton massa)	7,5	2,5

Sumber : <http://belajarsipil.blogspot.com>

2.6 Bata Ringan

Bata beton ringan adalah bata yang memiliki berat yang jauh lebih ringan jika dibandingkan dengan batu bata pada umumnya. Bata beton ringan ini cukup ringan, halus, dan memiliki tingkat kerataan yang baik. Bata beton ringan diciptakan dengan tujuan untuk memperingan beban struktur dari sebuah bangunan konstruksi, mempercepat pelaksanaan, serta meminimalisasi sisa material yang terjadi pada saat proses pemasangan dinding. Pada umumnya berat bata beton ringan berkisar antara 600-1600 kg/m³. Dalam penelitian ini, bata beton ringan yang kami gunakan memiliki berat isi sekitar 800 kg/m³. Menurut SNI 03-3449-13.

2.7 Bambu

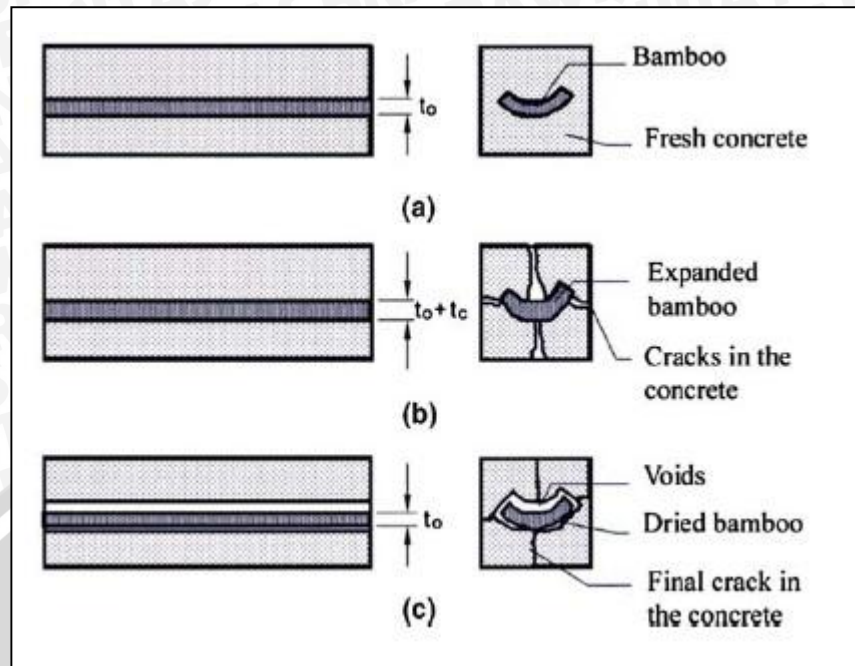
Bambu termasuk famili rumput – rumputan yang banyak terdapat di daerah tropis dan subtropik di Asia termasuk Indonesia. Batang bambu umumnya berbentuk tabung atau silinder dengan diameter 1 cm sampai 25 cm sehingga momen inersianya besar tetapi ringan. Silinder batang bambu tersebut dipisah – pisahkan oleh nodia – nodia atau ruas – ruas yaitu diafragma yang arahnya transversal. Dengan adanya ruas – ruas, maka bahaya tekuk lokal menjadi berkurang (Ghavami, 2004).

Bambu memiliki kekuatan yang bervariasi pada setiap bagiannya. Tegangan terendah terjadi pada bagian pangkal, dan tegangan tertinggi pada bagian ujung. Hal ini telah dibuktikan dalam suatu hasil penelitian yang menyebutkan bahwa kekuatan bambu tidak banyak berubah pada bagian pangkal sampai dengan $\pm \frac{1}{2}$ tinggi bambu (Duff, 1941).

Dilihat dari struktur anatominya, bambu mengandung banyak serat dan pembuluh yang arahnya sejajar mengikuti arah memanjang bambu, sehingga kekuatan tarik dan kekuatan tekan sejajar serat cukup tinggi. Secara umum ada 40% - 70% serat yang terkonsentrasi pada bagian luar dan 15% - 30% serat di bagian dalam batang. Serat – serat tersebut terarah sepanjang sumbu batang bambu dengan diameter 0,7 mm hingga 0,8 mm, tergantung pada spesies dan lokasi tampang melintang.

Sejak tahun 1979 beberapa program riset telah dilakukan. Hasil penelitian dan variabel – variabel yang diteliti, salah satunya di Jurusan Teknik Sipil pada Pontificia Universidade Rio De Janeiro (PUCJR) dapat dipergunakan untuk memecahkan beberapa masalah yang terkait dalam pemakaian bambu sebagai elemen struktur seperti beton bertulang, bambu, dan struktur ruas bambu.

Bambu memiliki kelemahan berupa sifat yang mudah diserang serangga, namun hal ini dapat diatasi dengan melakukan pengawetan sebelum bambu digunakan, misalnya dengan merendam bambu dalam air (Ghavami, 2004). Selain itu bambu juga mempunyai sifat kembang susut, bambu dapat mekar jika menyerap air dan susut kembali jika mengering. Hal ini dianggap sebagai salah satu kelemahan bambu jika digunakan sebagai bahan pengganti tulangan beton karena bambu cenderung menyerap air beton segar dan mengembang seperti yang terlihat pada gambar 2.2 (a), akibat bambu yang mengembang beton menjadi terdorong terlihat pada gambar 2.2 (b), dan ketika menyusut yaitu pada masa pengawetan (curing) sehingga meninggalkan rongga udara antara beton dan bambu seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.2 (c). Akibat kembang susut tersebut, bambu berpotensi mengakibatkan retak – retak selama masa pakai (service life), sehingga penggunaannya sebagai pengganti tulangan baja pada beton bertulang masih bersifat sangat terbatas dan belum menjadi alternatif pilihan bagi banyak orang.



Gambar 2.2 Perilaku bambu yang tidak dilapisi lapisan kedap air

- (a) Bambu dalam beton segar
- (b) Bambu menyerap air dan mengembang pada masa perawatan mortar
- (c) Bambu mengerut setelah masa perawatan beton

Sumber : Ghavami (2004)

Kelemahan ini dapat diatasi dengan menutup pori – pori bambu dengan lapisan kedap air. Dengan cara ini, maka pori – pori bambu akan tertutup dan tidak menyerap air beton segar sehingga tidak menyebabkan kembang susut. Karena tidak terjadi proses kembang susut maka rongga antara bambu dan beton juga tidak akan terbentuk dan bambu dapat melekat lebih baik dengan beton.

2.7.1 Sifat Bahan Bambu

Semua sifat kekuatan bambu sangat dipengaruhi oleh kandungan air yang terdapat dalam bambu. Liese (dalam Pathurrahman, 1998) menyatakan bahwa kandungan air dalam batang bambu bervariasi baik arah memanjang maupun arah melintang. Sifat sifat kekuatan bambu akan meningkat seiring dengan menurunnya kadar air dan berkorelasi positif dengan berat jenis.

Rata – rata kadar air pada bambu dengan kelembapan udara 70% adalah 12%. Berat jenis berkisar 0,55 – 0,71 dan berat isi rata rata sekitar 700 kg/m³. konduktivitas panas batang bambu adalah 0,17 W/m.OC (Suseno, 2010). Berdasarkan penelitian yang dilakukan Morisco (1999) diperoleh kuat batas dan tegangan ijin bambu sebagaimana ditunjukkan pada tabel 2.2 :

Tabel 2.2 Tabel tegangan batas dan tegangan ijin bambu.

Macam Tegangan	Kuat Batas (kg/m ²)	Tegangan Ijin (kg/m ²)
Tarik	981 – 3920	294,2
Lentur	686 – 2940	98,07
Tekan	245 – 981	78,45
Macam Tegangan	Kuat Batas (kg/m ²)	Tegangan Ijin (kg/m ²)
E Tarik	98070 - 294200	196100

Sumber : Morisco, 1999

2.7.2 Presentase Tulangan Bambu Minimum Pada Balok

Bambu merupakan salah satu material alternatif pengganti tulangan baja sehingga diperlukan perencanaan tulangan minimum apabila digunakan sebagai tulangan pada elemen balok. Perencanaan tulangan minimum diperlukan untuk mencegah terjadinya tulangan yang putus secara mendadak akibat dibebani lentur (Kusuma& Vis, 1994). Oleh karena itu , telah banyak penelitian yang dilakukan untuk menemukan persentase tulangan minimum yang dapat menghasilkan beban maksimum yang dapat diterima (the highest applied load).

Penelitian yang dilakukan oleh Ghavani (2004) menyimpulkan persentase ideal tulangan bambu terhadap penampang melintang balok adalah 3%, persentase ini mampu memberikan nilai beban maksimum yang dapat diterima (the highest applied load). Selain itu, penelitian yang dilakukan The United States Naval Civil Engineering Laboratory (1966, 2000) merekomendasikan persentase minimum tulangan bambu terhadap penampang melintang balok adalah 3% – 4% untuk menghasilkan nilai beban optimum.

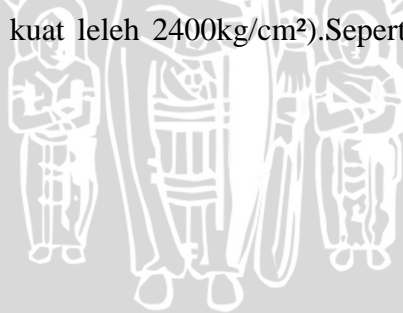
2.7.3 Zat Pelapis Bambu

Lapisan kedap air dapat berupa melamin, sikadur, cat, atau vernis untuk mengurangi susut pada bambu atau menghilangkannya sama sekali. Pada penelitian ini lapisan kedap air yang digunakan pada bambu adalah cat, dengan didasarkan atas beberapa alasan yaitu, daya lekat yang cukup baik, mudah dalam mengaplikasikan, dapat menutup permukaan dengan baik, dapat membentuk kohesif film (bagian cat yang menempel) dan tahan terhadap cuaca. Sifat fisik bambu (petung) yang dilapisi cat dapat meningkat hingga 1,0 Mpa. (Irianta,2009)

Kekurangan dari penggunaan cat yaitu permukaan bambu menjadi licin sehingga perlu diantisipasi dan salah satu solusinya adalah dengan menaburkan lapisan pasir pada permukaan tulangan yang telah dilapisi cat. Dengan pemberian lapisan pasir pada bambu, kuat lekat yang dihasilkan dan kekasaran permukaan tulangan akan meningkat. Jadi cat disini memiliki fungsi ganda yaitu sebagai bahan pelekat pasir dan sebagai lapisan kedap air pada bambu.

2.7.4 Bambu Petung (*Dendroculumus Asper* (Schufles F,)

Bambu jenis ini dapat tumbuh hingga ketinggian mencapai 20-30m, dan tebal batang mencapai 11-36mm. Satu rumpun dewasa menghasilkan 10-12 batang baru per tahun (<http://jenis-architecth.blogspot.com>). Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh morisco pada tahun 1994-1999, kuat tarik bambu petung (*Dendroculumus Asper*) juga lebih tinggi dari baja (kuat leleh 2400kg/cm²). Seperti yang dapat dilihat pada gambar 2.3.

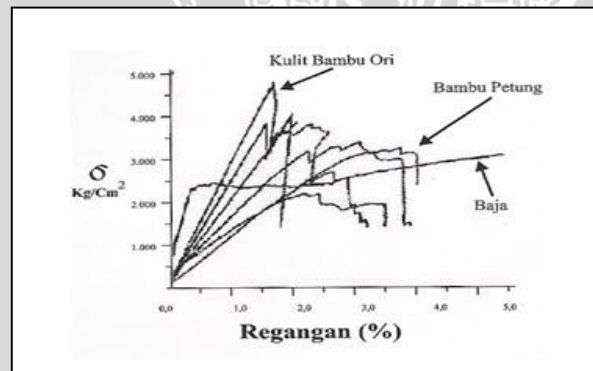


Pada pengujian sifat fisik dan mekanik bambu petung diperoleh data-data sebagai berikut:

Tabel 2.3 Sifat Fisik dan Mekanik Bambu Petung

No	Sifat Fisik & Mekanik	satuan	Bambu petung
1	Kadar Air	%	12,5
2	Berat Jenis	gr/cc	0,63
3	MOE	kg/cm ²	166703
4	MOR	kg/cm ²	1490
5	Tekan Sejajar Serat	kg/cm ²	321,5
6	Tarik Sejajar Serat	kg/cm ²	1664
7	Poison Ratio Longitudinal Radial		0,189
8	Poison Ratio Longitudinal Tangensial		0,225

Sumber : Karyadi dan Susanto,2010 dan setyo ,dkk, 2013



Gambar 2.3 Diagram Tegangan – Regangan bambu dan baja

Sumber : Morisco ,1999

2.7.5 Uji Pull-Out Tulangan Bambu

Perhitungan kekuatan lekat tulangan yang dihitung berdasarkan pada uji tegangan pull – out kurang dari kekuatan lekat tulangan yang terjadi pada balok. Uji kekuatan lekatan pull – out seharusnya disesuaikan untuk menghitung kekuatan lekat nyata tulangan pada balok.

Hasil uji pull-out adalah berupa gaya geser maksimum. Gaya geser dibagi dengan luas geser menghasilkan tegangan lekat :

$$\mu = \frac{P}{4 \cdot d \cdot l_d} \dots\dots\dots (2.3)$$

dengan : μ = tegangan lekat; P = gaya pull-out ; d = tebal dan lebar tulangan (dimensi bambu persegi) ; l_d = panjang penyaluran. Rata – rata kekuatan lekat bambu pada beton adalah 0,41 Mpa. (Nindyawati, 2014)

Tabel 2.4 pull out test

P	Dimensi	A	P/A
(N)	(cm x cm)	(mm ²)	(N/mm ²)
19800	1 x 1.1	10	180
15300	0.9 x 0.9	81	188
17100	1.0 x 0.9	90	190
18800	1.2 x 0.8	108	174
	rata-rata		180

Sumber :(Nindyawati ,2014)

2.8 Sengkang

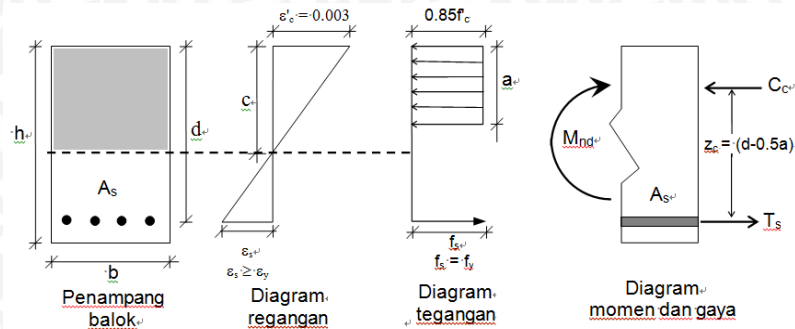
Sengkang pada rangka jembatan beton komposit berfungsi untuk mengurangi bahaya pecah beton yang dapat mempengaruhi daktilitas rangka jembatan beton komposit tersebut. Sengkang didistribusikan melintang secara merata di seluruh rangka jembatan. Perencanaan sengkang yang relatif rapat dapat memperbaiki sifat beton, karena dapat memberikan pengekangan yang lebih baik pada beton. (Nurlina,2008).

2.9 Perhitungan Kapasitas Balok

2.9.1. Momen Nominal Kapasitas Penampang Mn

Pemeriksaan kekuatan nominal lentur penampang dapat ditetapkan dari analisis penampang dengan data penampang yang diketahui :

1. Kekuatan tekan rencana beton f_c'
2. Tegangan leleh baja tulangan f_y .
3. Luas tulangan A_s
4. Dimensi penampang b dan h.



Gambar 2.4 Diagram regangan, tegangan, gaya-gaya dalam penampang balok

Momen nominal kapasitas penampang M_n dihitung dengan prosedur sebagai berikut :

Dari keseimbangan gaya

$$\sum \text{Gaya horizontal} = 0; C_c - T_a = 0$$

$$0.85f'_c ab - A_s f_y = 0, \text{ sehingga } a = \frac{A_s f_y}{0.85f'_c b} \dots\dots\dots(2.4)$$

$$M_n = T_a \left(d - \frac{a}{2} \right) = A_s f_y d \left\{ 1 - \frac{A_s f_y}{1.70 f'_c b d} \right\}$$

$$\text{Jika } \rho = \frac{A_s}{bd}, \text{ sebagai rasio tulangan tarik, maka } M_n = \rho b d^2 \left\{ 1 - 0.59 \rho \frac{f_y}{f'_c} \right\}$$

Dengan mendefinisikan $R_u = \frac{M_n}{bd^2}$ dan $m = \frac{f_y}{0.85f'_c}$, maka kapasitas lentur penampang empat persegi sembarang adalah :

$$R_u = \frac{M_n}{bd^2} = \rho f_y \left\{ 1 - 0.59 \frac{f_y}{f'_c} \right\} = \rho f_y \left\{ 1 - 0.59 * 0.85 \frac{f_y}{0.85 f'_c} \right\}, \text{ sehingga :}$$

$$R_u = \frac{M_n}{bd^2} = \rho f_y \{ 1 - 0.50 \rho * m \} \dots\dots\dots(2.5)$$

R_u disebut juga koefisien kapasitas penampang. Hubungan R_u dengan ρ bagi variasi f'_c dan f_y memberikan besarnya kapasitas lentur penampang. Persamaan (4.15) dapat juga digunakan bagi desain tulangan, dengan menetapkan dimensi b dan h dan M_n diganti menjadi momen nominal rencana M_{nd} , sehingga rasio tulangan tarik ρ dicari dari persamaan :

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2mR_u}{f_y}} \right) \dots\dots\dots(2.6)$$

2.9.2. Hubungan Beban (Gaya Luar) Terhadap Momen

Momen adalah setiap gaya yang bekerja pada suatu benda yang akan menyebabkan benda tersebut mengalami translasi dalam arah gaya itu. Bergantung pada titik tangkapnya gaya itu juga dapat menyebabkan terjadinya rotasi yang disebut momen dari gaya tersebut. (Schodek, 1998)

Secara sederhana momen dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$M = P \cdot a \quad (2.7)$$

Dimana :

M = Momen (tm, kgm, dsb)

P = Gaya Luar beban (ton, kg, dsb)

A = Jarak \perp antara gaya P terhadap titik yang ditinjau

Dengan mengetahui pengertian dari momen dapat dipahami bahwa momen sangat dipengaruhi oleh besarnya gaya dan jarak terhadap titik yang ditinjau.

2.9.3. Hubungan Beban (Gaya Luar) Terhadap Tegangan dan Regangan

Regangan (ϵ) dapat didefinisikan sebagai rasio (perbandingan) antara perubahan ukuran atau bentuk suatu elemen yang mengalami tegangan, terhadap ukuran dan bentuk semula (S) elemen (Schodek, 1998). Selain menyebabkan terjadinya momen, gaya luar juga menyebabkan tegangan. Tegangan timbul sebagai akibat dari gaya luar (beban), pada atau di dalam elemen struktur timbul. Kekakuan yang melawan gaya luar (beban) tersebut yang disebut tegangan (Frick, 2003).

$$\sigma = \frac{Mxy}{I} \quad (2.8)$$

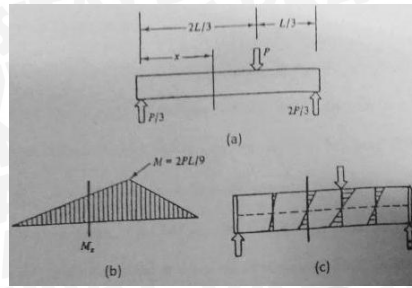
Dimana : σ = Tegangan

M = Momen

Y = Parameter Lokasi

I = Besaran Penampang

Untuk lebih memaami pengaruh momen terhadap tegangan pada balok dapat dilihat pada gambar (2.8). Pada gambar (2.8) (c) terlihat bahwa besarnya tegangan pada penampang berbanding langsung dengan momen lentur yang terdapat pada penampang tersebut.



Gambar 2.5 Distribusi gaya dan tegangan pada balok

(a) Diagram momen

(b) Tegangan pada balok

Sumber: Schodek (1998)

Hubungan antara regangan dan tegangan untuk material elastis pertama kali ditemukan oleh Robert Hooke (1653 - 1703) dan dikenal sebagai Hukum Hooke. Hukum Hooke menyatakan bahwa untuk benda elastis, perbandingan antara tegangan yang ada pada elemen terhadap regangan yang dihasilkan adalah konsisten, dan besaran konstan ini disebut sebagai Modulus Elastisitas (E). Jadi modulus elastisitas dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} \quad (2.9)$$

Dimana : E = Modulus Elastisitas

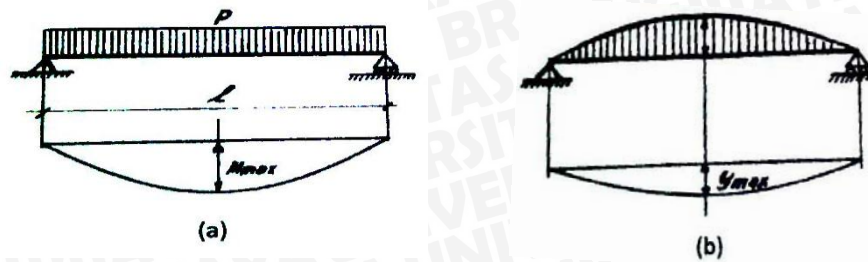
σ = Tegangan

ε = Regangan

Nilai modulus elastisitas (E) suatu bahan adalah konstan, maka tegangan yang terjadi akan mempengaruhi regangan. Berdasarkan persamaan (2.2) , tegangan berbanding lurus dengan momen (M). Sehingga dapat disimpulkan bahwa posisi dan besarnya beban sangat mempengaruhi besarnya regangan yang terjadi.

2.10 Perhitungan Defleksi

Defleksi pada suatu konstruksi batang dapat ditentukan sebagai bidang diagram momen oleh beban diagram momen M_0 yang direduksi dengan $-1/EI$. Garis elastis menjadi garis sisi diagram momen M itu.. Pada gambar 2.6 dijelaskan bagaimana momen sangat berpengaruh pada defleksi.



Gambar 2.6 Defleksi balok tunggal dengan beban merata

(a) Bidang momen akibat beban merata

(b) Bidang Momen yang menjadi beban untuk memperoleh grafik defleksi

Sumber : Frick (1991)

Pada gambar 2.2 (a) terlihat bidang momen akibat beban merata pada balok sederhana. Diagram momen yang ada pada gambar 2.6 (a) dibebankan pada balok direduksi - $1/EI$ seperti pada gambar 2.6 (b) sehingga diperoleh grafik defleksi pada balok sederhana dengan beban merata. Dapat disimpulkan dari gambar 2.6 hubungan antara beban dan defleksi, dimana beban mempengaruhi diagram momen dan nilai dari momen akan mempengaruhi defleksi (Frick, 2003).

Tabel 2.5 Rumus defleksi.

Struktur & Pembebanan	Momen Maksimum	Defleksi Maksimum	Lokasi Maksimum
	$\frac{1}{4}PL$	$\frac{PL^3}{48EI}$	$\frac{1}{2}L$
	$\frac{Pab}{L}$	$a \geq b \rightarrow \frac{Pb(L^2 - b^2)^{3/2}}{9\sqrt{3}LEI}$	$a \geq b \rightarrow \sqrt{\frac{L^2 - b^2}{3}}$
	Pa	$\frac{Pa}{24EI}(3L^2 - 4a^2)$	$\frac{1}{2}L$

(halaman kosong)



BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Rancangan Penelitian

Penelitian yang dilakukan pada skripsi ini adalah metode eksperimental dimana metode yang digunakan dengan cara dilakukan suatu percobaan untuk mendapatkan suatu data atau hasil yang akan digabungkan dengan variabel yang diselidiki. Penelitian ini akan dilakukan di dalam laboratorium. Beberapa data pada pengujian bahan digunakan data yang didapat dari penelitian-penelitian sebelumnya dikarenakan penggunaan bahan dan sumber yang sama.

Objek yang digunakan pada penelitian ini adalah balok beton komposit bata ringan tulangan bambu dengan mutu beton yang berbeda yakni tinggi bata ringan 6,5 dan 8 cm. Pada benda uji ini dilakukan pembebanan beban vertikal setelah beton berumur 14 hari.

Pelaksanaan penelitian adalah meliputi 2 analisis sebagai berikut:

1. Analisis teori yakni dengan menggunakan teori yang ada untuk memprediksi kekuatan lentur balok sehingga analisis ini nantinya menghasilkan nilai-nilai teoritis berdasarkan tinjauan pustaka.
2. Analisis data eksperimental, dimana data teknis pada benda uji balok beton komposit bata ringan tulangan bambu ini digunakan untuk mendapatkan suatu hasil penelitian yang nantinya akan digunakan untuk menyusun kesimpulan terhadap perbandingan kekuatan lentur balok dengan tinggi bata ringan 6,5 cm dan kekuatan lentur balok dengan tinggi bata ringan 8 cm

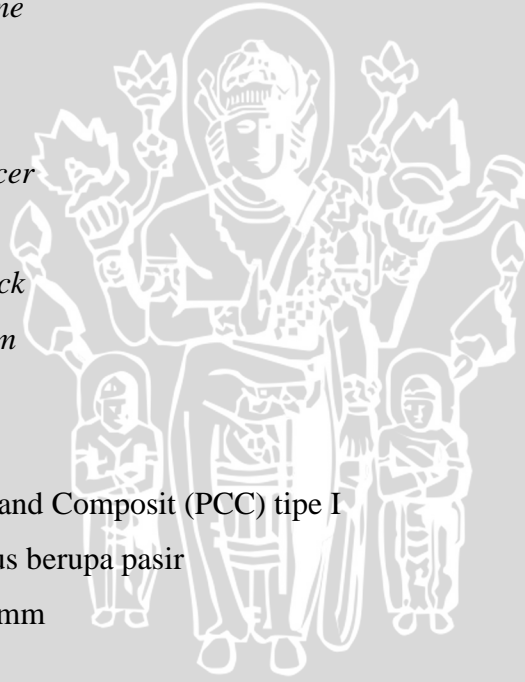
3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Struktur Teknik Sipil Universitas Brawijaya Malang. Waktu penelitian yang dilakukan adalah pada semester ganjil bulan Desember 2015 sampai Januari 2016.

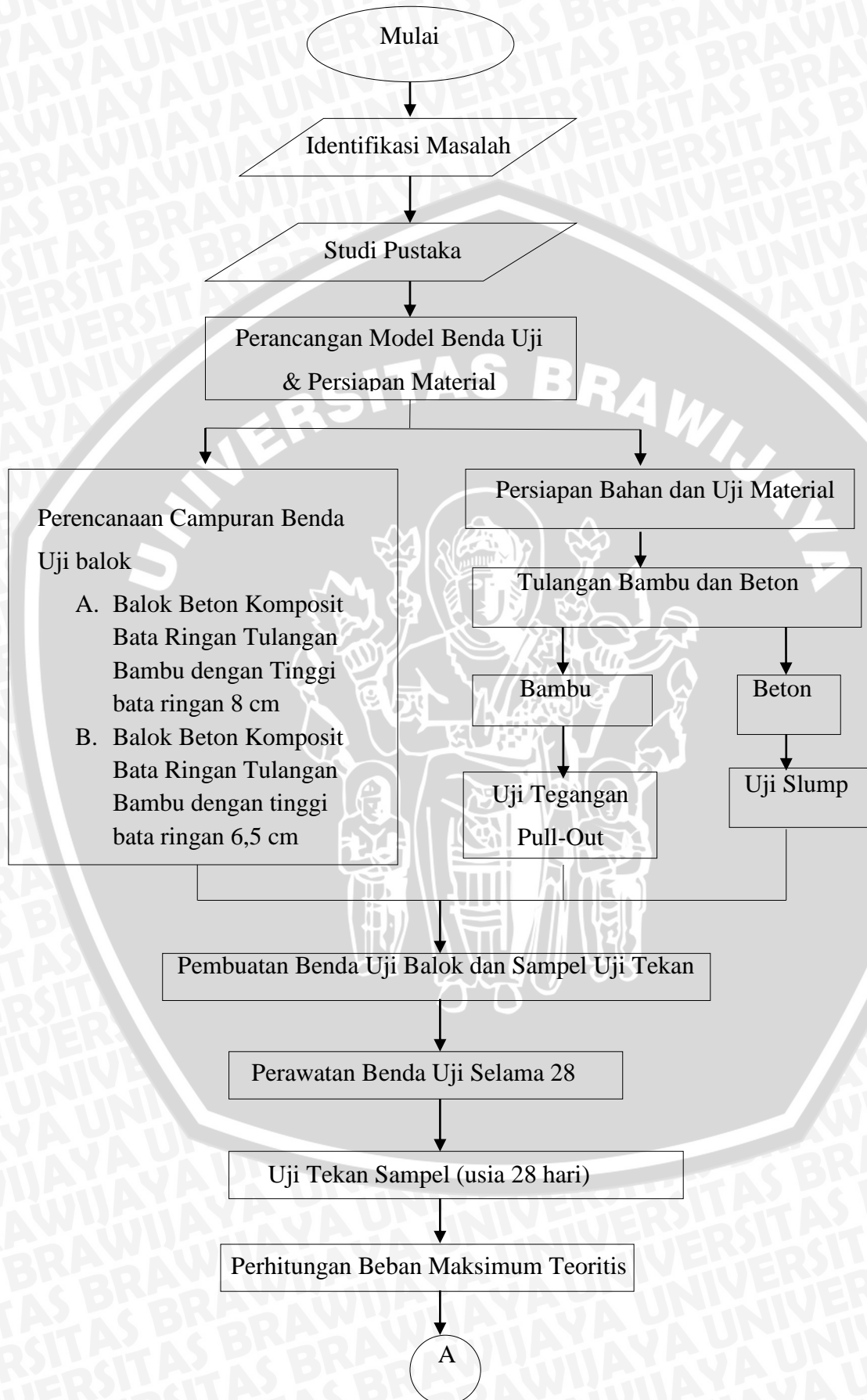
3.3 Peralatan dan Bahan Penelitian

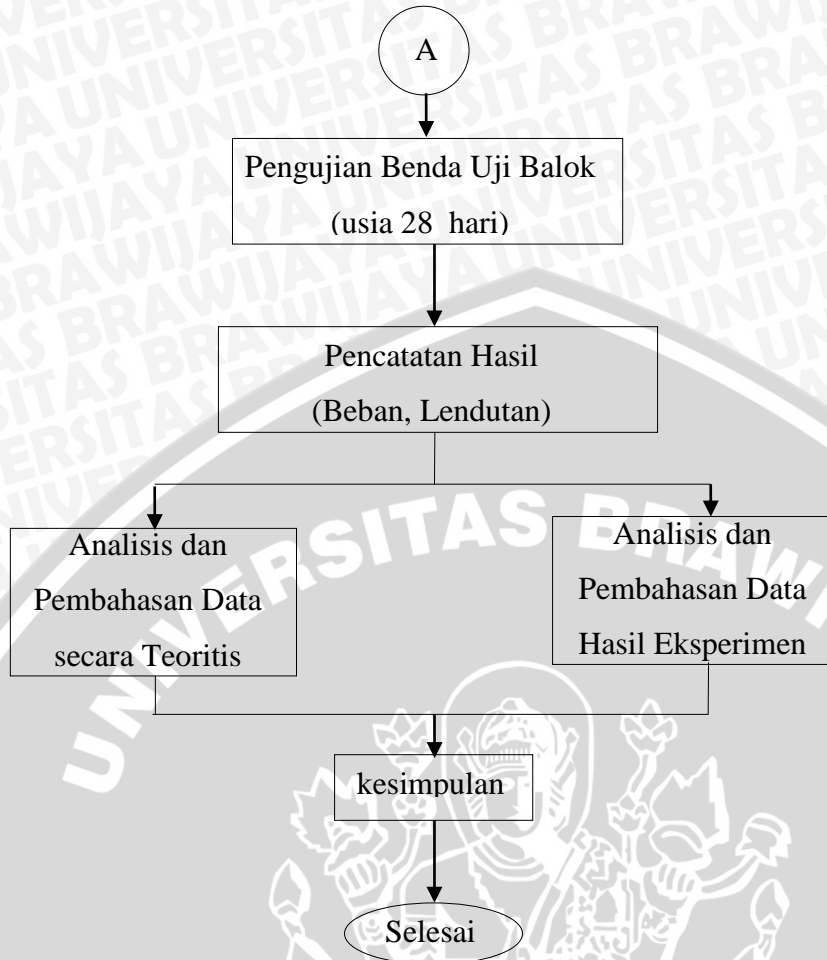
Peralatan dan bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah:

1. Peralatan
 - a. Timbangan
 - b. Molen
 - c. Gergaji
 - d. Meteran
 - e. Kuas
 - f. Tang
 - g. Cutter
 - h. Bekisting
 - i. *Vibrator*
 - j. *Loading frame*
 - k. Tumpuan
 - l. *Load cell*
 - m. *Load transducer*
 - n. LVDT
 - o. *Hydraulic jack*
 - p. *Spreader beam*
 - q. Alat tulis
2. Bahan
 - a. Semen Portland Composit (PCC) tipe I
 - b. Agregat halus berupa pasir
 - c. Batu split 5 mm
 - d. Air
 - e. Tulangan bambu petung dengan dimensi penampang 2x1 cm
 - f. Besi polos diameter 6 mm
 - g. Kawat bendrat
 - h. Cat kayu
 - i. Bata ringan



3.4 Diagram Alir Penelitian





Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.5 Prosedur Penelitian

1. Persiapan benda uji balok beton yang memiliki tinggi bata ringan 6,5 cm dengan ukuran balok 200x20x16 cm, dimensi penampang tulangan bambu 2x1x194 cm, dan dimensi bata ringan 50x10x10 cm. Benda uji sebanyak 3 buah
2. Persiapan benda uji balok beton yang memiliki tinggi bata ringan 8 cm dengan ukuran balok 200x20x16 cm, dimensi penampang tulangan bambu 2x1x194 cm, dan dimensi bata ringan 50x10x10cm. Benda uji sebanyak 3 buah
3. Pembuatan bekisting
4. Pengecoran benda uji balok
5. Pengambilan sampel silinder beton berukuran 5 cm sejumlah 3 buah pada masing-masing pengecoran.

6. Perawatan benda uji selama 28 hari dengan cara disiram dan ditutup karung basah
7. Pengujian kuat tekan beton dari sampel beton setelah berumur 28 hari
8. Pengujian balok beton yang berusia 28 hari dilakukan dengan beban statik vertikal hingga mencapai beban maksimum aktual.
9. Rekap dan analisis data
10. Pembahasan hasil pengolahan data
11. Kesimpulan

3.6 Variabel Penelitian

Terdapat hubungan dalam variabel, misalnya untuk variabel A dan variabel B. Jika variabel B merupakan sebab dari variabel A, maka variabel B adalah variabel terikat (*dependent*) dan variabel A adalah variabel bebas (*antecedent*) Variabel penelitian yang diukur dalam penelitian ini adalah:

a. Variabel bebas (*antecedent*)

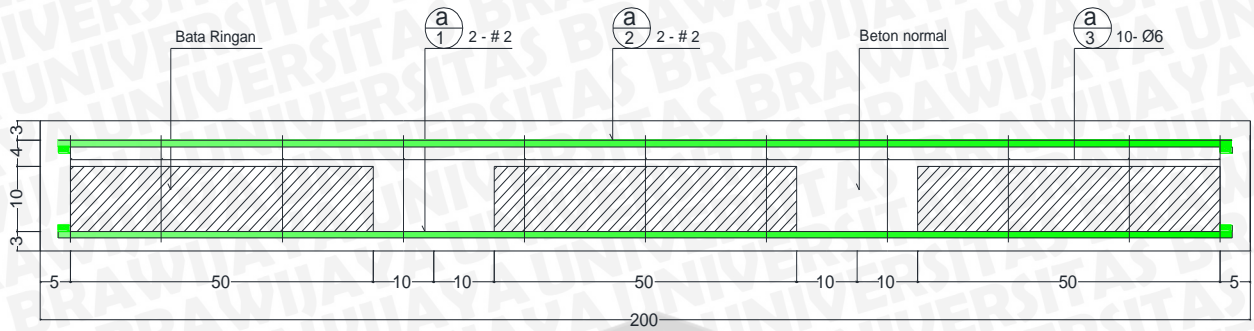
- Jenis benda uji terdiri dari 2 jenis, yaitu balok beton komposit bata ringan tulangan bambu yang memiliki tinggi bata ringan 6,5 cm dan balok beton komposit bata ringan tulangan bambu yang memiliki tinggi bata ringan 8 cm.

b. Variabel terikat (*dependent*)

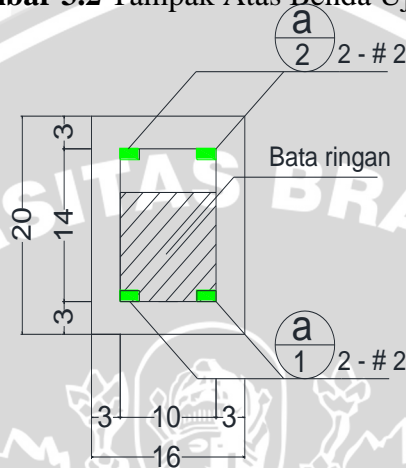
- Besar beban
- Nilai lendutan

3.7 Benda Uji dan Setting

Benda uji berupa balok beton komposit bata ringan tulangan bambu dengan mutu beton yang berbeda yang memiliki tinggi bata ringan 6,5 dan 8 cm. Jenis bambu yang digunakan adalah bambu petung dan bata ringan yang digunakan adalah bata ringan yang ada di pasaran. Dimensi tulangan bambu 2x1 cm dengan panjang 194 cm. Campuran beton yang digunakan pada benda uji adalah campuran semen, pasir, dan batu split. Balok dicor menggunakan metode pengecoran konvensional yaitu menggunakan bekisting. Benda uji yang digunakan berjumlah total 6 buah yang terdiri dari balok beton komposit bata ringan tulangan bambu yang memiliki tinggi bata ringan 6,5 cm dan balok beton komposit bata ringan tulangan bambu yang memiliki tinggi bata ringan 8 cm

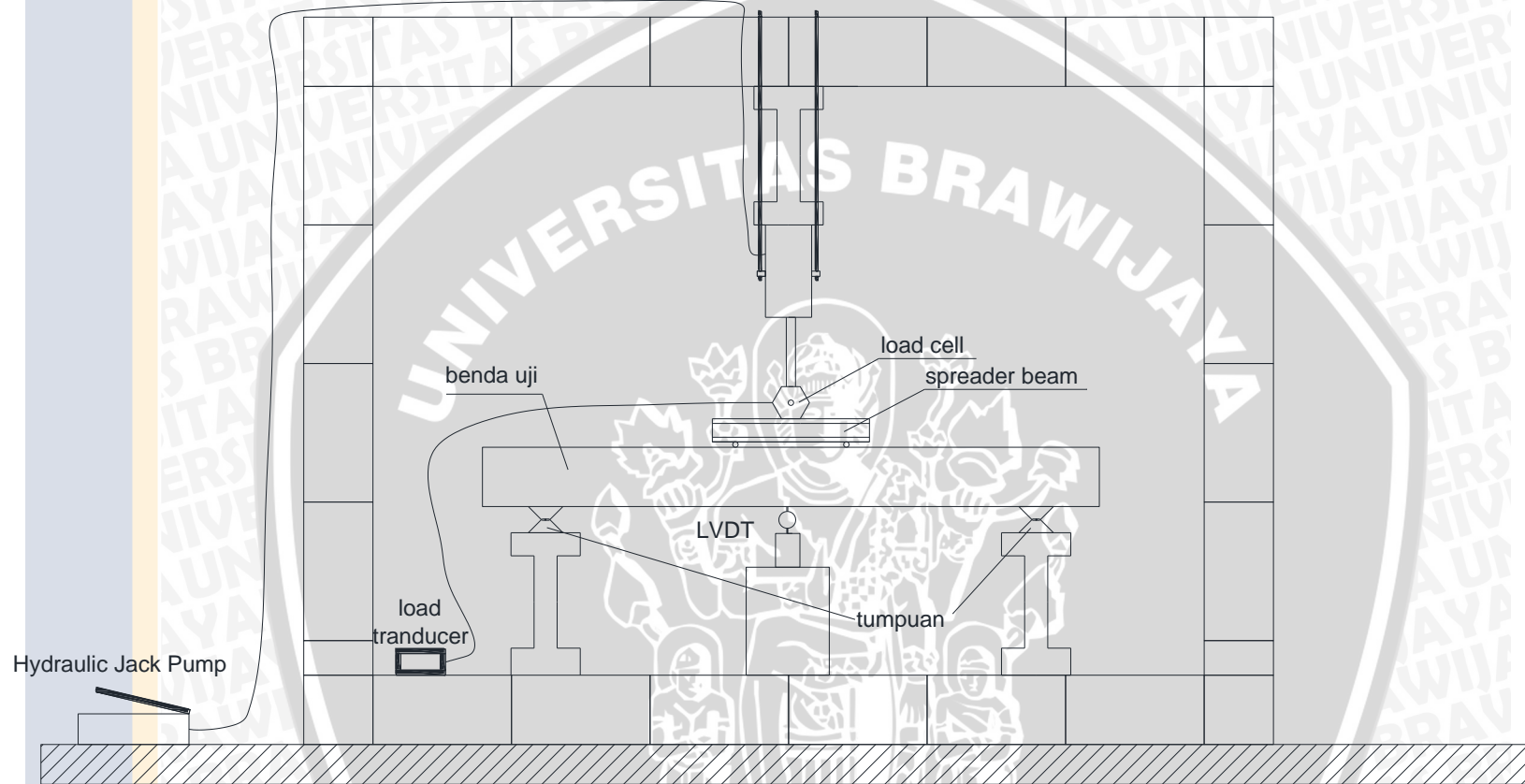


Gambar 3.2 Tampak Atas Benda Uji



Gambar 3.3 Detail Potongan Melintang Benda Uji

Setting up untuk pengujian balok beton komposit dilakukan setelah benda uji dilakukan curing selama 28 hari dan telah berumur 28 hari. Sebelum pengujian dilakukan, harus terlebih dahulu dilakukan kalibrasi terhadap skala pembacaan beban. Benda uji diberikan beban hingga mencapai keruntuhan, kemudian dilakukan pengambilan data meliputi besar beban, nilai lendutan, dan dimensi balok komposit.



Gambar 3.4 Setting Up Penguji

3.8 Metode Analisis Data

Setelah diperoleh data hasil percobaan secara studi literatur dan pengujian benda uji, maka dilakukan analisis data mengenai perbandingan kekuatan lentur balok beton komposit bata ringan tulangan bambu yang memiliki tinggi bata ringan 6,5 cm dan balok beton komposit bata ringan tulangan bambu yang memiliki tinggi bata ringan 8 cm

. Dari hasil pengujian balok di laboratorium ini akan didapatkan nilai beban maksimum dan lendutan yang akan dimasukkan ke dalam tabel sebagai berikut:

Pengujian Lentur balok beton komposit			
Nama Benda Uji	:		
Tanggal pengujian	:		
Tempat Pengujian	:		
Komposisi benda uji	:		
Ukuran Benda Uji	:		
Umur Benda Uji	:		
Berat Benda Uji	:		

Tahap Beban	Beban (kg)	Lendutan (mm)	
		Titik 1	Titik 2

Tabel 3.1 Rencana Form Data Benda Uji

(halaman kosong)



BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Pengujian Bahan Penyusun Balok

4.1.1. Pengujian Beton Segar

Dalam pengujian beton segar, hal yang diuji adalah nilai *slump*. Nilai *Slump* menunjukkan sifat kelecakan (*workability*) beton segar. Beton segar yang dimaksud yaitu beton yang baru selesai dikeluarkan dari molen (pengaduk). Angka slump diperoleh dari besarnya penurunan beton segar yang telah dimasukkan kedalam cetakan logam yang pada pembuatannya dilakukan dengan cara mengisi tiap 1/3 lapisan, dan untuk tiap lapisannya ditusuk sebanyak 25 tusukan. Dalam pengujian didapatkan nilai *slump* 100 mm, Hal ini menunjukkan bahwa nilai tersebut masih memenuhi dari target yang diinginkan yaitu 90 mm



Gambar 4.1 Pengujian Slump

4.1.2. Pengujian Resapan Air Terhadap Bambu

Pengujian resapan air terhadap tulangan bambu bertujuan untuk mengetahui apakah bambu yang telah diberi perlakuan khusus tersebut menyerap air atau tidak. Hal ini bertujuan untuk memantikan bambu kehilangan sifat higroskopis yang dimilikinya. Apabila sifat higroskopis tersebut tidak hilang maka, bambu akan mengembang ketika dicor dan menyusut selama proses perawatan .

Dalam praktikum ini didapatkan hasil bahwa air tidak meresap ke dalam tulangan bambu yang sudah direndam dengan air tinta selama 3 hari. Padahal *setting time* dalam proses pengecoran hanya berlangsung selama 3 jam.



Gambar 4.2 Pengujian resapan bambu terhadap air

4.1.3. Pengujian Lekatan Bata Ringan dengan Beton

Pada dasarnya prinsip sistem komposit pada struktur beton bertulang yaitu memperhitungkan pengaruh elemen-elemen yang berbeda sehingga dapat menjadi satu kesatuan dengan perilaku yang sama dalam mekanisme menahan beban dan gaya-gaya dari luar. Dalam hal ini material yang digunakan adalah bata ringan, bambu dan beton. Untuk mengetahui apakah material tersebut dapat bekerja secara komposit, maka perlu diadakan percobaan lekatan diantara material tersebut. Dalam percobaan didapatkan hasil bahwa terjadi lekatan antara bata ringan, bambu dan beton. Hal ini dikarenakan bata ringan dan beton merupakan material yang sama yaitu agregat.



Gambar 4.3 Pengujian lekatan bata ringan dan beton

4.1.4. Perencanaan *Mix Design* Beton

Perencanaan campuran beton untuk mutu 25 MPa pada umur 28 hari pada lingkungan normal :

- Agregat kasar yang dipakai : batu pecah (alami).
- Agregat halus yang dipakai : pasir.
- Diameter agregat maksimum : 20 mm.
- Mutu semen yang dipakai : Tipe I.
- Slump test : 90 mm.

Tabel 4.1 Perencanaan Campuran Beton Normal (SNI 03-2834-2000)

No.	Uraian	Nilai	
		Mutu 1	Mutu 2
1	Kuat Tekan yang disyaratkan (28 hri, 5 %)	15	25
2	Deviasi Standar	0	0
3	Nilai Tambah (margin)	0	0
4	Kuat Tekan rata-rata target	15	25
5	Jenis Semen	Tipe 1	Tipe 1
6	Jenis Agregat : Kasar	Batu pecah	Batu pecah
	Jenis Agregat : Halus	Pasir	Pasir
7	Faktor Air Semen Bebas	0.740	0.490
8	Faktor Air Semen Maksimum	0.600	0.4
9	Slump	90	90
10	Ukuran Agregat Maksimum	20 mm	20 mm
11	Kadar Air Bebas	225	225
12	Kadar Semen	375	459.184
13	Kadar Semen Maksimum	-	-
14	Kadar Semen Minimum	275	275
15	Faktor Air Semen Penyesuaian	-	-
16	Gradasi Agregat Halus	Zona 1	Zona 1
17	Gradasi Agregat Kasar Atau	Maksimum	Maksimum
	Gabungan	20 mm	20 mm
18	Presentase Agregat Halus	59%	59%
19	Berat Jenis Relatif (SSD)	2.556	2,556
20	Berat isi Beton	2,287	2,287
21	Kadar Agregat Gabungan	1,687	1,602
22	Kadar Agregat Halus	995.330	945.662
23	Kadar Agregat Kasar	691.670	657.155

Tabel 4.2 Perbandingan Campuran Pada Perencanaan *Mix Design* 15 MPa

Banyaknya Bahan	Semen	Air	Agregat Halus	Agregat Kasar
Tiap m ³ dengan ketelitian 5 kg (teoritis)	375	225	995.330	691.670
Tiap campuran uji 0.064 m ³	24.0	14.4	63.701	44
Tiap m ³ dengan ketelitian 5 kg (aktual)	375	189.010	1,034.606	688.385
Tiap campuran uji 0.064 m ³	24.0	12.097	66.215	44.057
Proporsi Teoritis	1.0	0.600	2.654	1.844
Proporsi Aktual	1.0	0.504	2.759	1.836

Tabel 4.3 Perbandingan Campuran Pada Perencanaan *Mix Design* 25 MPa

Banyaknya Bahan	Semen	Air	Agregat Halus	Agregat Kasar
Tiap m ³ dengan ketelitian 5 kg (teoritis)	459.184	225	945.662	657.155
Tiap campuran uji 0.064 m ³	29.388	14.400	60.522	42.058
Tiap m ³ dengan ketelitian 5 kg (aktual)	459.184	190.806	982.977	654.033
Tiap campuran uji 0.064 m ³	29.388	12.212	62.911	41.858
Proporsi Teoritis	1.000	0.490	2.059	1.431
Proporsi Aktual	1.000	0.416	2.141	1.424

Berdasarkan hasil perhitungan peencanaan mix design tersebut didapatkan nilai berat campuran untuk 1 buah balok yaitu semen sebesar 29,388 kg, air sebesar 12,212 kg, agregat halus sebesar 62,911 kg, dan agregat kasar sebesar 41,858 kg.

4.1.5. Pengujian Kuat Tekan Beton

Pembuatan benda uji kuat tekan beton ini diambil 3 sampel dari setiap kali pengecoran. Pada pembuatan 12 buah benda uji balok dilakukan dua kali pengecoran, sehingga diambil 6 sampel untuk dilakukan pengujian kuat tekan beton. Sampel uji kuat tekan beton berbentuk silinder dengan dimensi diameter 15 cm dan tinggi 30 cm.

Proses perawatan atau curing benda uji silinder ini dilakukan dengan direndam selama 7 hari setelah 1 hari dilepas dari bekistingnya. Kemudian diangkat dan didiamkan hingga mencapai umur beton 28 hari. Kemudian dilakukan pengujian tekan.

Tabel 4.4 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton 15 Mpa

No	Nama Benda Uji	Luas Penampang (cm ²)	Beban Maksimum		Kuat Tekan (kg/cm ²)	
			kN	kg	28 hari (fci)	(fci-fcm) ² kg/cm ²
1	A1	176.715	472	47200	267.097	1599.132
2	B1	176.715	614	61400	347.453	1629.447
3	C1	176.715	542	54200	306.709	0.142
Jumlah					921.260	3228.722
fc'm					307.087	
SD					40.179	
fc (kg/cm ²)					241.193	
fc (Mpa)					24.119	

Tabel 4.5 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton 25 Mpa

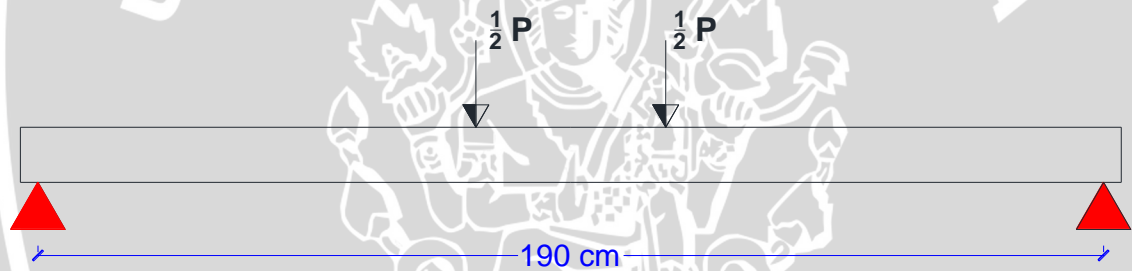
No	Nama Benda Uji	Luas Penampang (cm ²)	Beban Maksimum		Kuat Tekan (kg/cm ²)	
			kN	kg	28 hari (fci)	(fci-fcm) ² kg/cm ²
1	A2	176.715	576	57600	325.949	3463.553
2	B2	176.715	679	67900	384.235	0.320
3	C2	176.715	785	78500	444.219	3530.480
Jumlah					1154.404	6994.354
fc'm					384.801	
SD					59.137	
fc (kg/cm ²)					287.817	
fc (Mpa)					28.782	

Dengan mengabaikan mutu beton dari hasil pengujian maka didapat nilai kuat tekan beton rata-rata sebesar 26,45 MPa, sedangkan mutu beton yang direncanakan pada perencanaan mix design sebesar 15 dan 25 MPa. Hasil ini menunjukkan bahwa beton yang digunakan telah sesuai dengan perencanaan mix design. Selanjutnya nilai kuat tekan beton tersebut digunakan dalam analisis perhitungan beban maksimum (P_u) teoritis yang dapat ditahan oleh balok.

4.2. Analisa Perhitungan Beban Maksimum (P_u)

4.2.1. Pemodelan Struktur

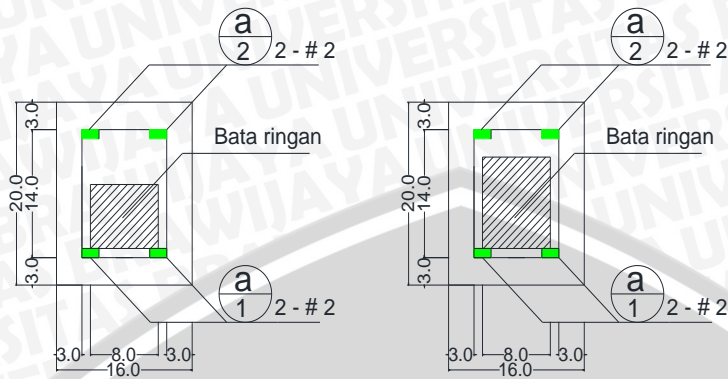
Dalam sebuah percobaan harus dilakukan desain struktur terlebih dahulu agar hasil pengujian lebih detail. Balok diasumsikan sebagai gelagar sederhana dengan tumpuan sendi dan roll. Beban yang bekerja diasumsikan sebagai beban vertikal yang dibagi menjadi dua titik, hal ini bertujuan agar hasil yang didapatkan murni kegagalan lentur bukan kegagalan geser pada balok komposit.



Gambar 4.4 Pemodelan Pembebanan Struktur

4.2.2. Kapasitas Lentur

Perhitungan beban maksimum secara teoritis dilakukan dengan cara analisis penampang segiempat beton bertulang sehingga akan didapatkan kapasitas lenturnya. Balok diasumsikan sebagai balok bertulangan tunggal yakni tarik saja. Karena dianggap tulangan tekan hanya berpengaruh sangat kecil dalam menambah kuat tekan dari balok tersebut. Sehingga berlaku keseimbangan gaya, yaitu gaya tarik = gaya tekan. Di mana gaya tarik ($tension = T$) diberikan oleh baja tulangan tarik, sedangkan gaya tekan ($compression = C$) diberikan oleh beton didaerah tekan ($compression\ concrete = C_c$).



Gambar 4.5 potongan 6,5 dan 8,5 cm

4.2.3. Beban Vertikal Maksimum Teoritis

Diketahui :

$$b = 160 \text{ mm}$$

$$d = 170 \text{ mm}$$

$$A_s = 2 \times 10 \times 20 = 400 \text{ mm}^2$$

$$f'_c = 26,45 \text{ MPa}$$

$$P_{\text{pullout}} = \mu \times \text{keliling bambu} \times ld$$

$$= 4,1 \times 2(2+1) \times 97$$

$$= 2386,2 \text{ kg/cm}^2$$

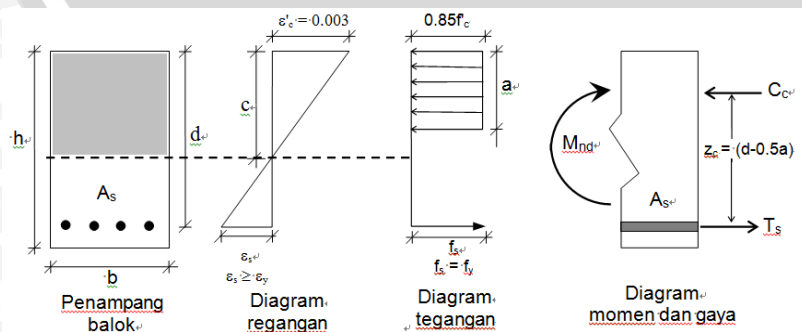
$$f_u = \frac{P_{\text{pullout}}}{A_{\text{bambu}}}$$

$$= \frac{2386,2}{2 \times 1}$$

$$= 1193,1 \text{ kg/cm}^2$$

$$= 119,3 \text{ MPa}$$

Penyelesaian



Asumsi beton telah mencapai regangan batasnya

Persamaan keseimbangan gaya

$$T = Cc$$

$$As \cdot f_u = 0,85 \cdot f'c \cdot a \cdot b$$

$$400.119,3 = 0,85 \cdot 26,45 \cdot a \cdot 160$$

$$47724 = 3400 \cdot a$$

$$a = 13,267 \text{ mm}$$

kemudian dapat dihitung nilai c

$$c = a/\beta_1$$

$$c = 13,267/0,85$$

$$c = 15,608 \text{ mm}$$

Kemudian dapat dihitung momen nominalnya

$$M_n = T(d-a/2)$$

$$M_n = 400.119,31(170-13,267/2)$$

$$M_n = 7796503,194 \text{ Nmm}$$

$$= 779,65 \text{ Kgm}$$

Sehingga beban maksimum (P_u) teoritisnya

$$P_u = (7796503,194 \cdot 2)/750$$

$$P_u = 20790,68 \text{ N}$$

$$= 2079,068 \text{ kg}$$

4.2.4. Beban Vertikal Maksimum Balok Komposit Aktual

Pelaksanaan pengujian pengujian balok komposit terhadap beban vertikal ini sesuai dengan prosedur yang telah dituliskan pada bab III. Balok yang telah berumur 28 hari dipersiapkan dan diletakan di atas tumpuan sendi rol. Beban yang diberikan berupa beban titik yang diletakkan ditengah bentang dengan jarak 40 cm, hal ini bertujuan agar beban yang bekerja hanya beban lentur murni. Kemudian dilakukan setting peralatan pengujian. Data yang akan diambil pada penelitian ini adalah lendutan yang terjadi pada balok yang didapat dari bacaan LVDT dan beban yang bekerja.



Gambar 4.7 Gambar setting pengujian

Tabel 4.6 Perbandingan antara Beban Maksimum Hasil Eksperimen dengan Teoritis

Benda Uji	P maks (kg)		KR %
	Aktual	Rata-Rata Aktual Teoritis	
85-A	1750	2476	16.042
85-B	2718		
85-C	2700		
85-D	2500		
85-E	2990		
85-F	2200		
65-A	3600	2537	18.050
65-B	2804		
65-C	1730		
65-D	1850		
65-E	1600		
65-F	3638		

Berdasarkan table 4.6 didapatkan hasil bahwa, bata ringan yang lebih tinggi mampu menahan beban vertikal maksimum yang lebih kecil dibandingkan tinggi bata ringan yang lebih rendah. Hal ini dikarenakan bata ringan yang lebih kecil memiliki kekakuan yang lebih besar dibandingkan balok yang memiliki bata ringan yang lebih besar.

Berdasarkan hasil pengujian aktual dan teoritis didapatkan kesalahan relative 16,042 %. Beberapa hal yang menyebabkan terjadinya perbedaan beban maksimum antara teoritis dan aktual yang dapat ditahan balok komposit diantaranya: lekatan antara bambu dan beton yang lebih kuat dari data sekunder yang digunakan, yakni 0,41 MPa. Semakin kasar permukaan bambu, maka koefisien kekasaran bambu akan semakin besar yang berakibat pada peningkatan tegangan slip bambu tersebut.

Standart deviasi yang besar antara benda uji yang satu dan yang lain mengakibatkan hasil yang berbeda antara perhitungan teoritis dan aktual.

4.3. Berat Volume Balok Komposit

4.3.1. Berat Volume Teoritis

Salah satu parameter yang diukur dalam praktikum ini adalah berat volume balok komposit. Dalam perhitungan berat volume secara teoritis diperlukan beberapa data misalnya: Berat jenis masing-masing material dan dimensi dari penampang tersebut. Setelah semua data didapat maka akan diperoleh berat total dan volume total dari balok komposit. Setelah dilakukan perhitungan agar didapat berat volume balok komposit.

Tabel 4.7 Hasil Perhitungan berat isi teoritis bata ringan 6,5 cm

Bahan	Berat volume (kg/m ³)	dimensi (cm)			n	Volume	Berat (kg)
		lebar	tinggi	Panjang			
bata ringan	583.33	0.08	0.065	0.5	3	0.0078	4.55
Bambu	1000	0.02	0.01	2	4	0.0016	1.6
Beton	2197.52	0.16	0.2	2	1	0.0546	119.984
Baja 6 mm	0.22			0.54	11	5.94	1.319
						Total (kg)	127.45
						Berat volume (Kg/m ³)	1991.45

Tabel 4.8 Hasil Perhitungan berat isi teoritis bata ringan 8,5 cm

Bahan	Berat/volume (kg/m ³)	dimensi (cm)			n	Volume	Berat (kg)
		lebar	tinggi	Panjang			
bata ringan	583.33	0.08	0.085	0.5	3	0.0102	5.95
Bambu	1000	0.02	0.01	2	4	0.0016	1.6
Beton	2197.52	0.16	0.2	2	1	0.0522	114.710
Baja 6 mm	0.222			0.54	11	5.94	1.319
Total (kg)							123.58
Berat volume (Kg/m ³)							1930.92

4.3.2. Berat Volume Aktual

Dalam melakukan pengujian berat volume balok beton ini diperlukan beberapa data yang akan diukur. Data-data tersebut meliputi berat, panjang, lebar, dan tinggi balok. Proses pengambilan data tersebut dilakukan setelah balok beton tersebut berumur 28 hari yakni pada saat balok beton tersebut telah siap untuk diuji beban vertikal. Pengukuran berat balok beton menggunakan timbangan, sedangkan pengukuran dimensi plat menggunakan meteran.

Tabel 4.9 Hasil pengukuran volume aktual

Tinggi		Berat Volume (kg/m ³)				KR %
Bata Ringan (cm)	Benda Uji	Aktual	Rata-rata Aktual	Teoritis		
8.5	85-A	1957.764				
	85-B	1962.052				
	85-C	1959.176	1972.497	1932.205	2.0427	
	85-D	2049.549				
	85-E	1908.365				
	85-F	1998.077				
6.5	65-A	1997.831				
	65-B	2000.236				
	65-C	1956.171	1985.582	1992.796	0.36199	
	65-D	2045.023				
	65-E	1967.262				
	65-F	1946.970				

Berdasarkan tabel tersebut dapat diketahui rata-rata berat volume balok komposit tidak berbeda jauh antara perhitungan teoritis dan pengujian aktual. Mutu beton yang lebih kecil akan memiliki berat volume yang lebih kecil. Sedangkan tinggi bata ringan yang lebih besar akan memiliki berat volume yang lebih kecil. Hal ini disebabkan karena beton memiliki berat isi yang lebih besar dibandingkan bambu dan bata ringan. Namun selisih yang didapatkan antara mutu beton dan tinggi bata ringan tidak terlalu besar yakni sebesar 0,361 – 2,0427% yang didapat melalui rumus berikut:

$$\rho_p = \frac{P(TS) - P(S)}{P(TS)} \times 100\%$$

4.4. Analisa Kekakuan Balok Komposit

4.4.1. Lendutan

Dalam menghitung lendutan teoritis digunakan cara Conjugate Beam. Langkah yang perlu dilakukan terlebih dahulu yaitu mengetahui nilai momen disetiap titik dan mencari nilai Q.

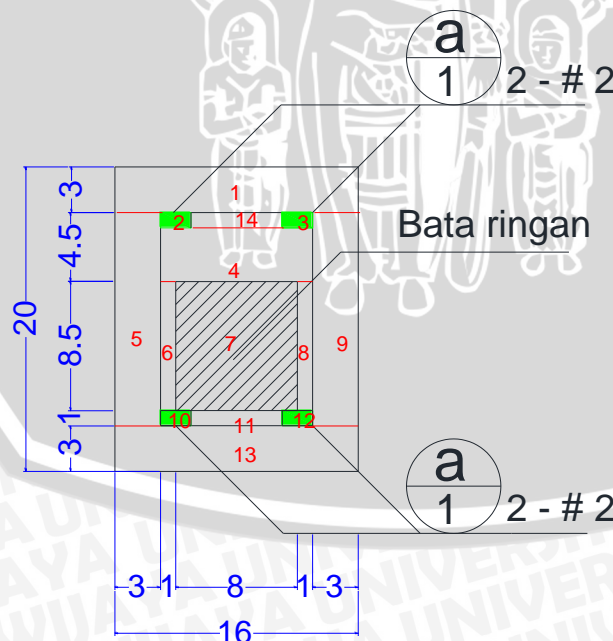
Contoh perhitungan penampang Transformasi

$$n_1 = \frac{E \text{ bambu}}{E \text{ bata ringan}}$$

$$n_1 = \frac{18000}{17500} = 1,029$$

$$n_2 = \frac{E \text{ beton}}{E \text{ bata ringan}}$$

$$n_2 = \frac{25742,96}{17500} = 1,471$$



Gambar 4.8 Potongan Melintang Balok

$$A = b \cdot d$$

$$= 16 \cdot 3 = 48 \text{ cm}^2$$

$$A \text{ total} = 320 \text{ cm}^2$$

Koordinat Titik Berat no 1 adalah $X = 8 \text{ cm}$, $Y = 18,5 \text{ cm}$

Momen Statis

$$S_x = A \cdot x$$

$$= 48 \cdot 8 = 384 \text{ cm}^3$$

$$S_y = A \cdot y$$

$$= 48 \cdot 18,5 = 888 \text{ cm}^3$$

$$S_x \text{ total} = 2560 \text{ cm}^3 \quad S_y \text{ total} = 3200 \text{ cm}^3$$

Titik Berat Balok

$$x = \frac{S_x \text{ total}}{A \text{ total}}$$

$$= \frac{2560}{320}$$

$$= 8 \text{ cm}$$

$$y = \frac{S_y \text{ total}}{A \text{ total}}$$

$$= \frac{3200}{320}$$

$$= 10 \text{ cm}$$

Jarak Titik Berat Penampang ke Titik Berat Balok

$$X_o = x - X$$

$$= 8 - 8$$

$$= 0 \text{ cm}$$

$$Y_o = y - Y$$

$$= 18,5 - 10$$

$$= 8,5 \text{ cm}$$

Inersia Sumbu

$$i_{x0} = 1/12 \cdot b \cdot d^3$$

$$= 1/12 \cdot 16 \cdot 3^3$$

$$= 36 \text{ cm}^4$$

$$i_{y0} = 1/12 \cdot d \cdot b^3$$

$$= 1/12 \cdot 3 \cdot 16^3$$

$$= 1024 \text{ cm}^4$$

Momen Inersia Penampang no 1 adalah

$$I_x = (i_{x0} + A \cdot y_o^2) \cdot n_2$$

$$= (36 + 48 \cdot 8,5^2) \cdot 1,471$$

$$= 5154,476 \text{ cm}^4$$

$$I_y = (i_{y0} + A \cdot x_o^2) \cdot n_2$$

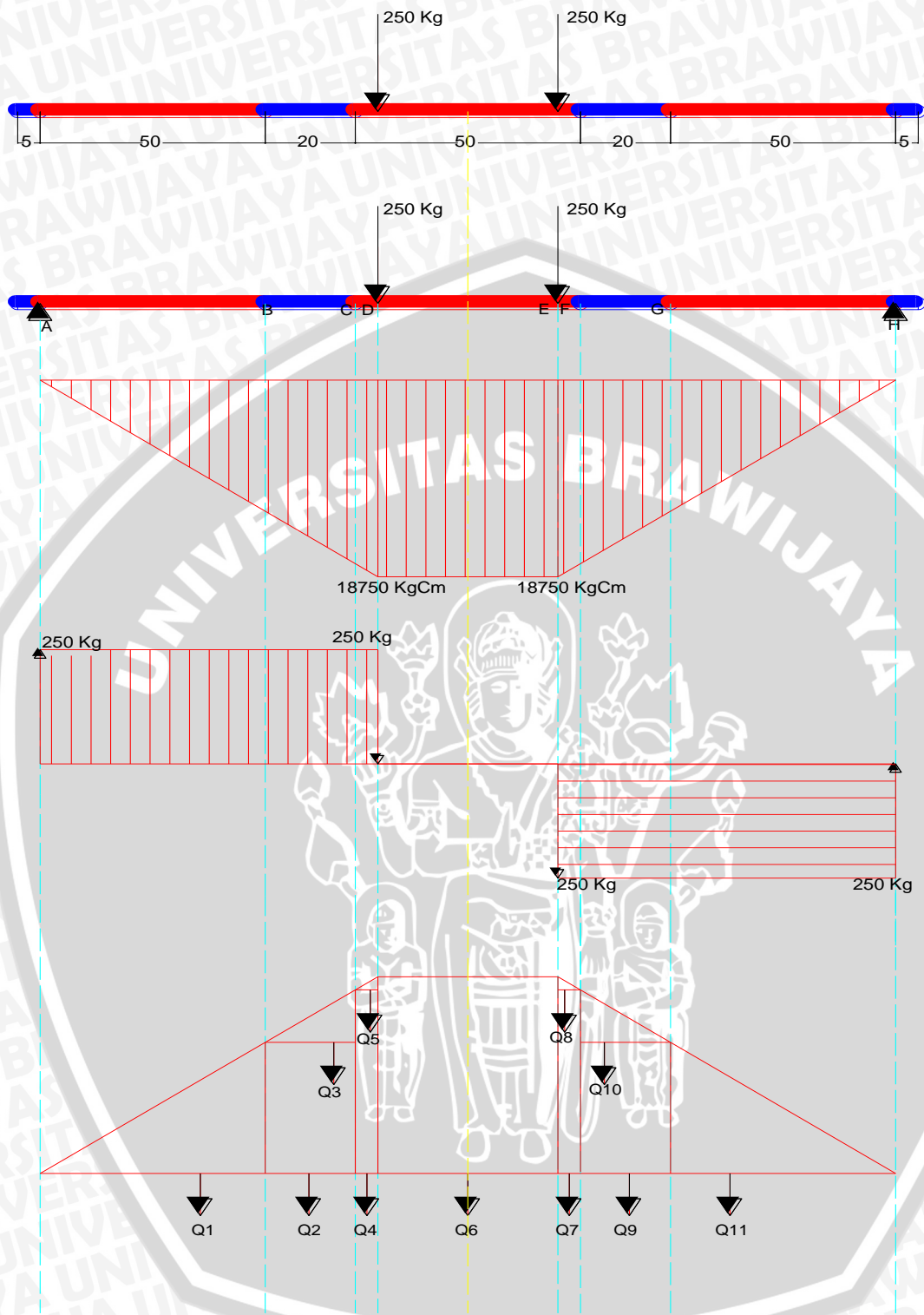
$$= (36 + 48 \cdot 0^2) \cdot 1,471$$

$$= 1506,331 \text{ cm}^4$$

Elkomp = E batarangan $\cdot I_x$

$$= 175000 \cdot 15250,165$$

$$= 2668778912 \text{ kgcm}^2$$



Gambar 4.9 Momen dan Bidang Konjugate



Tabel 4.10 Nilai Momen disetiap titik

Titik	Momen	Titik	Momen
0	0	100	18750
5	1250	105	18750
10	2500	110	18750
15	3750	115	18750
20	5000	120	17500
25	6250	125	16250
30	7500	130	15000
35	8750	135	13750
40	10000	140	12500
45	11250	145	11250
50	12500	150	10000
55	13750	155	8750
60	15000	160	7500
65	16250	165	6250
70	17500	170	5000
75	18750	175	3750
80	18750	180	2500
85	18750	185	1250
90	18750	190	0
95	18750		

Dari nilai momen disetiap titik maka didapatkan nilai Q sebagai berikut:

$$Q_1 = Q_{11} = \frac{1}{2} \times 50 \times 12500 = 312500 \text{ kgcm}^2$$

$$Q_2 = Q_9 = 20 \times 12500 = 250000 \text{ kgcm}^2$$

$$Q_3 = Q_{10} = \frac{1}{2} \times 20 \times (17500 - 12500) = 50000 \text{ kgcm}^2$$

$$Q_4 = Q_7 = 5 \times 17500 = 87500 \text{ kgcm}^2$$

$$Q_5 = Q_8 = \frac{1}{2} \times 5 \times (18750 - 17500) = 8750 \text{ kgcm}^2$$

$$Q_6 = 40 \times 18750 = 750000 \text{ kgcm}^2$$

$$Ra = Rb = \frac{Q_1 + Q_2 + Q_3 + \dots + Q_{11}}{2}$$

$$Ra = Rb = \frac{312500 + 250000 + 50000 + \dots + 312500}{2}$$

$$Ra = Rb = 1078125 \text{ kgcm}^2$$

Untuk Mutu beton 24,57 MPa dan tinggi bata ringan 8,5 cm, nilai EI didapat sebesar 2431270297 kgcm² sehingga lendutan ditengah bentang x = 95 cm didapatkan nilai sebesar

$$\Delta = \frac{M \text{ konjugate}}{EI \text{ komposit}}$$

$$\Delta = \frac{70781250 \text{ kgcm}^3}{2431270297 \text{ kgcm}^2}$$

$$\Delta = 0,0291 \text{ cm} = 0,291 \text{ mm}$$

Nilai lendutan teoritis untuk variasi tinggi bata ringan dan mutu beton lainnya dibandingkan dengan nilai lendutan aktual terlihat seperti pada tabel berikut

Tabel 4.11 Perbandingan nilai Lendutan Teoritis dan Aktual

Tinggi Bata Ringan (cm)	Benda Uji	Lendutan (mm)			
		Aktual	Rata-rata Aktual	Teoritis	KR %
8.5	85-A	1.085			
	85-B	0.86			
	85-C	0.97	0,739	0,291	60,69
	85-D	0.320			
	85-E	0.250			
	85-F	0.950			
6.5	65-A	0.64			
	65-B	0.995			
	65-C	0.94	0,754	0,291	61,40
	65-D	0.760			
	65-E	0.720			
	65-F	0.470			

Dari tabel 4.11 terlihat perbedaan lendutan teoritis dan aktual. Terdapat perbedaan yang cukup signifikan. Hal ini dikarenakan, besar E (modulus elastisitas) teoritis dan aktual yang berbeda cukup besar. Hal ini dikarenakan material balok terdiri dari berbagai macam bahan, sehingga lekatan antara satu material dengan material lainnya kurang homogen. Hal ini menyebabkan modulus elastisitas teoritis dan aktual berbeda jauh.

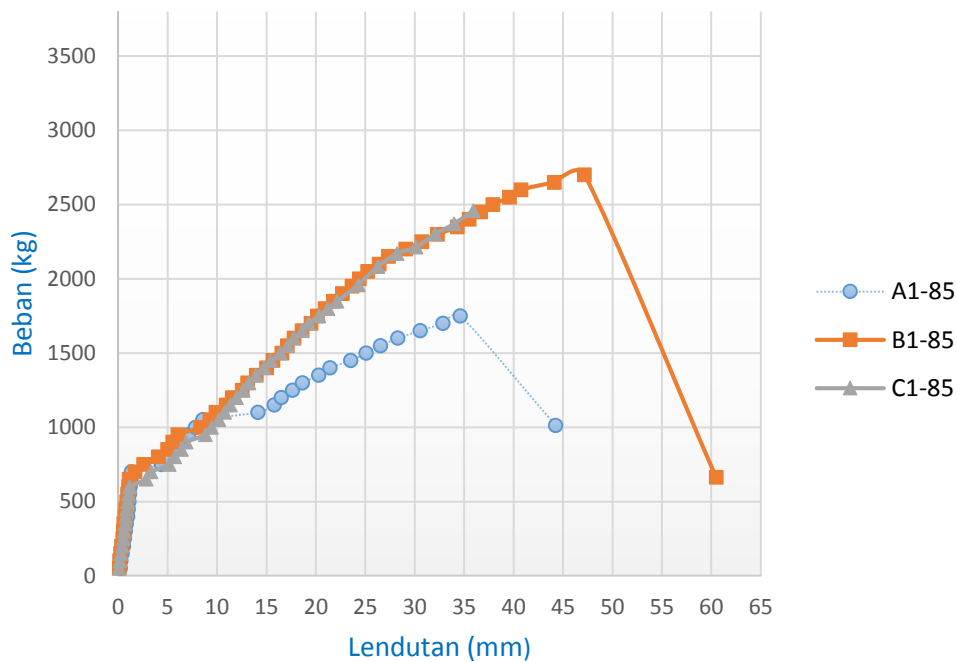
Beton sebagai material penyusun utama dari balok memiliki modulus elastisitas yang berbeda tergantung mutu dan kepadatan beton tersebut. Dalam pengecoran ini kepadatan beton antara teoritis dan aktual berbeda sehingga menyebabkan hasil perhitungan lendutan yang berbeda pula.

4.4.2. Perhitungan Kekakuan Balok

Pada dasarnya hubungan beban dan lendutan dari balok beton bertulang dapat diidealisasikan menjadi bentuk tiga garis lurus. Hubungan tiga garis lurus ini meliputi tiga tahap sebelum terjadinya kondisi runtuh. Tiga tahap tersebut antara lain tahap praretak di mana elemen struktural masih belum retak, tahap pascaretak di mana elemen struktural sudah mengalami retak namun masih dapat ditoleransi, dan tahap pasca-serviceability di mana tulangan tarik pada elemen struktural tersebut sudah mencapai tegangan leleh. Kekakuan merupakan perbandingan antara beban dengan lendutan pada saat plat beton dalam keadaan elastis penuh atau dapat diidentifikasi sebagai kemiringan garis grafik hubungan beban dan lendutan pada tahap praretak



Grafik Hubungan Beban dan Lendutan
Benda Uji 1-85



Gambar 4.10 Grafik hubungan beban dan lendutan

Pada tahap praretak dari grafik hubungan antara beban lendutan merupakan garis lurus yang memperlihatkan perilaku elastis penuh. Kekakuan plat beton ini dapat diestimasi dengan menggunakan teori sistem komposit dengan menggunakan modulus elastisitas dari beton (E_c), modulus elastisitas bambu (E_{bambu}), dan momen inersia penampang komposit.

$$k_1 = \frac{P}{\Delta}$$

$$k_1 = \frac{500 \text{ kg}}{0.291}$$

$$k_1 = 1718,213 \text{ kg/mm}$$

Nilai k teoritis untuk setiap variasi mutu beton dan bata ringan seperti yang terlihat pada tabel 4.12.

Tabel 4.12 Kekakuan Balok Komposit

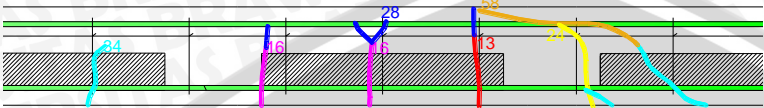
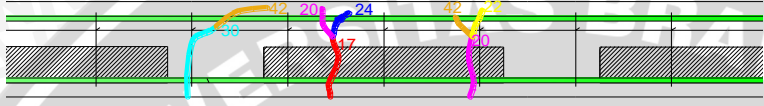
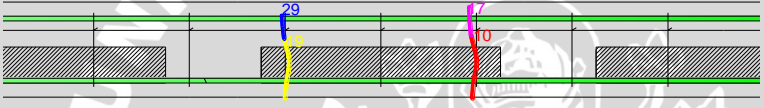
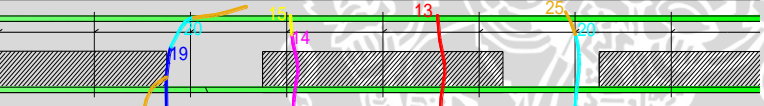
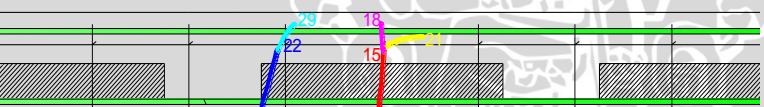
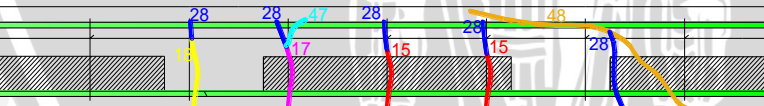
Tinggi Bata Ringan (cm)	Benda Uji	Kekakuan (kg/mm)			KR (%)
		Aktual	Rata-rata Aktual	Teoritis	
8.5	85-A	460.83			
	85-B	581.40			
	85-C	515.46	941,085	1718,213	45,22
	85-D	1562.50			
	85-E	2000.00			
	85-F	526.32			
6.5	65-A	781.25			
	65-B	502.51			
	65-C	531.91	705,31	1718,213	58,95
	65-D	657.89			
	65-E	694.44			
	65-F	1063.83			

Kekakuan teoritis lebih besar dibandingkan kekakuan aktual. Ada beberapa hal yang mengakibatkan perbedaan tersebut. Balok komposit terdiri dari berbagai material dari beton, bata ringan, bambu dan juga besi sebagai sengkang. Material tersebut pada saat perhitungan teoritis dianggap sebagai sebuah satu kesatuan yang monolit. Tetapi, dalam kenyataannya material tersebut tidak bisa lekat sempurna sehingga nilai modulus elastisitanya menjadi lebih kecil.

Perbedaan lendutan antara teoritis dan aktual yang cukup besar mengakibatkan perbedaan yang besar pula pada kekakuan yang dimiliki balok. Sesuai dengan rumus kekakuan, Lendutan berbanding terbalik dengan dengan kekakuan. Sehingga apabila lendutannya kecil maka kekakuan yang dimiliki akan lebih besar.

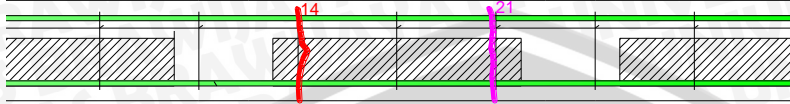
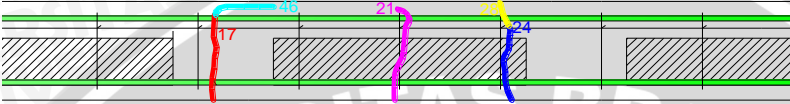
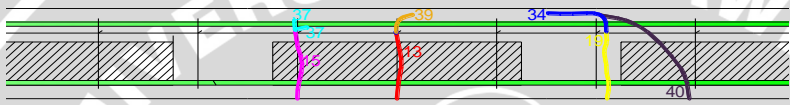
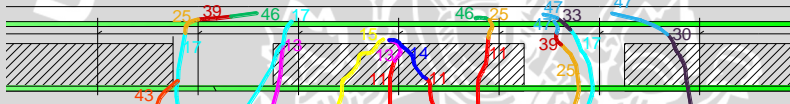
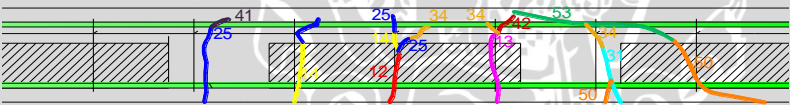
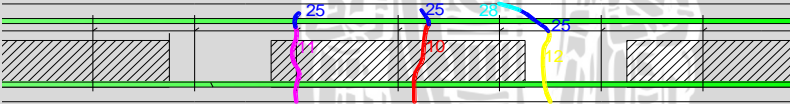
4.5. Perbandingan Pola Retak dan Beban Vertikal Maksimum

Tabel 4.13 Tipe pola retak dan beban maksimum pada tinggi bata ringan 6,5 cm

Benda Uji	Pola Retak	Tipe	P maks (kg)
A1-65		B	3600
B1-65		A	2804
C1-65		A	1730
A2-65		B	1850
B2-65		A	1600
C2-65		B	3638

Dari tabel 4.14 terlihat hubungan antara pola retak dan beban vertikal maksimum yang dapat ditahan suatu balok komposit. Retak pada awal pembebanan terjadi retak lentur dan disusul oleh retak geser. Hal ini dikarenakan balok sudah mengalami reduksi luas penampang karena terjadi retak dan besar beban yang terjadi di atas kapasitas lentur balok yang didesain.

Tabel 4.14 Tipe pola retak dan beban maksimum pada tinggi bata ringan 8,5 cm

Benda Uji	Pola Retak	Tipe	P maks (kg)
A1-85		A	1750
B1-85		A	2718
C1-85		B	2700
A2-85		B	2500
B2-85		B	2990
C2-85		A	2200

Dari tabel 4.12 terlihat mayoritas balok mengalami retak geser diakhir. hal ini dikarenakan tinggi bata ringan yang lebih tinggi, sehingga terjadi reduksi yang cukup besar karena tinggi efektif balok akan berkurang sehingga besar kapasitas geser pun akan berkurang. Kekasaran bambu juga sangat berpengaruh besar terhadap tipe keruntuhan yang terjadi. Semakin kasar permukaan bambu maka slip akan terjadi secara continue sehingga pola retak akan semakin menyebar. Apabila permukaan bambu cenderung lebih halus maka slip akan terjadi secara bersamaan dan kapasitas balok akan menjadi semakin lebih kecil.

4.6. Analisis Statistik

Tabel 4.15 Tabel analisis statistik

Volume Bata Ringan (cm)	P(kg)	ΣP	y^2 ijk	$(\Sigma P)^2$	Σ
50 x 8 x 8,5	2500		6250000		
	2990		8940100		
	2200	14858	4840000	220760164	14858
	1750		3062500		
	2718		7387524		
	2700		7290000		
50 x 8 x 6,5	1850		3422500		
	1600		2560000		
	3638	15222	13235044	231709284	15222
	3600		12960000		
	2804		7862416		
	1730		2992900		
Σ		30080	80802984	452469448	30080

$$JKT = \sum_{i=1}^b \sum_{j=1}^k \sum_{k=1}^n y_{ijk}^2 - \frac{y_{...}^2}{bkn}$$

$$JKT = 5402451$$

$$JKA = \frac{\sum_{i=1}^b y_i^2}{kn} - \frac{y_{...}^2}{bkn}$$

$$JKA = 11041$$

$$\begin{aligned} JKG &= JKT - JKA \\ &= 5391409 \end{aligned}$$

Tabel 4.16 Tabel analisis f hitung dan f tabel

Sumber Variasi	Jumlah Kuadrat	Rataan Kuadrat	Derajat Kebebasan	F Hitungan	f Tabel
Perlakuan	11041	1	11041.33333	0.0225	4.84
Galat	5402451	11	491131.8788		
Jumlah	5413492	12			

Dari analisis statistik di dapatkan f hitung lebih kecil dari f tabel. Hal ini berarti H_0 diterima dan H_1 ditolak. Sehingga tinggi bata ringan belum memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kuat lentur balok komposit. Hal ini dikarenakan bata ringan di desain berada di daerah Tarik sehingga tidak berpengaruh besar terhadap kuat lentur balok komposit.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan analisis data yang telah dilakukan, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Balok komposit dengan tinggi bata ringan 8,5 cm, memiliki berat volume yang lebih kecil dibandingkan dengan balok komposit dengan tinggi 6,5 cm. Hal ini sesuai dengan perhitungan teoritis dengan kesalahan relative 0.3619% - 2,0427%.
2. Balok komposit dengan tinggi bata ringan 6,5 cm mampu menahan beban sebesar 2537 kg. Sedangkan balok komposit dengan tinggi bata ringan 8,5 cm, mampu menahan beban sebesar 2476 kg. Dari hasil ini, balok komposit dengan tinggi bata ringan 6,5 cm memiliki kekuatan lebih besar sebesar 2,4 % lebih besar dibandingkan balok komposit dengan tinggi bata ringan 8,5 cm
3. Belum ada pengaruh yang signifikan antara tinggi bata ringan dengan lendutan, karena. Balok komposit dengan tinggi bata ringan 8,5 cm memiliki lendutan 0,739 mm dan balok komposit dengan tinggi bata ringan 6,5 cm memiliki lendutan 0,754 mm.
4. Balok komposit dengan tinggi bata ringan 8,5 cm, memiliki kekakuan lebih besar dibandingkan dengan balok komposit dengan tinggi bata ringan 6,5 cm. Belum terbukti kalau tinggi bata ringan yang rendah memiliki kekakuan yang lebih besar dibandingkan bata ringan yang tinggi. Hal ini dikarenakan banyak faktor yang mempengaruhi kekakuan suatu bahan.
5. Belum ada pengaruh yang signifikan antara tinggi bata ringan dan pola retak. Karena ada banyak hal yang mempengaruhi pola retak. Diantaranya, friksi tulangan dan beton yang bekerja secara monolit. Apabila bambu memiliki friksi yang besar maka pola retak akan menyebar di seluruh penampang balok. Tetapi apabila friksi yang dimiliki bambu kecil maka, Retak hanya terjadi di tengah bentang dan langsung ke atas.

5.2 Saran

Berikut ini merupakan beberapa saran-saran yang berkaitan dengan penelitian balok komposit antara beton dan bata ringan dengan bambu sebagai tulangnya:

1. Penelitian ini bisa dijadikan referensi, agar dalam penelitian selanjutnya perbedaan tinggi bata ringan dibuat lebih signifikan. Sehingga pengaruh tinggi bata ringan bisa terlihat jelas.
2. Dalam pelaksanaan, pemotongan bata ringan perlu diperhatikan karena akan berpengaruh signifikan terhadap berat volume dan kekakuan balok komposit.
3. Perlu diadakan praktikum yang lebih detail dalam perencanaan kuat tekan beton agar mutu beton tidak terlalu dekat. Sehingga pengaruhnya bisa terlihat jelas.
4. Dalam penelitian selanjutnya, perlu menggunakan strain gauge agar data regangan tulangan bambu bisa didapatkan.
5. Penelitian ini dapat dijadikan sebagai referensi untuk penelitian selanjutnya mengenai balok komposit bertulangan bambu dengan bata ringan sebagai pengisi didaerah tarik, misalnya dengan bata ringan yang dibuat secara menerus.



DAFTAR PUSTAKA

- Frick, H. 2004. *Ilmu Konstruksi Bangunan Bambu*. Yogyakarta Kanisius.
- Ghavami, K. 2004. *Bamboo as Reinforcement in Structural Concrete Elements*, Journal, science and Direct Elsevier, 2005
- Karyadi, dkk. 2010. *Uji Kapasitas Tekan Kolom Laminasi dari Bahan Kayu Sengon dan Bambu Petung Sebagai Alternatif Pengganti Kayu Komersial*. Proseiding Seminar Nasional Teknik Sipil VI-2010 ISBN 978-979-99327-5-4.
- Morisco. 1999. *Rekayasa Bambu*. Yogyakarta.
- Mulyono, T. 2004. *Teknologi Beton*. Yogyakarta : Andi Offset.
- Nawy, E., G., & Suryoatmono, B. (Penerjemah). 1998. *Beton Bertulang Suatu Pendekatan Dasar*. Bandung : PT. Refika Aditama.
- Nindyawati. 2014. *Panel Dinding Beton Ringan Bertulangan Bambu*. Disertasi tidak dipublikasikan. Malang: Universitas Brawijaya.
- Nurlina, Siti. 2008. *Struktur Beton*. Malang : Bargie Media
- Pusat Pengembangan Bahan Ajar, Ir. Muji Indarwanto, MM.MT
- Schodek, D. L.. 1998. *Struktur*. (B Suryoatmono, Penerjemah). PT. Refika Aditama.
- Wang, C. K. & Salmon, C. 1994. *Desain Beton Bertulang*. Jakarta : Pradnya Paramita.

(halaman Kosong)



LAMPIRAN

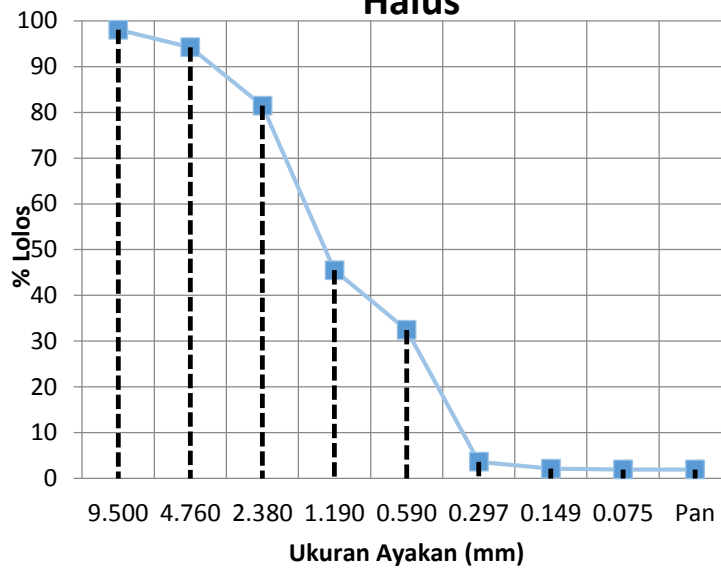
Lampiran 1

Analisa Gradasi Agregat

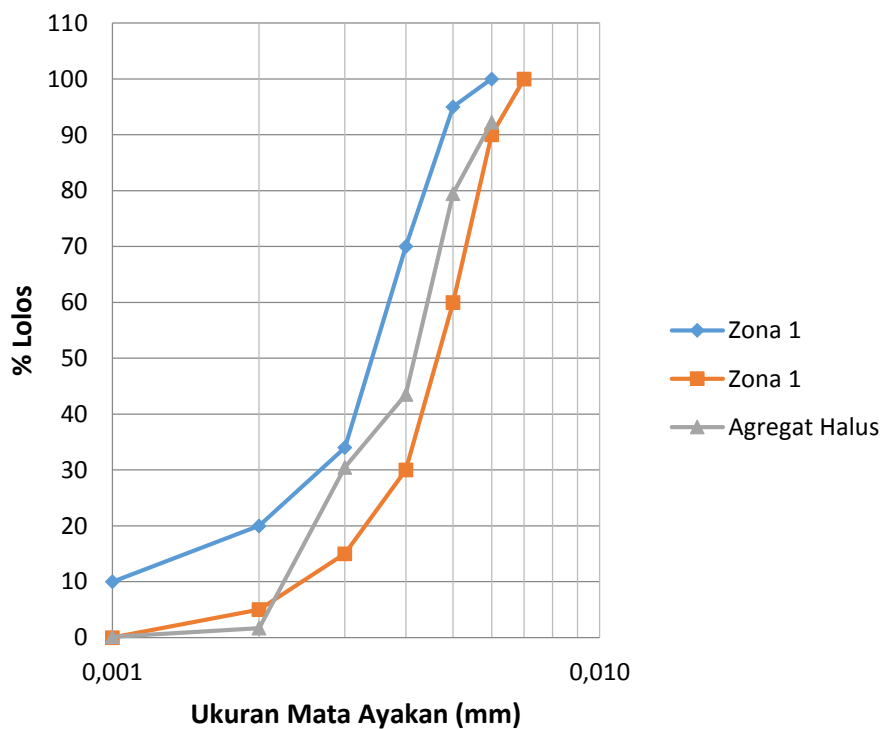
1. Analisa gradasi halus

Lubang		Pasir			
Saringan		Tertinggal		% Kumulatif	
No.	mm	gram	%	Tertinggal	Lolos
3"	76.200	-	-	-	-
2.5"	63.500	-	-	-	-
2"	50.800	-	-	-	-
1.5"	38.100	-	-	-	-
1"	25.400	-	-	-	-
3/4"	19.100	-	-	-	-
1/2"	12.700	-	-	-	-
3/8"	9.500	19.750	1.975	1.975	98.025
4	4.760	57.870	5.787	7.762	92.238
8	2.380	127.640	12.764	20.526	79.474
16	1.190	359.540	35.954	56.480	43.520
20	0.590	130.500	13.050	69.530	30.470
50	0.297	287.880	28.788	98.318	1.682
100	0.149	15.310	1.531	99.849	0.151
200	0.075	1.510	0.151	100.000	0.000
Pan		0.000	0.000	100.000	0.000
Total		1000.000	100.000	554.440	345.560

Grafik Lengkung Ayakan Agregat Halus
Halus



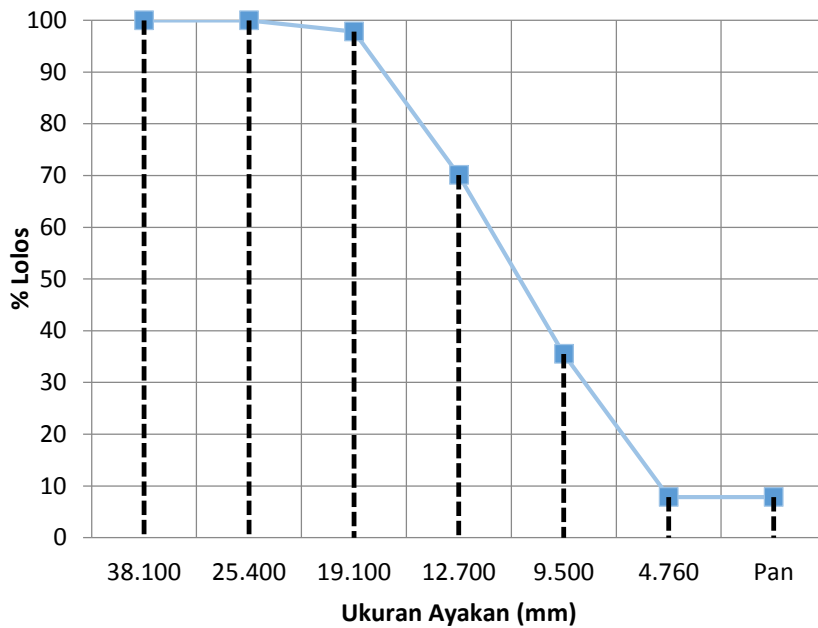
Grafik Lengkung Ayakan Agregat Halus Zona 1



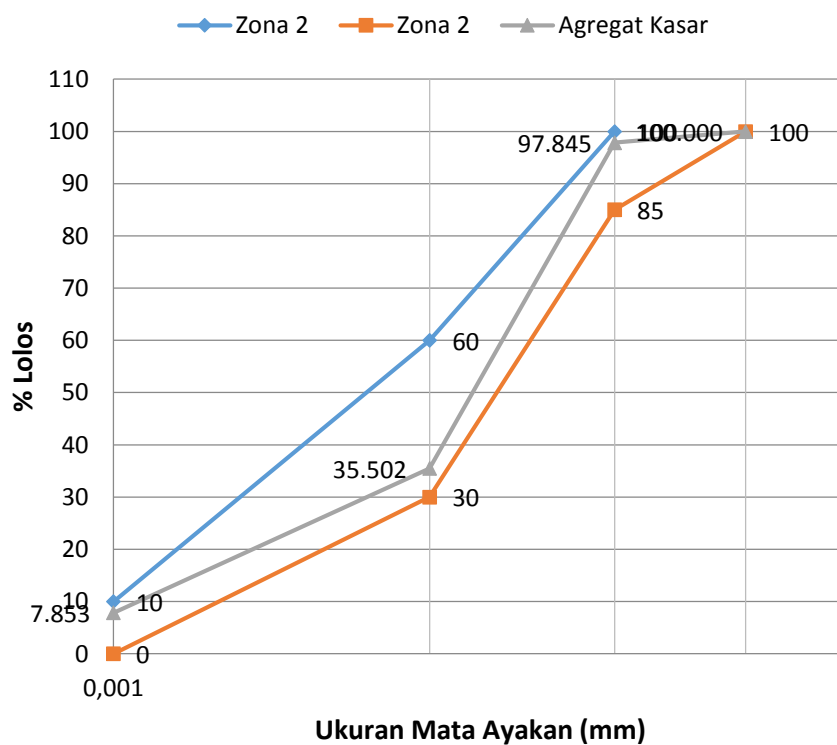
2. Analisa gradasi kasar

Lubang Saringan	Pasir				
	No.	mm	Tertinggal gram	% Tertinggal	% Kumulatif Lolos
3"	76.200	-	-	-	-
2.5"	63.500	-	-	-	-
2"	50.800	-	-	-	-
1.5"	38.100	0.000	0.000	0.000	100.000
1"	25.400	-	0.000	0.000	100.000
3/4"	19.100	53.880	2.155	2.155	97.845
1/2"	12.700	693.440	27.738	29.893	70.107
3/8"	9.500	865.130	34.605	64.498	35.502
4	4.760	691.220	27.649	92.147	7.853
8	2.380	122.150	4.886	97.033	2.967
16	1.190	74.180	2.967	100.000	0.000
20	0.590	-	-	-	-
50	0.297	-	-	-	-
100	0.149	-	-	-	-
200	0.075	-	-	-	-
Pan		0.000	0.000	0.000	0.000
Total		2500.000	100.000	385.726	414.274

Grafik Lengkung Ayakan Agregat Kasar



Grafik Batas Agregat Kasar Ukuran Maksimum 20 mm



Lampiran 2

Berat Jenis Agregat

1. Berat jenis agregat halus

Nomor Contoh			A
Berat benda uji kering permukaan jenuh	500	(gr)	500.000
Berat benda uji kering oven	Bk	(gr)	493.100
Berat benda uji dalam air	B	(gr)	692.400
Berat piknometer + benda uji (SSD) + air (pd suhu kamar)	Bt	(gr)	969.000

Nomor Contoh			A
Berat Jenis Curah (Bulk Spesific Grafity)	$Bk / (B+500-Bt)$		2.207
Berat Jenis Kering Permukaan Jenuh (Bulk Spesific Grafity Saturated Surface Dry)	$500 / (B+500-Bt)$		2.238
Berat Jenis Semu Apparent Spesific Gravity)	$Bk / (B+Bk-Bt)$		2.278
Penyerapan (%) (Absorption)	$(500-Bk) / Bk \times 100\%$		1.399%

2. Berat jenis agregat kasar

Nomor Contoh			A
Berat benda uji kering permukaan jenuh	Bj	(gr)	4950.000
Berat benda uji kering oven	Bk	(gr)	741.300
Berat benda uji dalam air	Ba	(gr)	3307.000

Nomor Contoh			A
Berat Jenis Curah (Bulk Specific Gravity)	$Bk / (Bj - Ba)$		0.451
Berat Jenis Kering Permukaan Jenuh (Bulk Specific Gravity Saturated Surface Dry)	$Bj / (Bj - Ba)$		3.013
Berat Jenis Semu Apparent Specific Gravity)	$Bk / (Bk - Ba)$		0.289
Penyerapan (%) (Absorption)	$(Bj - Bk) / Bk \times$ 100%		5,67%

Lampiran 3
Berat Isi Agregat

1. Berat Isi agregat halus

1	Berat takaran	(gr)	1650.000	1650.000
2	Berat takaran + air	(gr)	4750.000	4750.000
3	Berat air = (2)-(1)	(gr)	3,100.000	3,100.000
4	Volume air = (3)/(1)	(cc)	1.879	1.879

CARA			RODDE	SHOVELE
			D	D
5	Berat Takaran	(gr)	1650.000	1650.000
6	Berat takaran + benda uji	(gr)	6200.000	5650.000
7	Berat benda uji = (6)-(5)	(gr)	4,550.000	4,000.000
8	Berat isi agregat halus = (7)/(4)	(gr/cc)	2,421.774	2,129.032
9	Berat isi agregat halus rata-rata	(gr/cc)	2,275.403	

2. Berat Isi agregat kasar

1	Berat takaran	(gr)	1650.000	1650.000
2	Berat takaran + air	(gr)	4750.000	4750.000
3	Berat air = (2)-(1)	(gr)	3,100.000	3,100.000
4	Volume air = (3)/(1)	(cc)	1.879	1.879

CARA			RODDE	SHOVELE
			D	D
5	Berat Takaran	(gr)	1650.000	1650.000
6	Berat takaran + benda uji	(gr)	6100.000	5500.000
7	Berat benda uji = (6)-(5)	(gr)	4,450.000	3,850.000
8	Berat isi agregat kasar = (7)/(4)	(gr/cc)	2,368.548	2,049.194
9	Berat isi agregat kasar rata-rata	(gr/cc)	2,208.871	

Lampiran 4

Perencanaan Mutu Beton

1. Perencanaan Mutu Beton

No.	Uraian	Nilai		Keterangan
		Mutu 1	Mutu 2	
1	Kuat Tekan yang disyaratkan (28 hri, 5 %)	15	25	15 MPa pada 28 hari
2	Deviasi Standar	0	0	Data di lapangan tidak tersedia
3	Nilai Tambah (margin)	0	0	Diketahui
4	Kuat Tekan rata-rata target	15	25	(1) + (3)
5	Jenis Semen	Tipe 1	Tipe 1	Ditetapkan
6	Jenis Agregat : Kasar	Batu pecah	Batu pecah	Ditetapkan
	Jenis Agregat : Halus	Pasir	Pasir	Ditetapkan
7	Faktor Air Semen Bebas	0.740	0.490	Dari grafik hal 77
8	Faktor Air Semen Maksimum	0.600	0.4	Ditetapkan
9	Slump	60 - 180	60 - 180	Dari tabel 6 hal 54
10	Ukuran Agregat Maksimum	20 mm	20 mm	Dilihat dari grafik agregat kasar zona 2
11	Kadar Air Bebas	225	225	Dari Tabel 6 Hal 54
12	Kadar Semen	375	459.184	(11) / (8)
13	Kadar Semen Maksimum	-	-	-
14	Kadar Semen Minimum	275	275	Dari tabel 3 hal 51
15	Faktor Air Semen Penyesuaian	-	-	-
16	Gradasi Agregat Halus	Zona 1	Zona 1	Dari grafik hal 65 - 66
17	Gradasi Agregat Kasar Atau Gabungan	Ukuran Maksimum	Maksimum	Tabel 7, Dari grafik hal 68 - 69
		40 mm	20 mm	

18	Presentase Agregat Halus	59%	59%	Dari grafik hal 83 - 84
19	Berat Jenis Relatif (SSD)	2.556	0.000	Dari $(0,45 \cdot BJ \text{ halus}) + (0,55 \cdot BJ \text{ kasar})$
20	Berat isi Beton	2,287	2,287	Dari Grafik 16 hal 85
21	Kadar Agregat Gabungan	1,687	1,602.816	$(20) - (12) - (11)$
22	Kadar Agregat Halus	995.330	945.662	$(18) \times (21)$
23	Kadar Agregat Kasar	691.670	657.155	$(21) - (22)$

2. Kebutuhan bahan untuk mutu beton 15 MPa

Banyaknya Bahan (teoritis)	Semen	Air	Agregat Halus	Agregat Kasar
Tiap m3 dengan ketelitian 5 kg (teoritis)	375	225	995.330	691.670
Tiap campuran uji 0.064 m3	24.0	14.4	63.701	44
Tiap m3 dengan ketelitian 5 kg (aktual)	375	189.010	1,034.606	688.385
Tiap campuran uji 0.064 m3	24.0	12.097	66.215	44.057
Proporsi Teoritis	1.0	0.600	2.654	1.844
Proporsi Aktual	1.0	0.504	2.759	1.836

3. Kebutuhan bahan untuk mutu beton 25 MPa

Banyaknya Bahan (teoritis)	Semen	Air	Agregat Halus	Agregat Kasar
Tiap m3 dengan ketelitian 5 kg (teoritis)	459.184	225	945.662	657.155
Tiap campuran uji 0.064 m3	29.388	14.400	60.522	42.058
Tiap m3 dengan ketelitian 5 kg (aktual)	459.184	190.806	982.977	654.033
Tiap campuran uji 0.064 m3	29.388	12.212	62.911	41.858
Proporsi Teoritis	1.000	0.490	2.059	1.431
Proporsi Aktual	1.000	0.416	2.141	1.424

Lampiran 5
Kuat Tekan Beton

1. Hasil Pengujian Kuat Tekan

Mutu Rencana	=	15 MPa	
Pembuatan	=	2-Mar-16	
Pengujian	=	30-Mar-16	
Diameter	=	15	cm
Tinggi	=	30	cm

No	Nama Benda Uji	Berat (kg)	Luas Penampang (cm ²)	Volume (cm ³)	Berat Isi (kg/cm ³)	Umur (hari)	Beban Maksimum		Kuat Tekan (kg/cm ²) (fci-fcm) ²	
							kN	kg	28 hari (fci)	kg/cm ²
1	A1	11.55	176.715	5301.438	0.002179	28	472	47200	267.097	1599.132
2	B1	11.75	176.715	5301.438	0.002216	28	614	61400	347.453	1629.447
3	C1	11.65	176.715	5301.438	0.002198	28	542	54200	306.709	0.142
Rata - Rata					0.002198		Jumlah		921.260	3228.722
							fc'm		307.087	
							SD		40.179	
							f'c (kg/cm ²)		241.193	
							f'c (Mpa)		24.119	

2. Hasil Pengujian Kuat Tekan

Mutu Rencana	=	25 MPa
Pembuatan	=	11-Mar-16
Pengujian	=	8-Apr-16
Diameter	=	15 cm
Tinggi	=	30 cm

No	Nama Benda Uji	Berat (kg)	Luas Penampang (cm ²)	Volume (cm ³)	Berat Isi (kg/cm ³)	Umur (hari)	Beban Maksimum		Kuat Tekan (kg/cm ²)	(fci-fcm) ² kg/cm ²
							kN	kg		
1	A2	11.45	176.715	5301.438	0.002160	28	576	57600	325.949	3463.553
2	B2	11.70	176.715	5301.438	0.002207	28	679	67900	384.235	0.320
3	C2	11.85	176.715	5301.438	0.002235	28	785	78500	444.219	3530.480
Rata - Rata					0.002201		Jumlah		1154.404	6994.354
							f'c'm		384.801	
							SD		59.137	
							f'c (kg/cm ²)		287.817	
							f'c (Mpa)		28.782	

Lampiran 6
Hasil Pengujian Hammer Test

1. Hasil Pengujian Hammer Test 15 MPa

ELEMEN STRUKTUR		Balok					
LOKASI PD. ELEMEN							
SUDUT PUKULAN		-90	-90	-90	-90	-90	-90
KODE BIDANG UJI		A1-85	B1-85	C1-85	A1-65	B1-65	C1-65
TITIK TEMBAKAN KE							
NILAI LENTING PALU BETON (R)	1	35	30	30	32	27	34
	2	30	27	31	34	28	32
	3	33	24	30	26	28	33
	4	31	30	31	32	30	32
	5	31	29	34	31	32	26
	6	33	30	33	33	28	32
	7	30	26	33	32	30	30
	8	28	31	31	29	31	32
	9	32	34	32	25	31	28
	10	32	28	34	31	30	30
Jumlah N		10	10	10	10	10	10
R MAKSIMUM		35	34	34	34	32	34
R MINIMUM		28	24	30	25	27	26
R RATA-RATA		31.5	28.9	31.9	30.5	29.5	30.9
R RATA RATA TERKOREKSI		31.5	28.9	31.9	30.5	29.5	30.9
PERKIRAAN KUAT TEKAN BETON TERKOREKSI (kubus)(kg/cm ²)		311.29	270.29	317.74	295.33	279.61	301.69
Koreksi ke silinder (Mpa) 0.83		25.84	22.43	26.37	24.51	23.21	25.04

2. Hasil Pengujian Hammer Test 25 MPa

ELEMEN STRUKTUR		Balok					
LOKASI PD. ELEMEN							
SUDUT PUKULAN		-90	-90	-90	-90	-90	-90
KODE BIDANG UJI		A2-85	B2-85	C2-85	A2-65	B2-65	C2-65
TITIK TEMBAKAN KE							
NILAI LENTING PALU BETON (R)	1	35	33	31	32	34	33
	2	35	36	30	34	35	31
	3	34	38	32	35	32	32
	4	32	37	33	34	35	33
	5	39	42	35	34	33	36
	6	34	36	33	32	32	41
	7	31	37	34	34	33	31
	8	33	36	33	39	33	33
	9	36	38	38	34	33	34
	10	35	37	36	36	34	33
Jumlah N		10	10	10	10	10	10
R MAKSIMUM		39	42	38	39	35	41
R MINIMUM		31	33	30	32	32	31
R RATA-RATA		34.4	37	33.5	34.4	33.4	33.7
R RATA RATA TERKOREKSI		34.4	37	33.5	34.4	33.4	33.7
PERKIRAAN KUAT TEKAN BETON TERKOREKSI (kubus)(kg/cm ²)		358.93	403.35	343.93	358.93	342.28	347.25
Koreksi ke silinder (Mpa) 0.83		29.79	33.48	28.55	29.79	28.41	28.82

Lampiran 7

Tabel Perhitungan Penampang Transformasi Bata Ringan 6,5 cm

Tabel Perhitungan Luas

Penampang	Dimensi (cm)		Luas (cm ²)
	B	D	A
1	16	3	48
2	2	1	2
3	2	1	2
4	10	5.5	55
5	3	14	42
6	1	6.5	6.5
7	8	6.5	52
8	1	6.5	6.5
9	3	14	42
10	2	1	2
11	6	1	6
12	2	1	2
13	16	3	48
14	6	1	6

Tabel Perhitungan Momen Statis

Penampang	Koordinat Titik Berat (cm)		Momen Statis (cm ³)	
	x	y	Sx	Sy
1	8	18.5	384	888
2	4	16.5	8	33
3	12	16.5	24	33
4	8	13.25	440	728.75
5	1.5	10	63	420
6	3.5	7.25	22.75	47.125
7	8	7.25	416	377
8	12.5	7.25	81.25	47.125

9	14.5	10	609	420
10	4	3.5	8	7
11	8	3.5	48	21
12	12	3.5	24	7
13	8	1.5	384	72
14	8	16.5	48	99

Tabel Perhitungan Inersia Sumbu dan Momen Inersia

Penampang	Inersia Sumbu (cm ⁴)		Momen Inersia (cm ⁴)	
	I _{xo}	I _{yo}	I _y	I _x
1	36	1024	1363.209	4664.730
2	0.17	0.67	33.600	87.086
3	0.17	0.67	33.600	87.086
4	138.65	458.33	610.160	957.951
5	686	31.5	2404.253	913.243
6	22.89	0.54	175.948	95.906
7	183.08	277.33	277.333	576.333
8	22.89	0.54	175.948	95.906
9	686.0	31.5	2404.253	913.243
10	0.17	0.67	33.600	87.086
11	0.50	18.00	23.963	338.140
12	0.17	0.67	33.600	87.086
13	36	1024	1363.209	4664.730
14	0.5	18	23.963	338.140
		JUMLAH	8956.638	13906.665

Lampiran 8

Tabel Perhitungan Penampang Transformasi Bata Ringan 8,5 cm

Tabel Perhitungan Luas

Penampang	Dimensi (cm)		Luas (cm ²)
	B	D	
1	16	3	48
2	2	1	2
3	2	1	2
4	10	3.5	35
5	3	14	42
6	1	8.5	8.5
7	8	8.5	68
8	1	8.5	8.5
9	3	14	42
10	2	1	2
11	6	1	6
12	2	1	2
13	16	3	48
14	6	1	6

Tabel Perhitungan Momen Statis

Penampang	Koordinat Titik Berat (cm)		Momen Statis (cm ³)	
	x	y	Sx	Sy
1	8	18.5	384	888
2	4	16.5	8	33
3	12	16.5	24	33
4	8	14.25	280	498.75
5	1.5	10	63	420
6	3.5	8.25	29.75	70.125
7	8	8.25	544	561
8	12.5	8.25	106.25	70.125

9	14.5	10	609	420
10	4	3.5	8	7
11	8	3.5	48	21
12	12	3.5	24	7
13	8	1.5	384	72
14	8	16.5	48	99

Tabel Perhitungan Inersia Sumbu dan Momen Inersia

Penampang	Inersia Sumbu (cm ⁴)		Momen Inersia (cm ⁴)	
	I _{xo}	I _{yo}	I _y	I _x
1	36	1024	1363.209	4664.730
2	0.17	0.67	33.600	87.086
3	0.17	0.67	33.600	87.086
4	35.73	291.67	388.284	889.170
5	686	31.5	2404.253	913.243
6	51.18	0.71	230.086	102.784
7	409.42	362.67	362.667	617.667
8	51.18	0.71	230.086	102.784
9	686.0	31.5	2404.253	913.243
10	0.17	0.67	33.600	87.086
11	0.50	18.00	23.963	338.140
12	0.17	0.67	33.600	87.086
13	36	1024	1363.209	4664.730
14	0.5	18	23.963	338.140
		JUMLAH	8928.370	13892.973

Lampiran 9

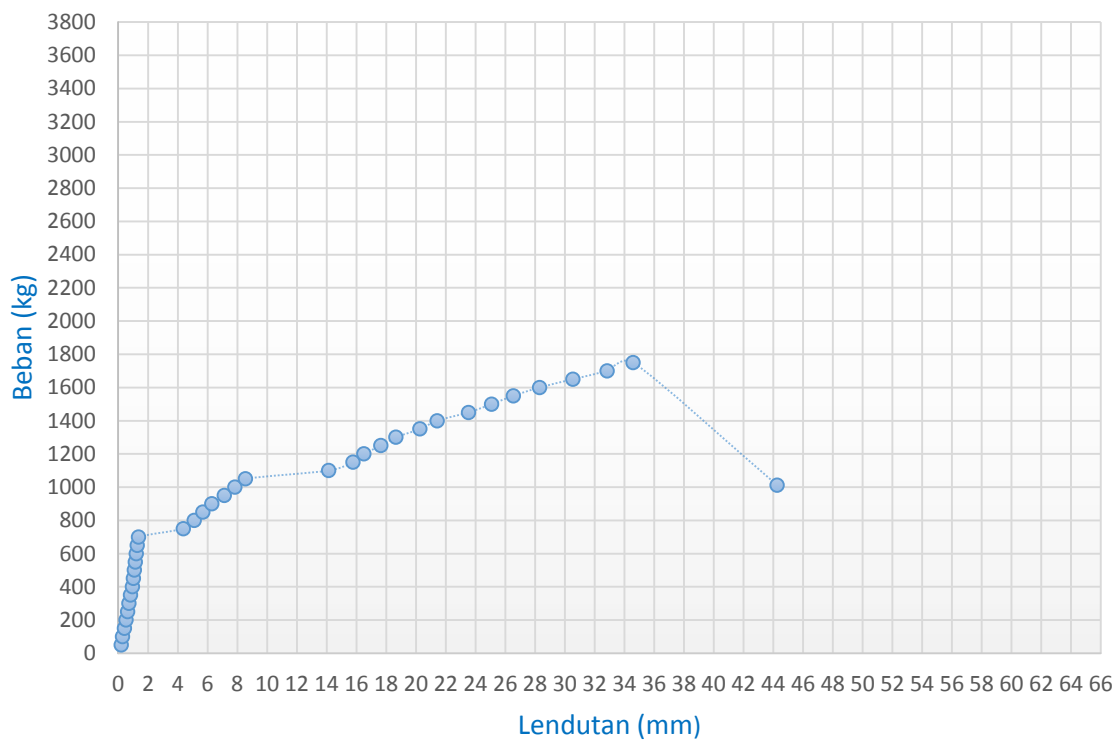
Hasil Pengujian Balok A1-85

Nama Benda Uji	=	A1-85
Tanggal Pengcoran	=	02 Maret 2016
Tanggal Pengujian	=	20 April 2016
Umur beton	=	49 Hari
Tempat Pengujian	=	Lab. Struktur
Mutu beton rencana	=	15 MPa
Bata ringan	=	8.5 cm

No	Tahap Beban	Beban (kg)	Lendutan (mm)		Rata-Rata (mm)
	(kg)		Titik 1	Titik 2	
1	50	50	0.15	0.26	0.20
2	50	100	0.23	0.34	0.28
3	50	150	0.32	0.52	0.42
4	50	200	0.38	0.67	0.52
5	50	250	0.44	0.81	0.62
6	50	300	0.49	0.95	0.72
7	50	350	0.55	1.11	0.83
8	50	400	0.61	1.29	0.95
9	50	450	0.68	1.37	1.03
10	50	500	0.71	1.46	1.09
11	50	550	0.77	1.55	1.16
12	50	600	0.81	1.63	1.22
13	50	650	0.87	1.71	1.29
14	50	700	0.92	1.80	1.36
15	50	750	3.39	5.38	4.39
16	50	800	4.03	6.18	5.11
17	50	850	4.58	6.79	5.69
18	50	900	5.23	7.35	6.29
19	50	950	6.15	8.09	7.12

20	50	1000	7.00	8.67	7.84
21	50	1050	7.85	9.25	8.55
22	50	1100	14.33	13.96	14.15
23	50	1150	16.15	15.40	15.78
24	50	1200	16.96	16.06	16.51
25	50	1250	18.21	17.06	17.64
26	50	1300	19.34	17.96	18.65
27	50	1350	21.15	19.40	20.28
28	50	1400	22.44	20.42	21.43
29	50	1450	24.83	22.22	23.53
30	50	1500	26.59	23.59	25.09
31	50	1550	28.22	24.86	26.54
32	50	1600	30.22	26.38	28.30
33	50	1650	32.81	28.29	30.55
34	50	1700	35.44	30.26	32.85
35	50	1750	37.04	32.15	34.60
36	50	1012	48.17	40.34	44.26

Grafik Hubungan Beban dan Lendutan
Benda Uji A1-85



Lampiran 10
Hasil Pengujian Balok B1-85

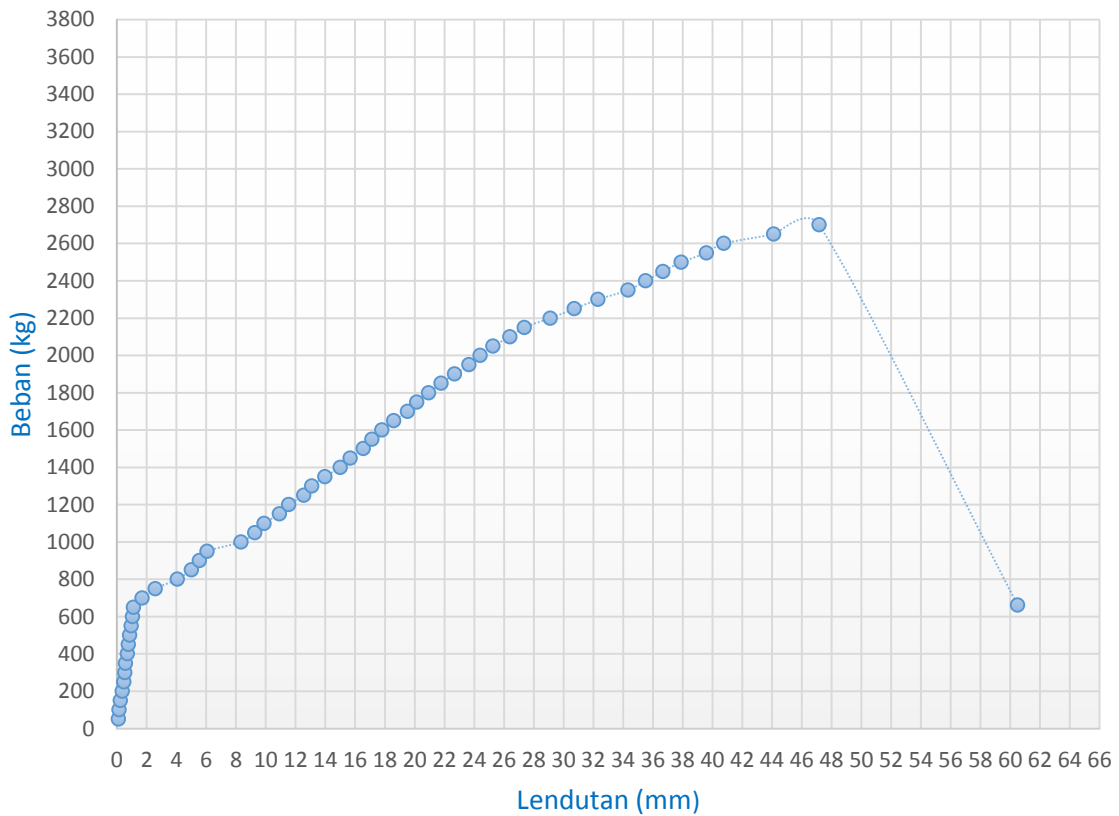
Nama Benda Uji = B1-85
 Tanggal Pengcoran = 02 Maret 2016
 Tanggal Pengujian = 20 April 2016
 Umur beton = 49 Hari
 Tempat Pengujian = Lab. Struktur
 Mutu beton rencana = 15 MPa
 Bata ringan = 8.5 cm

No	Tahap	Beban (kg)	Lendutan (mm)		Rata-Rata (mm)
	Beban (kg)		Titik 1	Titik 2	
1	50	50	0.04	0.16	0.10
2	50	100	0.09	0.20	0.15
3	50	150	0.15	0.32	0.24
4	50	200	0.27	0.44	0.36
5	50	250	0.37	0.55	0.46
6	50	300	0.44	0.63	0.54
7	50	350	0.41	0.73	0.57
8	50	400	0.57	0.82	0.70
9	50	450	0.63	0.92	0.78
10	50	500	0.69	1.03	0.86
11	50	550	0.77	1.14	0.96
12	50	600	0.82	1.26	1.04
13	50	650	0.86	1.36	1.11
14	50	700	0.93	2.46	1.70
15	50	750	1.60	3.56	2.58
16	50	800	3.00	5.13	4.07
17	50	850	3.73	6.26	5.00
18	50	900	4.16	6.90	5.53
19	50	950	4.61	7.50	6.06

20	50	1000	6.89	9.77	8.33
21	50	1050	7.95	10.58	9.27
22	50	1100	8.66	11.12	9.89
23	50	1150	9.91	11.93	10.92
24	50	1200	10.65	12.44	11.55
25	50	1250	11.81	13.27	12.54
26	50	1300	12.42	13.75	13.09
27	50	1350	13.41	14.52	13.97
28	50	1400	14.53	15.46	15.00
29	50	1450	15.25	16.08	15.67
30	50	1500	16.20	16.91	16.56
31	50	1550	16.82	17.44	17.13
32	50	1600	17.55	18.03	17.79
33	50	1650	18.45	18.75	18.60
34	50	1700	19.24	19.78	19.51
35	50	1750	20.17	20.13	20.15
36	50	1800	21.05	20.83	20.94
37	50	1850	21.98	21.57	21.78
38	50	1900	22.98	22.37	22.68
39	50	1950	24.09	23.20	23.65
40	50	2000	24.93	23.87	24.40
41	50	2050	25.87	24.64	25.26
42	50	2100	27.21	25.59	26.40
43	50	2150	28.23	26.48	27.36
44	50	2200	30.19	28.02	29.11
45	50	2250	32.07	29.38	30.73
46	50	2300	33.87	30.74	32.31
47	50	2350	36.15	32.50	34.33
48	50	2400	37.49	33.54	35.52
49	50	2450	39.03	34.34	36.69
50	50	2500	40.45	35.34	37.90

51	50	2550	42.14	37.04	39.59
52	50	2600	43.47	38.04	40.76
53	50	2650	47.27	40.98	44.13
54	50	2700	50.70	43.64	47.17
55	50	662	57.00	64.00	60.50

Grafik Hubungan Beban dan Lendutan
Benda Uji B1-85



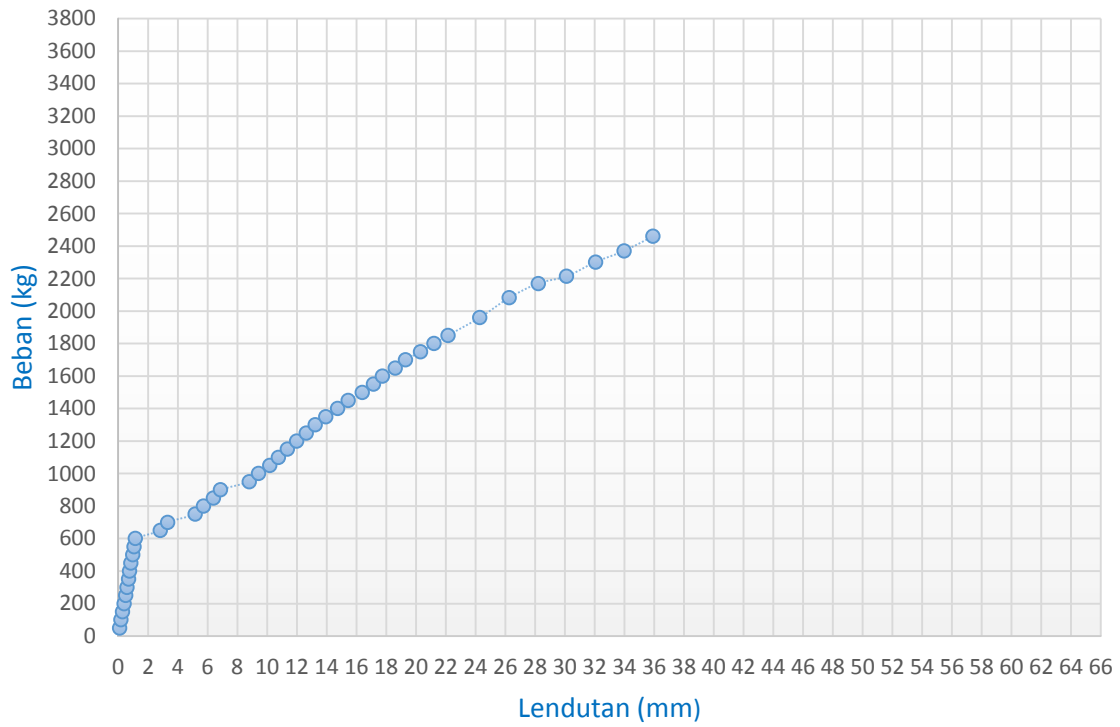
Lampiran 11
Hasil Pengujian Balok C1-85

Nama Benda Uji = C1-85
 Tanggal Pengcoran = 02 Maret 2016
 Tanggal Pengujian = 08 April 2016
 Umur beton = 37 Hari
 Tempat Pengujian = Lab. Struktur
 Mutu beton rencana = 15 MPa
 Bata ringan = 8.5 cm

No	Tahap Beban	Beban (kg)	Lendutan (mm)		Rata-Rata (mm)
	(kg)		Titik 1	Titik 2	
1	50	50	0.10	0.08	0.09
2	50	100	0.19	0.18	0.19
3	50	150	0.32	0.24	0.28
4	50	200	0.45	0.33	0.39
5	50	250	0.58	0.41	0.50
6	50	300	0.71	0.47	0.59
7	50	350	0.84	0.54	0.69
8	50	400	0.92	0.59	0.76
9	50	450	1.03	0.66	0.85
10	50	500	1.16	0.78	0.97
11	50	550	1.28	0.84	1.06
12	50	600	1.40	0.92	1.16
13	50	650	3.05	2.60	2.83
14	50	700	3.57	3.06	3.32
15	50	750	5.41	4.93	5.17
16	50	800	5.97	5.49	5.73
17	50	850	6.64	6.15	6.40
18	50	900	7.12	6.63	6.88
19	50	950	8.96	8.67	8.82

20	50	1000	9.54	9.32	9.43
21	50	1050	10.26	10.11	10.19
22	50	1100	10.83	10.71	10.77
23	50	1150	11.39	11.33	11.36
24	50	1200	11.98	11.98	11.98
25	50	1250	12.60	12.66	12.63
26	50	1300	13.14	13.34	13.24
27	50	1350	13.87	14.03	13.95
28	50	1400	14.63	14.85	14.74
29	50	1450	15.27	15.61	15.44
30	50	1500	16.17	16.63	16.40
31	50	1550	16.89	17.39	17.14
32	50	1600	17.49	18.03	17.76
33	50	1650	18.33	18.88	18.61
34	50	1700	19.00	19.58	19.29
35	50	1750	20.01	20.63	20.32
36	50	1800	20.90	21.53	21.22
37	50	1850	21.78	22.52	22.15
38	50	1960	24.06	24.52	24.29
39	50	2082	26.02	26.52	26.27
40	50	2170	27.91	28.52	28.22
41	50	2214	29.73	30.52	30.13
42	50	2302	31.63	32.52	32.08
43	50	2370	33.45	34.52	33.99
44	50	2460	35.32	36.52	35.92

Grafik Hubungan Beban dan Lendutan
Benda Uji C1-85



Lampiran 12
Hasil Pengujian Balok A1-65

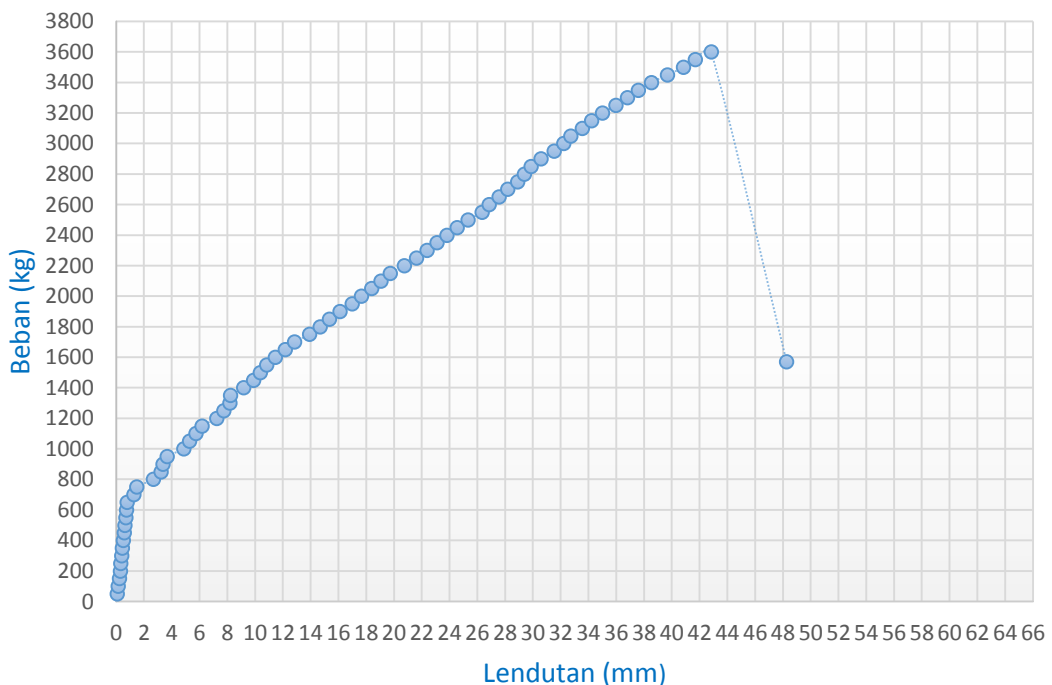
Nama Benda Uji = A1-65
 Tanggal Pengecoran = 02 Maret 2016
 Tanggal Pengujian = 20 April 2016
 Umur beton = 49 Hari
 Tempat Pengujian = Lab. Struktur
 Mutu beton rencana = 15 MPa
 Bata ringan = 6.5 cm

No	Tahap	Beban (kg)	Lendutan (mm)		Rata-Rata (mm)
	Beban (kg)		Titik 1	Titik 2	
1	50	50	0.02	0.14	0.08
2	50	100	0.04	0.27	0.16
3	50	150	0.08	0.39	0.24
4	50	200	0.10	0.50	0.30
5	50	250	0.12	0.56	0.34
6	50	300	0.13	0.68	0.41
7	50	350	0.15	0.76	0.45
8	50	400	0.16	0.88	0.52
9	50	450	0.19	0.98	0.59
10	50	500	0.20	1.08	0.64
11	50	550	0.23	1.16	0.70
12	50	600	0.24	1.25	0.75
13	50	650	0.27	1.33	0.80
14	50	700	0.54	2.01	1.28
15	50	750	0.69	2.29	1.49
16	50	800	1.62	3.74	2.68
17	50	850	2.03	4.43	3.23
18	50	900	2.19	4.57	3.38
19	50	950	2.38	4.95	3.67

20	50	1000	3.38	6.37	4.88
21	50	1050	3.73	6.86	5.30
22	50	1100	4.08	7.39	5.74
23	50	1150	4.44	7.91	6.18
24	50	1200	5.32	9.18	7.25
25	50	1250	5.62	9.90	7.76
26	50	1300	6.10	10.28	8.19
27	50	1350	5.58	10.90	8.24
28	50	1400	6.97	11.39	9.18
29	50	1450	7.67	12.10	9.89
30	50	1500	8.22	12.54	10.38
31	50	1550	8.72	12.94	10.83
32	50	1600	9.47	13.47	11.47
33	50	1650	10.30	14.03	12.17
34	50	1700	11.10	14.57	12.84
35	50	1750	12.49	15.36	13.93
36	50	1800	13.39	15.98	14.69
37	50	1850	14.18	16.55	15.37
38	50	1900	15.05	17.17	16.11
39	50	1950	15.96	18.02	16.99
40	50	2000	16.83	18.49	17.66
41	50	2050	17.69	19.10	18.40
42	50	2100	18.44	19.71	19.08
43	50	2150	19.18	20.27	19.73
44	50	2200	20.32	21.17	20.75
45	50	2250	21.35	21.90	21.63
46	50	2300	22.18	22.57	22.38
47	50	2350	22.97	23.25	23.11
48	50	2400	23.79	23.82	23.81
49	50	2450	24.64	24.46	24.55
50	50	2500	25.51	25.17	25.34
51	50	2550	26.68	26.03	26.36
52	50	2600	27.24	26.47	26.86

53	50	2650	28.02	27.12	27.57
54	50	2700	28.69	27.68	28.19
55	50	2750	29.59	28.23	28.91
56	50	2800	30.13	28.67	29.40
57	50	2850	30.67	29.09	29.88
58	50	2900	31.47	29.73	30.60
59	50	2950	32.23	30.82	31.53
60	50	3000	33.24	31.20	32.22
61	50	3050	33.80	31.66	32.73
62	50	3100	34.76	32.35	33.56
63	50	3150	35.51	32.97	34.24
64	50	3200	36.41	33.62	35.02
65	50	3250	37.48	34.50	35.99
66	50	3300	38.42	35.19	36.81
67	50	3350	39.30	35.90	37.60
68	50	3400	40.36	36.74	38.55
69	50	3450	41.64	37.75	39.70
70	50	3500	42.87	38.83	40.85
71	50	3550	43.80	39.58	41.69
72	50	3600	45.09	40.60	42.85
74	50	1570	49.45	47.10	48.28

Grafik Hubungan Beban dan Lendutan Benda Uji A1-65



Lampiran 13
Hasil Pengujian Balok B1-65

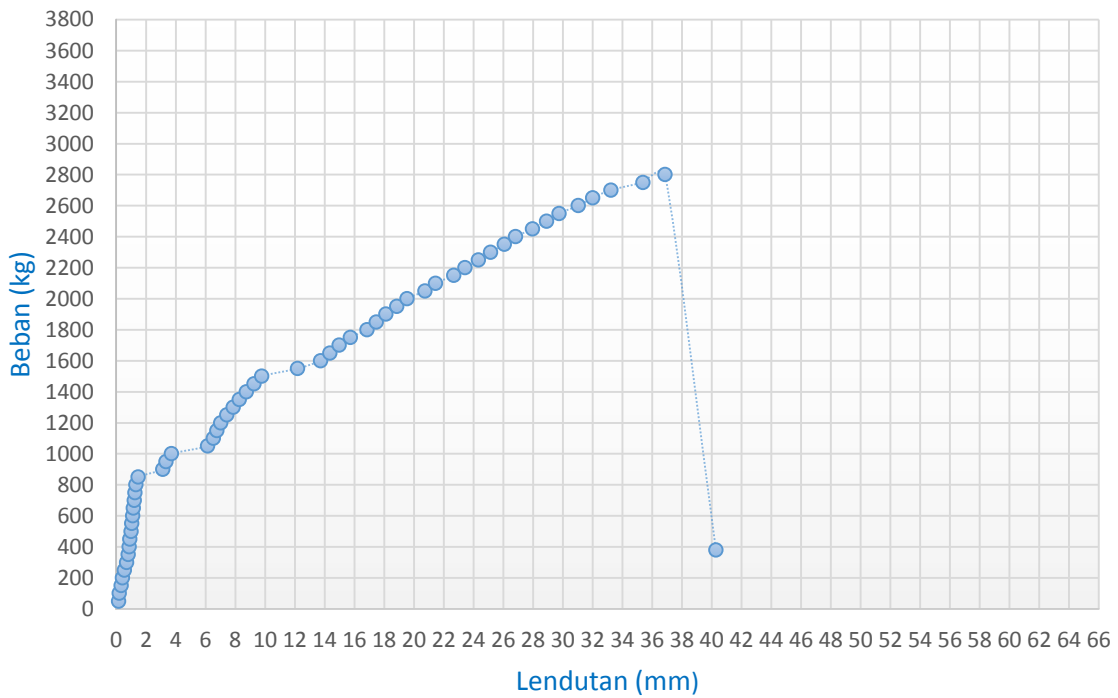
Nama Benda Uji = B1-65
 Tanggal Pengcoran = 02 Maret 2016
 Tanggal Pengujian = 20 April 2016
 Umur beton = 49 Hari
 Tempat Pengujian = Lab. Struktur
 Mutu beton rencana = 15 MPa
 Bata ringan = 6.5 cm

No	Tahap	Beban (kg)	Lendutan (mm)		Rata-Rata (mm)
	Beban (kg)		Titik 1	Titik 2	
1	50	50	0.01	0.32	0.16
2	50	100	0.03	0.39	0.21
3	50	150	0.10	0.57	0.33
4	50	200	0.12	0.73	0.43
5	50	250	0.20	0.91	0.56
6	50	300	0.26	1.15	0.70
7	50	350	0.32	1.31	0.82
8	50	400	0.35	1.39	0.87
9	50	450	0.37	1.47	0.92
10	50	500	0.42	1.57	0.99
11	50	550	0.45	1.63	1.04
12	50	600	0.49	1.71	1.10
13	50	650	0.52	1.79	1.16
14	50	700	0.56	1.89	1.23
15	50	750	0.58	1.95	1.27
16	50	800	0.62	2.01	1.32
17	50	850	0.66	2.27	1.47
18	50	900	1.97	4.28	3.13
19	50	950	2.16	4.51	3.34

20	50	1000	2.41	5.01	3.71
21	50	1050	4.36	7.93	6.15
22	50	1100	4.68	8.39	6.54
23	50	1150	4.91	8.63	6.77
24	50	1200	5.12	8.93	7.03
25	50	1250	5.38	9.48	7.43
26	50	1300	5.67	10.06	7.87
27	50	1350	6.06	10.49	8.28
28	50	1400	6.48	11.02	8.75
29	50	1450	6.93	11.57	9.25
30	50	1500	7.44	12.10	9.77
31	50	1550	10.12	14.24	12.18
32	50	1600	11.92	15.52	13.72
33	50	1650	12.62	16.08	14.35
34	50	1700	13.36	16.58	14.97
35	50	1750	14.33	17.13	15.73
36	50	1800	15.47	18.21	16.84
37	50	1850	16.14	18.79	17.47
38	50	1900	16.84	19.39	18.12
39	50	1950	17.70	19.99	18.85
40	50	2000	18.46	20.59	19.53
41	50	2050	19.82	21.66	20.74
42	50	2100	20.60	22.29	21.45
43	50	2150	21.97	23.40	22.69
44	50	2200	22.78	24.07	23.43
45	50	2250	23.79	24.86	24.33
46	50	2300	24.71	25.59	25.15
47	50	2350	25.71	26.43	26.07
48	50	2400	26.59	27.08	26.84
49	50	2450	27.78	28.14	27.96
50	50	2500	28.82	28.99	28.91
51	50	2550	29.74	29.75	29.75
52	50	2600	31.20	30.90	31.05

53	50	2650	32.23	31.77	32.00
54	50	2700	33.60	32.88	33.24
55	50	2750	35.94	34.81	35.38
56	50	2800	37.63	36.12	36.88
57	50	380	39.06	41.53	40.30

Grafik Hubungan Beban dan Lendutan
Benda Uji B1-65



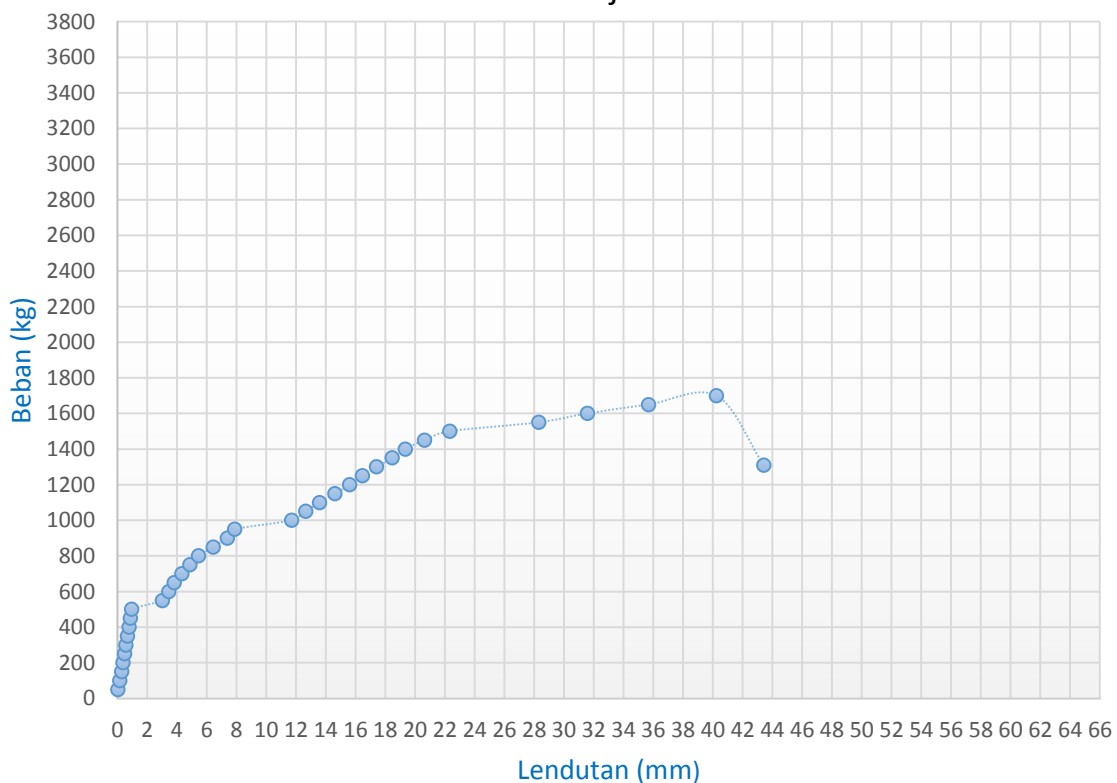
Lampiran 14
Hasil Pengujian Balok C1-65

Nama Benda Uji = C1-65
 Tanggal Pengecoran = 02 Maret 2016
 Tanggal Pengujian = 20 April 2016
 Umur beton = 49 Hari
 Tempat Pengujian = Lab. Struktur
 Mutu beton rencana = 15 MPa
 Bata ringan = 6.5 cm

No	Tahap	Beban (kg)	Lendutan (mm)		Rata-Rata (mm)
	Beban (kg)		Titik 1	Titik 2	
1	50	50	0.04	0.02	0.03
2	50	100	0.09	0.21	0.15
3	50	150	0.17	0.37	0.27
4	50	200	0.22	0.51	0.36
5	50	250	0.28	0.66	0.47
6	50	300	0.35	0.78	0.57
7	50	350	0.40	0.92	0.66
8	50	400	0.47	1.06	0.77
9	50	450	0.53	1.19	0.86
10	50	500	0.58	1.30	0.94
11	50	550	2.18	3.82	3.00
12	50	600	2.55	4.35	3.45
13	50	650	2.85	4.75	3.80
14	50	700	3.31	5.35	4.33
15	50	750	3.80	5.93	4.87
16	50	800	4.24	6.64	5.44
17	50	850	5.44	7.40	6.42
18	50	900	6.54	8.22	7.38
19	50	950	7.12	8.64	7.88

20	50	1000	11.67	11.73	11.70
21	50	1050	12.75	12.53	12.64
22	50	1100	13.81	13.31	13.56
23	50	1150	14.87	14.35	14.61
24	50	1200	16.11	15.07	15.59
25	50	1250	17.08	15.80	16.44
26	50	1300	18.16	16.65	17.41
27	50	1350	19.28	17.63	18.46
28	50	1400	20.06	18.60	19.33
29	50	1450	21.77	19.46	20.62
30	50	1500	23.68	20.95	22.32
31	50	1550	30.28	26.30	28.29
32	50	1600	33.91	29.21	31.56
33	50	1650	37.75	33.60	35.68
34	50	1700	43.69	36.78	40.24
35	50	1310	46.97	39.84	43.41

Grafik Hubungan Beban dan Lendutan
Benda Uji C1-65



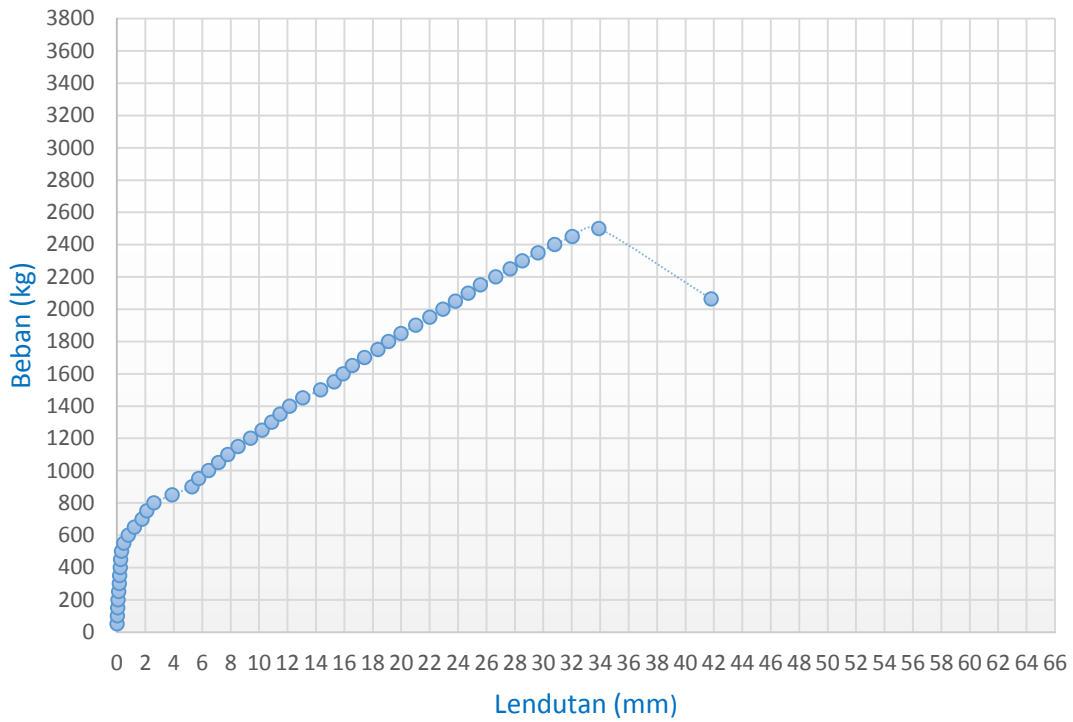
Lampiran 15
Hasil Pengujian Balok A2-85

Nama Benda Uji = A2-85
 Tanggal Pengcoran = 11 Maret 2016
 Tanggal Pengujian = 12 April 2016
 Umur beton = 32 Hari
 Tempat Pengujian = Lab. Struktur
 Mutu beton rencana = 25 MPa
 Bata ringan = 8.5 cm

No	Tahap	Beban (kg)	Lendutan (mm)		Rata-Rata (mm)
	Beban (kg)		Titik 1	Titik 2	
1	50	50	0.03	0.00	0.02
2	50	100	0.07	0.00	0.04
3	50	150	0.11	0.00	0.05
4	50	200	0.16	0.00	0.08
5	50	250	0.23	0.00	0.12
6	50	300	0.33	0.00	0.17
7	50	350	0.38	0.00	0.19
8	50	400	0.47	0.00	0.23
9	50	450	0.54	0.00	0.27
10	50	500	0.64	0.00	0.32
11	50	550	0.96	0.00	0.48
12	50	600	1.59	0.02	0.81
13	50	650	2.18	0.26	1.22
14	50	700	2.62	0.93	1.78
15	50	750	2.92	1.31	2.12
16	50	800	3.29	1.91	2.60
17	50	850	4.31	3.48	3.90
18	50	900	5.79	4.76	5.28
19	50	950	6.32	5.17	5.75

20	50	1000	7.15	5.74	6.45
21	50	1050	8.02	6.30	7.16
22	50	1100	8.74	6.87	7.81
23	50	1150	9.69	7.36	8.53
24	50	1200	10.76	8.03	9.40
25	50	1250	11.74	8.71	10.23
26	50	1300	12.54	9.26	10.90
27	50	1350	13.19	9.76	11.48
28	50	1400	13.93	10.36	12.15
29	50	1450	15.02	11.11	13.07
30	50	1500	16.46	12.20	14.33
31	50	1550	17.60	12.97	15.29
32	50	1600	18.22	13.61	15.92
33	50	1650	18.96	14.19	16.58
34	50	1700	19.91	14.92	17.42
35	50	1750	20.97	15.78	18.38
36	50	1800	21.77	16.43	19.10
37	50	1850	22.76	17.23	20.00
38	50	1900	23.87	18.18	21.03
39	50	1950	24.98	19.05	22.02
40	50	2000	25.99	19.87	22.93
41	50	2050	26.98	20.65	23.82
42	50	2100	27.96	21.46	24.71
43	50	2150	28.93	22.24	25.59
44	50	2200	30.11	23.19	26.65
45	50	2250	31.26	24.10	27.68
46	50	2300	32.18	24.87	28.53
47	50	2350	33.46	25.81	29.64
48	50	2400	34.72	26.88	30.80
49	50	2450	36.10	27.97	32.04
50	50	2500	38.08	29.72	33.90
51	50	2063	47.39	36.23	41.81

Grafik Hubungan Beban dan Lendutan
Benda Uji A2-85



Lampiran 16
Hasil Pengujian Balok B2-85

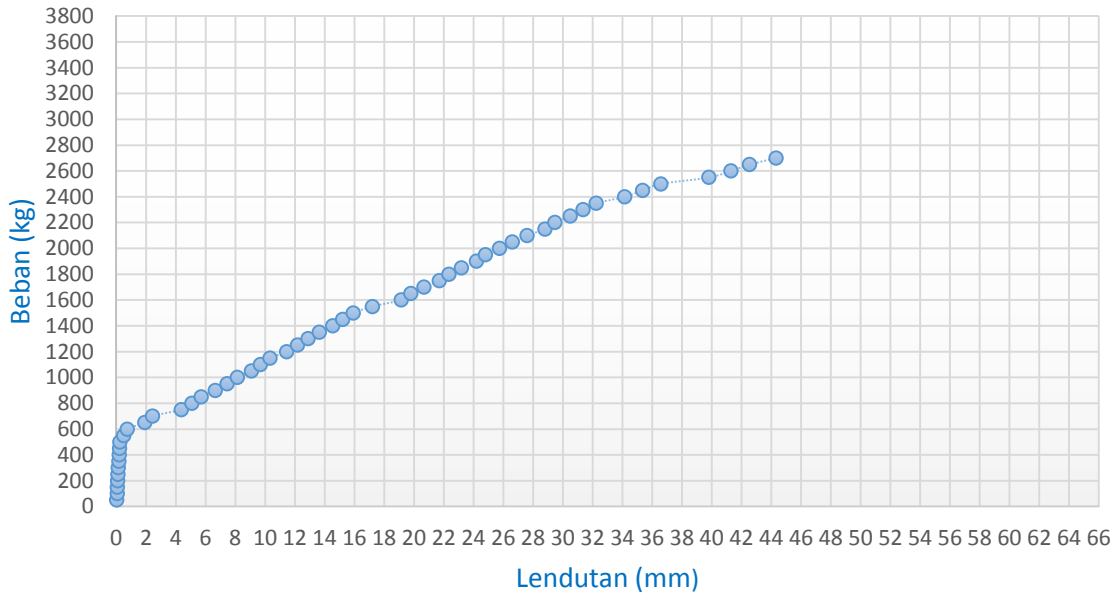
Nama Benda Uji = B2-85
 Tanggal Pengcoran = 11 Maret 2016
 Tanggal Pengujian = 11 April 2016
 Umur beton = 31 Hari
 Tempat Pengujian = Lab. Struktur
 Mutu beton rencana = 25 MPa
 Bata ringan = 8.5 cm

No	Tahap	Beban (kg)	Lendutan (mm)		Rata-Rata (mm)
	Beban (kg)		Titik 1	Titik 2	
1	50	50	0.08	0.00	0.04
2	50	100	0.13	0.00	0.06
3	50	150	0.16	0.00	0.08
4	50	200	0.21	0.00	0.11
5	50	250	0.25	0.00	0.13
6	50	300	0.29	0.01	0.15
7	50	350	0.35	0.01	0.18
8	50	400	0.39	0.01	0.20
9	50	450	0.42	0.02	0.22
10	50	500	0.47	0.03	0.25
11	50	550	0.88	0.15	0.51
12	50	600	1.13	0.37	0.75
13	50	650	2.19	1.64	1.92
14	50	700	2.69	2.21	2.45
15	50	750	4.63	4.11	4.37
16	50	800	5.42	4.76	5.09
17	50	850	6.19	5.23	5.71
18	50	900	7.30	6.00	6.65
19	50	950	8.19	6.73	7.46

20	50	1000	9.03	7.26	8.15
21	50	1050	10.14	8.03	9.09
22	50	1100	10.80	8.58	9.69
23	50	1150	11.54	9.12	10.33
24	50	1200	12.86	10.02	11.44
25	50	1250	13.69	10.66	12.18
26	50	1300	14.49	11.30	12.90
27	50	1350	15.31	11.97	13.64
28	50	1400	16.34	12.74	14.54
29	50	1450	17.08	13.34	15.21
30	50	1500	17.89	13.96	15.93
31	50	1550	19.40	15.03	17.22
32	50	1600	21.70	16.58	19.14
33	50	1650	22.35	17.25	19.80
34	50	1700	23.35	17.99	20.67
35	50	1750	24.51	18.89	21.70
36	50	1800	25.22	19.48	22.35
37	50	1850	26.11	20.26	23.19
38	50	1900	27.23	21.17	24.20
39	50	1950	27.80	21.80	24.80
40	50	2000	28.82	22.66	25.74
41	50	2050	29.84	23.36	26.60
42	50	2100	30.95	24.25	27.60
43	50	2150	32.24	25.35	28.80
44	50	2200	32.95	26.01	29.48
45	50	2250	34.14	26.85	30.50
46	50	2300	35.05	27.69	31.37
47	50	2350	36.06	28.44	32.25
48	50	2400	38.20	30.13	34.17
49	50	2450	39.54	31.18	35.36
50	50	2500	40.91	32.28	36.60

51	50	2550	44.66	34.98	39.82
52	50	2600	46.27	36.31	41.29
53	50	2650	47.67	37.43	42.55
54	50	2700	49.47	39.17	44.32

Grafik Hubungan Beban dan Lendutan
Benda Uji B2-85



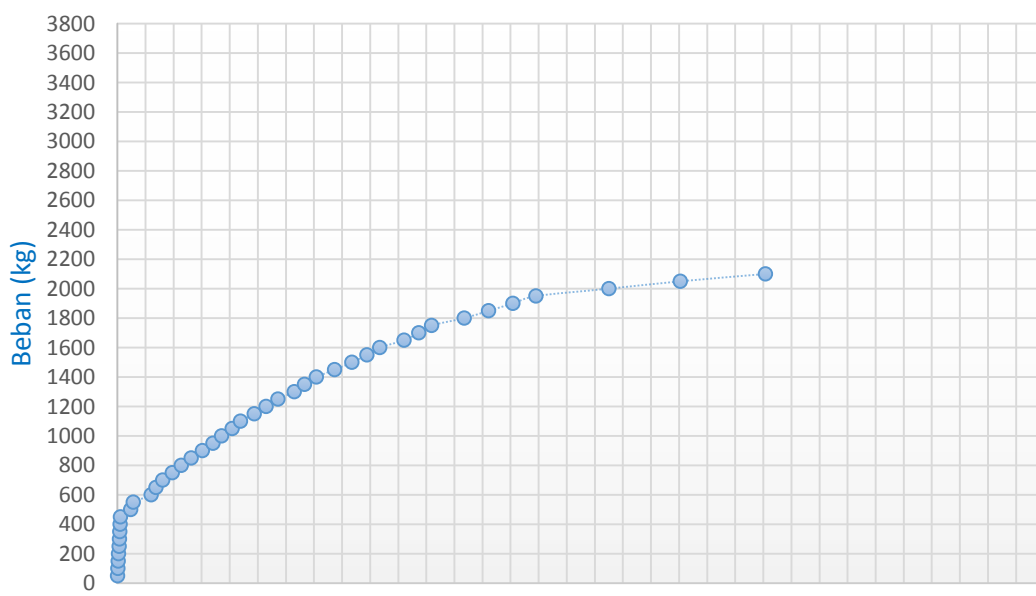
Lampiran 17
Hasil Pengujian Balok C2-85

Nama Benda Uji = C2-85
 Tanggal Pengecoran = 11 Maret 2016
 Tanggal Pengujian = 11 April 2016
 Umur beton = 31 Hari
 Tempat Pengujian = Lab. Struktur
 Mutu beton rencana = 25 MPa
 Bata ringan = 8.5 cm

No	Tahap	Beban (kg)	Lendutan (mm)		Rata-Rata (mm)
	Beban (kg)		Titik 1	Titik 2	
1	50	50	0.00	0.03	0.02
2	50	100	0.00	0.08	0.04
3	50	150	0.00	0.14	0.07
4	50	200	0.00	0.19	0.09
5	50	250	0.00	0.24	0.12
6	50	300	0.00	0.30	0.15
7	50	350	0.00	0.35	0.18
8	50	400	0.00	0.41	0.20
9	50	450	0.00	0.46	0.23
10	50	500	0.05	1.85	0.95
11	50	550	0.06	2.20	1.13
12	50	600	0.24	4.59	2.42
13	50	650	0.34	5.18	2.76
14	50	700	0.44	6.02	3.23
15	50	750	0.51	7.31	3.91
16	50	800	0.53	8.58	4.56
17	50	850	0.54	9.96	5.25
18	50	900	0.94	11.17	6.06
19	50	950	1.19	12.43	6.81

20	50	1000	1.50	13.33	7.42
21	50	1050	1.98	14.36	8.17
22	50	1100	2.41	15.14	8.78
23	50	1150	3.02	16.47	9.75
24	50	1200	3.63	17.57	10.60
25	50	1250	4.23	18.64	11.44
26	50	1300	5.11	20.11	12.61
27	50	1350	5.69	20.96	13.33
28	50	1400	6.34	22.03	14.19
29	50	1450	7.25	23.69	15.47
30	50	1500	8.33	25.08	16.71
31	50	1550	9.27	26.27	17.77
32	50	1600	10.35	27.01	18.68
33	50	1650	12.25	28.60	20.43
34	50	1700	13.43	29.53	21.48
35	50	1750	14.41	30.34	22.38
36	50	1800	16.89	32.51	24.70
37	50	1850	18.66	34.23	26.45
38	50	1900	20.40	35.95	28.18
39	50	1950	21.99	37.63	29.81
40	50	2000	27.31	42.72	35.02
41	50	2050	32.39	47.81	40.10
42	50	2100	39.60	52.73	46.17

Grafik Hubungan Beban dan Lendutan
Benda Uji C2-85



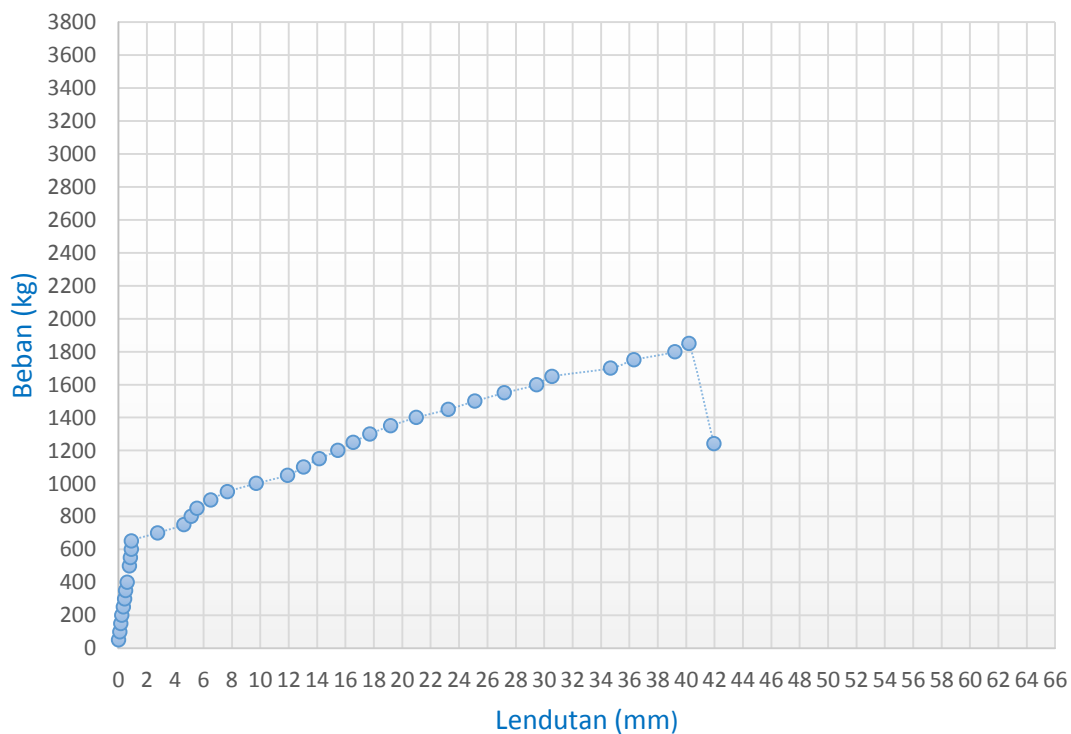
Lampiran 18
Hasil Pengujian Balok A2-65

Nama Benda Uji = A2-65
 Tanggal Pengecoran = 11 Maret 2016
 Tanggal Pengujian = 13 April 2016
 Umur beton = 33 Hari
 Tempat Pengujian = Lab. Struktur
 Mutu beton rencana = 25 MPa
 Bata ringan = 6.5 cm

No	Tahap	Beban (kg)	Lendutan (mm)		Rata-Rata (mm)
	Beban (kg)		Titik 1	Titik 2	
1	50	50	0.00	0.01	0.00
2	50	100	0.06	0.14	0.10
3	50	150	0.09	0.22	0.16
4	50	200	0.15	0.32	0.24
5	50	250	0.22	0.44	0.33
6	50	300	0.28	0.56	0.42
7	50	350	0.34	0.67	0.51
8	50	400	0.42	0.79	0.61
9	50	450			
10	50	500	0.54	0.98	0.76
11	50	550	0.61	1.07	0.84
12	50	600	0.66	1.16	0.91
13	50	650	-1.25	3.04	0.90
14	50	700	2.03	3.46	2.75
15	50	750	3.59	5.61	4.60
16	50	800	4.07	6.16	5.12
17	50	850	4.35	6.71	5.53
18	50	900	5.52	7.45	6.49
19	50	950	6.94	8.41	7.68

20	50	1000	9.38	10.03	9.71
21	50	1050	11.99	11.82	11.91
22	50	1100	13.34	12.71	13.03
23	50	1150	14.58	13.69	14.14
24	50	1200	16.12	14.78	15.45
25	50	1250	17.34	15.74	16.54
26	50	1300	18.62	16.77	17.70
27	50	1350	20.23	18.10	19.17
28	50	1400	22.28	19.65	20.97
29	50	1450	24.73	21.74	23.24
30	50	1500	26.78	23.43	25.11
31	50	1550	29.09	25.27	27.18
32	50	1600	31.60	27.30	29.45
33	50	1650	32.83	28.26	30.55
34	50	1700	37.27	32.08	34.68
35	50	1750	38.68	33.92	36.30
36	50	1800	40.51	37.88	39.20
37	50	1850	40.56	39.80	40.18
38	50	1242	41.72	42.16	41.94

Grafik Hubungan Beban dan Lendutan
Benda Uji A2-65



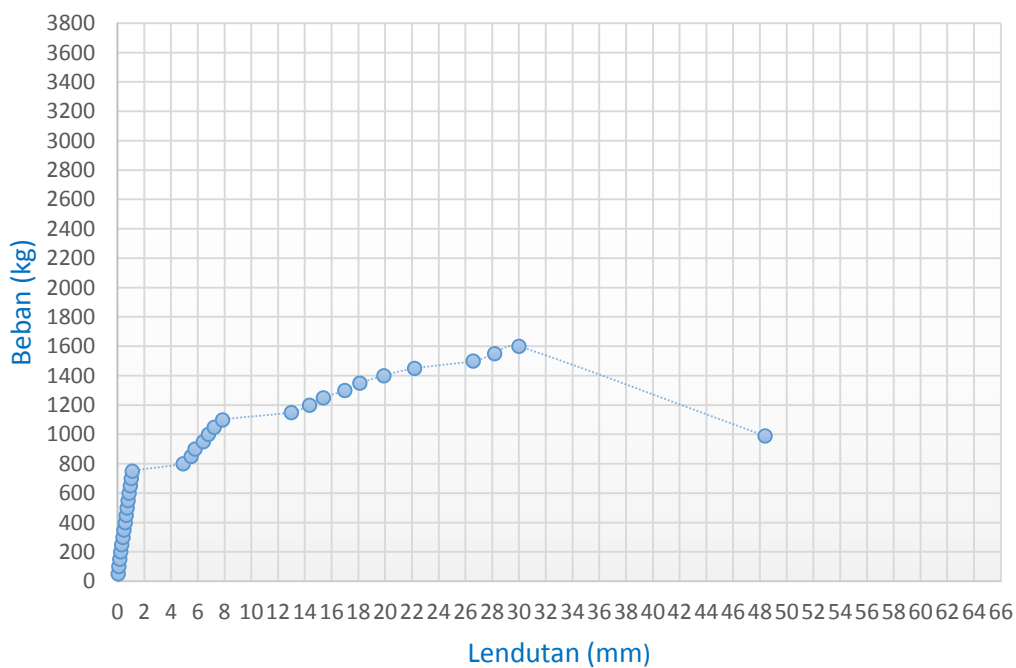
Lampiran 19
Hasil Pengujian Balok B2-65

Nama Benda Uji = B2-65
 Tanggal Pengcoran = 11 Maret 2016
 Tanggal Pengujian = 13 April 2016
 Umur beton = 33 Hari
 Tempat Pengujian = Lab. Struktur
 Mutu beton rencana = 25 MPa
 Bata ringan = 6.5 cm

No	Tahap	Beban (kg)	Lendutan (mm)		Rata-Rata (mm)
	Beban (kg)		Titik 1	Titik 2	
1	50	50	0.03	0.08	0.05
2	50	100	0.04	0.13	0.09
3	50	150	0.09	0.24	0.16
4	50	200	0.11	0.35	0.23
5	50	250	0.15	0.49	0.32
6	50	300	0.17	0.62	0.40
7	50	350	0.19	0.75	0.47
8	50	400	0.24	0.89	0.56
9	50	450	0.28	1.03	0.65
10	50	500	0.31	1.13	0.72
11	50	550	0.35	1.24	0.79
12	50	600	0.39	1.33	0.86
13	50	650	0.45	1.45	0.95
14	50	700	0.50	1.57	1.04
15	50	750	0.54	1.66	1.10
16	50	800	3.37	6.42	4.90
17	50	850	3.86	7.13	5.50
18	50	900	4.10	7.49	5.80
19	50	950	4.60	8.22	6.41

20	50	1000	4.85	8.72	6.79
21	50	1050	5.24	9.20	7.22
22	50	1100	5.78	9.89	7.84
23	50	1150	11.19	14.76	12.98
24	50	1200	12.83	15.89	14.36
25	50	1250	13.87	16.88	15.38
26	50	1300	15.80	18.18	16.99
27	50	1350	17.01	19.21	18.11
28	50	1400	18.90	20.88	19.89
29	50	1450	21.40	22.98	22.19
30	50	1500	26.21	26.92	26.57
31	50	1550	27.93	28.43	28.18
32	50	1600	29.99	30.00	30.00
33	50	990	52.24	44.53	48.39

Grafik Hubungan Beban dan Lendutan
Benda Uji B2-65



Lampiran 20

Hasil Pengujian Balok C2-65

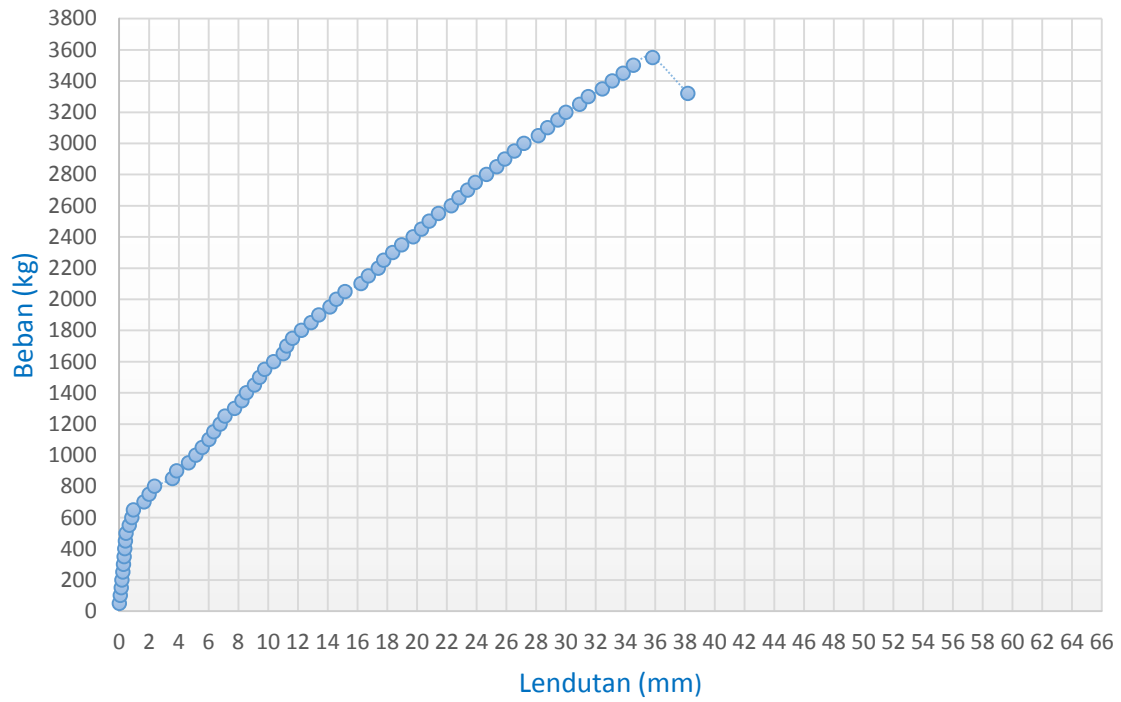
Nama Benda Uji	=	C2-65
Tanggal Pengecoran	=	11 Maret 2016
Tanggal Pengujian	=	12 April 2016
Umur beton	=	32 Hari
Tempat Pengujian	=	Lab. Struktur
Mutu beton rencana	=	25 MPa
Bata ringan	=	6.5 cm

No	Tahap	Beban (kg)	Lendutan (mm)		Rata-Rata (mm)
	Beban (kg)		Titik 1	Titik 2	
1	50	50	0.01	0.02	0.01
2	50	100	0.03	0.14	0.09
3	50	150	0.04	0.22	0.13
4	50	200	0.06	0.32	0.19
5	50	250	0.07	0.41	0.24
6	50	300	0.07	0.50	0.29
7	50	350	0.07	0.60	0.34
8	50	400	0.08	0.68	0.38
9	50	450	0.08	0.76	0.42
10	50	500	0.08	0.86	0.47
11	50	550	0.19	1.18	0.68
12	50	600	0.27	1.44	0.86
13	50	650	0.33	1.60	0.97
14	50	700	0.77	2.55	1.66
15	50	750	1.03	2.97	2.00
16	50	800	1.33	3.44	2.39
17	50	850	2.24	4.94	3.59
18	50	900	2.81	4.92	3.87
19	50	950	3.05	6.26	4.66

20	50	1000	3.40	6.92	5.16
21	50	1050	3.70	7.45	5.58
22	50	1100	4.09	7.98	6.04
23	50	1150	4.35	8.38	6.37
24	50	1200	4.67	8.92	6.80
25	50	1250	4.91	9.32	7.12
26	50	1300	5.39	10.12	7.76
27	50	1350	5.60	10.91	8.26
28	50	1400	6.03	11.08	8.56
29	50	1450	6.46	11.70	9.08
30	50	1500	6.75	12.10	9.43
31	50	1550	7.00	12.56	9.78
32	50	1600	7.63	13.14	10.39
33	50	1650	8.27	13.75	11.01
34	50	1700	8.47	14.03	11.25
35	50	1750	8.90	14.39	11.65
36	50	1800	9.60	14.89	12.25
37	50	1850	10.32	15.46	12.89
38	50	1900	10.87	15.94	13.41
39	50	1950	11.75	16.57	14.16
40	50	2000	12.24	16.93	14.59
41	50	2050	12.88	17.48	15.18
42	50	2100	13.89	18.62	16.26
43	50	2150	14.64	18.82	16.73
44	50	2200	15.38	19.43	17.41
45	50	2250	15.73	19.81	17.77
46	50	2300	16.44	20.31	18.38
47	50	2350	17.12	20.83	18.98
48	50	2400	17.97	21.54	19.76
49	50	2450	18.58	22.04	20.31
50	50	2500	19.15	22.50	20.83
51	50	2550	19.84	23.07	21.46
52	50	2600	20.79	23.85	22.32

53	50	2650	21.35	24.32	22.84
54	50	2700	21.97	24.84	23.41
55	50	2750	22.52	25.34	23.93
56	50	2800	23.37	25.98	24.68
57	50	2850	24.13	26.60	25.37
58	50	2900	24.71	27.10	25.91
59	50	2950	25.41	27.66	26.54
60	50	3000	26.12	28.25	27.19
61	50	3050	27.19	29.13	28.16
62	50	3100	27.88	29.68	28.78
63	50	3150	28.61	30.32	29.47
64	50	3200	29.26	30.77	30.02
65	50	3250	30.23	31.62	30.93
66	50	3300	30.82	32.22	31.52
67	50	3350	31.92	32.99	32.46
68	50	3400	32.66	33.58	33.12
69	50	3450	33.47	34.26	33.87
70	50	3500	34.18	34.92	34.55
71	50	3550	35.59	36.06	35.83
72	50	3320	38.31	38.10	38.21

Grafik Hubungan Beban dan Lendutan
Benda Uji C2-65



LAMPIRAN 21

Gambar Persiapan Pembuatan Benda Uji



Gambar 1. Bekisting balok



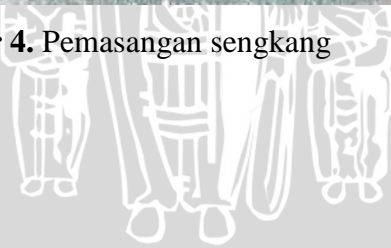
Gambar 2. Pematongan bata ringan



Gambar 3. Pelapisan tulangan bambu dengan cat dan pasir



Gambar 4. Pemasangan sengkang





Gambar 5. Pengecoran balok



Gambar 6. Uji Slump



Gambar 7. Benda uji silinder



Gambar 8. Beton segar benda uji



Gambar 9. Pengujian kuat tekan



Gambar 10. Setting alat untuk pengujian kuat lentur

LAMPIRAN 22
Gambar Hasil Pengujian



Gambar 1. Benda Uji A1-85



Gambar 2. Benda Uji B1-85



Gambar 3. Benda Uji C1-85



Gambar 4. Benda Uji A1-65



Gambar 5. Benda Uji B1-65



Gambar 6. Benda Uji C1-65



Gambar 7. Benda Uji A2-85



Gambar 8. Benda Uji B2-85



Gambar 9. Benda Uji C2-85



Gambar 10. Benda Uji A2-65



Gambar 11. Benda Uji B2-65

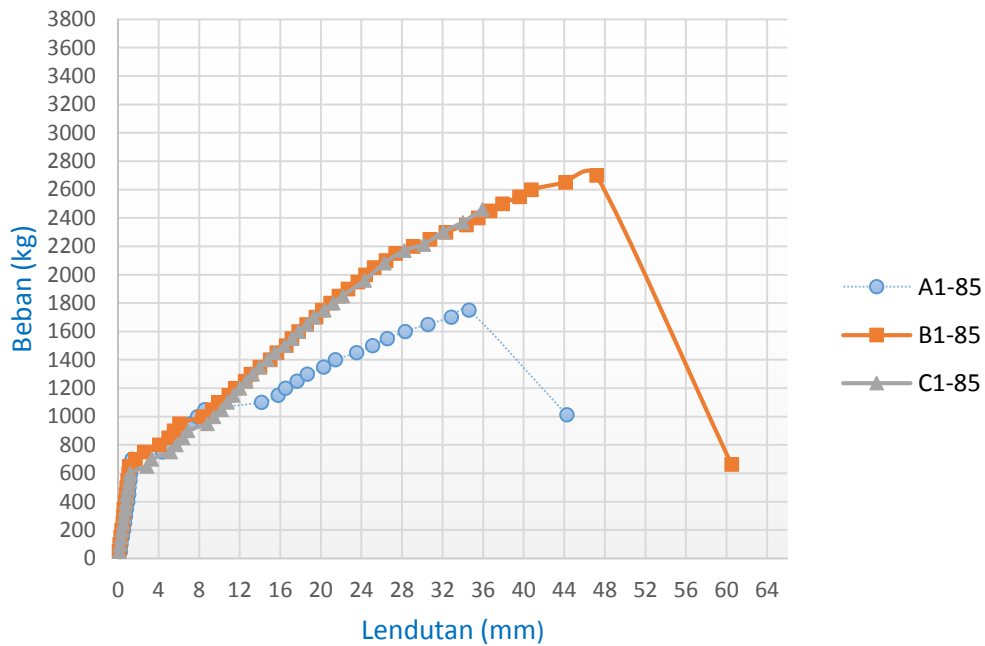


Gambar 12. Benda Uji C2-65

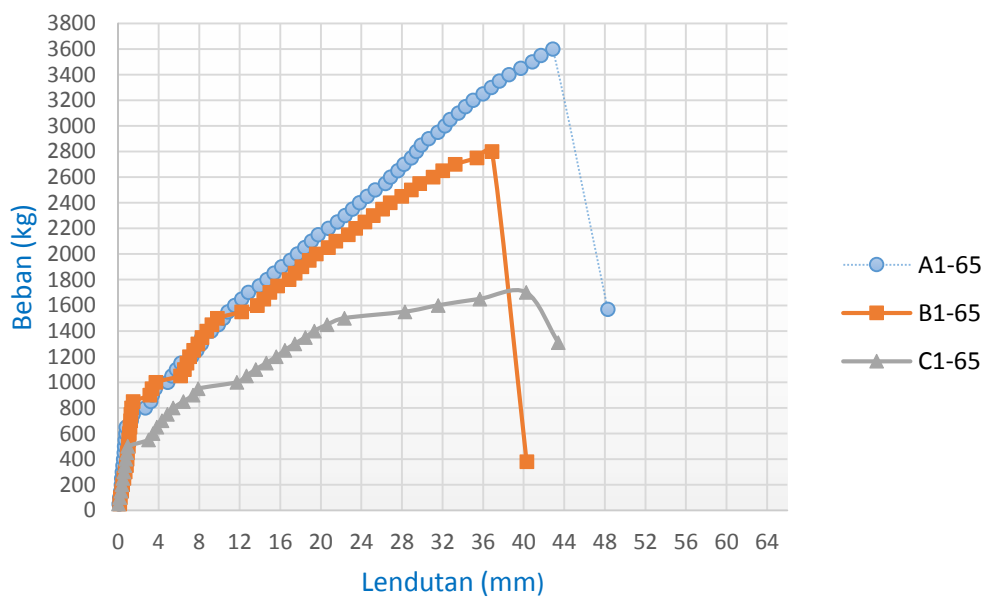
LAMPIRAN 23

Grafik P delta Hasil Pengujian

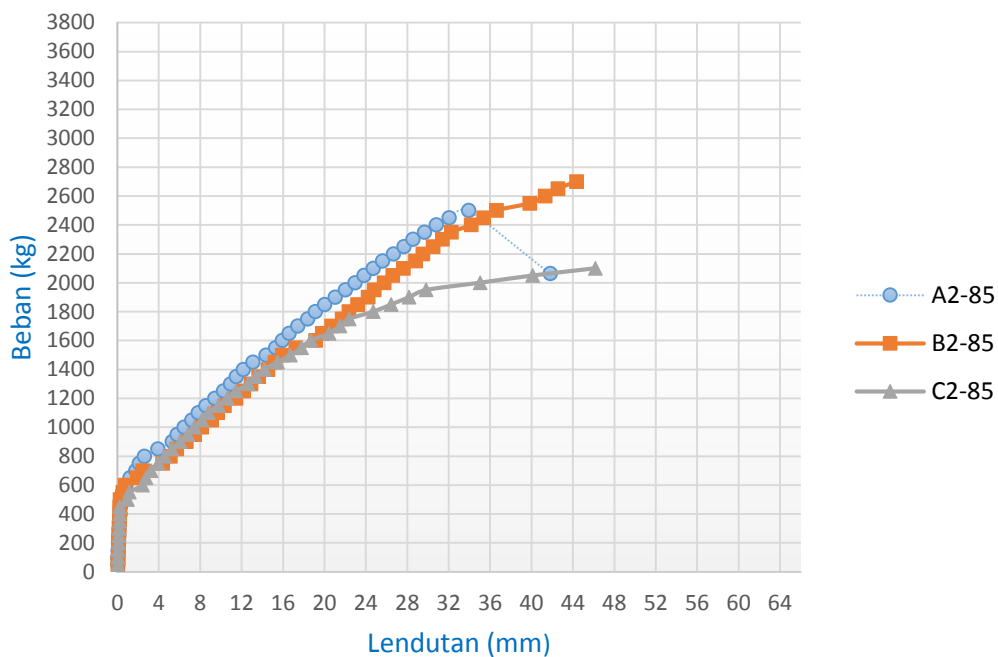
Grafik Hubungan Beban dan Lendutan
Benda Uji 1-85



Grafik Hubungan Beban dan Lendutan
Benda Uji 1-65



Grafik Hubungan Beban dan Lendutan
Benda Uji 2-85



Grafik Hubungan Beban dan Lendutan
Benda Uji 2-65

