

**TUGAS AKHIR**

**BALOK BETON BERTULANGAN BAMBU WULUNG  
TANPA PILINAN**

**Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Yogyakarta Untuk Memenuhi  
Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana Strata Satu Teknik Sipil**



**Beta Sanditias Utomo  
05.511.026**

**JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PENERENCANAAN  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
YOGYAKARTA  
2011**

## ABSTRACT

*The more expensive and the limited resources currently reinforcing steel will be a serious problem in the future, expect the existence of an alternative reinforcing steel is cheaper and easier in its natural resources. Overcome the problem, as an alternative try using a cheap bamboo reinforcement and high-powered, but its realization is not easy because bamboo has a weakness on the hygroscopic nature (flowers shrinkage) is high, these properties affect the adhesion of bamboo decreases. But this problem can be overcome by hygroscopic varnish provision, so the swell decrease will be reduced even disappear.*

*This study uses bamboo as a reinforcement wulung without torsion beam concrete. Tests performed by the method of two-point loading, cracks are expected in this test is cracked bending. Reinforcement is made of two bamboo similar to beef bamboo section coincide with each other and the skin on the outside, then tied wire reinforcement bendrat to prevent shifting or damage.*

*Results showed that the contribution of bamboo reinforcement on average between the moment of crack initiation (experiment) with the moment calculations (theoretical) at 17:04%. Concluded that bamboo has a chance to be used as reinforcement, especially for simple concrete structures.*

*Keyword: bamboo reinforced concrete beams, bamboo reinforcement, flexural strength.*

## ABSTRAK

Semakin mahal dan terbatasnya sumber daya baja tulangan saat ini akan menjadi persoalan serius dimasa yang akan datang, diharapkan adanya alternatif pengganti baja tulangan yang lebih murah dan mudah dalam sumber daya alamnya. Mengatasi problem tersebut, sebagai alternatif dicoba pemakaian tulangan bambu yang murah dan berkekuatan tinggi, namun realisasinya tidaklah mudah karena bambu memiliki kelemahan pada sifat *higroskopis* (kembang susut) yang tinggi, sifat ini berdampak pada daya lekat bambu yang menurun. Namun masalah *higroskopis* ini dapat diatasi dengan pemberian vernis, sehingga kembang susutnya akan berkurang bahkan dapat hilang.

Penelitian ini menggunakan bambu wulung tanpa pilinan sebagai tulangan balok beton. Pengujian dilakukan dengan metode pembebanan dua titik, retak yang diharapkan pada pengujian ini adalah retak lentur. Tulangan dibuat dari 2 bilah bambu yang sama dengan bagian daging bambu saling berhimpit dan bagian kulit di sisi luar, kemudian diikat menggunakan kawat bendrat untuk mencegah tulangan bergeser atau rusak.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kontribusi tulangan bambu rata-rata antara momen retak awal (eksperimen) dengan momen perhitungan (teoritis) sebesar 17.04 %. Disimpulkan bahwa bambu memiliki peluang untuk digunakan sebagai tulangan, khususnya untuk struktur beton sederhana.

Kata kunci: Balok beton bertulang bambu, tulangan bambu, kuat lentur

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Distribusi tegangan-regangan pada beton .....	15
Gambar 3.2 Diagram tegangan rectangular Whitney.....	15
Gambar 3.3 Hub umur-kuat tekan pada unsur-unsur semen.....	18
Gambar 3.4 Pengujian nilai slump .....	21
Gambar 3.5 Momen yang terjadi pada pembebanan.....	24
Gambar 3.6 Hub beban dan lendutan .....	25
Gambar 3.7 Grafik hub beban-lendutan pada balok .....	26
Gambar 4.1 Perangkaian tulangan bambu .....	28
Gambar 4.2 Pembuatan bekisting .....	29
Gambar 4.3 Detail penampang benda uji balok .....	30
Gambar 4.4 Mistar dan Kaliper.....	31
Gambar 4.5 Timbangan.....	31
Gambar 4.6 Mesin uji Desak tipe ADR 3000 .....	32
Gambar 4.7 Mesin uji Tarik <i>Shimatsu</i> UMH 30.....	32
Gambar 4.8 Mesin Mesin pengaduk campuran beton.....	33
Gambar 4.9 Cetakan silinder beton.....	33
Gambar 4.10 Gelas ukur .....	34
Gambar 4.11 Perlengkapan <i>Slump test</i> .....	34
Gambar 4.12 <i>Dial gauge</i> yang dipakai dalam penelitian.....	35
Gambar 4.13 Pengujian tarik bambu.....	35
Gambar 4.14 Persiapan Pengujian desak silinder .....	36
Gambar 4.16 Metode pengujian lentur.....	38
Gambar 4.17 Persiapan pengujian balok.....	39
Gambar 4.18 Perawatan benda uji Balok.....	39
Gambar 4.19 <i>Flow chart Penelitian</i> .....	43
Gambar 5.1 Grafik Teg-Reg Beton umur 28 hari .....	47
Gambar 5.2 Kerusakan pada benda uji balok.....	47
Gambar 5.3 Grafik Hubungan Beban-lendutan Balok 1 .....	55
Gambar 5.4 Grafik Hubungan Beban-lendutan Balok 2.....	55

Gambar 5.5 Grafik Hubungan Beban-lendutan Balok 3.....	56
Gambar 5.6 Pola retak balok uji 1.....	57
Gambar 5.7 Pola retak balok uji 2.....	58
Gambar 5.8 Pola retak balok uji 3.....	58



# DAFTAR ISI

	Halaman
Judul	i
Pengesahan	ii
Motto dan Persembahan	iii
ABSTRAK	iv
<i>ABSTRACT</i>	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR LAMPIRAN	x
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	1
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Manfaat Penelitian	2
1.5 Batasan Masalah	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1. Tinjauan Umum	4
2.2. Sifat-Sifat Bambu	5
2.3. Berat Jenis Bambu	7
2.4. Pemanfaatan Tanaman Bambu	10
2.5. Batang bambu	10
2.6. Penelitian yang pernah dilakukan	11
BAB III LANDASAN TEORI	11
3.1 Beton	13
3.2 Bambu Sebagai bahan Tulangan	13
3.3 Lekatan	14

3.4	Analisa Balok Persegi Terlentur	14
3.5	Modulus Elastisitas	16
3.6	Semen	17
3.7	Air	18
3.8	Agregat	19
	3.8.1 Agregat Kasar (kerikil)	19
	3.8.2 Agregat Halus (pasir)	20
3.9	Faktor Air Semen	20
3.10	<i>Workability</i>	21
3.11	Nilai Slump	21
3.12	<i>Bleeding</i>	22
3.13	Metode Perancangan adukan beton	23
3.14	Metode Pengujian Kuat desak Beton	23
3.15	Metode Pengujian Kuat Lentur Beton	24
3.16	Hubungan Beban dan Lendutan	25
<b>BAB IV METODE PENELITIAN</b>		27
4.1	Metode Penelitian	27
4.2	Studi Pustaka	27
4.3	Pembuatan Tulangan Bambu	27
4.4	Pembuatan Bekisting	28
4.5	Pembuatan Benda Uji	29
4.6	Peralatan Penelitian	30
4.7	Pengujian Tarik Bambu	35
4.8	Pengujian Desak Silinder	36
4.9	Persiapan dan Pengujian Lentur balok	37
4.10	Perawatan Benda Uji	39
4.11	Pengujian benda Uji	40
	4.11.1 Pelaksanaan Uji Tarik Bambu	40
	4.11.2 Pelaksanaan Uji Kuat Desak Silinder	40
	4.11.3 Pelaksanaan Uji Kuat lentur Balok	41
4.12	Prosedur Penelitian	41

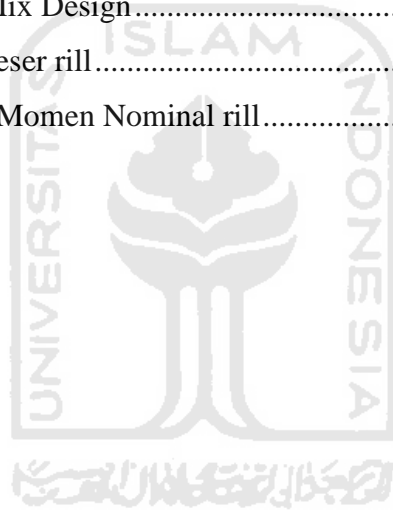
BAB V HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	44
5.1 Umum	44
5.2 Kuat Tarik Bambu	44
5.3 Kuat Desak Beton	45
5.4 Tegangan-regangan beton pada silinder	46
5.5 Karakteristik Kerusakan Benda Uji	48
5.6 Peningkatan kapasitas penampang karena adanya tulangan	48
5.7 Momen Retak	49
5.8 Uji Lentur balok dan pembahasan	51
5.9 Tinjauan geser	53
5.10 Lendutan	53
5.11 Hubungan Beban-Lendutan ( <i>Load Displacement Respons</i> )	54
5.12 Pola Keretakan Lentur ( <i>Bending Crack Propagation</i> )	57
5.13 Hasil dan Perbandingan	59
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	62
6.1 Kesimpulan	62
6.2 Saran	63
DAFTAR PUSTAKA	64
LAMPIRAN	65





## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan air Agregat Halus .....	66
Lampiran 2 Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan air Agregat Kasar .....	68
Lampiran 3 Modulus Halus Butir/Analisa Saringan Agregat Halus.....	70
Lampiran 4 Modulus Halus Butir/Analisa Saringan Agregat Kasar.....	71
Lampiran 5 Perhitungan Beban Teoritis .....	74
Lampiran 6 Perhitungan lendutan maksimum teoritis .....	77
Lampiran 7 Perhitungan Momen Retak Rill .....	79
Lampiran 8 Perhitungan Mix Design.....	81
Lampiran 9 Perhitungan geser rill.....	84
Lampiran 10 Perhitungan Momen Nominal rill.....	86



## DAFTAR NOTASI

- $a$  : jarak antara tepi beton desak ke garis netral, mm
- $A_s$  : luas tulangan tarik, mm<sup>2</sup>
- $b$  : lebar penampang balok, mm
- $d$  : tinggi efektif balok, mm
- $f'_c$  : kuat desak beton, MPa
- $f_y$  : kuat leleh bambu, MPa
- $f_r$  : tegangan tarik / tegangan retak, MPa
- $f_{as}$  : faktor air semen
- $f_s$  : regangan baja tarik, MPa
- $h$  : tinggi penampang balok, mm
- $I_y$  : inersia momen penampang, mm<sup>4</sup>
- $J_d$  : jarak pusat total gaya tekan ke pusat tulangan tarik, mm
- $k_d$  : jarak garis netral, mm
- $L_n$  : jarak antara 2 garis perletakan/bentang bersih
- $M$  : nilai margin
- $M_{cr}$  : momen saat pertama retak, Nmm
- $M_n$  : momen yang dapat dikerahkan oleh balok, Nmm
- $y$  : jarak dari titik yang ditinjau ke garis netral
- $\varepsilon_c$  : regangan beton
- $\varepsilon_s$  : regangan baja tarik
- $p_b$  : selimut beton, mm
- $T_s$  : gaya tarik tulangan, N
- $\beta_1$  : konstanta dari fungsi kuat tekan beton
- $\rho$  : rasio tulangan tarik

$\mu$  : micron

$\tilde{y}$  : garis pusat transformasi dari ujung atas balok, mm

$\tilde{y}_b$  : garis pusat transformasi dari ujung bawah balok, mm



## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2.1</b> Kuat tarik bambu tanpa nodia kering ( <i>morisco dan mardjono</i> ) .....	8
<b>Tabel 2.2</b> Kuat tarik bambu kering oven ( <i>morisco dan mardjono</i> ).....	9
<b>Tabel 2.3</b> Modulus elastisitas tarik serat ( <i>awaludin</i> ).....	9
<b>Tabel 3.1</b> Bahan dasar penyusun semen.....	17
<b>Tabel 4.1</b> Perincian benda uji .....	29
<b>Tabel 5.1</b> Hasil Pengujian Kuat Tarik Bambu .....	44
<b>Tabel 5.2</b> Hasil Pengujian Kuat Desak Beton .....	45
<b>Tabel 5.3</b> Hasil Modulus Elastisitas Uji dan teoritis .....	47
<b>Tabel 5.4</b> Perhitungan Momen retak .....	49
<b>Tabel 5.5</b> Momen retak dengan luas tulangan 4% luasan balok .....	51
<b>Tabel 5.6</b> Pembebanan balok dengan luas tulangan 4% luas balok .....	51
<b>Tabel 5.7</b> Hasil Perhitungan Lendutan dengan luas tulangan 4% luas balok.....	51
<b>Tabel 5.8</b> Hasil Pembebanan balok uji .....	49
<b>Tabel 5.9</b> Hasil Perhitungan Lendutan .....	50
<b>Tabel 5.10</b> Perbandingan Tulangan bambu pilinan dan Tanpa pilinan .....	55
<b>Tabel 5.11</b> Perbandingan Hasil penelitian.....	56

## TUGAS AKHIR

# BALOK BETON BERTULANGAN BAMBU WULUNG TANPA PILINAN

Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Yogyakarta Untuk Memenuhi  
Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana Strata Satu Teknik Sipil



Beta Sanditias Utomo  
05.511.026

Disahkan oleh:

Pembimbing I:

Pembimbing II:

Ketua Jurusan:

(Ir. Much Samsudin.,M.T)  
Tanggal:

Ir. H.A.Kadir Aboe.,M.T  
Tanggal:

(Ir.H.Suharyatmo,M.T)  
Tanggal:

## TUGAS AKHIR

# BALOK BETON BERTULANGAN BAMBU WULUNG TANPA PILINAN

Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Yogyakarta Untuk Memenuhi  
Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana Strata Satu Teknik Sipil



Beta Sanditias Utomo  
05.511.026

Disetujui oleh:

**Pembimbing I/Penguji:**  
Ir. Much Samsudin.,M.T.

---

**Pembimbing II/Penguji:**  
Ir. H.A.Kadir Aboe.,M.T.

---

**Penguji:**  
Ir.H.Suharyatmo,M.T.

---



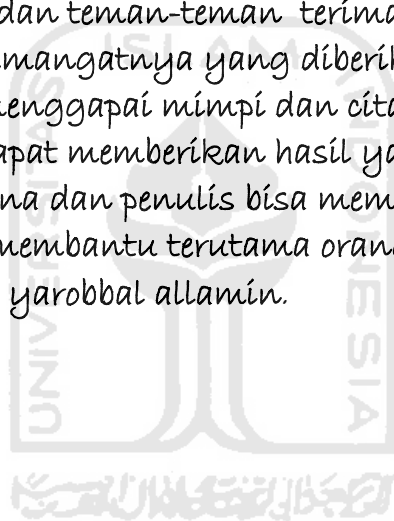
## HALAMAN PERSEMBAHAN

Alhamdulillah Robbil'alamín. Segala puji bagi ALLAH SWT yang telah melimpahkan rahmatnya sehingga karya sederhana ini dapat terselesaikan

Karya ini saya persembahkan untuk Kedua orang tua saya yang tak pernah berhenti untuk berdoa, memberikan dorongan, semangat, dan kasih sayang kepada saya

Buat Ceiku Sely Novitasari yang telah memberikan semangat dan dukungannya buat Hunn, dan selalu didoakan kelancarannya

Juga buat semua keluargadan teman-teman terimakasih yang sebesar-besarnya atas doa dan semangatnya yang diberikan kepada penulis Diri sendiri yang sedang menggapai mimpi dan cita-cita setinggi langit, semoga perjuangan ini dapat memberikan hasil yang maksimal, bisa menjadi orang yang berguna dan penulis bisa membalas jasa-jasa orang yang selama ini membantu terutama orang tua. Amin yarobbal allamin.





## KATA PENGANTAR

Puji stukur penyusun panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karuni-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir yang berjudul “Balok Bertulangan Bambu Wulung Tanpa Pilinan sebagai Pengganti Baja Tulangan” ini dapat terselesaikan. Shalawat dan salam selalu tercurah kepada Nabi Muhammad SAW, atas kerja keras dan kejernihan hati-Nya dalam menyampaikan ajaran Islam.

Tugas akhir ini merupakan syarat untuk mencapai jenjang Strata Satu (S1), pada Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

Ucapan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah memberikan dukungan secara material maupun spiritual sehingga tugas akhir ini dapat terselesaikan, untuk itu penyusun ingin menyampaikan ucapan terima kasih sebesar-besarnya kepada :

1. Ir. H. Much. Samsudin, MT selaku dosen pembimbing 1 tugas akhir, terima kasih atas bimbingan, nasehat dan dukungan yang diberikan kepada penulis dalam penyusunan tugas akhir ini dan selama penulis menjalani masa kuliah. telah meluangkan waktu dan pengetahuannya untuk memberikan koreksi, nasehat, dan masukan-masukan yang membangun dalam penyempurnaan penelitian ini.
2. Ir. A Kadir Aboe, MT selaku Kepala Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Jurusan Teknik Sipil FTSP-UII selaku dosen pembimbing 2 tugas akhir, terima kasih atas bimbingan, nasehat dan dukungan yang diberikan kepada penulis dalam penyusunan tugas akhir dan keceriaan yang diberikan kepada penulis selama melakukan penelitian di laboratorium.

3. Ir. H. Suharyatmo, MT selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil FTSP-UII Yogyakarta dan selaku dosen penguji, yang sangat antusias kepada mahasiswa baik didalam kelas maupun diluar kelas dalam kesehariannya
4. Segenap staf dan karyawan Laboratorium Mekanika Rekayasa, Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Jurusan Teknik Sipil FTSP-UII, terutama Bpk. Warno, Bpk. Aris, Bpk. Heri, Bpk. Santoro, dan Bpk. Hari yang telah membantu selama penelitian berlangsung.
5. Terima kasih yang tiada tara kepada dua orang tua yang terus berjuang untuk masa depan anak-anaknya, Djumadi dan Utami Kadaryati.
6. Seluruh keluarga yang terus memberikan semangat dan perhatian.
7. Terimakasih untuk semua pengertian dan kesabarannya kepada teman-teman seperjuangan dilaboraturium “Arif Irianto dan Deni Hendrawan”.
8. Teman-teman yang banyak membantu selama proses penelitian berlangsung, Topik, Jaka, Hanif, Bajuri, Rangga, Adinanda, Ian esek, Ivan, Eta, Hari bontang, dan semua teman-teman yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Semoga penelitian yang telah dilakukan dan disajikan dalam bentuk tugas akhir ini dapat memberikan kontribusi yang berarti bagi dunia Teknik Sipil dan dapat bermanfaat untuk pengembangan penelitian-penelitian selanjutnya.

***Wabillahittaufiq wal hidayah***

Yogyakarta, Juli 2011

Hormat Penulis

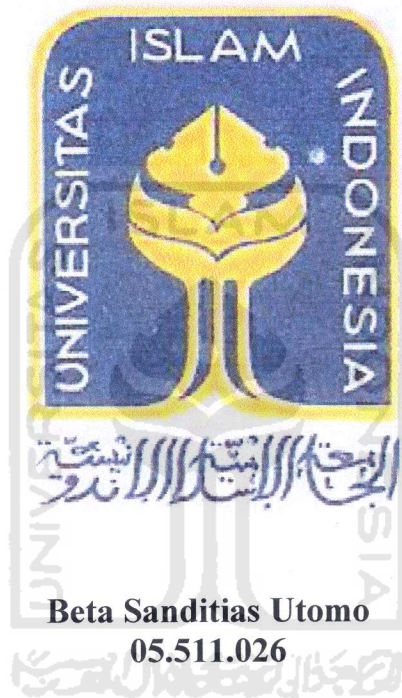
Beta Sanditias Utomo

05.511.026

**TUGAS AKHIR**


**BALOK BETON BERTULANGAN BAMBU WULUNG  
TANPA PILINAN**

**Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Yogyakarta Untuk Memenuhi  
Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana Strata Satu Teknik Sipil**

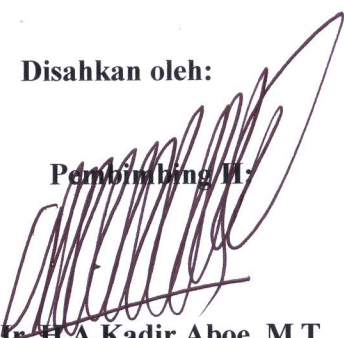


Disahkan oleh:

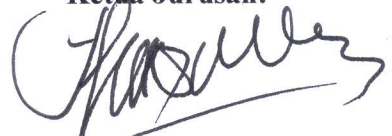
Pembimbing I:

  
(Ir. Much Samsudin.,M.T)  
Tanggal: 22/ - 2011  
/08

Pembimbing II:

  
Ir. H.A. Kadir Aboe.,M.T  
Tanggal: 22/ - 2011  
/08

Ketua Jurusan:

  
(Ir.H.Suharyatmo,M.T)  
Tanggal: 22/8/2011

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Merupakan suatu pilihan pokok dalam konsturksi bangunan yang dalam pengertian umumnya Beton adalah campuran bahan–bahan berupa pasir dan kerikil yang diikat semen becampur air. Beton memiliki banyak keunggulan, yaitu mampu menerima desak yang baik, awet/keras dan mudah dalam perawatannya. Pemilihan dan penggunaan beton didasari faktor efektifitas dan tingkat efisiensinya yang baik. Beton ini diharapkan dapat berkembang mengingat kebutuhannya yang akan semakin meningkat.

Semakin berkembangnya teknologi saat ini diharapkan memunculkan alternatif baru dalam peningkatan produk teknologi beton yang semakin bermutu dan efisien. Salah satunya adalah pemakaian bambu sebagai pengganti baja tulangan.

Bambu selain harganya yang murah, mudah didapat, juga mudah diperbaharui sumber dayanya, sehingga potensi akan bahan-bahan lokal bisa sangat bermanfaat dan tepat guna. Selama ini pemanfaatan bambu hanya sebatas pembuatan pagar rumah, seni kerajinan dan banyak lainnya. Dengan penelitian ini diharapkan bambu dapat dikembangkan nilai efisien dan nilai gunanya sebagai alternatif pilihan untuk pengganti baja tulangan. Dari beberapa sumber maka penulis akan melakukan penelitian tentang **“Balok Beton Bertulangan Bambu Wulung Tanpa pilinan Sebagai Pengganti Baja Tulangan”** .

### 1.2 Rumusan Masalah

Pada bangunan struktur ringan atau sedang ada alternatif lain sebagai bahan penyusun beton, yaitu pemakain bambu sebagai tulangan. Bambu memiliki kekuatan yang cukup baik dalam upaya sebagai tulangan balok, nanum masalah yang harus dihadapi adalah bambu memiliki sifat higroskopis yang kembang susutnya besar. Penyusutan tersebut berpengaruh pada lekatan beton yang akan berkurang sehingga berdampak pada daya dukung struktur yang menjadi tidak

maksimal. Permasalahan itu dapat diatasi dengan pemakaian vernis, sehingga bambu akan kedap air dan kembang susutnya akan berkurang bahkan hilang sama sekali.

Variable yang diukur dalam proses pengujian ini :

1. Beban (P), pemberian beban pada pengujian dari beban awal hingga beban maksimum.
2. Lendutan (deflection), lendutan ini di dapat dengan pencatatan pembacaan tiga buah dial pada 1/3 bentang balok.
3. Momen didapat dengan perhitungan.

### **1.3 Tujuan Penelitian**

Tujuan Penelitian ini adalah untuk mengetahui seberapa kuat peranan bambu wulung utuh (bukan pilinan) dengan lapisan vernis sebagai tulangan dalam menahan beban lentur balok dan seberapa besar lendutan yang terjadi.

### **1.4 Manfaat Penelitian**

1. Menghasilkan tulangan varian baru penyusun balok beton.
2. Dengan penelitian ini diharapkan dapat diaplikasikan pada struktur bangunan sederhana.
3. Dapat memberikan manfaat dan informasi yang jelas bagi pengembangan teknologi beton dan pengaruh kekuatan yang terjadi dengan pemakaian bambu wulung sebagai tulangan.

### **1.5 Batasan Masalah**

1. Mutu beton rencana pada umur 28 hari sebesar 20 MPa.
2. Rencana campuran uji menggunakan metode DOE.

3. Bambu yang digunakan adalah jenis bambu wulung tanpa pilinan dengan dimensi Lebar 2 cm dan Tebal 8 mm.
4. Semen yang digunakan adalah semen Tiga roda.
5. Agregat kasar yang digunakan adalah agregat yang lolos saringan 20 mm. Dan air yang digunakan adalah air dari Laboratorium Bahan Konstruksi Jurusan Teknik Sipil UII.
6. Sengkang menggunakan bambu dimensi Lebar  $\pm 1$  cm dan Tebal  $\pm 2-3$ mm.
7. Beban lentur menggunakan beban terpusat 2 titik.



## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Tinjauan Umum

Tanaman bambu yang memiliki pertumbuhan cepat (Morisco 1996). Penanaman bambu dapat dilakukan dengan buluh-buluh batangnya ataupun dengan potongan-potongan batangnya. Bambu merupakan sumber bahan bangunan yang banyak terdapat di Indonesia. Dari sekitar 1.250 jenis bambu di dunia, 140 jenis berasal dari Indonesia. Kedepan bangunan berkonstruksi bambu ini akan dijadikan balai pintar yang dilengkapi perangkat teknologi informasi yang akan dijadikan pusat informasi dan pelatihan konstruksi bambu bagi warga. Selain tahan gempa, biaya pembuatan bangunan bambu relative murah. (<http://properti.org>)

Bambu memiliki beberapa fitur berikut yang membuatnya menjadi bahan yang nyaman dan ekonomis, yaitu :

1. Bentuknya alamiah & artistik. Batang bambu bisa langsung dipakai tanpa proses pabrikasi, bentuk batang bambu memudahkan dalam penyimpanan dan pengiriman ke tempat penggunaan. Sehingga secara keseluruhan jika menggunakan bambu menjadi ekonomis.
2. Batang bambu memiliki struktur fisik karakteristik yang memberikan kekuatan tinggi dengan rasio berat bambunya. Bentuk bambu yang bulat, kekuatan strukturnya terkonsentrasi pada permukaan dinding luar, membentuk sebuah shell yang kuat dan tangguh.
3. Penggunaan batang bambu sebagai bahan bangunan tidak memerlukan mesin mahal, cukup dengan alat-alat yang sederhana.
4. Permukaan alami dari bambu banyak yang bersih, keras dan halus, dengan warna yang menarik, jika batang bambu dipanen pada umur yang cukup ketuaannya.

5. Bambu memiliki sedikit limbah dan boleh dikatakan semuanya bisa dimanfaatkan.

Menurut Morisco (1996), dengan memperhatikan kuat tarik bambu yang tinggi serta mengingat bambu mudah ditanam dan tidak memerlukan perawatan khusus, maka bambu mempunyai peluang menggantikan kayu.

Batang bambu menjadi rusak disebabkan oleh serangan rayap, jamur serta pengaruh cuaca. Menurut Masani dan Damani (1962) penggunaan bambu yang telah diawetkan dengan direndam cairan vernis sebagai perkuatan beton maka usia pakainya mampu hingga bertahun-tahun.

## 2.2 Sifat-sifat Bambu

Menurut Liese (1980) kandungan air didalam bambu bervariasi baik arah melintang maupun memanjang yang bergantung pada umur waktu penebangan dan jenis bambu. Kandungan air bagian ruas lebih kecil dibanding pada bagian antar ruas, dan dinding bagian dalam lebih tinggi dibanding bagian luar, demikian pula pada bagian pangkal lebih tinggi dibanding bagian ujung. Kandungan air berpengaruh pada kekuatan bambu, dengan naiknya kadar air mengakibatkan kekuatan menurun (Jansen, 1980)

Menurut Morisco (1996), adanya serabut *sklerenkim* didalam batang bambu menyebabkan bambu dapat dipergunakan sebagai bahan bangunan. Uji coba yang telah dilakukan dengan bambu menunjukkan adanya peningkatan kuat sejajar dari pangkal hingga ujung. Telah diketahui bahwa kuat tarik dan modulus elastisitas tarik umumnya didapat dari prosentase serat-serat *sklerenkim* dan prosentase selulosa.

Menurut Epsiloy (1995), bambu sebagai pengganti kayu dalam konstruksi bangunan adalah penting. Oleh karena itu sifat-sifat bambu dalam kaitannya sebagai bahan konstruksi bangunan perlu dipelajari agar penggunaannya dapat efisien dan optimal.



Menurut Ghavani (1986), sifat-sifat mekanika bambu dipengaruhi oleh kadar air, ukuran benda uji, pembebanan dan kondisi pertumbuhan serta cacat-cacat yang dialaminya.

Menurut Liese (1980), faktor-faktor yang mempengaruhi kekuatan bambu :

- Ada tidaknya ruas

Sel-sel pada bagian antar ruas berorientasi ke arah sumbu aksial, sedangkan dalam ruas sel-selnya mengarah pada sumbu transversal. Oleh karena itu batang yang beruas mempunyai kekuatan tarik maksimum yang lebih rendah dibanding batang antar ruas.

- Kandungan air

Dengan meningkatnya kandungan air maka kekuatan tariknya akan semakin kecil.

- Bagian arah melintang batang

Kuat tarik maksimum bagian luar batang paling besar diantara bagian-bagian yang lain. Kekuatan tarik maksimum bagian luar batang lebih besar dari tebal keseluruhan dinding batang. Kekuatan tarik maksimum yang besar diiringi oleh prosentase serabut *sklerenkim* yang besar pula.

- Susunan serat-serat

Batang mengalami diskontinuitas karena serat-serat tersebut sebagian terpisah dan mengarah kedalam yaitu ke arah dinding penyekat.

- Buku-buku batang

Menurut Jansen (1981), pengaruh adanya nodia terhadap kuat lentur statis bambu telah dilakukan oleh Limaye (1952), bahwa kuat lentur statis bambu dengan nodia lebih besar daripada yang tidak bernodia, tetapi mempunyai harga kekenyalan yang lebih rendah.

- Kerapatan bambu

Menurut Jansen (1981), semakin besar massa persatuan volume, semakin besar pula kuat desak sejajar serat bambu.

- Persentase serabut *sklerenkim*

Adanya serabut *sklerenkim* didalam batang bambu menyebabkan bambu mempunyai kekuatan dalam kaitannya sebagai bahan bangunan (Jansen, 1981). Prosentase serabut *sklerenkim* sesuai dengan posisinya berturut-turut dari pangkal, tengah dan ujung yakni 32,6 % ; 40,4 % dan 41,4 %. Dengan demikian, kenaikan persentase *sklerenkim* akan menyebabkan kenaikan kuat desak sejajar serat maksimumnya.

Menurut Wangaard (1950), kuat tarik kayu atau bambu adalah ukuran kekuatan kayu atau bambu yang diakibatkan oleh suatu gaya yang cenderung untuk memisahkan sebagian kayu atau bambu dengan gaya tarik.

Sifat kuat tarik dan modulus elastisitas adalah penting untuk penggunaan bambu sebagai bahan campuran beton ringan, telah diketahui bahwa kuat tarik dan modulus elastisitas tarik umumnya didapat dari presentase selulosa (Jansen, 1981)

### 2.3 Berat Jenis Bambu

Faktor-faktor yang menentukan sifat-sifat fisika dan mekanika bambu adalah berat jenis bambu. Menurut Soenardi (1976), banyaknya zat bambu merupakan petunjuk tentang :

- a. Kekuatan bambu, sifat pengerjaan dan penyelesaian akhirnya.
- b. Rongga dalam bambu, menentukan banyaknya air yang dapat diadopsi.
- c. Kerapatan bambu menentukan dimensi bambu, sedangkan perubahan dimensi bambu disebabkan perubahan kandungan air.

Menurut Liese (1980), berat jenis bambu berkisar antara  $0,5 \text{ gr/cm}^3 - 0,9 \text{ gr/cm}^3$ . Variasi berat jenis terjadi baik pada arah vertikal maupun horizontal,

batang bambu bagian luar mempunyai berat jenis lebih tinggi daripada bagian dalam.

Menurut Triwiyono (2000), dari berbagai jenis bambu yang diteliti ternyata bambu petung mempunyai kuat lekat paling tinggi yaitu 1,1 Mpa (dipilin), jika dilihat keterkaitannya antara kuat lekat dengan sifat kembang susut bambu, ternyata kembang susut bambu petung paling rendah disbanding dengan bambu apus, ori dan wulung.

**Tabel 2.1 Kuat Tarik bambu tanpa nodia kering oven**

Jenis Bambu	Kuat Tarik (Mpa)	
	Bagian Dalam	Bagian Luar (Mpa)
Petung	97	285
Ori	164	417
Hitam	96	237
Tutul	146	286

Sumber : Morisco dan Mardjono (1995)

**Tabel 2.2 Kuat Tarik Bambu Kering oven**

Jenis Bambu	Kuat Tarik (Mpa)	
	Tanpa Nodia	Dengan Nodia
Petung	190	116
Ori	291	128
Hitam	166	147
Tutul	216	74

*Sumber : Morisco dan Mardjono (1995)*

**Tabel 2.3 Modulus elastis tarik serat bagian luar bambu petung**

Posisi Batang	Modulus Elastis Tarik (Mpa)		
	Internodia (a)	Nodia/ruas (b)	(b)/(a)
Pangkal	17,800	10,758	0,60
Tengah	14,942	10,116	0,68
Ujung	14,815	6,232	0,42
Rata-rata	15,852	9,036	0,567

*Sumber : Awaludin (2000)*

Menurut INBAR, 1995 (Dalam Situmorang, 2003), kekuatan tarik bambu pada satu tampang melintang dapat dibedakan menjadi 2, yaitu :

1. Bagian Luar, kira-kira 30 % tebal batang merupakan bagian yang lebih keras dan lebih rapat sehingga pada bagian ini hanya meresap air dalam jumlah yang sedikit.
2. Bagian dalam, kira-kira 70 % tebal batang merupakan bagian yang paling lunak, pada bagian ini akan mengembang dan menyerap air.

#### **2.4 Pemanfaatan Tanaman Bambu**

Bambu, merupakan hasil hutan non kayu yang potensial untuk dikembangkan menjadi sumber bahan baku industri. Di bidang kehutanan tanaman bambu dapat meningkatkan kualitas hutan yang selama ini menjadi bahan baku industri perindustri nasional melalui substitusi atau keanekaragaman bahan baku, mengingat potensi hutan kayu semakin langka sedangkan industri sudah telanjur ada dengan kapasitas besar, maka tuntutan pemenuhan bahan baku industri kehutanan menjadi agenda prioritas penyelamat aset kehutanan nasional (Otjo dan Atmadja, 2006). Secara tradisional umumnya bambu dimanfaatkan untuk berbagai keperluan seperti alat-alat rumah tangga, kerajinan tangan dan bahan makanan.

#### **2.5 Batang Bambu**

Batang bambu baik yang masih muda maupun yang sudah tua dapat digunakan untuk berbagai macam keperluan, namun demikian tidak semua jenis bambu dapat dimanfaatkan. Secara garis besar pemanfaatan batang bambu dapat digolongkan kedalam dua hal yaitu:

1. Berdasarkan bentuk bahan baku, *yaitu*
  - A. Bambu yang masih dalam keadaan bulat, umumnya digunakan untuk tiang pada bangunan rumah sederhana.
  - B. Bambu yang sudah dibelah, umumnya digunakan untuk dinding rumah, rangka atap (yang terbuat dari ijuk atau rumbia), simpit, kerajinan tangan dan lain sebagainya.

- C. Gabungan bambu bulat dan sudah dibelah serta serat bambu, umumnya digunakan untuk aneka kerajinan tangan, misalnya keranjang, kursi, meja, dan lain-lain.

## 2.6 Penelitian yang pernah dilakukan

1. “ Pengaruh penggunaan Bambu Petung Sebagai Tulangan Pada Balok Beton “ (Abdul Rohman, 2005).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kuat lentur balok beton apabila digunakan bambu petung sebagai bahan tulangan (dimensi 100x150x1500 mm). Adapun hasil penelitiannya sebagai berikut :

1. Dari hasil perhitungan teoritis didapat beban maksimum balok sebesar 5,84 kN dan momennya sebesar 1,594 kNm.
  2. Dari hasil pengujian didapat beban maksimum balok sebesar 5,61 kN dan momennya sebesar 1,530 kNm.
  3. Retak yang terjadi berupa retak lentur.
2. ”Aplikasi Bambu Pilinan Sebagai Tulangan Balok Beton” (Dwi Anggraini Kusuma)

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kuat lentur balok beton dengan dimensi balok 15 x 20 x 200 cm. Hasil penelitian sebagai berikut :

1. Hasil teoritis didapat beban maksimum sebesar 3350 Kg.
2. Hasil pengujian didapat beban maksimum sebesar 4000 kg.
3. Retak yang terjadi adalah retak lentur.

## BAB III

### LANDASAN TEORI

#### 3.1 Beton

Beton memiliki banyak kelebihan, diantaranya mempunyai kuat tekan tinggi, tahan terhadap karat, tahan terhadap keausan maupun terhadap api, namun beton juga memiliki beberapa kelemahan, dan yang paling menonjol adalah kuat tariknya yang sangat rendah sehingga bersifat getas. Dalam praktek, sifat getas tersebut dapat dikurangi pengaruhnya dengan pemakaian tulangan baja yang ditempatkan secara benar pada daerah-daerah yang memikul tegangan tarik. Beton mempunyai tiga sifat penting yaitu kemudahan pelaksanaan, kekuatan dan ketahanan.

Beton merupakan fungsi dari bahan penyusunnya yang terdiri dari bahan semen, agregat halus, pasir dan air serta bahan tambah (*additive*). Kekuatan beton akan naik secara cepat (*linier*) sampai 28 hari, tetapi setelah itu kenaikannya akan relatif kecil.

Ada empat bagian utama yang mempengaruhi mutu dari kekeatan beton tersebut, yaitu :

1. Proporsi bahan-bahan penyusunnya.
2. Metode perancangan.
3. Perawatan.
4. Keadaan pada saat pengecoran dilaksanakan.

#### 3.2 Bambu Sebagai Bahan Tulangan

Tulangan baja akan semakin mahal karena memang ketersediaan bahan dasarnya (bijih besi) juga semakin terbatas dan tidak mungkin diupayakan peningkatan produksinya karena termasuk sumber daya alam yang tidak dapat diperbarui. Para ahli struktur telah meneliti kemungkinan penggunaan bahan lain, seperti yang telah dilakukan oleh Morisco (1996) yaitu dengan memanfaatkan bambu sebagai tulangan beton.

Bambu memiliki kuat tarik yang mendekati kuat tarik baja. Kuat tarik bambu dapat mencapai  $1280 \text{ kg/cm}^2$  (Morisco,1996). Menurut jansen (1980), kekuatan tarik bambu sejajar serat antara 200 – 300 Mpa. Pengujian tersebut dilakukan terhadap bambu dari spesies bambusa blumcana berumur 3 tahun dengan specimen tanpa nodia. Pengujian

yang dilakukan oleh Abdul Rochman (2005) membuktikan bahwa tulangan bambu polos tanpa dipilin dan tanpa lapisan vernis momennya sebesar 1,530 KNm.

### 3.3 Lekatan

Dilihat dari kekuatannya, maka pemakian bambu sebagai tulangan beton alternatif dinilai cukup layak, minimal untuk struktur ringan dan sedang. Permasalahannya adalah bambu merupakan jenis kayu yang bersifat higroskopis yang kembang susutnya cukup besar. Akibat penyusutan, lekatannya dengan beton menjadi sangat berkurang sehingga berakibat pada daya dukung struktur yang tentunya menjadi menurun.

Menurut penelitian Siregar (2001), membuktikan bahwa pemberian lapisan vernis pada tulangan dapat memperbaiki kuat lekat sampai 7,53% pada umur 28 hari. Cara pemilinan tulangan bambu menjadi satu untaian (seperti tali tamper) juga dapat menambah kuat lekat tulangan karena dapat menambah bidang lekat akibat adanya tekukan-tekukan antar untaian. kedua cara tersebut diharapkan dapat memperbaiki kuat tulangan bambu yang selanjutnya juga dapat meningkatkan kinerja dalam mempertinggi daya dukung struktur.

### 3.4 Analisa Balok Persegi Terlentur

Dalam analisis balok beton bertulang, beban yang mengakibatkan retak pertama kali muncul sering dianggap sebagai akhir kondisi elastis balok. Menurut SKSNI T-15-1991-03 yaitu tentang tata cara perhitungan struktur beton untuk bangunan gedung, momen retak yang menyebabkan retak lentur awal pada penampang akibat beban luar dihitung dengan persamaan :

$$M_{cr} = \frac{f_{cr} I_g}{y_i}$$

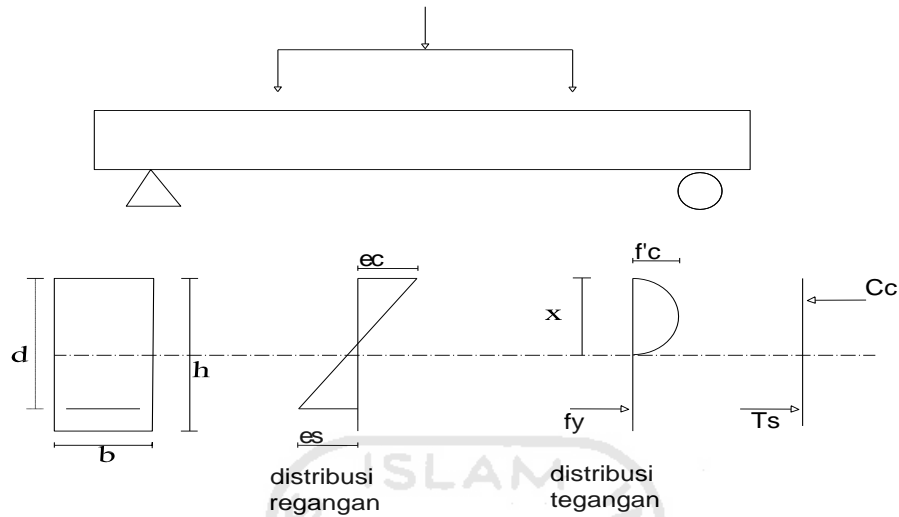
$M_{cr}$  = Modulus keruntuhan lentur beton (kNm)

$I_g$  = Momen inersia dari penampang (mm<sup>4</sup>)

$Y_i$  = jarak dari sumbu pusat penampang ke serat tarik terluar.

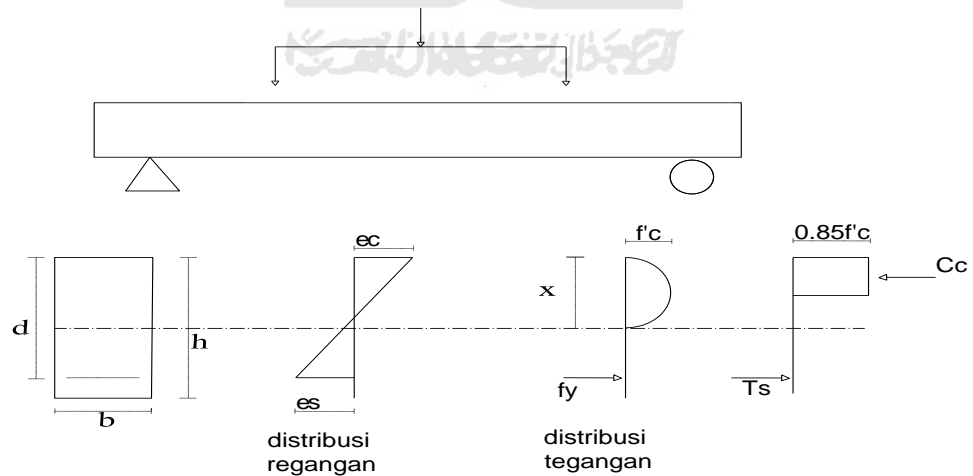


Didasarkan atas prinsip dasar bahwa gaya internal yang timbul di dalam balok harus dapat menjamin keseimbangan sebagai akibat gaya eksternal yang bekerja. Perhatikan pada balok yang terlihat pada gambar 3.1



**Gambar 3.1 Distribusi tegangan dan regangan**

Perhitungan dari kekuatan lentur  $M_n$  yang didasarkan pada distribusi tegangan yang mendekati bentuk parabola, Whitney menyarankan penggunaan dari distribusi tegangan tekan pengganti yang berbentuk persegi.



**Gambar 3.2 Distribusi tegangan Rectanguler Whitney**

Seperti di gambar 3.2, dipakai suatu tegangan persegi dengan besar rata-rata  $0,85.f'c$  dan tinggi  $a = \beta_1 \cdot x$ . Factor  $\beta_1$  diambil sebesar 0,85 untuk kuat tekan  $f'c$  hingga atau sama dengan 30 Mpa. Sedangkan untuk kekuatan diatas 30 MPa di pakai persamaan:

$$\beta_1 = 0,85 - (f'c - 30) \cdot 0.008 \dots\dots\dots(1)$$

tetapi harga  $\beta_1$  tidak boleh kurang dari 0,65.

Dengan menggunakan tegangan persegi ekivalen, kekuatan lentur  $Mn$

dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan :

$$C = 0,85 \cdot f'c \cdot a \cdot b \dots\dots\dots(2)$$

$$T = A_s \cdot f_y \cdot b \cdot d \dots\dots\dots(3)$$

Dari persamaan (2) dan (3) menghasilkan persamaan

$$A_s = \frac{C}{f_y} = \frac{0,85 \cdot f'c \cdot a \cdot b}{f_y} \dots\dots\dots(4)$$

$$Mn = A_s \cdot f_y \cdot (d - a/2) \dots\dots\dots(5)$$

Dengan memasukkan persamaan (4) ke persamaan (5) didapat (dalam pengajab, 1994):

$$Mn = A_s \cdot f_y \cdot [d - \frac{1}{2} \cdot (A_s \cdot f_y) / (0,85 \cdot f'c \cdot b)]$$

$$Mn = A_s \cdot f_y \cdot [d - \frac{1}{2} \cdot (A_s \cdot f_y) / (f'c \cdot b)] \dots\dots\dots(6)$$

Lendutan maksimum balok dan beban tertentu didapat dengan rumus :

$$\Delta_{maks} = \frac{5 q L^4}{384 E_c I_x} + \left[ \frac{P a}{E I} \left[ \frac{L^2}{8} - \frac{a^2}{6} \right] \right] \dots\dots\dots(7)$$

Pada keadaan regangan berimbang, regangan maksimum ecu pada saat tekan maksimum beton mencapai 0.003, bersamaan dengan dicapainya regangan tulangan tarik.

### 3.5 Modulus elastisitas

Kolom bambu terdiri atas sekitar 50% parenkim, 40% serat dan 10% sel penghubung (pembuluh dan sieve tubes) Dransfield dan Widjaja (1995). Parenkim dan sel penghubung lebih banyak ditemukan pada bagian dalam dari kolom, sedangkan serat lebih banyak ditemukan pada bagian luar. Sedangkan susunan serat pada ruas penghubung antar buku memiliki kecenderungan bertambah besar dari bawah ke atas sementara parenkimnya berkurang.

Nilai modulus elastisitas bambu pada penelitian ini diperoleh dari beberapa referensi. Penguji mengambil nilai Modulus elastisitas bambu ini 99000 kg/cm<sup>2</sup> (Krisdianto, Agus Ismanto, Ginuk Sumarni). Alasan kenapa penguji mengambil nilai 99000 kg/cm<sup>2</sup> ini karena pada saat pengujian penguji tidak melakukan uji Modulus elastisitas ini.

### 3.6 Semen

Fungsi semen adalah untuk merekatkan butiran agregat agar menjadi suatu masa yang kompak atau padat, walaupun semen hanya kira-kira mengisi 10% - 30% dari volume beton (Tjokrodinuljo, 1996).

**Tabel 3.1 Bahan dasar penyusun semen**

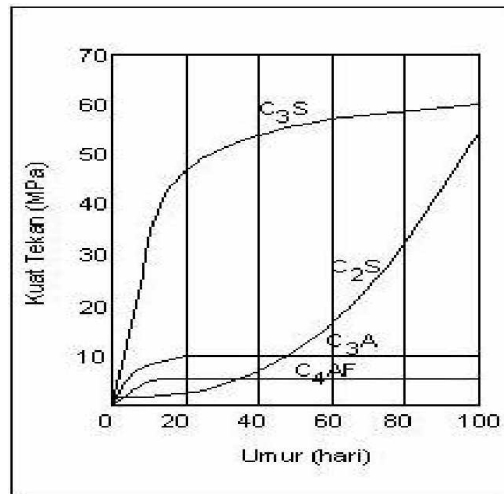
Oxid	CaO	SiO <sup>2</sup>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	So <sup>3</sup>
%rata-rata	63	22	7	3	2	2

Walaupun demikian pada dasarnya dapat disebutkan 4 unsur paling penting dalam semen Portland, yaitu :

1. Tricalcium Silikat (3CaO SiO<sup>2</sup>)
2. Dicalcium Silicate (2CaO SiO<sup>2</sup>)
3. Trikalsium Aluminate (3CaO SiO<sup>2</sup>)
4. Tetrakalsium Aluminaferite (4CaO Al<sup>2</sup>O<sup>3</sup>Fe<sup>2</sup>O<sup>3</sup>)

Kandungan silikat dan aluminat pada semen merupakan unsur utama pembentuk semen yang mana apabila bereaksi dengan air akan menjadi media perekat. Media perekat ini kemudian akan memadat dan membentuk massa yang keras. Proses hidrasi terjadi bila semen bersentuhan dengan air. Proses ini berlangsung dua arah yakni keluar dan kedalam, maksudnya hasil hidrasi mengendap di bagian luar dan inti semen yang belum terhidrasi di bagian dalam secara bertahap terhidrasi (Tjokrodinuljo, 1996).

Semen merupakan bahan serbuk halus yang diperoleh dengan menghaluskan klinker, yaitu bahan yang didapat dari hasil pembakaran campuran kapur, silica dan alumunia pada suhu 1550<sup>0</sup> C dengan ditambah gips. Campuran tersebut bila dicampur dengan air akan menjadi keras dalam waktu tertentu dan dapat digunakan sebagai bahan ikat hidrolis.



**Gambar 3.3** Hubungan umur dan kuat tarik tekan pada unsur-unsur

semen

(sumber : Kardiyono Tjokrodinoljo,1992)

### 3.7 Air

Air pada campuran beton fungsinya sebagai media untuk mengaktifkan pada reaksi semen, kerikil dan kapur agar saling menyatu. Air juga berfungsi sebagai pelumas antara butir-butir pasir yang berpengaruh pada sifat mudah dikerjakan adukan mortar. (Kardiyono Tjokrodinoljo, 1992).

Persyaratan air yang digunakan dalam adukan beton adalah :

- 1) Tidak mengandung lumpur dan benda melayang lainnya, kandungan tidak lebih dari 2 gram/liter.
- 2) Tidak mengandung garam-garam yang merusak beton, misalnya asam, zat organik dan sebagainya lebih dari 15 gram/liter.
- 3) Tidak mengandung chloride (Cl) lebih dari 0,5 gram/liter.
- 4) Tidak mengandung senyawa sulfat lebih dari 1 gram/liter.

Air yang diperlukan hanya 30 % berat semen saja, kandungan air tidak boleh terlalu banyak karena kekuatan beton akan rendah. Selain itu air juga berguna dalam metode perawatan beton yaitu dengan cara membasahi terus menerus, beton direndam di dalam air. (Tjokrodinoljo,1996).

### **3.8 Agregat**

Agregat menempati sebanyak 70 % volume mortar atau beton. Walaupun hanya sebagai bahan pengisi, akan tetapi agregat sangat berpengaruh terhadap sifat-sifat mortar atau betonnya, sehingga pemilihan agregat merupakan suatu bagian penting dalam pembuatan mortar atau beton (Tokrodimuljo,1996).

Menurut PBUI, 1982 agregat yang digunakan sebagai bahan konstruksi yakni :

- a. Berbutir tajam, kuat dan bersudut.
- b. Bersih tidak mengandung tanah atau kotoran lain.
- c. Harus tidak mengandung garam yang menghisap air dari udara.
- d. Tidak mengandung zat-zat organis.
- e. Bergradasi baik.
- f. Bersifat kekal tidak hancur atau berubah karena cuaca.

Besar ukuran maksimum agregat mempengaruhi kuat tekan betonnya. Pada pemakaian ukuran butir agregat maksimum lebih besar memerlukan jumlah pasta lebih sedikit untuk mengisi rongga-rongga antar butirnya, berarti sedikit pula pori-pori betonnya (karena pori-pori beton sebagian besar berada dalam pasta tidak dalam agregat) sehingga kuat tekannya lebih tinggi. Namun sebaliknya karena butir-butir agregatnya besar maka luas permukaannya menjadi lebih sempit, sehingga lekatan antara permukaan agregat dan pastanya kurang kuat. Lagipula karena butirannya besar menyebabkan sangat menghalangi susutan pastanya, sehingga retakan-retakan kecil pada pasta di sekitar agregat lebih mudah terjadi. Kedua hal tersebut mengakibatkan kuat tekan beton rendah. Untuk itu, pada kedua kuat tekan tinggi dianjurkan memakai agregat dengan ukuran besar butir maksimal 20 mm.

#### **3.8.1 Agregat kasar (kerikil)**

Agregat kasar mempunyai diameter maksimum 20 mm. Sifat agregat kasar mempunyai pengaruh terhadap kekuatan beton sehingga harus mempunyai bentuk yang baik, bersih, kuat dan bergradasi baik. Agregat kasar ini dapat diperoleh dari batu pecah, alami serta agregat buatan.

### 3.8.2 Agregat halus ( pasir)

Diameter butiran halus berkisar antara 0,15-5 mm. Agregat halus yang baik adalah yang terbebas dari beberapa bahan organik, lempung dan bahan-bahan lain yang dapat merusak beton. Seperti juga agregat kasar, agregat halus seharusnya mempunyai butir-butir yang tajam, keras dan butirannya tidak mudah pecah karena cuaca. Pengambilan atau sumber pasir dapat ditemukan pada sungai, atau galian dari laut. Untuk beton pasir dari laut tidak diperbolehkan kecuali ada penanganan khusus atau untuk pasir uruk.

### 3.9 Faktor Air Semen (FAS)

Faktor air semen adalah perbandingan berat antara air dengan semen Portland yang dipakai dalam pembuatan adukan beton. Nilai faktor air semen ini sangat berpengaruh kekuatan beton dan workabilitasnya. Nilai faktor air semen terlalu tinggi menyebabkan adukan beton mempunyai banyak pori-pori yang berisi air, setelah beton keras akan menjadi rongga, sehingga kekuatannya rendah. Sedangkan nilai faktor air semen yang rendah menyebabkan adukan beton sulit dipadatkan, sehingga banyak rongga udara. Hal ini juga membuat beton yang dihasilkan berkualitas rendah dan adukan beton sulit dikerjakan.

Duff Abrams (dalam Tjokrodimojo,1996), mengusulkan hubungan faktor air semen dengan kekuatan beton secara umum sebagai berikut :

$$f^c = \frac{A}{B^{(1,5.x)}}$$

dimana,  $f^c$  = Kuat tekan beton

$x$  = factor air semen (dalam proporsi volume)

A,B = konstanta

Dari rumus diatas tampak bahwa semakin rendah nilai fas maka semakin tinggi kuat tekan betonnya, namun kenyataannya pada suatu nilai fas tertentu semakin rendah fas maka kuat tekan betonnya semakin rendah pula, hal ini karena jika fas terlalu rendah maka adukan beton sulit dipadatkan.

### 3.10 Workability

Campuran beton segar dapat dikatakan mempunyai sifat yang baik bila memenuhi persyaratan utama campuran yaitu mempunyai kemampuan kemudahan pengerjaan (*workability*). Campuran beton segar dikatakan mempunyai sifat kemudahan pengerjaan bila campuran tersebut tetap bertahan seragam ketika berlangsung proses pengangkutan, pengecoran dan pemadatan, (Sjafei Amri, 2005).

### 3.11 Nilai Slump

Tujuan dari pengujian nilai slump ini untuk mengetahui tingkat keenceran dan kekentalan pada adukan beton sebelum di cetak agar pada proses pengerjaannya tidak mengalami kesulitan. Nilai slump akan berpengaruh pada kuat desak beton. Apabila adukan beton terlalu encer maka akan mengurangi kuat desak pada beton yang sudah jadi, demikian sebaliknya bila adukan beton terlalu kental, maka kuat desak beton akan tinggi tetapi terdapat kesulitan pada saat proses pencetakan, akan terdapat rongga-rongga pada ujung dan tengah balok karena kurangnya kandungan air pada adukan beton. Berdasarkan PBI (1971) menetapkan bahwa nilai slump berkisar antara 7,5 sampai 15 cm.



Gambar 3.4 Pengujian nilai slump

### 3.12 Bleeding

*Bleeding* adalah kecenderungan air untuk naik kepermukaan pada beton yang baru dipadatkan. Air yang naik ini membawa semen dan butir-butir halus pasir, pada saat beton mengeras nantinya akan membentuk selaput *laitance*. Beberapa faktor yang menyebabkan terjadi *bleeding*, (Tri Mulyono, 2005) :

1. Susunan butir agregat

Jika komposisi sesuai kemungkinan untuk terjadi *bleeding* kecil.

2. Banyaknya air

Semakin banyak air kemungkinan terjadinya *bleeding* semakin besar.

3. Kecepatan hidrasi

Semakin cepat beton mengeras terjadinya *bleeding* akan kecil.

4. Proses pemadatan

Pemadatan yang berlebihan akan menyebabkan terjadinya *bleeding*.

*Bleeding* terjadi karena bahan-bahan padat pada adukan beton mengendap dan bahan susun kurang mengikat air campuran. Resiko *bleeding* dapat dikurangi dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Air campuran yang dipakai sesuai hitungan *mix design*.

2. Pasir yang dipakai mempunyai bentuk yang beragam dan memiliki nilai modulus halus butir yang kecil.

3. Gradasi agregat yang dipakai sesuai dengan persyaratan yang ditentukan menurut metode yang dipakai. Keadaan agregat harus benar-benar SSD jangan terlalu basah dan kering.



### 3.13 Metode Perancangan Adukan Beton

Menurut Kardiyono Tjokrodimuljo, 1992, perancangan adukan beton dimaksudkan untuk mendapatkan beton yang sebaik-baiknya yang antara lain :

- a. Kuat desak tinggi.
- b. Mudah dikerjakan.
- c. Tahan lama (awet).
- d. Murah dan tahan aus.

Pada penelitian ini rencana adukan beton yang digunakan adalah perencanaan menurut *DOE (department of Environment)*. Hitungan pada lampiran.

### 3.14 Metode Pengujian Kuat Desak Beton

Kuat desak beton dipengaruhi oleh kuat ikat pasta semen, homogenitas campuran, perbandingan campuran dan kepadatan beton. Kuat ikat pasta semen ditentukan oleh mutu bahan dan kualitas air. Dengan digunakannya mutu bahan ikat yang tinggi dan berkualitas air yang memenuhi syarat, maka akan dihasilkan beton dengan kuat desak tinggi.

Perbandingan jumlah bahan pembentuk beton secara proporsional dapat menghasilkan beton yang lebih padat dan homogen, yaitu apabila bahan-bahan tersebut saling mengisi. Kuat desak beton dapat dihitung dengan cara membagi beban ultimit yang dicapai dengan luas permukaan bagian yang didesak :

$$\sigma_b = P/A$$

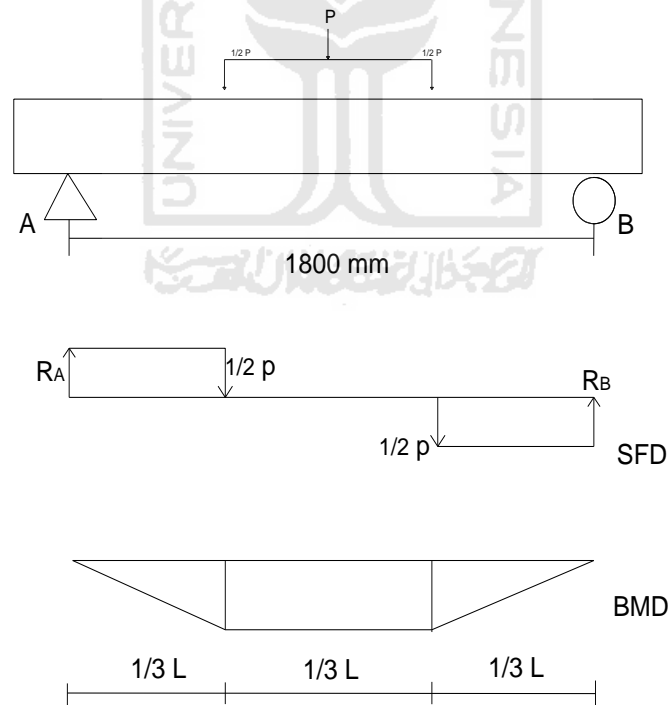
Menurut *Kardiyono Tjokrodimuljo (1992)*, kuat tekan beton dipengaruhi oleh sejumlah faktor-faktor tersebut yakni :

- 1) Jenis semen dan kualitasnya.
- 2) Jenis dan kualitas semen sangat mempengaruhi kekuatan rata-rata dan kuat batas semen.
- 3) Jenis dan bentuk bidang permukaan agregat.
- 4) Pada kenyataannya menunjukkan bahwa penggunaan agregat dengan permukaan kasar akan menghasilkan beton dengan kuat desak yang lebih besar dari pada penggunaan agregat kasar dengan permukaan halus.

- 5) Faktor umur, pada keadaan yang normal kekuatan beton bertambah sesuai dengan umurnya. Pengerasan berlangsung secara terus secara lambat sampai beberapa tahun sesuai dengan bertambahnya umur beton, kecepatan bertambahnya kekuatan beton juga dipengaruhi oleh antara lain faktor air semen dan rawatan. Semakin tinggi nilai fas semakin lambat kenaikan kekuatannya dan semakin tinggi suhu perawatan semakin cepat kenaikan kekuatannya. Dalam penelitian ini dilakukan uji kuat desak beton terhadap mutu beton dengan benda uji silinder berukuran 15 cm x 30 cm, dan di uji pada umur 28 hari.

### 3.15 Metode Pengujian Kuat Lentur Beton

Lentur murni adalah lenturan dari sebuah balok dengan suatu momen lentur (bending moment) konstan yang dalam hal ini gaya lintangnya sama dengan nol, untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar berikut :

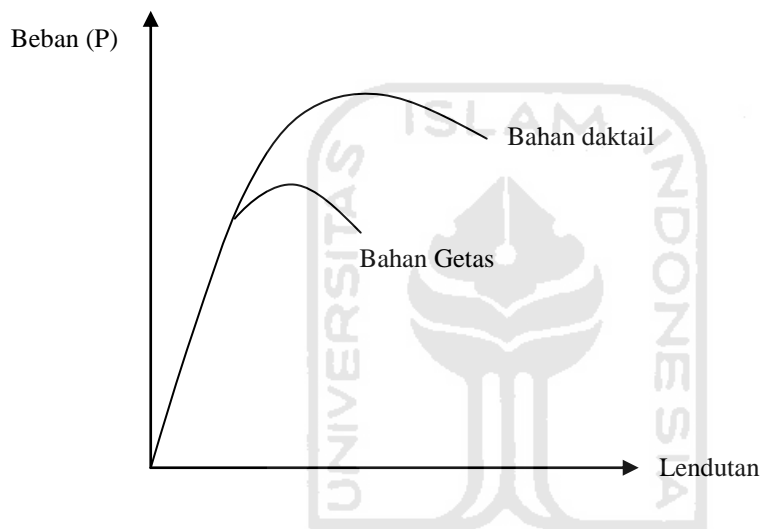


Gambar 3.5 Momen yang terjadi pada pembebanan

Gambar diatas adalah metode pengujian balok pada penelitian ini, yaitu pembebanan terpusat 2 titik dimana beban terpusat didistribusikan menjadi  $\frac{1}{2} p$  pada  $\frac{1}{3}$  bentang balok. Terlihat diatas bidang SFD (*shear force diagram*) dan BMD (*bending momen diagram*) pada balok dengan beban sendiri tidak diabaikan. Pengujian pembebanan terpusat dua titik ini berdasarkan SNI 03-4431-1997.

### 3.16 Hubungan Beban dan Lendutan

Park dan Paulay (1975) mengemukakan hubungan beban dan lendutan akibat beban seperti ditunjukkan pada Gambar 3.6.

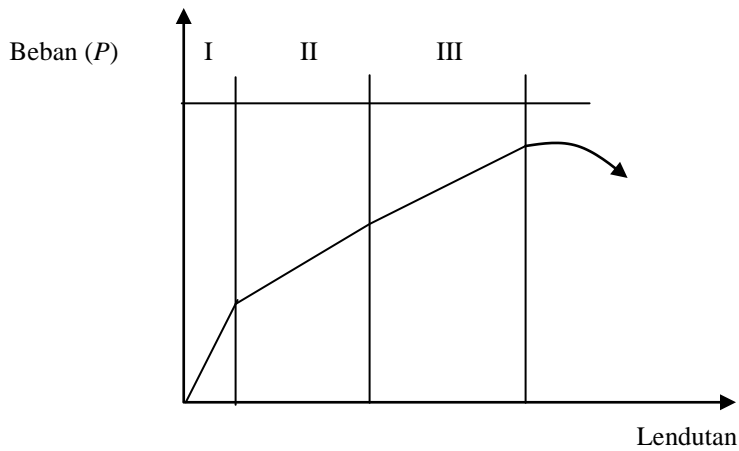


Gambar 3.6 Hubungan Beban dan Lendutan

Dari hubungan antara beban (  $P$  ) dan lendutan (  $\Delta$  ) pada gambar didapat kekakuan balok (  $k$  ) sebagai berikut :

$$k = \frac{P}{\Delta} \dots\dots\dots(8)$$

Hubungan beban-lendutan balok beton bertulang pada dasarnya dapat diidialisasikan menjadi bentuk trilinier seperti yang diperlihatkan pada Gambar 3.7.



Gambar 3.7 Grafik Hubungan Beban-Lendutan pada Balok

- Daerah I : Taraf praretak, (batang-batang structural bebas retak),
- Daerah II : Taraf pascaretak, (batang-batang structural mengalami retak-retak Terkontrol yang masih dapat diterima, baik distribusinya maupun lebarnya),
- Daerah III : Taraf pasca-serviceability, (tegangan pada tulangan tarik sudah mencapai tegangan lelehnya).

## **BAB IV**

### **METODE PENELITIAN**

#### **4.1 Metode Penelitian**

Sebagai tulangan digunakan bambu Wulung tanpa pilinan, bambu diambil bagian kulit dengan ketebalan tertentu. Pengambilan bagian kulit ini dengan pertimbangan bahwa bagian ini relatif cukup padat sehingga sifat higroskopisnya rendah dan kurang memerlukan lapisan kedap air. Pelaksanaan penelitian ini dengan benda uji silinder beton standar berukuran 30 x 15 cm dan dibuat benda uji balok beton dengan ukuran 2000 x 150 x 300 mm.

#### **4.2 Studi Pustaka**

Studi pustaka diperlukan sebagai acuan analisis setelah subjek dari penelitian ditentukan. Studi pustaka adalah landasan teori bagi analisis yang akan mengacu pada buku-buku, media teknologi informasi (internet), pendapat dan teori-teori yang berhubungan dengan penelitian. Studi pustaka yang digunakan dalam analisis ini dijelaskan pada bab tersendiri.

#### **4.3 Pembuatan Tulangan Bambu**

Pembuatan tulangan ini dilakukan secara manual, mulai dari pemotongan bambu, pengolesan vernis sampai perakitan tulangan dilakukan secara manual oleh penguji. Bambu yang dipakai yaitu bambu yang tua karena alasan bambu tua ini lebih kuat dari pada bambu yang masih muda umurnya.

Setelah semua selesai disiapkan perakitan tulangan bisa segera dilakukan, mulai dari pengukuran sampai pada tahap finishing. Setelah tulangan selesai dibuat, selanjutnya lakukan pengolesan vernis dan tempatkan tulangan pada cetakan balok yang sudah disiapkan. Gambar berikut adalah proses perkitan tulangan bambu.



Gambar 4.1 Perangkaian tulangan bambu

### **Bahan-bahan yang digunakan.**

#### 1. Bambu

Jenis tulangan bambu yang digunakan adalah 2 bilah bambu wulung tanpa pilinan yang diikat menjadi 1 (satu) dengan bagian daging bambu saling berhimpit berdimensi panjang 2 m, lebar 2 cm dan tebal 8 mm untuk 1 (satu) bilah bambu.

#### 2. Cairan vernis

Cairan vernis digunakan untuk melapisi tulangan bambu agar kembang susut pada bambu dapat dikurangi atau bahkan dapat dihilangkan sama sekali sehingga daya lekat tulangan bambu lebih maksimal. Tulangan bambu diolesi cairan vernis kemudian didiamkan  $\pm$  selama 2 minggu sebelum pengecoran.

### **4.4 Pembuatan Bekisting**

Pembuatan bekisting berdasarkan ukuran balok yang telah direncanakan, yaitu 2000 x 150 x 300 mm. Penyetingan bekisting ini harus sempurna dalam hal kuatnya baut menekan tiap sisi-sisi kayu, karena jika tidak dilakukan dengan benar maka cairan pasta pada adukan mix design akan meluber kemana-mana karena celah-celah yang ada pada bekisting.



Gambar 4.2 Pembuatan Bekisting

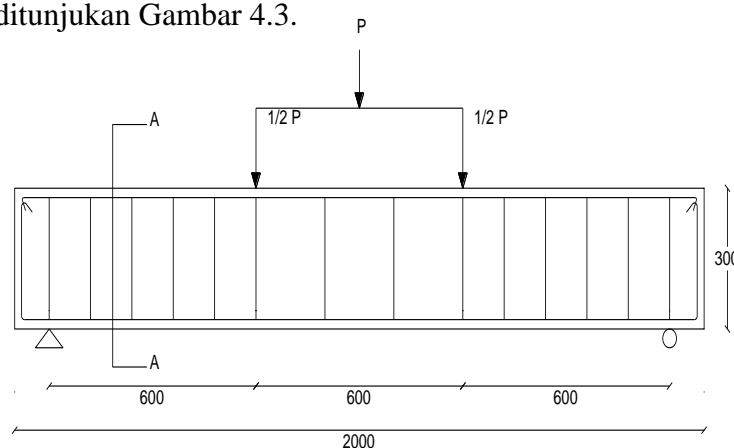
#### 4.5 Pembuatan Benda Uji Balok

Benda uji balok beton dibuat berukuran 300 x 150 x 2000 mm. Untuk mengetahui kuat tarik tarik bambu , kuat desak dan kuat Intur balok dibuat benda uji dengan rincian dan jumlah benda uji pada tabel berikut :

Tabel 4.1 Perincian benda uji

Jenis pengujian	Bahan	Ukuran	jumlah
1.Kuat tarik bambu	Bambu wulung	Lebar 2 cm Tebal 2 – 3 mm Panjang 30 cm	9
2.Kuat desak beton	Silinder beton	Diameter 150 mm dan Tinggi 300 mm	4
3.Kuat lentur beton	Balok beton	300mmx150mmx2000mm	3

Tiga buah benda uji dengan dimensi, panjang dan lebar 150 mm × 300 mm serta panjang 2000 mm. Berikut adalah detail penampang dari benda uji, seperti yang ditunjukkan Gambar 4.3.



Potongan A-A

Gambar 4.3. Detail Penampang Benda Uji

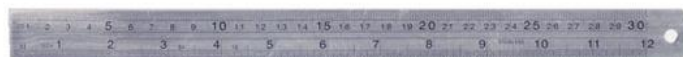
Pada setiap pembuatan satu benda uji balok dibuat juga 3 buah benda uji silinder beton, sehingga diperoleh 12 benda uji untuk mengetahui kuat desak dan berat satuan beton yang telah dibuat, sedangkan semua ukuran baja yang digunakan diperiksa dan dilakukan uji tarik agar diketahui tegangan leleh dan tegangan maksimumnya.

#### 4.6 Peralatan Penelitian

Untuk kelancaran penelitian diperlukan beberapa peralatan yang akan digunakan. Peralatan-peralatan yang digunakan dipenelitian adalah sebagai berikut :

1. Mistar dan kaliper

Mistar digunakan untuk mengukur dimensi cetakan benda uji, sedang caliper berfungsi sebagai pengukur tulangan seperti pada Gambar 4.4.







Gambar 4.4 Mistar dan caliper

## 2. Timbangan

Timbangan yang digunakan dalam penelitian kali ini adalah:

- a. Timbangan merk “OHAUS” dengan kapasitas 20 kg,
- b. Timbangan merk “FAGANI” dengan kapasitas 100 kg.

Timbangan ini digunakan untuk mengukur berat bahan penyusun beton yaitu semen, kerikil, air, pasir dan bahan penyusun yang lain seperti pada Gambar 4.5.



Gambar 4.5 Timbangan

## 3. Mesin uji desak

Mesin uji desak digunakan untuk mengetahui kuat desak silinder beton yang telah dibuat. Dalam penelitian kali ini digunakan mesin uji desak tipe *ADR* 3000 dengan kapasitas 3000 kN seperti pada Gambar 4.6.



Gambar 4.6 Mesin uji desak tipe *ADR 3000*

4. Mesin uji kuat tarik

Mesin uji kuat tarik digunakan untuk mengetahui kekuatan tarik maksimum dan kuat leleh baja tulangan. Dalam penelitian ini digunakan *Universal Testing Machine (UTM)* merek *Shimatsu type UMH 30* dengan kapasitas 30 ton seperti pada

Gambar 4.7



Gambar 4.7 Mesin uji tarik *Shimatsu type UMH 30*

5. *Mixer*/Mesin pengaduk campuran beton

Mesin yang digunakan untuk mencampur adukan beton seperti pada Gambar 4.8.



Gambar 4.8 Mesin pengaduk campuran beton

6. Cetakan silinder beton

Cetakan silinder beton digunakan untuk mencetak benda uji beton yang berbentuk silinder dengan diameter 150 mm dan tinggi 300 mm seperti pada Gambar 4.9.



Gambar 4.9 Cetakan silinder beton

7. Gelas ukur

Gelas ukur digunakan untuk menakar jumlah air yang diperlukan dalam pembuatan adukan beton atau pasta semen. Kapasitas gelas ukur yang dipakai adalah 2000 ml seperti pada Gambar 4.10.



Gambar 4.10 Gelas ukur

#### 8. Kerucut Abrams

Kerucut yang digunakan saat melakukan pengujian slump, benda ini memiliki 2 lubang dengan diameter 10 cm dan 20 cm di bagian atas dan bawah dengan tinggi 30 cm. Alat ini dilengkapi dengan tongkat pemadat yang terbuat dari baja dengan panjang 600 mm dan berdiameter 16 mm dengan ujung yang bulat seperti pada Gambar 4.11.



Gambar 4.11 Slump tes set

#### 9. *Dial Gauge*

Alat ini digunakan untuk mengukur besar lendutan yang terjadi. Pada pengujian ini dipakai dial gauge dengan kapasitas lendutan maksimum 30 mm ketelitian 0,01 seperti pada Gambar 4.12.



Gambar 4.12 *Dial Gauge*

#### 4.7 **Pengujian Tarik Bambu**

Benda uji tarik bambu diambil pada bagian pangkal, tengah dan ujung. Bambu dibelah dengan ukuran lebar 2 cm, tebal 3 mm dan panjang 30 cm. Bambu diuji berdasarkan ada tidaknya ruas.



Gambar 4.13 Pengujian tarik bambu

#### 4.8 Pengujian Desak Silinder

Pembuatan benda uji silinder menggunakan cetakan dengan tinggi 30 cm, diameter 15 cm dan jumlah benda uji sebanyak empat (4) buah

Langkah – langkah dalam pembuatan benda uji silinder.

1. Melakukan penimbangan bahan material.
2. Memasukkan semen, pasir, kerikil, air sedikit demi sedikit kedalam molen.
3. Saat molen mulai berputar usahakan dalam keadaan miring  $45^0$ , agar adukan beton merata.
4. Setelah adukan beton merata, tuang ke wadah campuran beton dan lakukan pengujian nilai slump dengan menggunakan kerucut Abrams.
5. Mempersiapkan cetakan silinder yang akan di pakai untuk mencetak benda uji dengan terlebih dahulu mengoleskan oli pada dinding cetakan.
6. Masukkan adukan beton kedalam cetakan silinder dengan cetok, dilakukan sedikit demi sedikit sambil ditumbuk 25 kali dan di ketuk agar tidak keropos sehingga adukan menjadi padat.
7. Adukan beton yang telah di cetak di letakkan di tempat yang terlindungi dari sinar matahari dan hujan, di diamkan selama 24 jam.
8. Cetakan dapat di buka setelah adukan keras dan terbentuk sempurna dan memberikan kode pada setiap benda uji.



Gambar 4.14 Persiapan pengujian desak silinder

Setelah semua persiapan sudah benar selanjutnya silinder beton ini diuji dengan alat mesin uji desak tipe ADR 3000 dengan kapasitas 3000 kN. Proses pengujian disajikan dalam gambar 4.15.





Gambar 4.15 Pengujian desak silinder

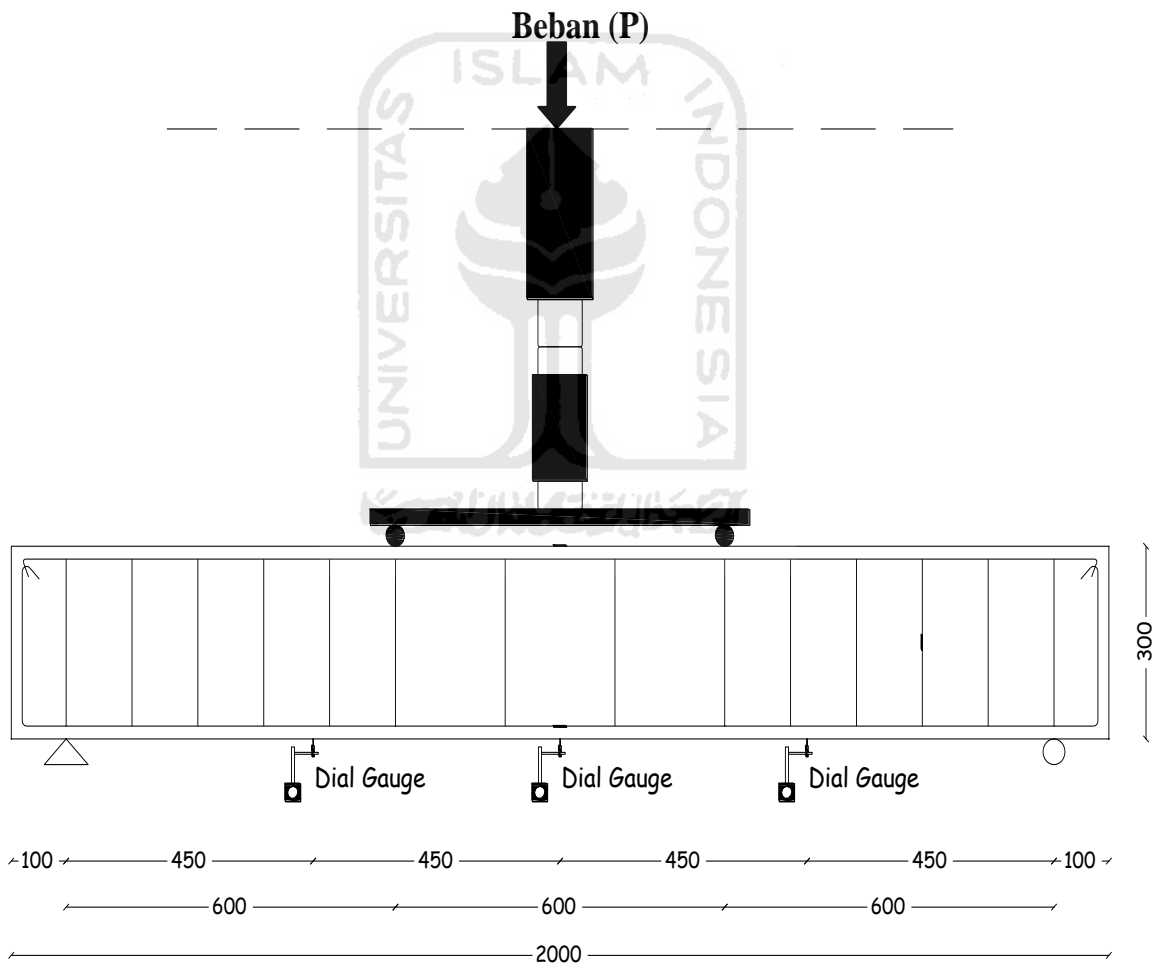
#### **4.9 Persiapan dan Pengujian Lentur Balok Beton**

Langkan-langkah pembuatan benda uji balok

1. Pembuatan benda uji balok dengan ukuran 2000 x 150 x 300 mm sebanyak tiga (3) buah dengan tulangan bambu Wulung tanpa dipilin.
2. Setelah alat dan bahan disiapkan serta rencana campuran beton telah dibuat, dilakukan penimbangan sesuai proporsi yang ditentukan.
3. Bahan susun beton diaduk menjadi satu berturut-turut , agregat kasar, pasir, semen dan air sampai campuran merata.
4. Untuk mengetahui kelayakan adukan beton, maka dilakukan pengukuran slump dengan kerucut Abrams dengan diameter atas 100 mm, diameter bawah 200 mm dan tinggi 300 mm, yang dilengkapi tongkat penumbuk baja diameter 16 mm. Pelaksanaan percobaan slump dilakukan dengan cara kerucut ditekan ke bawah pada penyokong kakinya sambil diisi adukan beton. Pengisian adukan beton dibuat tiga lapis adukan dan tiap lapis ditumbuk sebanyak 25 kali. Bagian atas kerucut diratakan dan di diamkan 30 detik, kemudian kerucut Abrams di angkat perlahan dan tegak lurus dan di letakkan disamping adukan tersebut, selisih tinggi tersebut di namakan nilai slump.

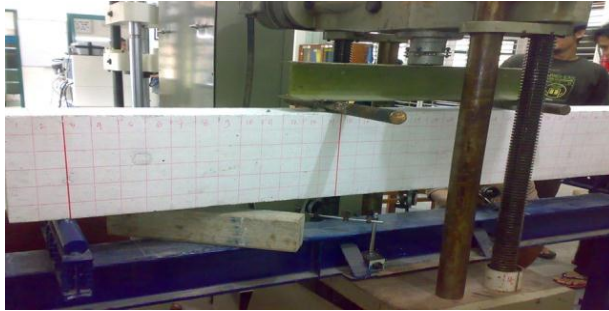
5. Sebelum melakukan pengecoran, terlebih dahulu disiapkan tulangan balok.
6. Adukan beton di masukkan ke dalam cetakan balok/bekisting yang telah di bersihkan dan telah di olesi oli. Cetakan di buka setelah beton kering dan mengeras.

Sebelum pelaksanaan pengujian ada beberapa hal yang harus di perhatikan antara lain persiapan peralatan pengujian. Persiapan peralatan harus benar-benar teliti dan terjaga dari kecelakaan pada saat pengujian berlangsung. Rencana persiapan peralatan dari pengujian ini dapat di lihat pada gambar berikut. Pengujian lentur dilakukan berdasarkan SNI 03-4431-1997, yaitu pembebanan terpusat dengan dua titik. Alasan pembebanan 2 titik ini supaya didapatkan retak yang akurat, sehingga data yang didapat pun lebih valid.



Gambar 4.16 Metode Pengujian Lentur





Gambar 4.17 Persiapan pengujian balok

#### 4.10 Perawatan benda uji

Perawatan beton sangat diperlukan agar permukaan beton tetap dalam keadaan lembab. Penguapan dapat menyebabkan kehilangan air yang cukup penting sehingga dapat mengakibatkan proses hidrasi berjalan tidak sempurna. Dengan konsekwensi berkurangnya kekuatan beton. Penguapan dapat juga menyebabkan penyusutan kering terlalu awal dan cepat, sehingga berakibat timbulnya tegangan tarik yang menyebabkan retak, kecuali bila beton telah mencapai kekuatan yang cukup untuk menahan tegangan ini.

Pada penelitian ini, untuk balok uji akan dilakukan dengan cara menutupi balok uji dengan karung basah sampai sehari sebelum benda uji tersebut dilakukan pengujian. Sedangkan untuk silinder dilakukan perendaman dalam air hingga 28 hari.



Gambar 4.18 Perawatan benda uji

#### 4.11 Pengujian benda uji

Pengujian dilakukan tiga jenis pengujian, yaitu uji tarik bambu, uji desak silinder dan uji lentur balok. Tiap-tiap pengujian mempunyai metode pelaksanaan masing-masing yang disajikan berikut.

##### 4.11.1 Pelaksanaan Uji Tarik Bambu

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kekuatan bambu wulung dalam menahan gaya tarik. Pelaksanaan benda uji tarik antara lain :

1. Dibuat masing-masing sampel sesuai ukuran dan perlakuan yang telah diinginkan sebanyak tiga (3) buah.
2. Sampel ini kemudian di tarik dengan alat uji tarik sehingga mengalami patah, lalu dibaca beban yang bekerja pada sampel dari alat tersebut untuk memperoleh nilai regangan, sehingga bisa di gambar grafik regangan-tegangan untuk memperoleh angka Modulus Elastisitas bambu. Tegangan tarik maksimum bambu dapat dihitung dengan rumus :

$$\sigma = \frac{P_{maks}}{A_{rt}}$$

$\sigma$  = Tegangan tarik bambu maksimum ( kg/cm<sup>2</sup>)

P maks = Beban maksimum (kg)

A<sub>rt</sub> = Luas tampang rata-rata (cm<sup>2</sup>)

##### 4.11.2 Pelaksanaan Uji Kuat Desak Silinder Beton

Pengujian ini dimaksudkan untuk mengetahui nilai f'c beton yang didapat dari pengujian silinder beton. Adapun langkah-langkah pengujian sebagai berikut :

1. Setelah silinder beton di rendam air selama 28 hari, tinggi dan diameternya diukur.
2. Timbang beratnya kemudian diletakan pada pembebanan mesin uji desak.
3. Mesin uji dinyalakan, perubahan di berikan dari 0 kN hingga benda uji hancur dan besarnya beban maksimum di catat sesuai pembebanan.
4. Rumus tegangan dan regangan beton :

$$\varepsilon = \frac{1/2 \cdot \Delta L}{L_0} ; \sigma = \frac{P}{A}$$

Dimana :  $\varepsilon$  = Regangan beton (  $10^{-3}$  )

$\sigma$  = Tegangan beton (kg/cm<sup>2</sup>)

A = Luas tampang silinder beton (cm<sup>2</sup>)

P = Beban ( kN )

$\Delta L$  = Hasil pembacaan eksenometer ( mm )

$L_0$  = Panjang awal sanggahan eksenometer (mm)

#### **4.11.3 Pelaksanaan Uji Kuat Lentur Balok Beton**

Langkah-langkah yang dilakukan dalam pengujian ini :

1. Setelah balok dibuka dari bekisting, dimensinya diukur.
2. Permukaan yang akan di tekan diratakan, di timbang beratnya, kemudian diletakkan pada alas pembebanan mesin uji kuat lentur beton yang sudah diberi tumpuan pada kedua ujung balok beton.
3. Mesin uji di hidupkan, pembebanan diberikan dari 0 kN hingga benda uji mencapai beban maksimum dan besarnya beban maksimum di catat sesuai pembebanan.
4. Retak yang terjadi di tandai pada benda uji saat pengujian, sehingga retakan yang terjadi dapat terekam dengan baik menurut jenjang-jenjang prosesi pemberian beban dilakukan. Lendutan dan beban-beban dicatat agar bisa diperoleh hitungan dengan retakan yang terjadi.

#### **4.12 Prosedur Penelitian**

Prosedur penelitian dapat di gambarkan dalam tahapan berikut ini :

1. Tahap perumusan masalah.  
Tahap ini meliputi perumusan terhadap topik penelitian, termasuk perumusan, tujuan serta pembatasan terhadap permasalahan.
2. Tahap tinjauan pustaka  
Pada tahap ini dilakukan pengkajian pustaka terhadap teori yang melandasi penelitian serta ketentuan yang menjadikan awal dalam pelaksanaan penelitian.

3. Tahap pelaksanaan penelitian.

Pelaksanaan penelitian disesuaikan dengan jenis penelitian dan hasil yang ingin di dapat. Pada tahap ini dimulai dengan pengumpulan bahan-bahan dalam pembuatan campuran beton. Selanjutnya untuk untuk pelaksanaan penelitian dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut :

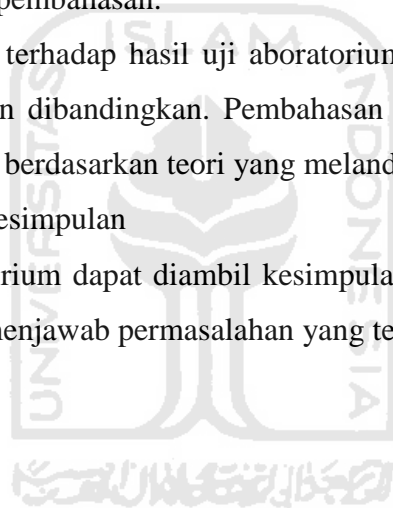
- A. Perencanaan bahan campuran beton
- B. Perencanaan campuran beton
- C. Pembuatan campuran beton.
- D. Pengujian slump.
- E. Pembuatan benda uji.
- F. Perawatan dan Pengujian benda uji.

4. Tahap analisa dan pembahasan.

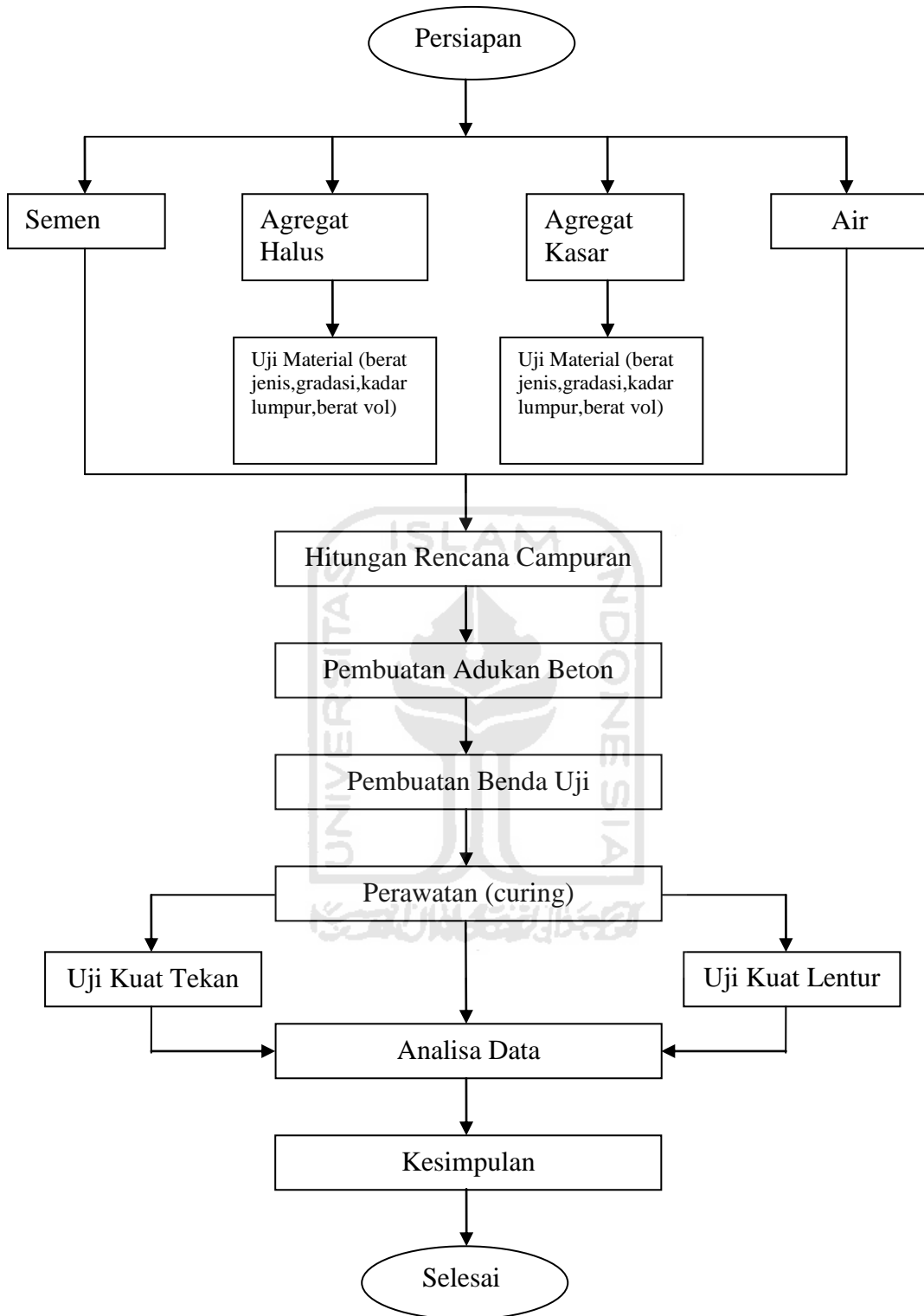
Analisa dilakukan terhadap hasil uji aboratorium. Hasil uji laboratorium tersebut dicatat dan dibandingkan. Pembahasan dilakukan terhadap hasil penelitian di tinjau berdasarkan teori yang melandasi.

5. Tahap penarikan kesimpulan

Dari hasil laboratorium dapat diambil kesimpulan berdasarkan teori yang digunakan untuk menjawab permasalahan yang terjadi.



### Flow Chart Langkah – Langkah Penelitian



Gambar 4.19 Sistematika Metodologi Penelitian

## BAB V

### HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

#### 5.1 Umum

Dari pengujian-pengujian maka didapatkan hasil penelitian yang disajikan berupa data yang telah dianalisis dan ditampilkan dalam bentuk table dan grafik. Hasil penelitian dimulai dari data-data bahan yang mencakup pengujian agregat dan bambu. Pengujian sifat mekanik beton yang meliputi kuat desak beton silinder dan kuat lentur beton bertulang. Data yang dihasilkan dari pengujian adalah kuat tarik bambu tulangan dan kuat mekanis beton. Pengujian yang paling utama dari penelitian ini adalah pengujian kuat lentur beton bertulangan bambu. Data yang dihasilkan dan diperoleh dari pengujian kuat lentur pada sample adalah beban maks dan lendutan. Sehingga dari data tersebut dianalisis untuk mendapatkan grafik beban-lendutan.

#### 5.2 Kuat Tarik Bambu

Bambu yang digunakan pada pengujian tarik ini adalah bambu Wulung berdimensi panjang 30 cm, lebar 2 cm, tebal  $\pm 3$  mm. Hasil pengujian dari bambu ini disajikan dalam Table 5.1.

Tabel 5.1 Hasil Pengujian Kuat Tarik Bambu

Uraian	Bambu		rata <sup>2</sup>
	Ruas	Tidak beruas	
A (cm <sup>2</sup> )	0,65	0,65	0,65
P <sub>maks</sub> (Kg)	683	733	708
f <sub>y</sub> (Kg/cm <sup>2</sup> )	1059	1136	1097
f <sub>y</sub> (MPa)	104	112	107,7

Nilai  $f_y$  dari hasil pengujian adalah nilai riil yang akan digunakan dalam perhitungan beban maksimum. Adapun faktor yang mempengaruhi hasil dari pengujian tarik bambu ini, adalah :

- Umur uji bambu, maksudnya disini adalah berapa lama bambu diuji setelah diambil dari batangnya.
- Bagian-bagian bambu itu sendiri, pada bagian pangkal bambu didapat kuat tarik yang lebih besar daripada bagian tengah dan ujung bambu.
- Ada tidaknya ruas pada bambu.
- Kadar air yang terkandung pada bambu, semakin banyak kandungan air maka kuat tariknya akan lemah.

### 5.3 Kuat Desak Beton

Beton mempunyai nilai kuat tarik yang lebih rendah dibandingkan kuat desaknya. Kuat desak beton dipengaruhi oleh komposisi dan kekuatan masing-masing bahan susun dan lekatan pasta semen pada agregat.

Kuat desak beton diketahui dari uji desak 4 silinder beton yang mendapatkan perawatan dengan cara direndam air selama 28 hari, sedangkan benda uji balok perawatannya dengan diselimuti menggunakan kain goni basah yang disirami air.

Nilai kuat desak beton didapatkan melalui tata cara pengujian standar, menggunakan mesin uji dengan cara memberikan beban pada benda uji silinder beton (dimeter 150 mm, tinggi 300 mm) sampai benda uji tersebut hancur. Hasil rangkuman dari pengujian kuat desak beton dapat dilihat pada Tabel 5.2

Tabel 5.2 Hasil Pengujian Kuat Desak Beton

Uraian	Rerata silinder pengecoran 1	Rerata silinder pengecoran 2	Rerata silinder pengecoran 3
Pmaks (KN)	623,7	555,5	612
$\phi$ silinder (cm)	15,005	14,97	15,01
A (cm <sup>2</sup> )	176,75	175,92	176,86
$f^c$ pakai (MPa)	30,66	30,59	28,58

Dari hasil pengujian silinder beton, kuat desak ( $f^c$ ) yang dihasilkan mengalami perbedaan dari rencana antara masing-masing benda uji.

$f^c$  rata-rata pada pengecoran 1 = 30,66 MPa

$f^c$  rata-rata pada pengecoran 2 = 30,59 MPa

$f^c$  rata-rata pada pengecoran 3 = 28,58 MPa

Nilai  $f^c$  ini akan digunakan pada perhitungan pembebanan rill, momen nominal dan momen retak.

Perbedaan nilai  $f^c$  ini disebabkan oleh beberapa faktor, antara lain:

1. Nilai slump yang tidak sama pada setiap benda uji.
2. Kondisi SSD agregat yang tidak sama antara masing-masing benda uji.
3. Intensitas atau lamanya waktu penuangan ke dalam bekisting saat beton segar sudah siap cetak.
4. Pemasakan yang tidak sesuai dengan syarat jumlah tumbukan.
5. Perawatan beton yang tidak sesuai rencana.

#### 5.4 Tegangan-Regangan Beton pada Silinder

Tegangan-regangan pada silinder diukur dengan menggunakan alat *eksometer*, dengan rumus :

$$\varepsilon = \frac{1/2\Delta L}{L_0} ; \sigma = \frac{P}{A}$$

Dimana :  $\varepsilon$  = Regangan beton

$\sigma$  = Tegangan beton ( $\text{kg/cm}^2$ )

A = Luas tampang silinder beton ( $\text{cm}^2$ )

P = Beban ( kN )

$\Delta L$  = Hasil pembacaan eksenometer ( mm )

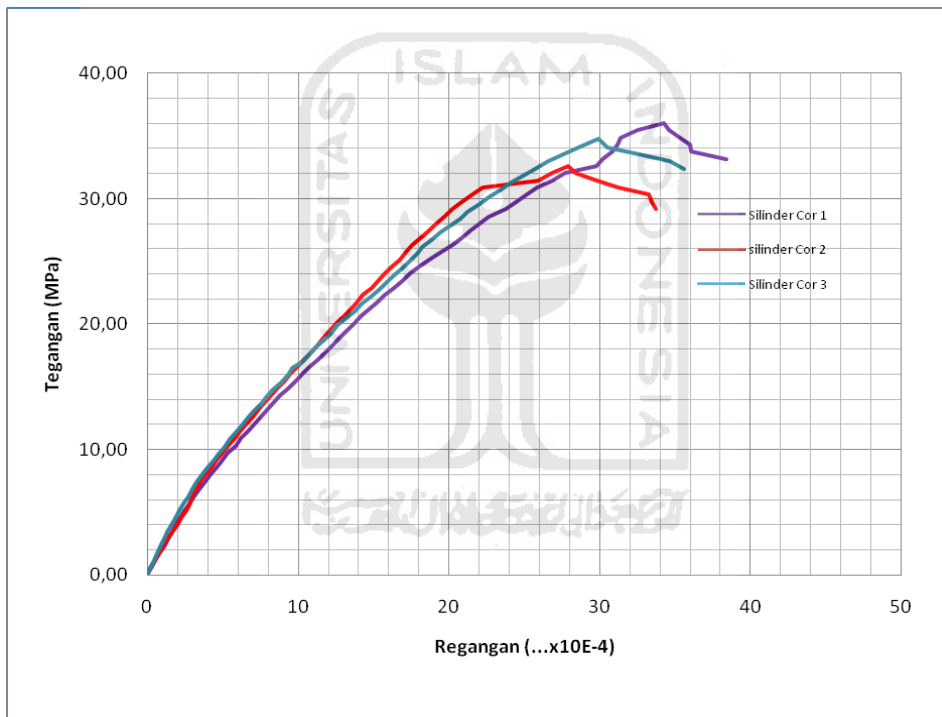
$L_0$  = Panjang awal sanggahan eksenometer (mm)



Perhitungan ini untuk mendapatkan nilai Modulus Elastisitas rill beton yang akan digunakan pada perhitungan selanjutnya. Hasil perhitungan akan disajikan dalam table dan grafik berikut ini : (Hitungan pada lampiran).

Tabel 5.3 Modulus Elastitas Beton pada uji Silinder

Silinder Umur 28 hari	0,4 $\sigma$ max (Mpa)	Regangan ( $10^{-4}$ )	Modulus Elastisitas (Mpa)	
			Uji	Teoritis
1	14,26	9,80	14549	21019
2	13,05	8,1	16107	21019
3	13,9	7,80	17817	21019

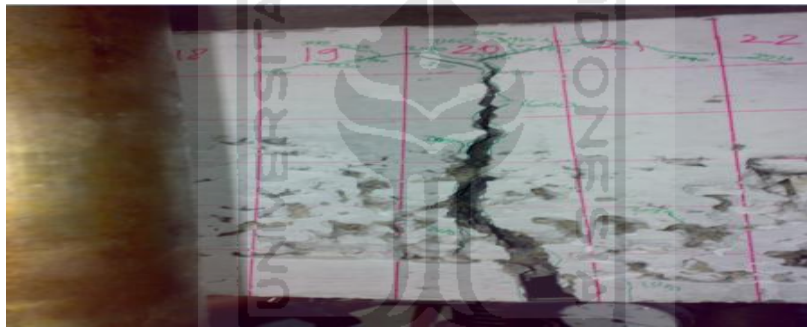


Gambar 5.1 Grafik Teg-Reg Beton pada Silinder umur 28 hari

## 5.5 Karakteristik Benda Uji

Kerusakan pada pengujian ini difokuskan pada rusak lentur, pembebanan dilakukan bertahap dengan jeda tertentu yang telah direncanakan hingga beban maksimum di dapat.

Benda uji mengalami pembebanan bertahap sampai terjadi kerusakan, yaitu retak-retak awal pada benda uji langsung terlihat jelas secara tiba-tiba dan mengalami kerusakan retak arah vertikal di tengah bentang. Retak yang terjadi tiba-tiba ini karena pada tulangan bambu tidak memiliki sifat leleh, sehingga bambu pada beban tertentu seketika langsung patah yang menyebabkan retak secara tiba-tiba ini. Pada pengujian ini sebelum didapat beban maksimum, terjadi penurunan pembebanan pada pembacaan dial tertentu, tetapi pembacaan kembali naik hingga mencapai beban maksimum. Berikut adalah gambar dari kerusakan yang terjadi pada benda uji.



Gambar 5.2 Kerusakan pada Benda uji

Dari gambar terlihat kerusakan yang terjadi pada benda uji, yaitu retak pada daerah lentur pada masing-masing benda uji hampir sama, yang artinya pengujian ini sesuai dengan rencana. Pengujian balok beton bertulang akan memberikan hasil berupa data angka yang nantinya akan disajikan dalam bentuk tabel dan grafik.

## 5.6 Peningkatan Kapasitas Penampang karena adanya Tulangan

Analisis penampang dimaksudkan untuk mengetahui kemampuan penampang yang ada. Parameter yang dihitung adalah kapasitas penampang dengan adanya tulangan ( $M_n$ ) dan tanpa tulangan ( $M_{cr}$ ), dengan adanya penambahan tulangan pada beton polos maka nilai Momen Nominal akan

meningkat pula. Formula untuk mengetahui kontribusi tulangan dalam upaya peningkatan kapasitas penampang ini adalah selisih antara  $M_n$  beton dengan tulangan dan beton polos dibagi  $M_{cr}$  beton polos, atau dengan rumus : (Hitungan pada lampiran).

$$\% \text{kontribusi} = \frac{M_n - M_{cr}}{M_{cr}} \times 100\%$$

Keterangan :

$M_n$  : Momen nominal beton dengan adanya tulangan (kNm)

$M_{cr}$  : Momen retak pada beton polos (kNm)

% kontribusi : Kontribusi tulangan pada penampang

Dengan rumus diatas didapat seberapa besar peranan/kontribusi tulangan pada penampang balok dalam menahan beban yang akan diberikan. Pada penelitian ini luasan tulangan bambu sebesar  $368 \text{ mm}^2$  untuk 2 buah tulangan, dengan tebal tiap-tiap tulangan 8 mm dan panjang 2 m.

## 5.7 Momen Retak

Metode yang digunakan untuk menghitung kekuatan lentur didasarkan anggapan beton tarik telah mengalami retak, disini perhitungan nilai kuat nominal ( $M_n$ ) harus lebih besar dari nilai momen retak ( $M_{cr}$ ). Hasil perhitungan momen retak ini akan disajikan dalam tabel berikut (Hitungan pada lampiran).

Tabel 5.4 Perhitungan Momen Retak

Benda Uji	Momen nominal (kNm)		Momen retak (kNm)	
	Teoritis	Pengujian	Teoritis	Pengujian
Balok 1	10,621	10,895	7,004	9,045
Balok 2	10,621	10,901	7,004	9,154
Balok 3	10,621	10,824	7,004	8,863

Adanya perbedaan retak awal dari ketiga benda uji tersebut dikarenakan tidak adanya kemampuan untuk membuat benda uji yang benar-benar persis satu

dengan yang lainnya walaupun sudah direncanakan dengan perhitungan yang sama. Banyak faktor yang membuat adanya perbedaan tersebut, faktor penyebab lainnya adalah saat pemadatan. Kendala yang muncul saat pemadatan adalah pelaksanaan pemadatan ini dengan cara manual, sehingga ada beberapa bagian dari badan beton yang keropos. Mengenai perbedaan antara retak riil dan teoritis bisa terlihat jelas saat pengujian, dimana terjadinya retak pada balok yang secara tiba-tiba pada beban tertentu.

Tulangan bambu pada penelitian ini dimaksudkan agar bambu memiliki kontribusi pada balok, yaitu ikut berperan dalam menahan beban luar yang diberikan pada balok. Dari hasil perhitungan didapat peranan/kontribusi tulangan bambu ini pada tiap-tiap balok :

1. Tulangan bambu pada balok 1 berkontribusi sebesar 1,85 kNm
2. Tulangan bambu pada balok 2 berkontribusi sebesar 1,75 kNm
3. Tulangan bambu pada balok 3 berkontribusi sebesar 1,96 kNm

Nilai diatas adalah selisih antara Momen Nominal ( $M_n$ ) dari penampang bertulangan bambu dan Momen Retak ( $M_{cr}$ ) beton polos.

Hasil diatas merupakan peningkatan kapasitas penampang bertulangan bambu dengan nilai rerata sebesar 1,853 kNm berdasarkan ukuran tulangan bambu dengan panjang 2 m, lebar 2 cm dan tebal 8 mm, dan balok berdimensi 2000 x 150 x 300 mm.

Dengan mempertimbangkan kontribusi tulangan bambu diatas yang kecil, maka dicoba luasan tulangan maks bambu 4 % luasan balok uji, yaitu 1800 mm<sup>2</sup>. Alasan perhitungan ini untuk meningkatkan kuat nominal ( $M_n$ ) penampang balok, dengan luasan tulangan bambu tersebut didapat besar Momen Nominal ( $M_n$ ) teoritis = 45 kNm, (hitungan pada lampiran xi). Dalam hal ini perhitungan adalah hitungan teoritis karena penguji hanya menghitung ulang tidak melaksanakan pengujian. Hasil-hasil perhitungan yang lain akan disajikan dalam tabel-tabel selanjutnya.

Tabel 5.5 Momen Retak dengan luasan Tulangan 4% luas Balok

Benda Uji	Momen nominal (kNm)	Momen retak (kNm)
	Teoritis	Teoritis
Balok 1	45,73	7,004
Balok 2	45,73	7,004
Balok 3	45,73	7,004

Tabel 5.6 Pembebanan Balok dengan Luas Tulangan 4 % Luas Balok

Kode	Tahap Pembebanan (kN)	
	Retak pertama	Beban maksimum
	Teoritis	Teoritis
Balok 1	30,2	120
Balok 2	30,2	120
Balok 3	30,2	120

Tabel 5.7 Lendutan Balok dengan Luas Tulangan 4 % Luas Balok

Kode	Hasil Perhitungan lendutan (mm)
	Teoritis
Balok 1	0,77
Balok 2	0,77
Balok 3	0,77

## 5.8 Uji lentur Balok dan Pembahasan

Pengujian yang dilakukan pada setiap benda uji berdasarkan pada tahap pembebanan yang diberikan, yaitu tahap pembebanan sampai retak pertama dan mencapai beban maksimum. Dari pengujian yang dilakukan didapat data-data sebagai panduan dalam pembahasan selanjutnya.

Berikut data-data pada Tabel 5.4, yaitu uji lentur pada *first crack* dan pembebanan maksimum. *First crack* adalah retak awal pada balok yang terjadi pada pembebanan tertentu, dan beban maksimum adalah beban tertentu yang

diterima balok dimana pembebanan dihentikan saat balok tidak mampu lagi menahan beban yang diberikan. Pada tabel berikut dapat diketahui beban pembacaan saat balok terjadi *first crack* dan beban maksimumnya.

Tabel 5.8 Hasil Pembebanan Balok

Benda Uji	Tahap Pembebanan			
	Retak Pertama (kN)		Beban maksimum (kN)	
	Pengujian	Teoritis	Pengujian	Teoritis
Balok 1	30,2	23,5	37,77	26,93
Balok 2	30,5	23,5	45,71	26,93
Balok 3	29,5	23,5	32,96	26,93

Dari tabel didapat hasil yang berbeda antara benda uji satu dan yang lainnya. Nilai beban maksimum pada saat pengujian ternyata lebih besar daripada perhitungan secara teoritis. Hal ini bisa terjadi karena setelah balok mengeras dan dilepas dari cetakan, dimensi balok yang melebihi ukuran rencana secara perhitungan juga akan berbeda angka atau hasil yang didapat. Pada tiap benda uji pembebanan hanya dibatasi pada pembebanan maksimum bukan sampai pembebanan ultimit. Beban diberi secara bertahap per 100 Kg, namun pembacaan awal dial dimulai pada beban 300 hingga beban maksimum didapat. Saat pengujian pembebanan sempat turun dan kemudian kembali naik sampai beban maksimum. Penentuan beban maksimum ini saat pengujian tidaklah pasti nilai atau angkanya, bahwa ketika balok dirasa sudah tidak mampu lagi menahan beban, saat itulah pembebanan dihentikan. Pada balok 2 tercatat nilai beban maksimum yang paling tinggi dari pada balok uji yang lainnya, yaitu mencapai 4660 Kg. Hal ini bisa saja terjadi karena pada balok 2 permukaannya sendiri mungkin lebih rata dibandingkan balok yang lain, proses pemadatan juga berpengaruh, semakin bagus pemadatan yang dilakukan semakin baik pula balok tersebut.

## 5.9 Tinjauan Geser

Balok yang mengalami lentur pada saat bersamaan juga menahan gaya geser akibat beban yang bekerja. Kondisi kritis geser akibat lentur ditunjukkan dengan timbulnya tegangan-regangan tarik tambahan ditempat tertentu pada komponen struktur terlentur. Apabila gaya geser yang bekerja pada struktur beton bertulang cukup besar hingga di luar kemampuan beton, maka perlu dipasang baja tulangan tambahan untuk menahan geser tersebut. Dari perhitungan didapat bahwa masing-masing balok pada pengujian ini sudah mampu menahan geser sehingga tidak diperlukan adanya tulangan geser (sengkang), dengan hasil perhitungan  $V_c = 37,79 \text{ kN} > V_u = 19,93 \text{ kN}$ , maka retak rencana yang akan terjadi saat pengujian adalah letak lentur (hitungan pada lampiran).

## 5.10 Lendutan

Secara teoritis perhitungan lendutan maksimum pada balok benda uji dapat di cari, dengan syarat lendutan maksimum harus lebih kecil dari lendutan ijin yang telah ditetapkan SNI 03-2847-2002. Perhitungan ini didasarkan pada berat balok sendiri dan beban (P) terpusat dua (2) titik pada 1/3 bentang balok.

Formula lendutan maksimum pada benda uji balok adalah sebagai berikut:

$$\Delta_{\text{maks}} = \frac{5 q L^4}{384 E_c I_x} + \left[ \frac{P a}{E I} \left[ \frac{L^2}{8} - \frac{a^2}{6} \right] \right]$$

Keterangan: q = Beban terbagi merata (N/mm)

$E_c$  = Modulus elastisitas beton (MPa)

L = Bentang balok (mm)

$I_x$  = Inersia sumbu x ( $\text{mm}^4$ )

Lendutan dihitung dengan memperhatikan beberapa parameter, yaitu berat sendiri balok (q), Inersia sumbu x ( $I_x$ ), Modulus Elastisitas ( $E_c$ ) dan bentang balok (Ln). Hasil perhitungan lendutan maksimum dapat dilihat selanjutnya pada Tabel berikut :

Tabel 5.9 Hasil perhitungan lendutan

Kode benda Uji	Hasil Perhitungan lendutan (mm)	
	Teoritis	Rill
Balok 1	0,413	0,786
Balok 2	0,413	0,843
Balok 3	0,413	0,558

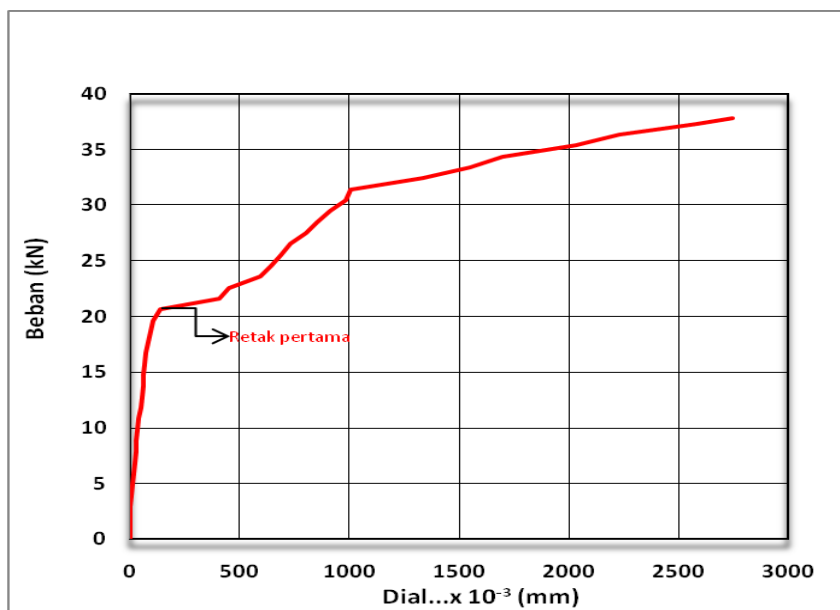
Perhitungan ini diasumsikan sebagai respon balok dalam menahan berat sendiri dan dua beban terpusat pada 1/3 bentang balok, nilai lendutan maksimum ini tidak boleh melebihi nilai lendutan yang diijinkan, yaitu sebesar  $\frac{L}{360}$ , yang lendutan ijin ini adalah lendutan yang terjadi pada balok dimana balok akan mencapai kekuatan batasnya. Dalam perhitungan, bahwa lendutan maksimum harus lebih kecil nilainya dari pada lendutan ijin. Terlihat pada Balok 2 nilai lendutannya paling besar dari balok lainnya, ini disebabkan perbedaan pemadatan yang mungkin terjadi karena pengerjaannya dilakukan secara manual, proses pengecoran sampai penuangannya pada cetakan juga bisa berpengaruh pada kekuatan balok.

Pada hasil pengujian ini respon balok akan disajikan dalam bentuk grafik pada sub bab selanjutnya yang menunjukkan hubungan antara beban dan lendutan.

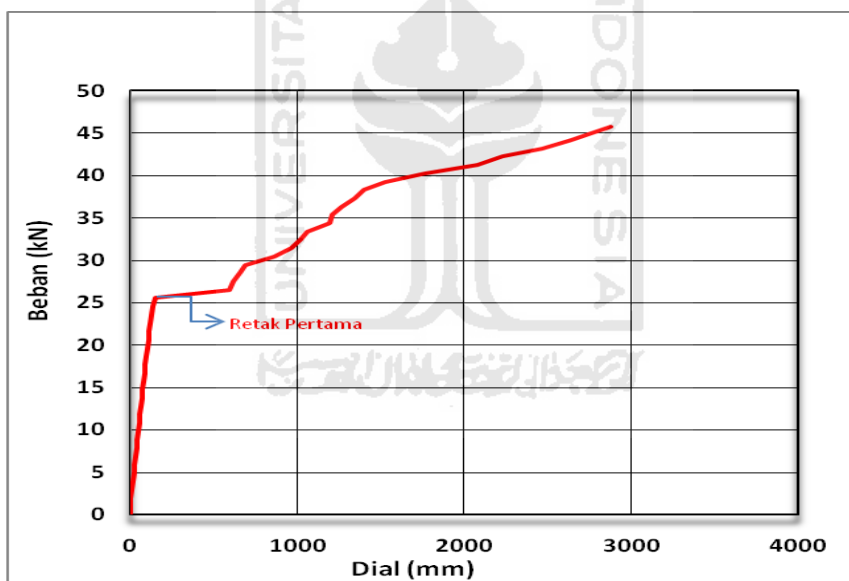
### 5.11 Hubungan beban – lendutan (*Load Displacement Respos*)

Hubungan beban-lendutan merupakan gambaran dari tingkat kekakuan dan fleksibilitas dari benda uji dalam berdeformasi pada saat dibebani. Pembebanan yang dilakukan secara bertahap sampai pada retak pertama dilakukan untuk menggambarkan bahwa telah terjadi kerusakan pada benda uji. kurva hubungan beban-lendutan.

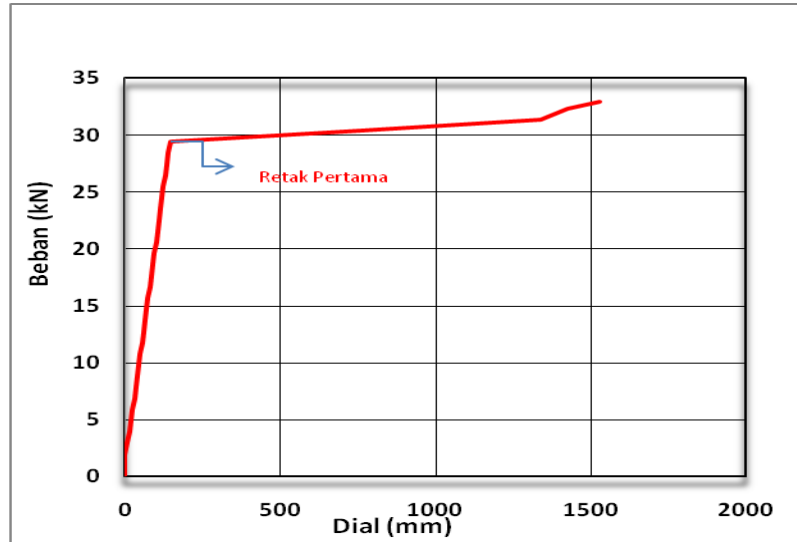




Gambar 5.3 Grafik Hubungan Beban-Lendutan Balok 1



Gambar 5.4 Grafik hubungan beban-lendutan balok 2



Gambar 5.5 Grafik hubungan beban-lendutan balok 3

Dari grafik, pada masing-masing balok uji nilai beban-lendutannya bervariasi (lihat Tabel 5.5), dan juga pada balok 1 dan 2 terjadi *first crack* di beban yang hampir sama, yaitu pada pembebanan interval 20-25 KN, namun pada balok ke 3 terlihat perbedaan dimana terjadinya *first crack* pada pembebanan 30 KN. Pada setiap balok uji, pembacaan dial ditempatkan pada tiga titik, namun yang digunakan hanya bagian dial tengah, ini didasarkan pada retak yang terjadi hanya sepanjang daerah lentur yaitu lentur murni.

Perilaku pengujian tiap-tiap balok pada penelitian ini sama, yaitu ingin mengetahui seberapa kontribusi tulangan bambu tanpa pilinan dalam menahan beban luar (persentasenya lihat sub bab 5.7).

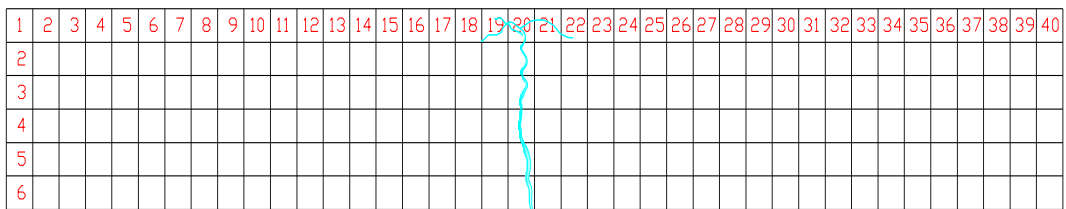
Bambu pada penelitian ini sangat di spesialkan, karena pada akhirnya hasil dari penelitian ini adalah ingin mengetahui seberapa besar kontribusi bambu Wulung sebagai bahan tulangan balok beton. Tetapi kendala dalam penelitian ini yang cukup berpengaruh adalah pembuatan bambu ini sebagai tulangan, oleh karena pengerjaannya yang secara manual akan sangat memungkinkan terjadinya human error.

Pada grafik diatas pembebanan yang turun tidak ikut dimasukkan dalam data karena alasan nilai beban kembali naik pada pembacaan dial tertentu, Ditunjukkan pada pola grafik linear arah horizontal di masing-masing balok.

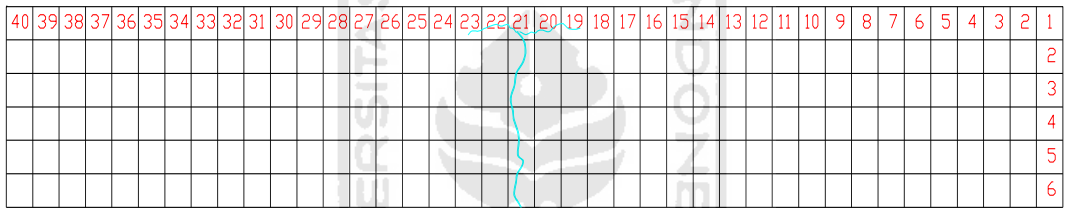
### 5.12 Pola Keretakan Lentur

Dari pengujian dapat dilihat pola rusak setelah balok dibebani secara bertahap hingga beban maksimum. Keretakan yang terjadi pada semua balok yaitu retak lentur. Pola keretakan ini akan disajikan dalam bentuk gambar dan photo.

#### Tampak Depan



#### Tampak Belakang



Gambar 5.6 pola keretakan balok 1



### Tampak Depan

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40				
2																																											
3																																											
4																																											
5																																											
6																																											

### Tampak Belakang

40	39	38	37	36	35	34	33	32	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1					
																																												2
																																												3
																																												4
																																												5
																																												6

Gambar 5.7 Pola keretakan balok 2

### Tampak Depan

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40					
2																																												
3																																												
4																																												
5																																												
6																																												

### Tampak Belakang

40	39	38	37	36	35	34	33	32	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1						
																																													2
																																													3
																																													4
																																													5
																																													6

Gambar 5.8 Pola keretakan balok 3

Keretakan pada setiap benda uji pada umumnya sama, yaitu retak vertical pada daerah lentur yang letaknya ditengah bentang berada diantara 2 titik pembebanan. Retakan yang terjadi memanjang vertikal menuju serat atas dan di ikuti retak-retak halus disekitar serat atas balok.

### 5.13 Hasil dan Perbandingan

Hasil dari penelitian ini dipakai sebagai acuan atau pembandingan dengan penelitian lain yang jenis bambunya sama, namun metode pembuatan tulangnya berbeda, yaitu tulangan bambu Wulung dengan cara dipilin (Arif Irianto, 2011). Secara detail didapat hasil-hasil perbandingan penelitian sebagai berikut :

Tabel 5.10 Perbandingan Tulangan Bambu Pilinan dan Tanpa pilinan

Parameter Perbandingan	Jenis Tulangan Bambu	
	Dipilin	Tanpa Pilinan
Pmaks (kN)	24	38,82
Mn (kNm)	10	10,87
Mcr (kNm)	8,55	9,02
Pcr (kN)	21,4	30,07
Pmaks bambu (Kg/cm <sup>2</sup> )	675	708
Lendutan (mm)	0,32	0,84

Perbedaan yang mencolok terletak di parameter beban maksimum, dimana nilai beban maks pada tulangan bambu tanpa pilinan jauh lebih besar daripada tulangan bambu yang dipilin, kemungkinan yang terjadi adalah tidak maksimalnya metode dalam pembuatan tulangan yang dipilin ini, dan hal ini dapat disebabkan beberapa faktor, yaitu :

- 1) Pada saat pemilinan tulangan, serat-serat tulangan bambu yang dipilin telah rusak.
- 2) Luas tampang dari tulangan, dimana pada tulangan terdapat rongga-rongga yang berdampak pada luasan netto yang kecil.
- 3) Metode pemilinan yang tidak maksimal, dimana saat pemilinan harusnya semua sisi kulit tidak bercelah dan bambu tertutup oleh bilah-bilah bambu.
- 4) Waktu dari saat pengambilan bambu sampai pemilinan dan pengecoran. Bambu yang baik adalah jeda antara pengambilan dan pemilinan tidak terlalu lama, yang menyebabkan serat-serat bambu bisa saja rusak karena cuaca dan hal lain.

Berikut adalah perbandingan hasil penelitian ini dengan penelitian yang pernah dilakukan oleh Abdul Rohman, 2005 “ Pengaruh penggunaan Bambu Petung Sebagai Tulangan Pada Balok Beton “. (Lihat pada sub bab 2.4)

Tabel 5.11 Perbandingan Hasil penelitian

Parameter Pemanding	Abdul Rohman	Beta Sanditias
Dimensi balok (mm)	100 x 150 x 1500	150 x 300 x 2000
Jenis bambu	Petung	Wulung
Momen (kNm)	1,53	10,87
Beban Maks (kN)	5,61	38,82

Dari Tabel 5.11 diatas terlihat perbedaan yang sangat jelas dimana tulangan bambu dengan jenis dan dimensi balok yang berbeda didapat nilai Momen dan Beban maks yang jauh berbeda pula. Perbedaan ini kemungkinan disebabkan dimensi balok dan metode penelitian yang dilakukan berbeda, karena kurangnya data yang cukup untuk penelitian Abdul rohman ini penulis tidak yakin apa yang menyebabkan nilai tabel diatas berbeda jauh.

Variabel lain yang menjadi pembanding penelitian ini dengan penelitian yang sudah dilakukan adalah mengenai Kuat Tarik bambu, menurut (Morisco dan Mardjono, 1995) nilai kuat tarik tiap jenis bambu disajikan dalam tabel berikut :

Jenis Bambu	Kuat Tarik (MPa)	
	Tanpa Ruas	Dengan Ruas
Petung	190	116
Ori	291	128
Hitam	166	147
Tutul	216	74

Sumber : Morisco dan Mardjono (1995)

Pada Tabel diatas nilai kuat tarik bambu Wulung/Hitam tidak jauh berbeda dengan penelitian yang dilakukan penguji, yaitu 103,85 MPa untuk bambu beruas dan 111,45 MPa untuk bambu yang tidak beruas. Perbedaan ini bisa terjadi karena saat pengujian keadaan bambu belum terlalu kering yang menyebabkan kuat tarik berkurang, dimensi bambu uji yang mungkin berbeda pula dan ketelitian saat pengujian juga berpengaruh.



## BAB VI

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, ditarik beberapa kesimpulan untuk menjawab masalah dari penelitian ini, yaitu sebagai berikut:

1. Peningkatan kapasitas penampang karena danya tulangan bambu ini adalah sebesar 1,853 kN didasarkan pada perhitungan selisih  $M_n$  dan  $M_{cr}$ .
2. Rerata lendutan maksimum pada ketiga sample balok adalah 0,89, yaitu lebih kecil dari pada lendutan ijin, maka struktur tersebut dikategorikan aman.
3. Perbedaan yang mencolok yaitu pada nilai beban maksimum teoritis dan saat pengujian, pada balok 1 selisih angka mencapai 1000 kg, bahkan pada balok 2 selisihnya mencapai 2000 kg.
4. Dengan perencanaan dan pelaksanaan yang teliti akan didapati hasil yang baik pula pada perencanaan  $f'c$  umur 28 hari.
5. Retak yang terjadi pada semua balok umumnya pada daerah lentur vertikal di tengah bentang.



## 6.2 Saran

Beberapa saran yang dapat disampaikan berdasarkan pada penelitian ini adalah:

1. Perlu adanya penambahan pada benda uji sebagai pertimbangan rata-rata dari hasil data statistik setelah pengujian berlangsung, agar lebih sempurna.
2. Pembuatan tulangan bambu dan proses pengecoran hendaknya segera setelah bambu diambil dari batangnya, jika terlalu lama serat-serat bambu akan rusak karena pengaruh luar.
3. Permukaan balok hendaknya diratakan lagi dengan menggunakan kaca, agar benar-benar rata dan perletakan beban terpusat tidak miring.
4. Perletakan dudukan saat pengujian hendaknya kokoh tidak bergeser, sebab bisa berpengaruh pada hasil pengujian.



## DAFTAR PUSTAKA

\_\_\_\_\_, 2005, Buku Pedoman Tugas Akhir Dan Praktik Kerja, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta

Morisco, (1999), "Rekayasa Bambu", Nafiri, Yogyakarta

Nawy Edward G dan Bambang Suryoatmo, (2008), "Beton Bertulang Suatu Pendekatan Dasar", PT Refika Aditama, Bandung

Robert N Oddy, (1994), "Structural Bamboo Project", University of Hawai'i, Manoa

Kadir Aboe (2000), "Struktur Beton Bertulang I", Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta

Tri Mulyono, (2005), "Teknologi Beton", C.V. Andi Offset, Yogyakarta

Janssen, J.J.A., (1987), "The Mechanical Properties of Bamboo": 250-256. In Rao, A.N., Dhanarajan, and Sastry, C.B., Recent Research on Bamboos, The Chinese Academy of Forest, People's Republic of China, and IDRC, Canada.

Ghavani, K., (1990), "Application of Bamboo as a lowcost Construction Material": 270-279. In Rao, I.V.R., Gnanaharan, R. & Shastry, C.B., Bamboos Current Research, The Kerala Forest Research Institute-India, and IDRC Canada

Lopez, O.H., (1996), "Manual Construction For Bamboo", National University of Colombia, Bogota, Colombia

Anonim, (1990), "Tata cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal", SK.SNI.T-15-1990-03, Badan Penelitian dan Pengembangan PU, Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.

[Http://journal.uii.ac.id/index.php/teknoin/article/viewfile/138/101](http://journal.uii.ac.id/index.php/teknoin/article/viewfile/138/101).

\_\_\_\_\_, 2009, "Buku Panduan Praktikum Teknologi Bahan Konstruksi", Jurusan Teknik Sipil, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta