

**UJI TARIK DAN PENGARUH VARIASI PELAPIS TERHADAP UJI KUAT  
LEKAT BAMBU PILIN DENGAN KULIT**

**SKRIPSI**

**TEKNIK SIPIL**

Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik



**Disusun Oleh :**  
**SATRIO WIBOWO ADI**  
**NIM. 135060100111006**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**MALANG**  
**2018**

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur saya panjatkan kehadirat Allah SWT atas berkat, rahmat, dan karunia-Nya sehingga dapat menyelesaikan skripsi dengan judul **“Uji Tarik dan Pengaruh Variasi Pelapis Terhadap Uji Kuat Lekat Bambu Pilin Dengan Kulit”**. Shalawat dan salam saya tujukan kepada junjungan umat Islam, Nabi Besar Muhammad SAW yang telah memberikan jalan pencerahan bagi umat manusia.

Skripsi ini disusun sebagai salah satu persyaratan untuk menyelesaikan studi di Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya. Berkat bantuan, petunjuk, dan bimbingan dari berbagai pihak yang telah membantu akhirnya skripsi ini dapat terselesaikan, oleh karena itu saya menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Dr. Eng. Alwafi Pujiraharjo, ST., MT. dan Dr. Eng. Eva Arifi ST, MT. selaku Ketua Jurusan dan Sekretaris Jurusan yang telah membimbing dari awal perkuliahan hingga tugas akhir ini.
2. Dr. Eng Devi Nuralinah, ST, MT. dan Roland Martin S, ST., MT., M.Sc sebagai dosen pembimbing yang telah memberikan arahan, masukan, dan bimbingan dalam penulisan skripsi ini.
3. MT., Dr. Ir. Wisnumurti, MT., dan Dr. Eng. Indradi W, ST. M.Eng (Prac) sebagai tim dosen struktur yang telah memberikan saran dan masukan dalam penulisan skripsi ini.
4. Prof. Dr. Ir. Sri Murni Dewi, MS. selaku Kepala Laboratorium Struktur dan Konstruksi Bahan, serta Bapak Sugeng membantu penelitian kami di Laboratorium Struktur.
5. Ibunda, Ayahanda, Kakak, Adik, dan semua keluarga yang telah memberi bantuan moral dan materi dalam menyelesaikan skripsi ini.
6. Rekan Tim Penelitian dan Skripsi, Maria Veronika Jahuranto, Raka Agidio Saputra, Renny Amelia, Reza Fahlevi, Christiovalni Natalia, Lina Laila Chamidah, dan Najmi Faradisa yang telah bekerja sama dan berjuang dalam penelitian dan skripsi ini.

7. Rekan seperjuangan Insiyur Muda yang telah banyak membantu dalam penelitian di laboratorium maupun dukungan dalam pengerjaan skripsi.
8. Segenap keluarga besar Teknik Sipil Universitas Brawijaya khususnya angkatan 2013 yang membantu selama proses penelitian skripsi ini.

Dengan segala keterbatasan dan kemampuan saya sebagai manusia biasa tentunya skripsi ini jauh dari kata sempurna. Karena itu saran dan kritik yang membangun sangat diharapkan demi kesempurnaan skripsi ini. Dan semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Malang, 26 Desember 2018

Penyusun



## DAFTAR ISI

<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<i>ii</i>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<i>iv</i>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<i>viii</i>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<i>x</i>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	<i>1</i>
<b>1.1. Latar Belakang</b> .....	<i>1</i>
<b>1.2. Identifikasi Masalah</b> .....	<i>2</i>
<b>1.3. Rumusan Masalah</b> .....	<i>2</i>
<b>1.4. Batasan Masalah</b> .....	<i>2</i>
<b>1.5. Tujuan Penelitian</b> .....	<i>3</i>
<b>1.6. Manfaat Penelitian</b> .....	<i>3</i>
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<i>5</i>
<b>2.1. Beton</b> .....	<i>5</i>
2.1.1 Agregat .....	<i>6</i>
2.1.1.1 Agregat Halus .....	<i>7</i>
2.1.1.2 Agregat Kasar .....	<i>7</i>
2.1.2 Semen .....	<i>8</i>
2.1.3 Air.....	<i>8</i>
2.1.4 Faktor Air Semen (FAS) .....	<i>9</i>
2.1.5 Slump Test.....	<i>9</i>
2.1.6 Bahan tambah ( <i>admixture</i> ) .....	<i>10</i>
<b>2.2. Bambu</b> .....	<i>11</i>
2.2.1 Penelitian Mengenai Bambu .....	<i>12</i>
2.2.2 Sifat-sifat Mekanik Bambu .....	<i>12</i>
<b>2.3. Bahan Pelapis</b> .....	<i>14</i>
2.3.1 Vernis .....	<i>14</i>
2.3.2 Sikadur .....	<i>15</i>
<b>2.4. Penelitian Mengenai Bahan Pelapis bambu</b> .....	<i>16</i>
<b>2.5. Kuat Tarik Bambu</b> .....	<i>17</i>
<b>2.6. Kuat lekat Bambu</b> .....	<i>17</i>
<b>2.7. Regangan</b> .....	<i>19</i>
<b>2.8. Hipotesis Penelitian</b> .....	<i>19</i>

<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>21</b>
<b>3.1. Tempat dan Waktu Penelitian.....</b>	<b>21</b>
<b>3.2. Variabel Penelitian .....</b>	<b>21</b>
<b>3.3. Peralatan dan Bahan Penelitian .....</b>	<b>21</b>
3.3.1 Peralatan Penelitian .....	21
3.3.2 Bahan Penelitian.....	22
<b>3.4. Analisa Bahan .....</b>	<b>22</b>
3.4.1 Semen.....	22
3.4.2 Air.....	22
3.4.3 Agregat.....	22
3.4.4 Bahan Adiktif.....	22
3.4.5 Pelapis Vernis dan Sikadur .....	23
3.4.6 Tulangan.....	23
3.4.7 Beton .....	23
3.4.8 Ikatan Ujung.....	23
<b>3.5. Rancangan Penelitian .....</b>	<b>23</b>
3.5.1 Rancangan Benda Uji Tarik .....	23
3.5.2 Rancangan Benda Uji Tekan.....	24
3.5.3 Rancangan Benda Uji Pull Out .....	24
<b>3.6. Proses Penelitian .....</b>	<b>25</b>
3.6.1 Pembuatan Tulangan Pilinan Bambu .....	25
3.6.2 Pengujian Kuat Tarik Bambu.....	25
3.6.3 Pengujian Kuat Tekan Beton.....	25
3.6.4 Pengujian Pull Out .....	25
<b>3.7. Rancangan Analisis Data .....</b>	<b>26</b>
3.7.1 Uji Hipotesis.....	26
<b>3.8. Diagram Alir Penelitian. ....</b>	<b>31</b>
<b>BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>33</b>
<b>4.1. Uji Tarik .....</b>	<b>33</b>
4.1.1 Persiapan Benda Uji.....	33
4.1.2 Metode Pengujian Tarik Bambu .....	34
4.1.3 Hasil Uji Tarik.....	35
4.1.4 Analisa data .....	36
<b>4.2. Uji Pullout.....</b>	<b>37</b>
4.2.1 Perencanaan Mix Design Beton .....	37
4.2.2 Pengujian Kuat Tekan Beton.....	39
4.2.3 Persiapan benda uji dan metode uji Pull-out Bambu .....	40
4.2.4 Hasil Pengujian Uji <i>Pull Out</i> .....	41
4.2.5 Luas Penampang Bambu .....	42
4.2.6 Pengujian Tegangan Pullout.....	43

4.2.7	Perhitungan Regangan.....	44
4.2.8	Perhitungan Penambahan Panjang Teoritis.....	46
4.2.9	Analisis Anova Satu Arah.....	47
<b>4.3.</b>	<b>Analisis Mekanisme Kerusakan .....</b>	<b>52</b>
<b>BAB V</b>	<b>.....</b>	<b>55</b>
<b>PENUTUP</b>	<b>.....</b>	<b>55</b>
<b>5.1.</b>	<b>Kesimpulan.....</b>	<b>55</b>
<b>5.2.</b>	<b>Saran .....</b>	<b>55</b>





DAFTAR TABEL

No.	Judul	Halaman
Tabel 2. 1	Penetapan Nilai Slump .....	10
Tabel 3. 1	Variabel Penelitian .....	21
Tabel 3. 2	Form Pengujian tarik bambu. ....	23
Tabel 3. 3	Faktor Benda Uji Pull Out.....	24
Tabel 3. 4	Variasi Benda Uji Pull out .....	24
Tabel 3. 5	Form Pengujian <i>Pull Out</i> .....	24
Tabel 3. 6	Ragam Benda Uji Kuat Lekat Beton Bertulangan Bambu .....	27
Tabel 3. 7	Tabel Statistik Induk.....	27
Tabel 3. 8	Tabulasi Analisis Ragam Klasifikasi Satu Arah.....	29
Tabel 4. 1	Hasil uji tarik Bambu.....	36
Tabel 4. 2	Perencanaan Campuran Beton Normal .....	38
Tabel 4. 3	Perbandingan Campuran Pada Perencanaan <i>Mix Design</i> .....	39
Tabel 4. 4	Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton.....	40
Tabel 4. 5	Beban Maksimum Pull-out .....	41
Tabel 4. 6	Berat Isi Bambu .....	43
Tabel 4. 7	Berat Bambu .....	43
Tabel 4. 8	Kuat Tarik <i>Pull-out</i> .....	44
Tabel 4. 9	Regangan <i>Pull out</i> Bambu.....	45
Tabel 4. 10	Penambahan panjang teoritis berdasarkan uji <i>pull out</i> .....	47
Tabel 4. 11	Analisa Statistik Kuat Tarik Bambu .....	48
Tabel 4. 12	Distribusi F dengan probabilitas 0,05 .....	49
Tabel 4. 13	Ringkasan Anova Satu Jalur .....	50
Tabel 4. 14	Analisa Statistik Kuat Tarik Bambu .....	50
Tabel 4. 15	Ringkasan Anova Satu Jalur .....	52



DAFTAR GAMBAR

No.	Judul	Halaman
Gambar 2. 1	Diagram tegangan-regangan bambu dan baja.....	12
Gambar 2. 2	Perilaku bambu yang tidak dilapisi lapisan kedap air .....	13
Gambar 2. 3	Vernis .....	15
Gambar 2. 4	Sikadur .....	16
Gambar 2. 5	Perbandingan beban maksimum balok bertulangan bambu. ....	16
Gambar 3. 1	Benda uji pull out .....	26
Gambar 4. 1	Perendaman NaOH.....	33
Gambar 4. 2	Rancangan Spesimen .....	34
Gambar 4. 3	Pengujian Tarik Bambu .....	34
Gambar 4. 4	Sampel Bambu yang Patah/Putus .....	35
Gambar 4. 5	Grafik Pembacaan Beban.....	36
Gambar 4. 6	Pola Bambu Pilin.....	40
Gambar 4. 7	Pengujian Benda Uji Pull Out.....	41
Gambar 4. 8	Hubungan Beban Maks dengan Penambahan Panjang .....	42
Gambar 4. 9	Hubungan Tegangan dan Regangan .....	46
Gambar 4. 10	Pola Keruntuhan Tarik .....	53

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Kebutuhan kita tidak lepas dengan berbagai fasilitas dan infrastruktur. Di era modern ini pertumbuhan penduduk mengakibatkan kebutuhan untuk tempat tinggal semakin bertambah. Hal ini membuat kebutuhan bahan bangunan semakin bertambah, namun kondisi ini tidak seimbang dikarenakan mahalannya harga bahan bangunan. Kita memulai untuk mencari solusi untuk menghemat harga bahan bangunan.

Beton adalah bahan bangunan yang dominan dipakai pada struktur bangunan. Bahan ini mudah dikerjakan, karena terbuat dari campuran semen, agregat, air dan bahan tambahan lainnya dengan jumlah perbandingan tertentu. Selain mudah dibentuk, beton memiliki daya tekan yang besar. Namun beton memiliki kekurangan yaitu daya tarik yang lemah. Sehingga perlu diberikan tulangan pada beton. Sekarang ini bahan yang paling dominan dipakai pada struktur yaitu tulangan baja. Tulangan baja memiliki daya tarik yang besar yang cukup untuk menahan daya tarik pada beton. Penggunaan tulangan baja memiliki beberapa kendala salah satunya yaitu, harga material yang cukup mahal. Mahalnya harga tulangan baja ini sangat memberatkan masyarakat terutama masyarakat golongan ekonomi lemah oleh karena itu perlu adanya alternatif lain untuk mengganti tulangan baja. Disamping itu baja merupakan bahan tambang yang tidak dapat diperbaharui dan keberadaannya suatu hari akan habis.

Penelitian banyak dilakukan oleh para ahli struktur untuk mencari bahan alternatif pengganti material baja. Pada tahun 1996, Morisco memanfaatkan bambu sebagai tulangan beton. Bambu merupakan produk hasil alam yang renewable yang dapat diperoleh dengan mudah, murah, mudah ditanam, pertumbuhan cepat, dan memiliki kuat tarik sangat tinggi yang dapat dipersaingkan dengan baja (Setiyabudi. A, 2010). Menurut Janssen (1980), kekuatan tarik bambu sejajar serat antara 200-300 MPa, kekuatan lentur rata-rata 84 MPa, modulus elastisitas 200.000 MPa.

Berdasarkan hasil penelitian Morisco dan Murdjono (1996) dan Janssen (1987) Penggunaan bambu sebagai tulangan beton merupakan salah satu alternatif yang dapat digunakan untuk membuat suatu elemen struktur untuk bangunan sederhana. Menurut Morisco, kekuatan tarik yang dimiliki bambu sangat tinggi yang mendekati dua kali kuat tarik baja dengan kuat leleh 240 Mpa dilaporkan hampir mencapai 500 Mpa, sehingga jika



bambu dikombinasikan dengan beton yang memiliki kuat tekan yang tinggi akan diperoleh bahan bangunan yang baru dan cukup baik kualitasnya. Sifat lentur bambu dapat mengimbangi sifat getas beton sehingga perpaduannya akan menghasilkan elemen struktur yang baik.

Penelitian bambu sebagai material tulangan balok pengganti tulangan baja sudah banyak dilaksanakan dengan berbagai bentuk. Pada penelitian ini bambu akan dirajut sebagai pengganti tulangan baja dan diuji kuat lekatnya. Untuk melindungi permukaan dasar dari kerusakan diberi variasi pelapis berupa vernis dan sikadur.

## 1.2. Identifikasi Masalah

Teknologi bahan memerlukan adanya inovasi untuk selalu memperkaya pengetahuan dalam bidang bahan bangunan. Salah satunya yaitu memanfaatkan variasi pelapis berupa vernis dan sikadur sebagai bahan pelapis kuat lekat tulangan bambu. Sifat bahan ini diharapkan dapat melekatkan bambu agar tidak terjadi susut pada bambu.

## 1.3. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian yang dikemukakan di atas, masalah penelitian diidentifikasi sebagai berikut. :

1. Bagaimana nilai kuat tarik pada bambu yang memiliki buku dan tanpa buku.
2. Bagaimana mengetahui nilai kuat lekat pada bambu balok beton bertulang bambu pilin setelah diberi variasi pelapis.
3. Bagaimana pengaruh variasi pelapis terhadap kuat lekat pada bambu.

## 1.4. Batasan Masalah

Untuk membatasi ruang lingkup penelitian ini, maka diperlukan batasan-batasan sebagai berikut :

1. Benda uji pull out berupa balok beton dengan panjang 40 cm, lebar 15 cm dan tinggi 30 cm dengan membenamkan dua tulangan tepat diantara dua balok tersebut.
2. Jenis bambu yang digunakan adalah bambu petung.
3. Pelapis yang digunakan berupa pelapis sikadur dan vernis.
4. Jenis semen yang digunakan adalah Portland Pozzolan Cement (PPC).
5. Tulangan yang digunakan adalah tulangan bambu yang dipilin,
6. *Mix design* menggunakan  $f'c$  20 Mpa

7. Pasir yang digunakan adalah pasir lokal Malang.
8. Tulangan bambu menggunakan variasi dimensi yang berbeda dengan panjang 124 cm.
9. Pengujian menggunakan bahan Addition H.E sebagai bahan adiktif beton.
10. Pengaruh lingkungan diabaikan
11. Satu jenis pilinan yang digunakan

### **1.5. Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui beban tarik dari bambu.
2. Untuk mengetahui pengaruh variasi pelapis terhadap kuat lekat beton bertulang bambu pilinan.
3. Untuk mengetahui daya lekat bambu pilinan setelah diberi variasi pelapis.

### **1.6. Manfaat Penelitian**

Adapun manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah :

1. Bagi praktisi lapangan, antara lain :
  - a. Sebagai bahan pertimbangan pemilihan bahan bangunan yang terjangkau tetapi memiliki kualitas bagus dan kekuatan yang cukup serta layak digunakan sebagai bahan konstruksi yang ramah lingkungan.
  - b. Sebagai referensi pemilihan bahan tulangan yang bisa mengurangi penggunaan tulangan baja tanpa mengurangi aspek kuat lekat tulangan baja itu sendiri.
2. Bagi kalangan akademisi :
  - a. Sebagai informasi data kuat tarik dan kuat lekat beton bertulangan bambu rajutan dengan variasi pelapis sehingga dapat digunakan untuk referensi penelitian selanjutnya.
  - b. Menginovasi penelitian untuk dikembangkan menggunakan bahan pelapis selain sikadur dan vernis.



## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1. Beton

SNI 03-2847-2002, mendefinisikan beton sebagai suatu campuran antara bahan perekat, dan bahan pengisi serta air sebagai katalisator yang berfungsi untuk memicu proses kiamawi antara campuran beton, serta tambahan campuran lain yang berfungsi untuk meningkatkan kinerja dari campuran beton. Bahan perekat disini yang dimaksud adalah Sement Portland atau semen hidrolis yang berfungsi untuk mengikat campuran jika diberi air kemudian setelah terjadi proses kimiawi akan menjadi kaku dan keras, sedangkan yang dimaksud sebagai bahan pengisi adalah agregat kasar yang bisa berupa batu pecah atau kerikil yang bergradasi sama, agregat halus material halus yang berbutir tajam seperti pasir, abu gunung. Bahan tambahan / admixture adalah bahan yang digunakan untuk mempengaruhi kualitas campuran beton. Bahan campuran ini diperlukan untuk tujuan tertentu dalam pengerjaan beton seperti, mempermudah pengerjaan, mempercepat pengerasan, memperlambat pengerasan dan lainnya.

Sifat beton memiliki nilai daktilitas (kemampuan struktur untuk menyerap energi dari luar sistim) dan kuat tekan yang tinggi dibandingkan kuat tariknya. maka beton hanya diperhitungkan bekerja di daerah tekan pada penampangnya, sedangkan kuat tarik dipikul oleh tulangnya, bisa berupa tulangan dari baja ataupun dari bahan lainnya (Dipohusodo, 1994).

Kekuatan beton akan meningkat mengalami pengerasan yang sempurna setelah beton berumur 28 hari. Umur beton 28 hari digunakan sebagai standar kekuatan beton awal pada waktu perencanaan, namun dalam rangka mempercepat umur beton tanpa mengurangi kekuatan beton dapat diberikan bahan adiktif untuk mempercepat umur beton hingga 14 hari.

Faktor faktor yang bisa mempengaruhi kekuatan tekan dalam struktur beton, antara lain :

1. Mutu dan kandungan semen yang digunakan, Semakin banyak semen yang akan digunakan, maka akan dihasilkan konstruksi beton bertulang yang kuat dan baik. Penggunaan semen berbanding lurus dengan kekuatan konstruksi beton

2. Perbandingan campuran adukan beton, (komposisi antara semen air pasir dan kerikil)
3. Mutu agregat halus dan kasar, serta gradasi yang baik, pemilihan material agregat kasar yang gradasi seragam dan material agregat pasir yang bagus akan mendapatkan mutu beton yang bagus.
4. Pengaruh faktor air semen (fas) dan kepadatan , Semakin banyak air yang di gunakan, maka konstruksi beton yang dihasilkan semakin jelek. Walaupun di dalam pengerjaan lebih ringan, Kuncinya gunakan air sesedikit mungkin, hanya agar campuran konstruksi beton bisa dikerjakan (bisa diangkut, dicor, dipadatkan dan di-finishing).
5. Umur beton, waktu dimana beton mulai dilakukan pencampuran , menurut PBI 71 waktu yang paling efektif dibutuhkan beton untuk dapat menerima beban uji adalah 28 hari.
6. Proses pembuatan
7. Quality control
8. Suhu perawatan (pada waktu dilakukan pencampuran beton atau sesudahnya)

Dalam proses pengerjaan beton bisa terjadi adanya keadaan susut yang berlebihan akibat kehilangan kelembaban yang terlalu cepat atau tidak seragam, sehingga dapat menyebabkan retak., untuk menjaga hal tersebut berikut ini adalah macam-macam metode perawatan yang baik dan benar:

1. Membasahi permukaan beton secara berkala dengan air supaya selalu lembab selama perawatan. Bisa berupa sistem sprinkler agar praktis
2. Merendam beton dengan air berupa penggenangan permukaan beton
3. Membungkus beton dengan bahan yang dapat menahan penguapan air. Contohnya plastik dan sebagainya

### 2.1.1 Agregat

Definisi agregat menurut Tjokrodimulyo (1992) adalah butiran mineral yang berfungsi sebagai material pengisi dan menempati sebanyak 70% volume campuran mortal atau beton. Faktor pemilihan material agregat sangat berpengaruh terhadap sifat – sifat dan kekuatan mutu beton, perlu ketelitian dalam memilih agregat yang baik dan memenuhi syarat sesuai dengan beton yang diinginkan .

Campuran yang terlalu banyak pasir walapun akan menjadikan beton halus akan tetapi kekuatannya sedikit berkurang, jika dibandingkan dengan campuran yang normal.

Kekuatan beton akan semakin menurun jika ketika pencampuran menggunakan molen terlalu lama. Sebaliknya jika beton terdiri dari koral yang banyak, konstruksi beton akan menjadi kasar akan tetapi kekuatannya mejadi lebih baik jika dibandingkan dengan beton yang menggunakan pasirnya lebih banyak.

Maka pemilihan Agregat (pasir dan kerikil) harus bergradasi baik, dalam arti bahwa bidang kosong antara kerikil dapat diisi dengan pasir, sehingga didapat susunan yang padat. Pasir dan kerikil tidak boleh mengandung bahan reaktif alkali dan bahan organis yang merusak beton. Dalam campuran beton agregat yang diperhitungkan adalah agregat dalam keadaan Saturated Surface Dry (SSD) yaitu keadaan ketika permukaan agregat kering, tetapi bagian dalam terisi oleh air.

Fungsi agregat dalam beton adalah

1. Menghemat pemakaian semen untuk mendapatkan beton yang murah
2. Menghasilkan kekuatan yang besar pada beton
3. Mengurangi penyusutan pada perkerasan beton
4. Gradasi yang baik (tidak seragam) menghasilkan beton yang padat.
5. Menghasilkan sifat yang workability.

#### **2.1.1.1 Agregat Halus**

Agregat halus merupakan agregat yang butirannya lolos ayakan no. 4 dengan lubang 4,8 mm dan tertahan ayakan no. 200. Agregat halus umumnya berupa pasir.

Syarat-syarat agregat halus yang harus dipenuhi menurut Peraturan Beton Indonesia 1971 sebagai berikut:

1. Pasir terdiri dari butir-butir tajam dan keras. Bersifat kekal artinya tidak mudah lapuk oleh pengaruh cuaca, seperti terik matahari dan hujan.
2. Tidak mengandung lumpur lebih dari 5%. Apabila kadar lumpur lebih dari 5% maka harus dicuci.
3. Tidak mengandung bahan-bahan organik terlalu banyak yang dibuktikan dengan percobaan dari Abrams-Herder.

#### **2.1.1.2 Agregat Kasar**

Definisi Agregat kasar untuk material campuran beton adalah merupakan agregat alam yang berbentuk kubus ataupun bersudut yang tertahan ayakan dengan lubang 4,8 mm. Agregat kasar pada umumnya bisa berupa kerikil atau batu pecah.

Syarat-syarat agregat kasar untuk dipakai sebagai campuran beton harus sesuai dengan Peraturan Beton Indonesia 1971 sebagai berikut:

1. Material butiran keras yang tidak berpori serta bersifat kekal yang artinya tahan dan tidak mudah pecah karena pengaruh cuaca.
2. Tidak mengandung lumpur lebih dari 1%. Kandungan lumpur pada agregat kasar yang melebihi dari 1% harus dilakukan pencucian atau pembersihan dari kadar lumpur.
3. Material tidak mengandung zat yang dapat merusak batuan seperti zat-zat yang reaktif terhadap alkali.
4. Agregat kasar yang berbutir pipih diperbolehkan apabila jumlahnya tidak melebihi 20% dari berat keseluruhan.

### 2.1.2 Semen

Semen merupakan jenis bahan pelekat fragmen – fragmen mineral menjadi suatu massa yang padat. Semen yang dimaksudkan dalam bidang konstruksi adalah semen hidraulis yaitu semen yang akan mengeras apabila dicampur dengan air sehingga mengikat agregat yang terdapat di dalam beton. (Wang & Salmon, 1985)

Menurut ASTM (American Society for Testing and Materials), semen Portland dapat diklasifikasikan sesuai tujuan pemakaiannya dalam lima jenis, yaitu :

1. Semen jenis I adalah semen untuk pemakaian konstruksi secara umum yang tidak memerlukan persyaratan khusus dan saat ini diproduksi paling banyak
2. Semen jenis II adalah semen yang dalam pemakaiannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat atau panas hidrasi sedang.
3. Semen jenis III adalah semen yang dalam pemakaiannya memerlukan kekuatan tinggi pada tahap permulaan setelah pengikatan terjadi.
4. Semen jenis IV adalah semen yang dalam pemakaiannya memerlukan panas hidrasi rendah dan digunakan pada beton masif dalam volume besar
5. Semen jenis V adalah semen yang dalam pemakaiannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat.

### 2.1.3 Air

Air mempunyai peranan yang cukup penting dalam pembuatan beton, air merupakan material alami yang diperlukan pada proses pembuatan beton untuk memicu reaksi kimiawi dengan semen sehingga terjadi proses pengikatan. Proses pengikatan awal disebut initial set terjadi ketika dilakukan pencampuran dan sampai dengan proses pengikatan

akhir disebut final set. Volume air yang diperlukan untuk campuran harus sesuai. Kelebihan air pada campuran akan menimbulkan bleeding, yaitu munculnya lapisan tipis yang mengurangi lekatan antara lapisan beton.

Adapun fungsi air dalam campuran beton adalah sebagai berikut :

1. Sebagai pereaksi semen secara kimiawi untuk membentuk pasta semen
2. Sebagai pelicin bagi agregat kasar dan halus
3. Untuk mencairkan material semen keseluruh permukaan agregat
4. Memungkinkan campuran beton mengalir merata keseluruh sisi cetakan

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

#### **2.1.4 Faktor Air Semen (FAS)**

Faktor air semen (FAS) atau Water Cement Ratio (WCR) adalah perbandingan antara jumlah air terhadap jumlah semen dalam suatu campuran beton. Faktor air semen sangat penting karena sangat mempengaruhi kekuatan beton. Nilai FAS yang tinggi menyebabkan penurunan mutu kekuatan beton, Semakin tinggi nilai Fas (faktor air semen) pada campuran beton maka nilai kuat tekan dan modulus elastisitas akan semakin rendah. Namun nilai FAS yang rendah tidak berarti mutu kekuatan beton yang tinggi. Secara umum nilai FAS yang diberikan pada campuran beton minimum 0,4 dan maksimum 0,65. (Mulyono, 2004).

#### **2.1.5 Slump Test**

Slump test pada dasarnya merupakan salah satu pengetesan sederhana untuk mengetahui workability beton segar sebelum diterima dan diaplikasikan dalam pekerjaan pengecoran.

Workability beton segar pada umumnya diasosiasikan dengan :

1. Homogenitas atau kerataan campuran adukan beton segar (homogeneity)
2. Kelekatan adukan pasta semen (cohesiveness)
3. Kemampuan alir beton segar (flowability)
4. Kemampuan beton segar mempertahankan kerataan dan kelekatan jika dipindah dengan alat angkut (mobility)
5. Mengindikasikan apakah beton segar masih dalam kondisi plastis (plasticity)

Selain besaran nilai slump, tampilan visual beton, jenis dan sifat keruntuhan juga harus diperhatikan pada saat pengujian slump dilakukan.

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

Tabel 2. 1 Penetapan Nilai Slump

Pemakaian beton (sesuai jenis struktur)	Tinggi	
	Maks (cm)	Min (cm)
Dinding, plat pondasi dan pondasi telapak bertulang	12,5	5,0
Pondasi telapak tidak bertulang, Caisson dan struktur dibawah tanah	9,0	2,5
Pelat, balok, kolom dan dinding	15,0	7,5
Pengerasan jalan	7,5	5,0
Pembeton massa	7,5	2,5

Sumber : Peraturan Beton Bertulang Indonesia (1971)

### 2.1.6 Bahan tambah (*admixture*)

Bahan *admixture* adalah suatu bahan berupa bubuk atau cairan yang ditambahkan ke dalam campuran adukan beton selama pengadukan, dengan tujuan untuk mengubah sifat adukan atau betonnya. (SK SNI S-18-1990-03).

Berdasarkan ACI ( American Concrete Institute) bahan tambah adalah material selain air, agregat dan semen hidrolis yang dicampurkan dalam beton atau mortar yang ditambahkan sebelum atau selama pengadukan berlangsung.

Menurut Standar ASTM , terdapat 7 jenis bahan tambah kimia, yaitu:

1. Tipe A, Water-Reducing Admixtures
2. Tipe B, Retarding Admixtures
3. Tipe C . Accelerating Admixtures
4. Tipe D, Water Reducing and Retarding Admixtures
5. Tipe E, Water Reducing and Accelerating Admixtures
6. Tipe F, Water Reducing , High Range Admixtures
7. Tipe G, Water Reducing, High Range Retarding Admixtures.

Bahan *admixture* yang digunakan yaitu *Addition H.E* pada tipe A. berfungsi untuk mempercepat waktu pengerasan beton.

### Spesifikasi Additon H.E

Dosis 80 cc -200 cc per Zak/50 kg Semen

1. Dosis 80 cc : Kekuatan Tekan beton umur 10 hari setara dengan beton biasa umur 28 hari
2. Dosis 120 cc : Kekuatan Tekan beton umur 7 hari setara dengan beton biasa umur 28 hari
3. Dosis 200 cc : Kekuatan Tekan beton umur 5 hari setara dengan beton biasa umur 28 hari
4. Menghambat proses pengikatan awal dari 3 jam menjadi 4 ½ jam sehingga waktu penuangan & penurunan slump menjadi lebih lama dan beton terhindar dari keretakan
5. Meningkatkan kekuatan tekan akhir sampai 25% sehingga dapat dibuat campuran beton yang lebih ekonomis
6. Sebagai Water reducer dapat mengurangi jumlah air adukan sampai 20% sehingga beton menjadi lebih bermutu tinggi dan kedap air
7. Sebagai palstisator dapat meningkatkan nilai slump tanpa menambah air adukan sehingga memudahkan pengerjaan / penuangan.

## 2.2. Bambu

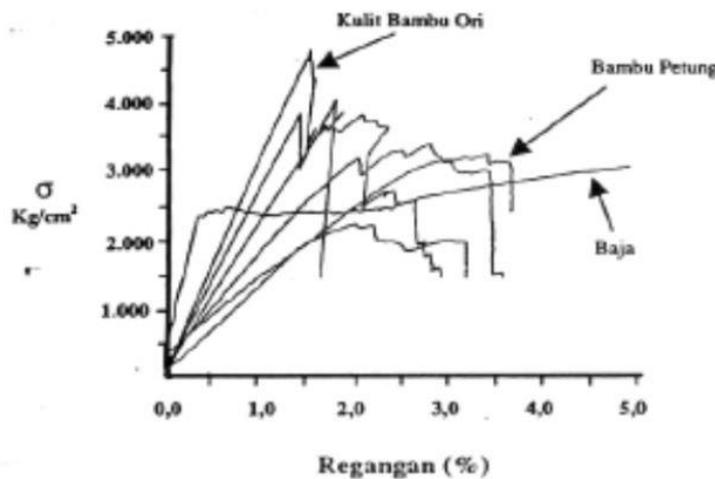
Bambu merupakan bahan konstruksi yang sering digunakan sebagai komponen bangunan seperti atap, tangga, tiang dan lain-lain. Bambu dapat tumbuh cepat dan memiliki ketahanan yang luar biasa. Terdapat sekitar 75 genus dan 1250 species bamboo yang bisa ditemui di seluruh dunia, sedangkan di Asia terdapat 14 genus dan 120 species (Mohamed, 1992;Charomaini 2004).

Bambu yang ada di Indonesia yaitu bambu ori, bambu ampel, bambu petung, bamboo tali dan masih banyak jenis yang lainnya. Bambu mempunyai kekuatan tarik yang cukup tinggi, antara 100-400 Mpa, hampir menyamai kekuatan tarik besi tulangan setara dengan ½ sampai ¼ dari tegangan ultimate besi (Widjaja, 2001) serta (Surjokusumo dan Nugroho, 1993) menunjukkan hasil yang sama dan menurut Morisco, 1996 bahwa kuat tarik bambu dapat mencapai 1280 kg/cm<sup>2</sup>.

### 2.2.1 Penelitian Mengenai Bambu

Bambu memiliki kekuatan yang cocok sebagai bahan pengganti tulangan baja pada beton bertulang, hal ini telah dibuktikan dalam berbagai macam penelitian ilmiah maupun empiris, antara lain:

1. Morisco (1999) melakukan penelitian dan menyimpulkan bahwa bambu dapat digunakan sebagai pengganti tulangan baja dan mempunyai kekuatan tarik yang tinggi mendekati kekuatan baja struktur.



Gambar 2. 1 Diagram tegangan-regangan bambu dan baja

Sumber : Morisco (1999)

2. Janssen (2000) melakukan penelitian perbandingan penggunaan bambu dan baja sebagai tulangan di dalam balok beton. Hasil yang didapat menyatakan bahwa momen lentur pada balok beton bertulang bambu adalah 78% jika dibandingkan dengan balok dengan tulangan baja.
3. Patturrahman dan kusuma (2003) melakukan penelitian dengan menyimpulkan bahwa bambu memiliki peluang untuk digunakan sebagai tulangan balok beton, khususnya untuk struktur sederhana.
4. Khosrow Gavami (2004) menyatakan bahwa tulangan bambu dapat menggantikan tulangan baja secara memuaskan dan telah diaplikasikan di dalam beberapa konstruksi bangunan.

### 2.2.2 Sifat-sifat Mekanik Bambu

Bambu merupakan salah satu bahan yang memiliki sifat higroskopis yang artinya memiliki sifat afinitas terhadap air baik dalam bentuk uap maupun cair. Sehingga kemampuan bambu dalam mengembang dan menyusut tinggi. Penyusutan yang terjadi pada bambu secara lanjut akan mempengaruhi lekatan antara bambu dengan beton. Oleh

karena itu diperlukan perlakuan khusus terhadap bambu yaitu dengan cara memberikan lapisan kedap air.

Pada penelitian ini hanya dilakukan pengujian tegangan tarik dan tegangan pull-out yang bertujuan untuk mengetahui tegangan lekatan serta tegangan tarik antara tulangan bambu dengan beton. Tegangan tarik dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

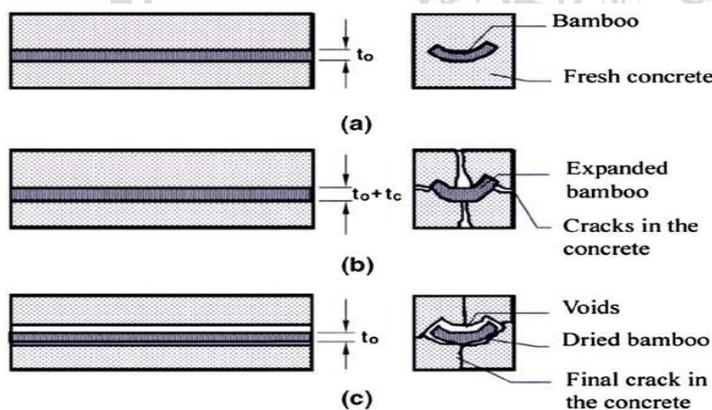
$$\sigma = \frac{P}{A} \quad (2-1)$$

Di mana  $\sigma$  = tegangan tarik bambu

$P$  = gaya tarik

$A$  = luas penampang bambu

Ketika bambu digunakan sebagai tulangan, bambu akan memiliki perilaku yang berbeda pada saat proses pengerasan pada beton apabila tidak dilapisi dengan lapisan kedap air. Pada saat mortar masih dalam keadaan basah tulangan bambu akan mengembang seperti ditunjukkan pada Gambar 2.2.a. Hal ini dikarenakan tulangan bambu yang tidak dilapisi oleh lapisan kedap air akan menyerap air pada mortar yang masih segar. Pada saat bambu menyerap air dari mortar bambu akan mengembang sehingga menimbulkan retakan pada mortar setelah mengering seperti pada Gambar 2.2.b Pada waktu yang lama mortar akan mengering dan retakan yang timbul akan semakin membesar, bambu akan mengalami pengerutan dan pembusukan akibat adanya kontak dengan udara luar seperti pada Gambar 2.2.c.



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 : Khosrow Gavami (2004)

Bahan pelapis kedap air ini dapat berupa melamin, sikadur, cat atau vernis untuk mengurangi sifat higroskopis pada bambu atau menghilangkannya sama sekali. Pada penelitian ini digunakan vernis dan ski sebagai bahan pelapis kedap air pada tulangan bambu.

Kegunaan bahan pelapis yaitu:

- a. Relatif menambah keawetan bahan yang dilapisinya
- b. Memperindah tampilan dengan bermacam-macam warna
- c. Relatif dapat dibersihkan bila terkena kotoran
- d. Pengerjaannya mudah.

### 2.3. Bahan Pelapis

Bahan pelapis yang digunakan pada penelitian ini adalah pelapis vernis dan pelapis Sikadur.

#### 2.3.1 Vernis

Vernis adalah sebuah finishing yang bisa diterapkan pada kayu dan permukaan lainnya untuk membuat sebuah lapisan mengkilap dan keras yang akan melindungi elemen. Jenis finishing ini digunakan dalam berbagai situasi, dan ini adalah metode finishing yang sangat diminati untuk lantai, lis perahu, dan lemari.

Vernis (varnish), dibedakan menjadi:

- *Spirit type Varnish* terdiri dari harsa yang dilarutkan dalam pelarut yang mudah menguap, jenis ini agak rapuh dan kurang tahan lama.
- *Oil Resin varnish* terdiri dari harsa yang dilarutkan dalam minyak mengering (minyak lena, minyak thung).

Spesifikasi Vernis

- Mengkilap.
- Pengaturan sangat baik, bebas dari garis-garis kuas
- Kering dalam waktu 2 s.d. 4 jam.
- Mengeras dalam waktu 24 jam
- Daya tutup cukup baik
- Daya lekat baik.
- Tahan luar dan dalam
- Warna satu sama lainnya bisa dicampur.



*Gambar 2. 3 Vernis*

### 2.3.2 Sikadur

Sikadur adalah epoxy resin yang berfungsi untuk perekat beton lama dan baru. Dapat digunakan sebagai perekat epoksi antara beton atau mortar yang masih baru dengan berbagai macam permukaan beton lama. Sikadur mempunyai daya rekat yang sangat baik produk ini mampu diaplikasikan pada kondisi struktural maupun non struktural. Sikadur yang digunakan pada penelitian ini menggunakan Sikadur 31 CF

Karakteristik dari sikadur 31 CF

- a. Mudah dicampur dan diaplikasikan
- b. Cocok untuk permukaan beton yang kering dan lembab
- c. Kerekatan yang sangat baik ke hampir semua material konstruksi
- d. Kuat rekat yang tinggi
- e. Thixotropic : tidak mudah jatuh meleleh untuk aplikasi vertical dan posisi terbalik
- f. Mengeras tanpa menyusut
- g. Tahan terhadap bahan kimia.

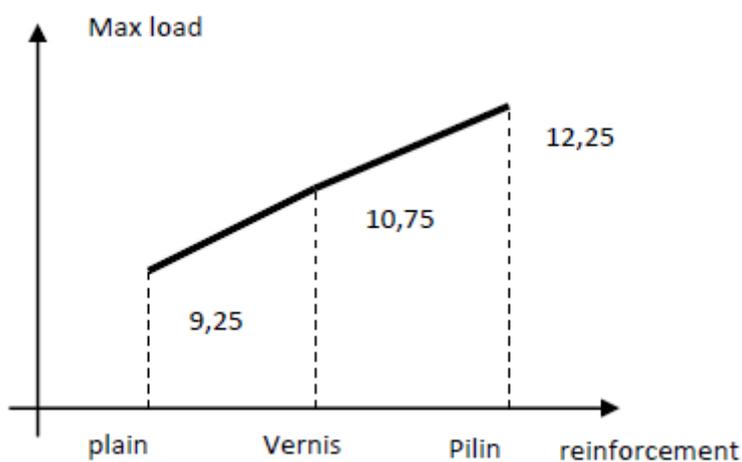


Gambar 2. 4 Sikadur

#### 2.4. Penelitian Mengenai Bahan Pelapis bambu

Untuk melapisi bambu agar tidak terjadi kembang susut akibat masuk keluarnya air, beberapa penelitian dilakukan dengan melapisi bahan pelapis antara lain :

1. H. Y. V. Dias (2015) melakukan penelitian berupa kelayakan penggunaan palmyrah dan bilah bambu sebagai perkuatan balok horizontal. Pada penelitian ini hasil yang didapat berupa penggunaan pelapis vernis dapat membatasi penyerapan air hingga 8%.
2. Hery Riyanto (2013) menyatakan bahwa penggunaan vernis sebagai penguatan bambu dapat meningkatkan kekuatan balok bertulangan bambu hingga 10,75 dan meningkat hingga 12,25 jika dipilin. Hal ini dicantumkan dalam grafik sebagai berikut :



Gambar 2. 5 Perbandingan beban maksimum balok bertulangan bambu.

3. Atul Agarwal (2014) melakukan penelitian berupa investigasi eksperimen terhadap perlakuan kimiawi pada balok dan kolom bertulangan bambu. Dari hasil pull out yang didapat bahwa pelapis menggunakan Sikadur memiliki kuat lekat lebih besar dibanding bahan adiktif yang dibandingkan ( Tapecrete P-151, Sikadur 32 Gel, Araldite dan Anti Corr RC). Serta dari beban aksial didapat bahwa kolom yang diberi pelapis sikadur memiliki daktilitas dan memberikan tanda sebelum terjadi keruntuhan dibanding beton tanpa tulangan dan beton bertulangan bambu tanpa pelapis.

### **2.5. Kuat Tarik Bambu**

Kuat Tarik Bambu Penelitian tentang sifat mekanik bambu telah dilakukan oleh Morisco pada tahun 1994 – 1999, diawali dengan membandingkan kuat tarik bambu Ori dan bambu Petung tanpa buku dengan baja beton yang mempunyai tegangan leleh 240 MPa. Hasil pengujian diperoleh kuat tarik kulit bambu Ori cukup tinggi yaitu hampir mencapai 500 MPa atau sekitar dua kali tegangan leleh baja, dan kuat tarik bambu Petung bagian luar juga lebih tinggi dari tegangan leleh baja yaitu rata-rata 285 MPa.

Selanjutnya juga dilakukan pengujian kuat tarik bambu kering oven untuk bambu Ori, bambu Petung, bambu Wulung, bambu Legi, bambu Tutul, bambu Galah, dan bambu Apus yang diperoleh kuat tarik rata-rata tanpa buku dan dengan buku berturut-turut adalah 291 MPa dan 128 MPa, 190 MPa dan 116 MPa, 166 MPa dan 147 MPa, 288 MPa dan 126 MPa, 216 MPa dan 74 MPa, 253 MPa dan 124 MPa, 151 MPa dan 55 MPa. Pada penelitian ini digunakan bambu petung dengan diuji tarik di laboratorium.

### **2.6. Kuat lekat Bambu**

Menurut Dipohusodo (1999), Salah satu dasar anggapan dalam merencanakan dan menganalisis beton bertulang adalah ikatan antara tulangan dan beton yang mengelilinginya berlangsung sempurna tanpa terjadi pergeseran atau penggelinciran. Pada waktu komponen struktur beton bertulang menahan beban, maka akan timbul tegangan lekat yang berupa shear interlock pada permukaan singgung antara tulangan dengan beton.

Untuk mengetahui daya tarik tulangan bambu pada beton bertulang dapat dievaluasi melalui uji tarik (pull out test). Menurut data rata-rata penelitian yang dilakukan bila dibandingkan dengan tulangan baja, kekuatan ikatan lekat bambu lebih rendah dibanding tulangan baja, yaitu sekitar 8 Mpa. Nilai kuat tarik pada pull out dapat bervariasi tergantung pengolah beban, penguatan, diameter tulangan, kekuatan beton serta tingkat

ikatan lekat. Nilai tersebut dapat digunakan untuk mengevaluasi stabilitas struktur pada bangunan. Menurut Youngsi Jung (2006), biasanya kekuatan ikatan lekat dipengaruhi oleh beberapa kondisi yakni ukuran tulangan, permodelan kulit tulangan, kondisi kelembaban, jarak penanaman dan kualitas beton.

Pengujian kuat lekat terhadap beton bertulangan baja dapat dihitung menggunakan rumus:

$$P = Ld\pi ds\mu \dots\dots\dots (2.2)$$

$$\mu = \frac{P}{(Ld\pi ds)} \dots\dots\dots (2.3)$$

Luas bidang kontak pada tulangan bambu dapat disesuaikan dengan keliling penampang melintang dikalikan panjang penanaman. Untuk kuat lekat tulangan bambu dapat dihitung menggunakan rumus:

$$\mu = \frac{P}{Ld 2(Lb+tb)} \dots\dots\dots(2.4)$$

keterangan :

P = beban (N)

Ds = diameter tulangan (mm)

Ld = panjang penanaman (mm)

Lb = lebar tulangan bambu (mm)

Tb = tebal tulangan bambu (mm)

$\mu$  = kuat lekat antara beton dengan tulangan (MPa)

Menurut ASTM C-234-91a yang disebut dengan tegangan lekat kritis adalah tegangan terkecil yang menyebabkan terjadinya penggelinciran pada beton sehingga bambu yang tertanam di dalam beton bergeser sebesar 0,25 mm. Oleh karena itu bila sesar beton melebihi 0,25 mm maka beton bisa dianggap sudah runtuh. Modulus elastisitas tulangan berperan dalam terjadinya pertambahan panjang tulangan sampai terjadi penggelinciran ketika beban tarik (P) bekerja. Sesar ( $\Delta s$ ) yang terjadi setelah pembebanan adalah:

$$\Delta s = z - \Delta L \dots\dots\dots (2.5)$$

$$\Delta L = \frac{(P L_0)}{(A E)} \dots\dots\dots(2.6)$$

dengan :

$\Delta s$  = sesar (mm)

Z = pertambahan panjang total (mm)

$\Delta L$  = pertambahan panjang bambu (mm)

P = beban (N)

$L_0$  = panjang bambu mula-mula (mm)

E = modulus elastisitas (MPa)

A = luas penampang bambu ( $\text{mm}^2$ )

## 2.7. Regangan

Regangan adalah perubahan bentuk dan ukuran pada sebuah benda apabila diberikan dua buah gaya yang berlawanan arah (menjauhi pusat benda) yang dikenakan pada masing-masing ujung-ujung benda tersebut. Perbandingan antara pertambahan panjang batang dengan panjang mula-mula dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut:

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \dots\dots\dots (2-7)$$

dengan :

$\varepsilon$  = Regangan

$\Delta L$  = Pertambahan panjang benda (mm)

$L_0$  = Panjang Penanaman Bambu (mm) = 400 mm

## 2.8. Hipotesis Penelitian

Hipotesis pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bambu tanpa buku memiliki kuat tarik melebihi dengan bambu dengan buku karena pada bambu dengan buku memiliki perlemahan di bukunya.
2. Pelapis yang digunakan pada tulangan bambu akan meningkatkan nilai kuat lekat.
3. Tulangan bambu dengan pelapis sikadur akan memiliki kuat lekat yang tinggi dibandingkan dengan pelapis vernis karena sikadur memiliki daya lekat dan daya tahan air lebih tinggi dibanding vernis.



## BAB III

### METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Struktur dan Bahan Konstruksi Teknik Sipil Universitas Brawijaya Malang. Waktu penelitian yang dilakukan adalah pada semester genap tahun ajaran 2016-2017.

#### 3.2. Variabel Penelitian

Variabel yang dipakai dalam penelitian ini adalah variabel bebas dan variabel terikat. Variabel bebas (*Independent variable*) yaitu variabel yang perubahannya bebas dilakukan peneliti dan variabel terikat (*Dependent variable*) yaitu variabel yang tergantung pada variabel bebas. Variabel dalam penelitian disajikan dalam Tabel 3.1.

Tabel 3. 1 Variabel Penelitian

Pengujian	Pengujian <i>Pull Out</i>
<b>Variabel Bebas</b>	Penggunaan tulangan bambu rajutan dengan pelapis vernis dan sikadur.
<b>Variabel Terikat</b>	Kuat Lekat , Pertambahan Panjang

#### 3.3. Peralatan dan Bahan Penelitian

##### 3.3.1 Peralatan Penelitian

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini adalah:

- Timbangan dengan kapasitas 150 kg dengan ketelitian 100 gr dan kapasitas 5 kg dengan ketelitian 1 gr.
- Satu set ayakan untuk analisa agregat
- Mesin pencampur beton (*concrete mixer*)
- Satu set alat uji slump beton Mistar pengukur dan jangka sorong
- Sendok semen
- Bekisting beton dengan ukuran yang sudah ditentukan
- Vibrator*
- Loading frame*
- Load cell* dan *Load transduce* untuk pemberian beban
- Linear Variable Differential Transfomer (LVDT)*

- k. *Hydraulic jack*
- l. Alat tulis
- m. Cetakan beton silinder
- n. Mesin uji tekan beton
- o. Mesin uji tarik bambu

### 3.3.2 Bahan Penelitian

Bahan yang diperlukan pada penelitian ini adalah:

- a. Semen Portland (PC) tipe I
- b. Agregat halus berupa pasir
- c. Agregat kasar berupa batu pecah atau kerikil
- d. Air PDAM Kota Malang
- e. Tulangan bambu petung
- f. Vernis
- g. Sikadur

## 3.4. Analisa Bahan

### 3.4.1 Semen

Semen yang digunakan sebagai bahan pada campuran beton adalah semen portland tipe 1. Dalam penelitian ini semen tidak dilakukan pengujian secara khusus. Apabila semua semen tidak dalam keadaan menggumpal atau mengeras maka semen tersebut dalam keadaan baik dan layak untuk digunakan

### 3.4.2 Air

Air yang digunakan tidak dilakukan pengujian khusus dikarenakan berasal dari air bersih PDAM Kota Malang.

### 3.4.3 Agregat

Agregat yang digunakan diusahakan dalam keadaan mendekati keadaan sebenarnya di lapangan dan dalam keadaan *Saturated Surface Dry* (SSD). Agregat dijaga dari kotoran organik, lumpur dan sampah yang dapat merusak kualitas beton. Pengujian meliputi analisa ayakan, berat jenis, dan penyerapan berdasarkan standar ASTM C-33.

### 3.4.4 Bahan Adiktif

Bahan adiktif yang digunakan menggunakan AditonHE guna mempercepat reaksi semen terhadap beton. Pemakaian Aditon HE digunakan harus mengurangi kadar air 10% dari isi beton.

### 3.4.5 Pelapis Vernis dan Sikadur

Penggunaan pelapis vernis dan Sikadur digunakan sebagai variasi pembanding daya lekat pada beton.

### 3.4.6 Tulangan

Tulangan utama menggunakan bambu petung yang berasal dari Kota Malang. Sebelum digunakan, tulangan bambu dilapisi pelapis vernis dan sikadur serta pasir. Sebelum diuji tulangan bambu dirajut dengan variasi bentuk rajutan.

### 3.4.7 Beton

Mutu beton yang dipakai sebesar  $f'c$  20 Mpa.

### 3.4.8 Ikatan Ujung

Digunakan ikatan ujung berupa kawat tanpa dilakukan pengujian khusus.

## 3.5. Rancangan Penelitian

Balok bertulangan bambu yang digunakan dalam penelitian ini memiliki ukuran 40 cm x 15 cm x 30 cm, dengan sebuah pola pilinan ukuran 0,4 cm x 0,4 cm masing-masing batang. Dan variasi pelapis yang digunakan.

### 3.5.1 Rancangan Benda Uji Tarik

Benda uji tarik direncanakan dengan menggunakan bambu petung dengan panjang 35 cm lebar 2 cm dan tebal 1,5 cm. Benda uji tarik akan direndam NaOH untuk perawatan, menghilangkan serbuk bamboo dan sifatnya alkali (basa). Benda uji tarik digunakan untuk mengetahui tegangan tarik pada bambu petung.

Hasil beban uji tarik akan dicatat pada form pengujian tarik seperti tertera pada tabel 3.2.

Tabel 3. 2 Form Pengujian tarik bambu.

No	Benda Uji	Benda Uji			Beban (KN)
		b(cm)	t(cm)	L <sub>2</sub>	
1	BK1				
2	BK2				
3	BK3				
4	TBK1				
5	TBK2				
6	TBK3				

\*BK = Bambu buku dengan kulit

\*TBK = Bambu tanpa buku dengan kulit

### 3.5.2 Rancangan Benda Uji Tekan

Benda Uji Tekan direncanakan dengan menggunakan silinder diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Benda uji tekan yang akan dilakukan pada penelitian ini menggunakan beton mutu 20 MPa. Benda uji tekan dibutuhkan untuk mengetahui mutu beton apakah sudah sesuai dengan perencanaan.

### 3.5.3 Rancangan Benda Uji Pull Out

Ragam yang digunakan dalam penelitian ini melibatkan satu faktor saja yaitu faktor.B.

Faktor-faktor yang digunakan pada uji pull out terdapat pada Tabel 3.3.

Tabel 3. 3 Faktor Benda Uji Pull Out

Faktor	Taraf/Level	Keterangan
A (Pola Rajutan)	$a_1$	Pola 1
B (Variasi Pelapis)	$b_0$	Tanpa Pelapis
	$b_1$	Pelapis Vernis
	$b_2$	Pelapis Sikadur

Tabel 3. 4 Variasi Benda Uji Pull out

	$b_0$	$b_1$	$b_2$
$a_1$	$a_1 b_0$	$a_1 b_1$	$a_1 b_2$

Hasil beban (kuat lekat) dari benda uji yang telah diuji akan dicatat pada form pengujian pull out seperti tertera pada Tabel 3.4.

Tabel 3. 5 Form Pengujian *Pull Out*

No	Benda Uji	Beban kg	$\Delta L$
1	$a_1 b_0 1$		
2	$a_1 b_0 2$		
3	$a_1 b_1 1$		
4	$a_1 b_1 2$		
5	$a_1 b_2 1$		
6	$a_1 b_2 2$		

### 3.6. Proses Penelitian

#### 3.6.1 Pembuatan Tulangan Pilinan Bambu

Langkah-langkah pembuatan Tulangan Bambu :

1. Pemotongan Bambu Petung untuk ukuran 0,4 x 0,4 x 124 cm. Untuk pengukuran dimensi bambu menggunakan jangka sorong dan untuk pengukuran panjang bambu menggunakan roll meter.
2. Bambu direndam menggunakan NaOH lalu dikeringkan untuk mengilangkan air dan memberikan efek lentur sehingga mudah dibentuk.
3. Bambu di pilin sesuai dengan tipe pilinan yaitu pola pilinan 1.
4. Pemasangan kawat pada ujung pilinan Bambu yang berfungsi sebagai pengikat.
5. Melakukan pelapisan menggunakan sikadur atau vernis pada tulangan bambu.
6. Mengeringkan tulangan Bambu yang telah diberi pelapis.
7. Melapisi kembali dengan vernis atau sikadur disertai pasir.

#### 3.6.2 Pengujian Kuat Tarik Bambu

Langkah-langkah pembuatan bahann uji tarik bambu.

1. Pemotongan Bambu Petung dengan ukuran 2 x 1,5 x 35 cm. Untuk pengukuran dimensi dan panjang bambu menggunakan jangka sorong .
2. Bambu direndam menggunakan NaOH lalu dikeringkan untuk menghilangkan air.
3. Sepanjang 10 cm bambu diserut bagian tiap ujungnya agar tidak terjadi geser pada tumpuan.
4. Pemasangan bambu pada mesin uji tarik.
5. Catat P maks yang didapat dari grafik uji tarik bambu.

#### 3.6.3 Pengujian Kuat Tekan Beton

Tahapan-tahapan pelaksanaan pengujian kuat tekan beton sebagai berikut :

1. Meletakkan benda uji pada mesin secara sentris
2. Mesin tekan dijalankan dengan penambahan beban yang konstan
3. Pembebanan dilakukan pada benda uji sampai benda uji mengalami keretakan dan mencatat beban maksimum yang terjadi selama pemeriksaan benda uji.

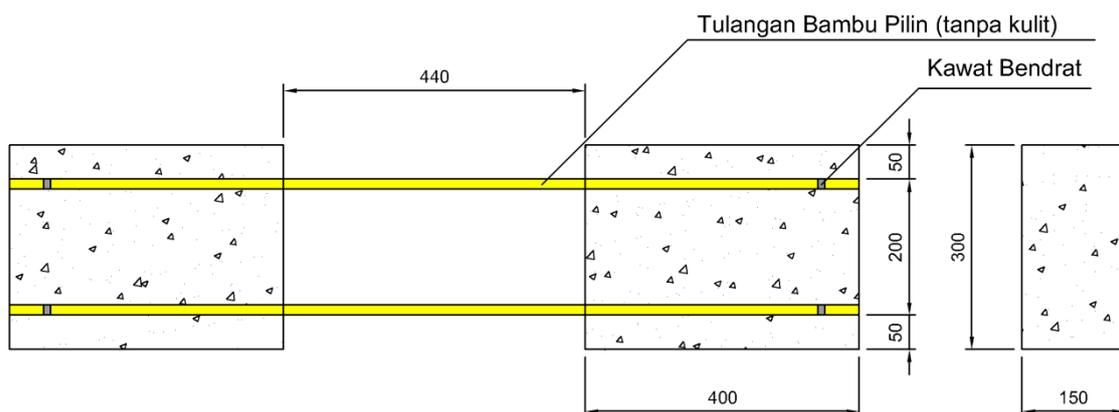
#### 3.6.4 Pengujian Pull Out

Tahap-tahap dalam pembuatan benda uji pull out adalah sebagai berikut:

1. Menyiapkan material dan peralatan yang akan digunakan untuk pembuatan benda uji pull out.
2. Menyiapkan bekisting dengan ukuran 15 x 30 x 40 cm sebanyak masing-masing 2 buah tiap benda ujinya.
3. Memasang tulangan bambu dengan variasi pola pilinan dan ukuran tulangan bambu seperti pada Gambar 3.1.
4. Pencampuran bahan-bahan dengan mesin pencampur beton.
5. Pengujian Slump beton.
6. Menuangkan campuran beton pada cetakan yang telah disiapkan.

Tahap-tahap mempersiapkan benda uji *pullout*

1. Meletakkan benda uji *pullout* ke tumpuan sendi dan roll yang disediakan secara perlahan agar tidak terjadi kerusakan pada bambu.
2. Pasang Piston dan *Load Cell* pada sendi tegak lurus dengan beton.
3. Pasang dial untuk membaca pertambahan panjang pada bambu. Diusahakan tegak lurus dengan beton agar pembacaan akurat.
4. Setelah baut dikencangkan, mulailah menjalankan *pullout*.
5. Amati pergerakan pada benda uji lekat
6. Hentikan pengujian setelah beban maksimum
7. Lepas Piston, *load cell* dan dial .
8. Keluarkan benda uji dalam pengujian *pullout*.



Gambar 3. 1 Benda uji pull out

### 3.7. Rancangan Analisis Data

#### 3.7.1 Uji Hipotesis

##### 1. Metode Analisis Ragam Klasifikasi Satu Arah (*One-Way ANNOVA*)

Pada penelitian ini digunakan annova satu arah dengan interaksi. Pengujian klasifikasi satu arah dengan interaksi merupakan pengujian yang bertujuan untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan rata-rata antara lebih dari dua group sampel (Riduwan , 2008)

Rancangan penelitian pengujian pull out beton bertulangan bambu dengan variasi pola pelapis seperti yang ditunjukkan pada Tabel 3.5 menggunakan analisis ragam klasifikasi satu arah dengan interaksi

Tabel 3. 6 Ragam Benda Uji Kuat Lekat Beton Bertulangan Bambu

	b <sub>0</sub>	b <sub>1</sub>	b <sub>2</sub>
a <sub>1</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>0</sub> 1	a <sub>1</sub> b <sub>1</sub> 1	a <sub>1</sub> b <sub>2</sub> 1
	a <sub>1</sub> b <sub>0</sub> 2	a <sub>1</sub> b <sub>1</sub> 2	a <sub>1</sub> b <sub>2</sub> 2

**2. Hipotesis**

Pengujian hipotesis dilakukan untuk menentukan apakah keragaman disebabkan oleh perbedaan antar baris, antar kolom atau adanya interaksi. Dalam hal ini perbedaan antar baris adalah pengaruh variasi pelapis.

- Ho : Tidak ada pengaruh yang signifikan variasi pelapis pada kuat lekat beton bertulangan bambu.
- H<sub>a</sub> : Terdapat pengaruh yang signifikan variasi pelapis dengan tanpa menggunakan pelapis pada kuat lekat beton bertulangan bambu.

Dalam penelitian ini diperhatikan pengaruh pelapis terhadap kuat lekat beton saja. Sehingga yang diperhatikan adalah H<sub>a</sub>.

Tabel 3. 7 Tabel Statistik Induk

Statistik	b <sub>0</sub>	b <sub>1</sub>	b <sub>2</sub>	Total (T)
n				
∑x				
∑x <sup>2</sup>				
$\bar{x}$				
(∑x) <sup>2</sup> /nA				
Varians (S <sup>2</sup> )				

- **Jumlah Kuadrat Antar Group (JK<sub>A</sub>)**

$$JK_A = \sum \frac{(\sum X_{bi})^2}{n_{bi}} - \frac{(\sum X_{\tau})^2}{N} = \left( \frac{(\sum X_{b0})^2}{n_{b0}} + \frac{(\sum X_{b1})^2}{n_{b1}} + \frac{(\sum X_{b2})^2}{n_{b2}} \right) - \frac{(\sum X_{\tau})^2}{N} \dots\dots\dots(3-1)$$

- **Derajat Bebas Antar Group**



$$db_A = A - 1 \dots\dots\dots(3-2)$$

A = Jumlah group A

- **Kuadrat Rerata Antar Group**

$$KR_A = \frac{JK_A}{db_A} \dots\dots\dots(3-3)$$

- **Jumlah Kuadrat Dalam Antar Group (JKD)**

$$JK_D = (\sum X_{\tau})^2 - \sum \frac{(\sum X_{bi})^2}{n_{bi}} \dots\dots\dots(3-4)$$

$$= \sum X^2_{b0} + \sum X^2_{b1} + \sum X^2_{b2} - \left( \frac{(\sum X_{b0})^2}{n_{b0}} + \frac{(\sum X_{b1})^2}{n_{b1}} + \frac{(\sum X_{b2})^2}{n_{b2}} \right)$$

- **Derajat Bebas Dalam Group**

$$db_A = N - A \dots\dots\dots(3-5)$$

N = Jumlah total data

- **Kuadrat Rerata Dalam Group**

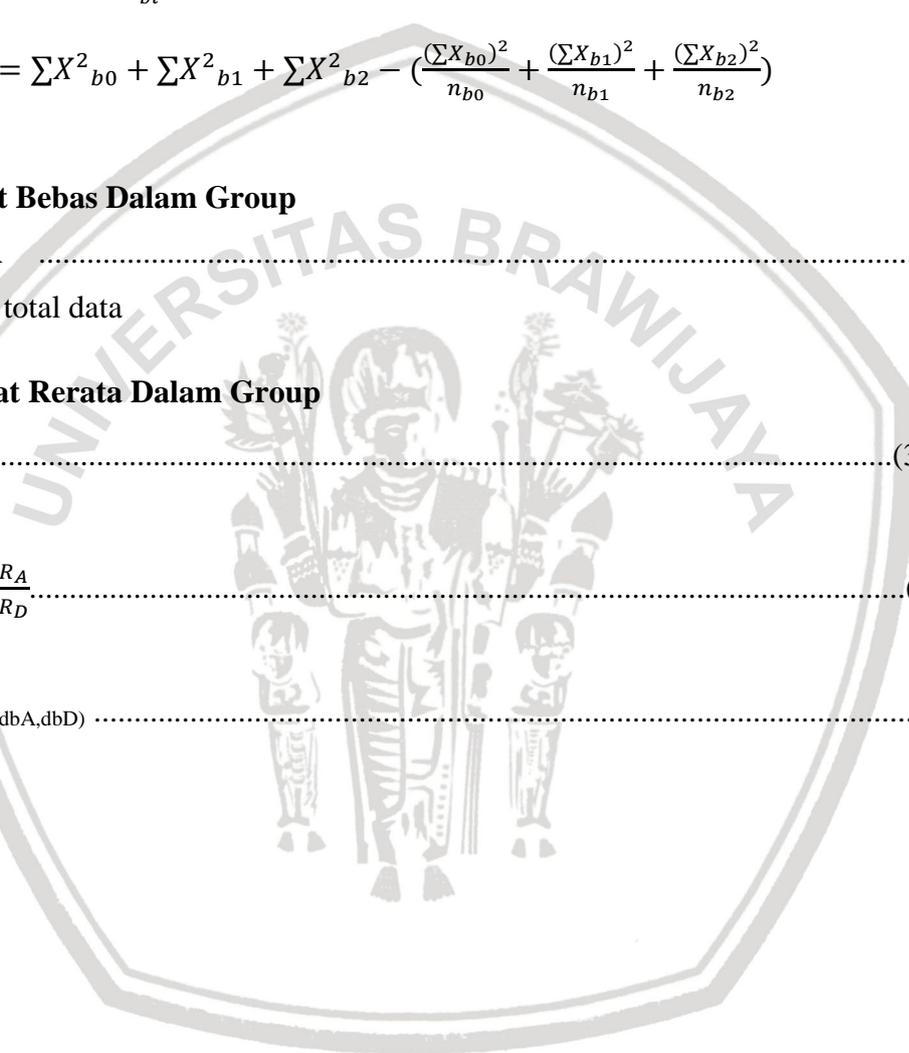
$$KR_D = \frac{JK_D}{db_D} \dots\dots\dots(3-6)$$

$F_{hitung}$

$$F_{hitung} = \frac{KR_A}{KR_D} \dots\dots\dots(3-7)$$

$F_{tabel}$

$$F_{tabel} = F_{(1-\alpha)(db_A, db_D)} \dots\dots\dots(3-8)$$



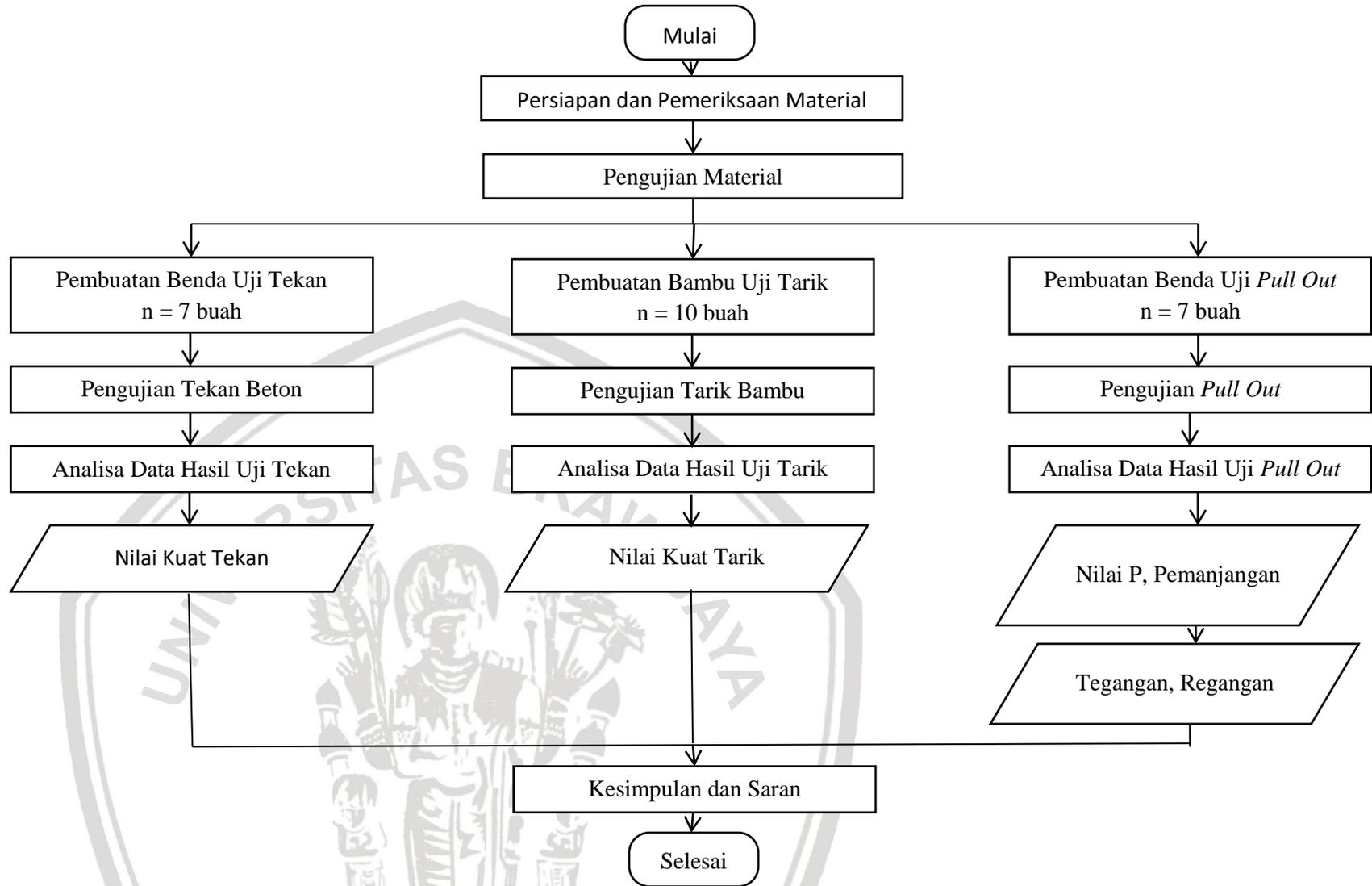
Tabel 3. 8 Tabulasi Analisis Ragam Klasifikasi Satu Arah

Sumber	Jumlah Kuadrat	Derajat	Kuadrat	$F_{hitung}$	Taraf
Varian (SV)	(JK)	bebas (db)	Rerata (KR)		Signifikan ( $\rho$ )
Antar group (A)	$\sum \frac{(\sum X_{bi})^2}{n_{bi}} - \frac{(\sum X_{\tau})^2}{N}$	$A - 1$	$\frac{JK_A}{db_A}$	$\frac{KR_A}{KR_D}$	$\alpha$
Dalam group (D)	$(\sum X_{\tau})^2 - \sum \frac{(\sum X_{bi})^2}{n_{bi}}$	$N - A$	$\frac{JK_D}{db_D}$	-	-
Total	$(\sum X_{\tau})^2 - \frac{(\sum X_{\tau})^2}{N}$	$N - 1$	-	-	-

Bila pengujian hipotesis  $H_a$  benar, maka uji hipotesis pada  $F_{hitung} \geq F_{tabel}$  Dapat disimpulkan bahwa terdapat perbedaan signifikan antara pelapis vernis , pelapis sikadur dan tanpa pelapis. Pengujian hipotesis  $H_o$  dinyatakan benar jika uji pada  $F_{hitung} < F_{tabel}$  . Maka dapat disimpulkan tidak terdapat perbedaan ginifikan antara pelapis vernis , pelapis sikadur dan tanpa pelapis.



3.8. Diagram Alir Penelitian.





## BAB IV

### HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Bab IV menjelaskan perihal tentang hasil dan proses berlangsungnya penelitian. Diawali dengan persiapan benda uji, proses pengujian sampai didapatkan hasil dan pembahasan yang meliputi Uji Tarik dan Uji *Pull Out*.

#### 4.1. Uji Tarik

Pengujian tarik dilakukan di Laboratorium Struktur dan Bahan Konstruksi Teknik Sipil Universitas Brawijaya Malang. Pengujian tarik dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui kuat tarik dan tegangan tarik dari bambu.

##### 4.1.1 Persiapan Benda Uji

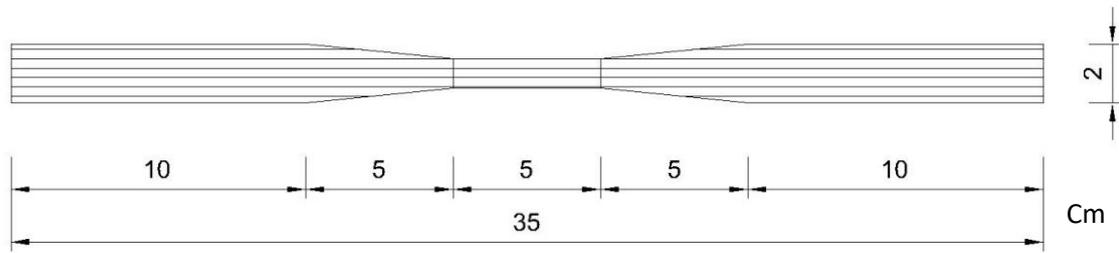
Dalam uji tarik bambu dibedakan menjadi, uji tarik kulit dengan buku dan uji tarik tanpa kulit dengan buku (ruas). Pada penelitian ini dipakai bambu dengan umur sekitar 4 tahun (asumsi usia panen bambu ideal antara 3-5 tahun), dan diambil yang berada 6 m dari pangkal dengan asumsi pada jarak tersebut memiliki struktur minimal yang bisa digunakan.

Awalnya, bambu diberi larutan NaOH 1% agar tahan terhadap serangan jamur karena serangan jamur dapat menyebabkan tulangan menjadi keropos dan lapuk. Selanjutnya, bambu direndam selama  $\pm 15$  menit, setelah direndam dikeringkan selama  $\pm 24$  jam.



Gambar 4. 1 Perendaman NaOH

Gambar 4.1 menunjukkan proses perendaman bambu yang dilakukan sebelum uji tarik. Sebelum dilaksanakan pengujian tarik, bambu ditiriskan pada daerah yang tidak terjepit dengan tujuan untuk mengurangi luasan tarik bambu sehingga pada beban maksimum diharapkan bambu dapat mencapai kondisi putus. Gambar 4.2 menunjukkan rancangan spesimen bambu yang direncanakan.



Gambar 4. 2 Rancangan Spesimen

#### 4.1.2 Metode Pengujian Tarik Bambu

Pada pengujian uji tarik, sampel yang digunakan berjumlah 10 buah dengan 2 variasi benda uji. 5 buah benda uji tarik dengan kulit dan ruas serta 5 buah benda uji dengan kulit tanpa ruas. Sampel bambu yang telah direndam pada NaOH serta ditiris diletakkan pada mesin UTM (Universal Testing Machine), dapat dilihat pada gambar 4.3. Bagian ujung bambu dijepit dan diberikan beban tarik. Sampel bambu akan diberikan beban tarik secara bertahap mulai dari 0 kN hingga mencapai beban maksimum yang menyebabkan bambu patah dan putus. Gambar 4.4 menunjukkan sampel bambu yang putus/patah setelah dilakukan pengujian tarik.



Gambar 4. 3 Pengujian Tarik Bambu



Gambar 4. 4 Sampel Bambu yang Patah/Putus

#### 4.1.3 Hasil Uji Tarik

Hasil dari pengujian tarik menghasilkan beban maksimum ( $P_{maks}$ ) tarik yang menyebabkan bambu terputus. Berdasarkan hasil data  $P_{maks}$  dapat dihitung besarnya tegangan tarik yang terjadi. Tegangan tarik didapatkan dari hasil  $P_{maks}$  uji tarik dibagi dengan luas penampang tarik. Luas penampang tarik didapat dari dimensi lebar ( $b$ ) dikali dimensi tinggi ( $t$ ) dari bambu uji. Di samping memperoleh data tentang tegangan tarik maka uji tarik ini juga akan mendapatkan data regangan tarik. Regangan tarik didapatkan dari hasil penambahan panjang bambu dengan panjang bambu yang telah ditiriskan ( $L_0$ ). Sebagai contoh perhitungan untuk memperoleh tegangan dan regangan tarik sebagai berikut:

- **Sampel benda uji BK-1.**

- Perhitungan tegangan tarik

$P_{maks}$  = Beban tarik maksimum (N) = 12000 N

$b$  = dimensi lebar (mm) = 18,3 mm

$t$  = dimensi tinggi (mm) = 13,41 mm

$$\text{Tegangan Tarik} = \frac{P_{maks}}{b \times t} = \frac{12000}{18,3 \times 13,41} = 48,899 \text{ Mpa}$$

- Perhitungan regangan tarik

$\Delta L$  = Penambahan Panjang Bambu (mm) = 18 mm

$L_0$  = Panjang Bambu yang ditiriskan (mm) = 50,5 mm

$$\text{Regangan Tarik} = \frac{\Delta L}{L_0} = \frac{18}{50,5} = 0,396$$

Dari perhitungan yang sama didapat nilai tegangan dan regangan tarik dari masing-masing benda uji sesuai tabel 4.1

Tabel 4. 1 Hasil uji tarik Bambu

Benda Uji	Dimensi			Pmaks (kN)	Tegangan (MPa)	$\Delta L$ (cm)	Regangan
	b (cm)	t (cm)	L <sub>0</sub> (cm)				
BK-1	1.83	1.341	5.05	12	48.899	1.8	0.396
BK-2	1.55	1.25	5	11	56.774	1.2	0.24
BK-3	1.9	1.4	4.87	10	37.594	1	0.205
BK-4	1.8	1.27	5.5	11	48.208	1.6	0.291
BK-5	1.8	1.27	5.3	12.5	54.782	1.7	0.321
TBK-1	1.64	1.067	5.1	7.5	42.961	1	0.196
TBK-2	1.57	1.01	4.8	8.5	53.718	1.1	0.229
TBK-3	1.57	1.03	5.3	10.5	65.069	1.35	0.255
TBK-6	1.5	1.2	5	8.5	47.222	0.8	0.16
TBK-7	1.22	1	5	8	65.574	1.1	0.22

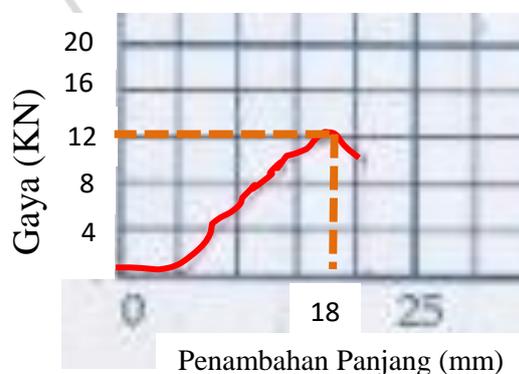
BK = Dengan buku dan dengan kulit

TBK = Tanpa Buku dan dengan kulit

#### 4.1.4 Analisa data

Pada tabel 4.1 di atas menunjukkan pembacaan pada sampel uji bambu BK-1, bahwa dengan beban tarik 12 kN akan mencapai titik puncak beban tarik serta terjadi penambahan panjang sebesar 1,8 cm. Bambu akan mengalami putus/runtuh saat mendapat beban tarik melebihi kemampuan tegangan tarik maksimum dimana tegangan tarik maksimum yang didapat dalam percobaan ini yaitu 48,90 MPa.

Semakin besar beban tarik pada bambu maka semakin besar pula regangan yang terjadi akibat  $\Delta L$  yang semakin besar, dimana untuk sampel benda uji BK-1 regangan yang terjadi sebesar 0.396. Secara grafik hubungan antara beban tarik terhadap penambahan panjang dapat dilihat pada gambar 4.5.



Gambar 4. 5 Grafik Pembacaan Beban

Rata-rata tegangan tarik bambu pada sampel benda uji :

- a. Sampel bambu dengan buku/ruas

$$\begin{aligned} \text{Rata-rata Tegangan Buku} &= \frac{\text{Total Tegangan Buku}}{\text{Jumlah sampel}} \\ &= \frac{48,899 + 56,774 + 37,594 + 48,208 + 54,782}{5} \\ &= 49,2514 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

- b. Sampel bambu dengan Tanpa buku/ruas

$$\begin{aligned} \text{Rata-rata tegangan tanpa Buku} &= \frac{\text{Total tegangan tanpa Buku}}{\text{Jumlah sampel}} \\ &= \frac{42,961 + 53,718 + 65,069 + 47,222 + 65,574}{5} \\ &= 54,908 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

Dari rata-rata tegangan tarik sampel benda uji tampak bahwa bambu tanpa buku/ruas memiliki tegangan tarik bambu yang lebih besar. Bambu dengan buku memiliki kelemahan pada buku/ruas bambu mengakibatkan tegangan bambu lebih kecil dibandingkan bambu tanpa buku.

## 4.2. Uji Pullout

Pengujian pull out digunakan untuk mencari nilai beban maksimum yang dapat ditahan akibat lekatan antara tulangan bambu pilin terhadap beton. Uji pullout dilakukan di Laboratorium Struktur dan Bahan Konstruksi Teknik Sipil Universitas Brawijaya Malang dengan lebih dulu membuat perencanaan *mix design* beton.

### 4.2.1 Perencanaan Mix Design Beton

Perencanaan *mix design* ini bertujuan untuk membuat campuran beton dengan campuran semen, pasir, kerikil dengan mutu yang telah direncanakan yang akan digunakan pada pembuatan benda uji pullout. Dalam perencanaan mix design ini, bahan yang digunakan meliputi semen Portland (PC) tipe I, kerikil (batu pecah) ukuran dimensi maksimum 5 mm, pasir, dan air. Perencanaan campuran beton (*mix design*) dilakukan sesuai dengan SNI 03-2834-2000 tentang Perencanaan Campuran Beton Normal seperti pada Tabel 4.2.

Tabel 4. 2 Perencanaan Campuran Beton Normal

NO	URAIAN	TABEL / GRAFIK	NILAI
1	Kuat tekan yang disyaratkan (2 HR, 5%)	Ditetapkan	20 Mpa
2	Deviasi standar	Diketahui	-
3	Nilai Tambah (Margin)	(K=1,64) 1,64*(2)	12 Mpa
4	Kuat tekan rata2 yg ditargetkan	(1) + (3)	32 Mpa
5	Jenis Semen	Ditetapkan	Normal (Tipe I)
6	Jenis Agregat Kasar	Ditetapkan	Batu pecah
	Jenis Agregat Halus	Ditetapkan	Pasir
7	Faktor Air semen Bebas	Tabel 2, Grafik ½	0.54
8	Faktor air semen Maksimum	Ditetapkan	0.6
9	Slump	Ditetapkan	60 - 180 mm
10	Ukuran Agregat Maksimum	Ditetapkan	20 mm
11	Kadar Air Bebas	TABEL 6	225
12	Jumlah semen	(11) : (8)	416.667
13	Jumlah Semen Maksimum	Ditetapkan	-
14	Jumlah Semen Minimum	Ditetapkan	275
15	FAS yg disesuaikan	-	-
16	Susunan besar butir agregat halus	Grafik 3 – 6	Zona 2
17	Persen agregat halus	Grafik 13 – 15	45%
18	Berat isi relatif agregat (SSD)	Diketahui	2.581747508
19	Berat isi beton	Grafik 16	2310
20	Kadar agregat gabungan	(19) - (11) - (12)	1668.333
21	Kadar agregat halus	(17) * (20)	750.750
22	Kadar agregat kasar	(20) - (21)	917.583

Tabel 4. 3 Perbandingan Campuran Pada Perencanaan *Mix Design*

Banyaknya Bahan (Teoritis)	Semen ( kg )	Air ( kg/lt )	Ag. Halus ( kg )	Ag. Kasar ( kg )
Tiap m3 dg ketelitian 5kg (Teoritis)	416.67	225	750.750	917.583
Tiap campuran uji 0,034 m3	26.52	14.32	47.78	58.40
Tiap m3 dg ketelitian 5kg (Aktual)	416.67	216.77	761.555	915.003
Tiap campuran uji 0,034 m3	15.00	7.80	27.42	32.94

Dari tabel 4.3 dapat dilihat perbandingan antara material secara teoritis dengan material aktual yang ditimbang di Laboratorium Struktur dan Bahan Konstruksi Teknik Sipil Universitas Brawijaya Malang. Berdasarkan data tersebut, bila mengacu pada material semen maka diperoleh perbandingan semen, air, pasir dan kerikil yaitu 1 : 0,5 : 1,8 : 2,2. Untuk perbandingan campuran agar tidak terjadi kekurangan pada isi beton maka beton perlu ditambahkan 50% dari perhitungan aktual. Berdasarkan hasil perhitungan perencanaan *mix design* tersebut didapatkan nilai berat campuran untuk 1 buah benda uji pull out dengan volume sebesar 1,8 m<sup>3</sup> diperlukan campuran semen sebesar 21 kg, air sebesar 11 kg, agregat halus sebesar 39 kg, dan agregat kasar sebesar 47 kg.

#### 4.2.2 Pengujian Kuat Tekan Beton

Pembuatan benda uji kuat tekan beton ini diambil 2 sampel dari setiap kali pengecoran untuk setiap benda uji pull out. Total benda uji silinder berjumlah 7 buah dengan mutu beton direncanakan minimal 20 MPa. Perawatan benda uji dilakukan setelah benda uji dibuat, dimana proses perawatan atau curing benda uji silinder ini dilakukan dengan direndam pada air selama 10 hari setelah dilepas dari bekistingnya.

Curing bertujuan untuk menjaga proses hidrasi dalam beton selama proses pengerasan sehingga beton yang dihasilkan tidak cepat mengalami keretakan. Setelah umur 10 hari, benda uji silinder diuji karena umur beton setara dengan umur 28 hari setelah ditambah *admixture*. Pengujian tekan dilakukan dengan cara meletakkan silinder pada alat uji tekan. Beban diberikan sampai mencapai beban maksimum yang mengakibatkan silinder beton runtuh. Hasil pengujian kuat tekan beton ditampilkan pada Tabel 4.4. Dari tabel terlihat bahwa kuat tekan beton rata-rata sebesar 24,060 Mpa yang berada di atas nilai minimal yang direncanakan. Hasil ini menunjukkan bahwa beton yang digunakan telah sesuai dengan perencanaan *mix design*.

Tabel 4. 4 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

No	Nama	P (N)	A (mm <sup>2</sup> )	Berat (Kg)	Kuat Tekan (Mpa)	Rata-rata
1	A1B0 1	280000	17671.5	12.7	15.845	24.503
2	A1B0 2	586000	17671.5	12.7	33.161	
3	A1B1 1	576000	17671.5	12.55	32.595	31.350
4	A1B1 2	555000	17671.5	12.8	31.407	
5	A1B1 3	531000	17671.5	12.8	30.048	
6	A1B2 1	333000	17671.5	12.5	18.844	16.326
7	A1B2 2	244000	17671.5	12.1	13.808	
					Rata-Rata	24.060

### 4.2.3 Persiapan benda uji dan metode uji Pull-out Bambu

Dimensi tulangan bambu yang digunakan untuk benda uji pullout bambu yaitu 0,4 cm x 0,4 cm dimana setiap satu buah tulangan bambu pilin terdiri dari 3 buah tulangan yang dipilin untuk dibentuk suatu pola seperti pada gambar 4.6.



Gambar 4. 6 Pola Bambu Pilin

Bambu yang telah dipilin direndam dengan NaOH 1% selama  $\pm 24$  jam untuk pengawetan. Selain mengawetkan NaOH dapat juga mempermudah lenturan pada bambu agar mudah dipilin. Sebelum dilapis pelapis tiap bambu diberi cat agar tidak terjadi kerusakan pada bambu. Sebagai kajian bahan uji terdiri dari sampel bambu yang diberi pelapis sikadur, vernis, serta tanpa pelapis. Selanjutnya diberikan pasir halus pada permukaan yang diberi variasi pelapis untuk menahan gesekan yang terjadi antara beton dan tulangan.

Benda uji yang digunakan dalam pengujian pull out menggunakan balok beton berukuran 15 cm x 40 cm x 30 cm dan diberi beban menggunakan piston dan load cell. Piston dan load cell diletakkan diantara balok benda uji pull out. Pada pengujian tegangan pull out digunakan tulangan bambu pilin dengan panjang tulangan 124 cm. Panjang penyaluran pada beton adalah 400 mm dan campuran beton sesuai dengan ketentuan *mix design* dengan tambahan bahan *admixture* yaitu Aditon H.E untuk mempercepat pengerasan pada beton. Sistem pengujian pull out bambu ini ditunjukkan pada Gambar 4.7.



Gambar 4. 7 Pengujian Benda Uji *Pull Out*

#### 4.2.4 Hasil Pengujian Uji *Pull Out*

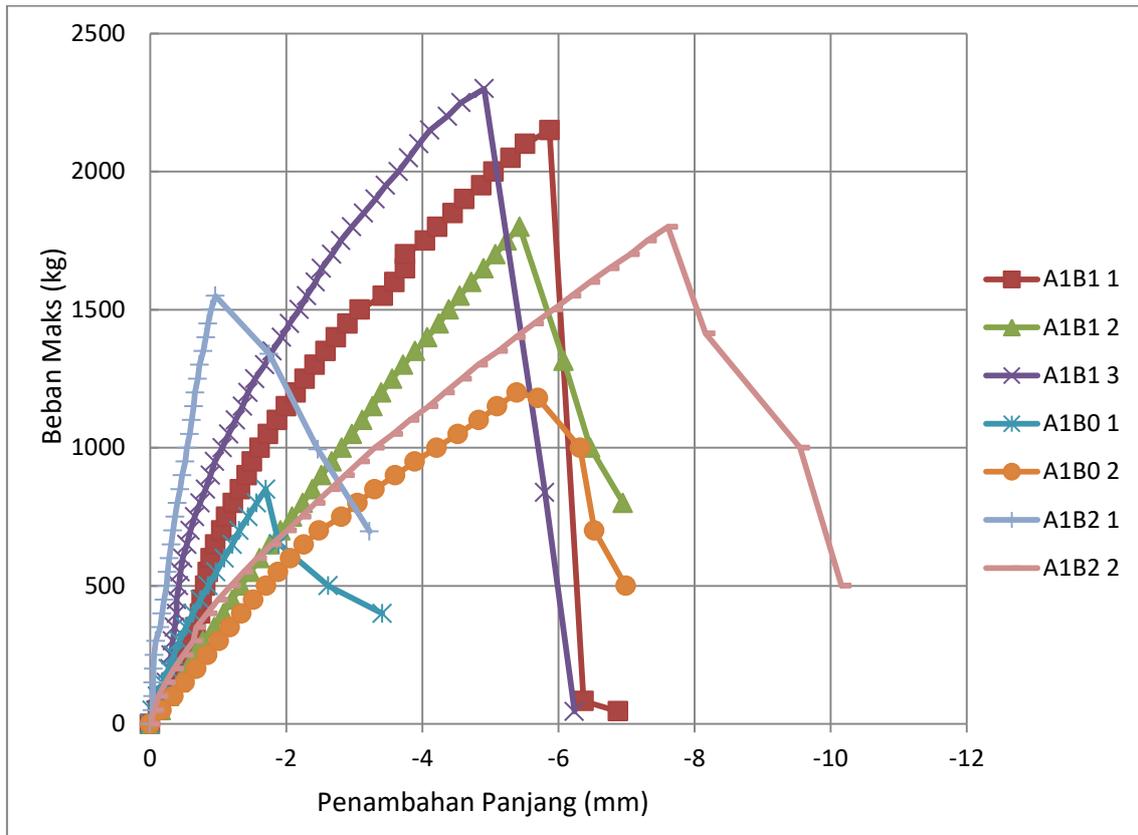
Hasil pengujian pull out bambu ditunjukkan pada tabel 4.5.

Tabel 4. 5 Beban Maksimum *Pull-out*

Benda Uji	Ke-	Kuat Tekan (Mpa)	Pmaks <i>Pull Out</i> (N)
a <sub>1</sub> b <sub>0</sub> (Tanpa pelapis)	1	15.845	8338.5
	2	33.161	11772
a <sub>1</sub> b <sub>1</sub> (Pelapis Sikadur)	1	32.595	21091.5
	2	31.407	17658
	3	30.048	22563
a <sub>1</sub> b <sub>2</sub> (Pelapis Vernis)	1	18.844	15205.5
	2	13.808	17658

Pada Tabel 4.5. dapat dilihat perbedaan hasil Pmaks (beban maksimum) pada pengujian pull out yang dilakukan. Hasil Pmaks terbesar terdapat pada benda uji tulangan pelapis sikadur yaitu a<sub>1</sub>b<sub>1</sub>-1 dan a<sub>1</sub>b<sub>1</sub>-3 dengan Pmaks yaitu sebesar 21091,5 N dan 22563 N. Hal ini dikarenakan Sikadur mengandung dua komponen epoxy resin perekat yang berfungsi untuk meningkatkan kekuatan ikatan bambu dengan beton. Untuk pelapis vernis mengandung resin yang dicampur dalam pelarut dan dikenal sebagai minyak pengering, namun kandungan perekat resin sikadur lebih tinggi dibanding vernis. Dari segi kegunaan sikadur sering dipakai untuk pelapis dan bahan tambahan untuk beton, keramik mortar baja dan material konstruksi lainnya. Untuk vernis sering dipakai untuk melapis furnitur atau

bahan pelapis perahu. Pada gambar 4.8 digambarkan grafik hubungan beban maksimum dengan penambahan panjang.



Gambar 4. 8 Hubungan Beban Maks dengan Penambahan Panjang

Berdasarkan gambar 4.8, dapat dilihat bahwa pada pengujian pull out masing-masing benda uji memiliki bentuk grafik yang seragam. Dimana setelah benda uji mencapai beban maksimum yang menyebabkan tulangan runtuh, beban yang terbaca pada indikator dari load cell akan turun sampai tulangan putus atau tercabut.

#### 4.2.5 Luas Penampang Bambu

Untuk mengetahui tegangan tarik secara nyata pada benda uji pull out diperlukan luas penampang pada bambu. Luas penampang pada bambu dihitung menggunakan berat isi bambu yang diukur. Tabel 4.6 menunjukkan hasil perhitungan berat isi bambu menggunakan 3 batang.

Tabel 4. 6 Berat Isi Bambu

Berat bambu (gr)			Volume (cm <sup>3</sup> )			Berat Isi (gr/cm <sup>3</sup> )		
1	=	13.1	1	=	10	1	=	1.31
2	=	13.4	2	=	10	2	=	1.34
3	=	16.2	3	=	15	3	=	1.08
						rata-rata	=	1.243

Dalam perhitungan pada berat bambu, dinyatakan dalam satuan gram. Volume bambu diukur menggunakan hidrometer. Berat isi bambu didapat dari perbandingan berat bambu terhadap volume bambu. Selanjutnya bambu-bambu tersebut dipilin. Sebagai kajian digunakan 5 sampel bambu berpilin. 5 sampel bambu berpilin tersebut dijadikan referensi perhitungan luas penampang.

Tabel 4. 7 Berat Bambu

Nomor Sampel	Berat Bambu (gr)
1	76.7
2	67.8
3	88.2
4	83.7
5	77.6
Rata-rata	78.8

Dari tabel 4.7 menunjukkan hasil timbangan berat bambu berpilin. Dari data tersebut didapat luas permukaan dari bambu pilin

$$\text{Luas Penampang (cm}^2\text{)} = \frac{\text{Berat Bambu (gr)}}{\text{Berat isi bambu (gr/cm}^3\text{)} \times \text{Panjang bambu (cm)}}$$

$$\text{Luas Penampang (cm}^2\text{)} = \frac{78,8}{1.243 \times 124}$$

$$\text{Luas Penampang} = 0,51113 \text{ cm}^2$$

Dari perhitungan di atas maka diperoleh luas penampang bambu berpilin adalah 0,51113 cm<sup>2</sup>.

#### 4.2.6 Pengujian Tegangan Pullout

Berdasarkan penjelasan pada analisis mekanisme kerusakan pada poin 4.2.10, bambu mengalami kegagalan tarik sehingga tegangan *pullout* yang didapat adalah kuat tarik bambu. Kuat tarik bambu dihitung menggunakan rumus 2.1.

Sebagai contoh diambil A1B1-3

*Pullout* A1B1 3

$$P_{max} = 22563 \text{ N}$$

$$\text{Luas Bambu} = 51,11 \text{ mm}^2$$

$$\sigma = \frac{22563}{51,11} = 441,45 \text{ Mpa}$$

Dengan perhitungan yang sama maka diperoleh kuat tarik *pull out* pada masing-masing sampel sesuai pada tabel 4.8.

Tabel 4. 8 Kuat Tarik *Pull-out*

<i>Pullout</i>	<b>Pmax (N)</b>	<b><math>\Delta L</math> (mm)</b>	<b>A (mm<sup>2</sup>)</b>	<b>Ld (mm)</b>	<b>Kuat Tarik (Mpa)</b>
A1B0 1	8339	1.70	51.11	400	163.14
A1B0 2	11772	5.70	51.11	400	230.32
A1B1 1	21092	5.87	51.11	400	412.66
A1B1 2	17658	5.43	51.11	400	345.48
A1B1 3	22563	4.91	51.11	400	441.45
A1B2 1	15206	0.96	51.11	400	297.50
A1B2 2	17658	7.61	51.11	400	345.48

Pada Tabel 4.8 dapat dilihat perbedaan variasi hasil kuat tarik pada pengujian pull out yang dilakukan. Hasil Kuat tarik terbesar terdapat pada benda uji tulangan pilin dengan pelapis sikadur yaitu A1B1 1 dan A1B1 3 dengan kuat tarik sebesar 412.66 Mpa dan 441.45 Mpa. Hal ini dikarenakan bahwa sikadur memiliki karakteristik yaitu memiliki kerekatan yang baik terhadap pelapis yang diuji (vernisi).

#### 4.2.7 Perhitungan Regangan

Regangan merupakan perbandingan dari pertambahan panjang yang terjadi pada tulangan akibat pemberian beban dan panjang total dari tulangan bambu yang diuji. Tulangan bambu dalam penelitian ini memiliki panjang penyaluran 400 mm. Nilai dari regangan bambu pilin ditunjukkan pada Tabel 4.10. Untuk menghitung regangan bambu digunakan rumus 2.7.

Sebagai contoh diambil A1B1-3

*Pull out* A1B1 3

$$\Delta L = 4,91 \text{ mm}$$

Panjang penyaluran bambu = 400 mm

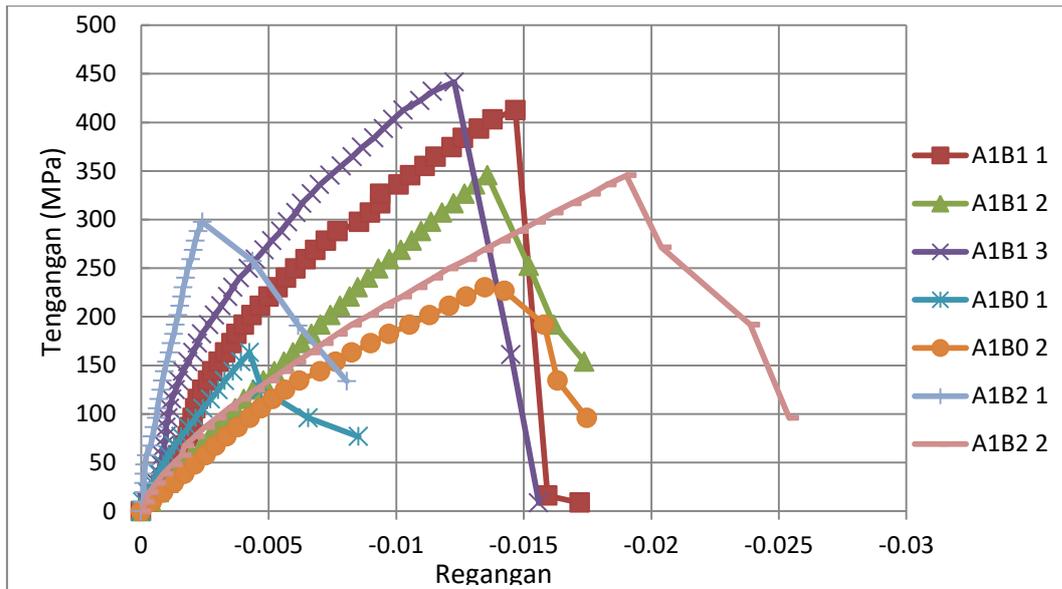
$$\varepsilon = \frac{4,91}{400} = 0,012$$

Dengan perhitungan yang sama maka diperoleh regangan *pull out* pada masing-masing sampel sesuai pada tabel 4.9.

Tabel 4. 9 Regangan *Pull out* Bambu

Benda Uji	Ke-	$\Delta L$ (mm)	Regangan ( $\epsilon$ )
a <sub>1</sub> b <sub>0</sub>	1	1.7	0.004
	2	5.7	0.014
a <sub>1</sub> b <sub>1</sub>	1	5.87	0.015
	2	5.43	0.014
	3	4.91	0.012
a <sub>1</sub> b <sub>2</sub>	1	0.96	0.002
	2	7.61	0.019

Dari hasil perhitungan regangan didapat bahwa regangan terbesar terdapat pada benda uji A1B2 dimana tulangnya diberi pelapis pelapis vernis. Berdasarkan data pertambahan panjang yang didapatkan pada pengujian *pullout* pertambahan panjang yang terjadi berdasarkan Pmaks terdapat pada tulangan bambu pilin yang mencapai 7,61 mm. Sehingga regangan yang terjadi akan semakin besar mengikuti pertambahan panjang yang terjadi. Dari hasil tegangan dan regangan, didapat grafik hubungan antara tiap benda uji. Seperti pada gambar 4.9.



Gambar 4. 9 Hubungan Tegangan dan Regangan

#### 4.2.8 Perhitungan Penambahan Panjang Teoritis

Perhitungan  $\Delta L$  teoritis bertujuan untuk mengetahui pertambahan panjang yang terjadi pada bambu berdasarkan perhitungan teoritis. Beban tarik ( $P$ ) yang digunakan berasal dari  $P_{maks}$  bambu yang didapatkan dari pengujian *pullout*. Dari pengujian *pull out* didapat hasil penambahan panjang yang dapat dilihat melalui dial pengukur. Modulus elastisitas ( $E$ ) tulangan berperan dalam terjadinya pertambahan panjang tulangan sampai terjadi penggelinciran ketika beban tarik ( $P$ ) bekerja.

Setelah didapatkan perlu dibandingkan dengan perhitungan penambahan panjang tulangan teoritis. Untuk perhitungan penambahan ( $\Delta L$ ) panjang teoritis digunakan rumus 2.6.

Sebagai contoh diambil A1B1-3

*Pull out* A1B1 3

$P = P_{max} = \text{Beban Tarik}$

$L_0 = \text{Panjang Penyaluran} = 400 \text{ mm}$

$E = \text{Modulus Elastisitas Bambu}$

$A = \text{Luas Penampang Bambu}$

$$\Delta L = \frac{(P L_0)}{(A E)} = \left( \frac{22563 \times 400}{51,11 \times 35963} \right) = 4,910 \text{ mm}$$

Dengan perhitungan yang sama maka diperoleh regangan *pull out* pada masing-masing sampel sesuai pada tabel 4.10.

Tabel 4. 10 Penambahan panjang teoritis berdasarkan uji *pull out*

<i>Pullout</i>	<b>Pmax (N)</b>	<b><math>\Delta L</math> (mm)</b>	<b>A (mm<sup>2</sup>)</b>	<b>Ld (mm)</b>	<b>Kuat Tarik (Mpa)</b>	<b>Regang an</b>	<b>E (Mpa)</b>	<b><math>\Delta L</math> teoritis (mm)</b>
A1B0 1	8339	1.70	51.11	400	163.14	0.0043	38387	1.700
A1B0 2	11772	5.70	51.11	400	230.32	0.0143	15893	5.797
A1B1 1	21092	5.87	51.11	400	412.66	0.0147	28120	5.870
A1B1 2	17658	5.43	51.11	400	345.48	0.0136	25450	5.430
A1B1 3	22563	4.91	51.11	400	441.45	0.0123	35963	4.910
A1B2 1	15206	0.96	51.11	400	297.50	0.0024	123957	0.960
A1B2 2	17658	7.61	51.11	400	345.48	0.0190	18159	7.610

Dari tabel 4.10 terlihat bahwa semakin kecil modulus elastisitas (E) bambu maka semakin besar pula penambahan panjang ( $\Delta L$ ) teoritis yang terjadi. Dapat ditunjukkan pada tabel 4.10 bahwa nilai modulus elastisitas benda uji *pullout* A1B1 2 dan A1B1 3 semakin kecil mengakibatkan penambahan panjang yang terjadi cukup besar.

#### 4.2.9 Analisis Annona Satu Arah

Pengujian hipotesis dilakukan untuk menentukan apakah keragaman disebabkan oleh perbedaan antar baris, antar kolom atau adanya interaksi. Dalam hal ini perbedaan antar baris adalah pengaruh variasi pelapis.

$H_0$  : Tidak ada pengaruh yang signifikan variasi pelapis pada kuat tarik beton bertulangan bambu.

$H_a$  : Terdapat pengaruh yang signifikan variasi pelapis dengan tanpa menggunakan pelapis pada kuat tarik beton bertulangan bambu.

Untuk mengetahui pengaruh dari variasi pelapis pada bambu pilin maka diperlukan analisis anova satu arah. Tujuan dari uji anova satu arah adalah untuk membandingkan lebih dari dua rata-rata. Sedangkan gunanya untuk menguji kemampuan generalisasi. Maksudnya dari signifikansi hasil penelitian. Jika terbukti berbeda berarti kedua sampel tersebut dapat digeneralisasikan (data sampel dianggap dapat mewakili populasi). Anova satu jalur dapat melihat perbandingan lebih dari dua kelompok data. (Riduwan.2008.Dasar-dasar Statistika.Bandung:Alfabeta) Dari tabel 4.8 khususnya data kuat tarik bambu dianalisa secara statistik untuk tiap-tiap data. Dari analisa statistik tersebut dirangkum pada tabel 4.11.

Tabel 4. 11 Analisa Statistik Kuat Tarik Bambu

Statistik	b <sub>0</sub>	b <sub>1</sub>	b <sub>2</sub>	Total (T)	( $\sum x_{total}$ ) <sup>2</sup> /n A
n	2	3	2	7	714262.61
$\sum x$	393.46	1199.59	642.98	2236.03	
$\sum x^2$	79663.65	484520.79	207862.27	772046.71	
$\bar{x}$	196.73	399.86	321.49	918.08	
( $\sum x$ ) <sup>2</sup> /n A	77407.28	479670.36	206711.06	763788.71	
Varians (S <sup>2</sup> )	2256.37	2425.21	1151.21	5832.79	

Jumlah Kuadrat Antar Grup (JKA) dengan rumus 3-1

$$\begin{aligned}
 JKA &= (77407.28 + 479670.36 + 206711.06) - 714262.61 \\
 &= 763788.71 - 714262.61 \\
 &= 49526.10
 \end{aligned}$$

Derajat bebas antar grup dengan rumus 3-2

$$db_A = 3 - 1 = 2$$

Kuadrat rerata antar grup ( $KR_A$ ) dengan rumus 3-3

$$: KR_A = \frac{JKA}{db_A} = \frac{49526.1}{2} = 24763.05$$

Jumlah kuadrat dalam antar grup ( $JK_D$ ) dengan rumus 3-4

$$\begin{aligned}
 JK_D &= (\sum X_t)^2 - \sum \frac{(\sum X_{Bi})^2}{n_{Bi}} \\
 &= \sum X_{B0}^2 + \sum X_{B1}^2 + \sum X_{B2}^2 - \left( \frac{(\sum X_{B0})^2}{n_{B0}} + \frac{(\sum X_{B1})^2}{n_{B1}} + \frac{(\sum X_{B2})^2}{n_{B2}} \right)
 \end{aligned}$$

$$JK_D = (79663 + 484520 + 207862) - (77407 + 479670 + 206711)$$

$$JK_D = 772047 - 763789$$

$$JK_D = 8258$$

Derajat bebas dalam grup dengan rumus 3-5

$$db_D = 7 - 3 = 4$$

Kuadrat rerata dalam antar grup ( $KR_D$ ) dengan rumus 3-6

$$KR_D = \frac{JK_D}{db_D} = \frac{8258}{4} = 2065$$

$F_{hitung}$  dengan rumus : (3-7)

$$F_{hitung} = \frac{KR_A}{KR_D} = \frac{24763}{2065} = 11,99$$

- Taraf signifikansinya,  $\alpha = 0,05$
- $F_{tabel}$  dengan rumus : (3-8)

$$F_{tabel} = F_{(1-0,05)(2,4)}$$

$$F_{tabel} = F_{(0,95)(2,4)}$$

Tabel 4. 12 Distribusi F dengan probabilitas 0,05

Df untuk penyebut (N2)	Df untuk pembilang (N1)											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	161	199	216	225	230	234	237	239	241	242	243	244
2	18.51	19	19.16	19.25	19.3	19.33	19.35	19.37	19.38	19.4	19.4	19.41
3	10.13	9.55	9.28	9.12	9.01	8.94	8.89	8.85	8.81	8.79	8.76	8.74
4	7.71	6.94	6.59	6.39	6.26	6.16	6.09	6.04	6	5.95	5.94	5.91
5	6.61	5.79	5.41	5.19	5.05	4.95	4.88	4.82	4.77	4.74	4.7	4.68
6	5.99	5.14	4.76	4.53	4.39	4.28	4.21	4.15	4.1	4.06	4.03	4
7	5.59	4.74	4.35	4.12	3.97	3.87	3.79	3.73	3.68	3.64	3.6	3.57

Dari tabel 4.12 didapatkan distribusi F dengan probabilitas 0,05 yaitu 6,94 dengan derajat bebas antar grup (N1) dan derajat bebas dalam grup (N2) sebesar 2 dan 4. Dari data-data statistik di atas dapat dirangkum analisis anova satu arah pada tabel 4.13.

Tabel 4. 13 Ringkasan Anova Satu Jalur

Sumber Varian (SV)	Jumlah Kuadrat (JK)	Derajat Bebas (db)	Kuadrat Rerata (KR)	Fhitung	Taraf Signifikan ( $\rho$ )
Antar Group (A)	49526	2	24763	11.9947	<0,05 Ftabel = 6,94
Dalam Group (D)	8258	4	2065	-	-
Total	57784	6	-	-	-

- Kriteria Pengujian

$$F_{tabel} = 6,94$$

$$F_{hitung} > F_{tabel} \text{ atau } 11,946 > 6,94$$

Maka  $H_0$  ditolak dan  $H_a$  diterima

- Kesimpulan

$H_0$  ditolak dan  $H_a$  diterima. Jadi, terdapat pengaruh yang signifikan variasi pelapis dengan tanpa menggunakan pelapis pada kuat tarik beton bertulangan bambu.

- Analisis Anova Satu Arah pada pelapis sikadur dan vernis

Pada kesimpulan didapatkan bahwa pada variasi pelapis terdapat pengaruh yang cukup signifikan terhadap tanpa pelapis namun perlu adanya analisis statistik apakah dari tiap pelapis mempunyai pengaruh yang signifikan.

$H_0$  : Tidak ada pengaruh yang signifikan pada pelapis sikadur dan vernis pada kuat tarik beton bertulangan bambu.

$H_a$  : Terdapat pengaruh yang signifikan pelapis sikadur dengan pelapis vernis pada kuat tarik beton bertulangan bambu.

Tabel 4. 14 Analisa Statistik Kuat Tarik Bambu

Statistik	$b_1$	$b_2$	Total (T)	$(\sum x_{total})^2/n A$
$n$	3	2	5	679010.62
$\sum x$	1199.59	642.98	1842.57	
$\sum x^2$	484520.79	207862.27	692383.06	
$\bar{x}$	399.86	321.49	721.35	
$(\sum x)^2/n A$	479670.36	206711.06	686381.43	
Varians ( $S^2$ )	2425.21	1151.21	3576.42	

Jumlah Kuadrat Antar Grup (JK<sub>A</sub>) dengan rumus 3-1

$$\begin{aligned} JK_A &= (479670.36 + 206711.06) - 679010.62 \\ &= 686381.43 - 679010.62 \\ &= 7370.81 \end{aligned}$$

Derajat bebas antar grup dengan rumus 3-2

$$db_A = 2 - 1 = 1$$

Kuadrat rerata antar grup (KR<sub>A</sub>) dengan rumus 3-3

$$: KR_A = \frac{JK_A}{db_A} = \frac{7370.81}{1} = 7370.81$$

Jumlah kuadrat dalam antar grup (JK<sub>D</sub>) dengan rumus 3-4

$$\begin{aligned} JK_D &= (\sum X_{\tau})^2 - \sum \frac{(\sum X_{Bi})^2}{n_{Bi}} \\ &= \sum X^2_{B1} + \sum X^2_{B2} - \left( \frac{(\sum X_{B1})^2}{n_{B1}} + \frac{(\sum X_{B2})^2}{n_{B2}} \right) \\ JK_D &= (484520 + 207862) - (479670 + 206711) \\ JK_D &= 692383 - 686381.43 \\ JK_D &= 6001.64 \end{aligned}$$

Derajat bebas dalam grup dengan rumus 3-5

$$db_D = 5 - 2 = 3$$

Kuadrat rerata dalam antar grup (KR<sub>D</sub>) dengan rumus 3-6

$$KR_D = \frac{JK_D}{db_D} = \frac{6001.64}{3} = 2000.55$$

$F_{hitung}$  dengan rumus : (3-7)

$$F_{hitung} = \frac{KR_A}{KR_D} = \frac{7370.81}{2000.55} = 3.68$$

- Taraf signifikansinya,  $\alpha = 0,05$
- $F_{tabel}$  dengan rumus : (3-8)

$$F_{tabel} = F_{(1-0,05)(1,3)}$$

$$F_{tabel} = F_{(0,95)(1,3)}$$

Dari tabel 4.12 didapatkan distribusi F dengan probabilitas 0,05 yaitu 10,13 dengan derajat bebas antar grup (N1) dan derajat bebas dalam grup (N2) sebesar 1 dan 3. Dari data-data statistik di atas dapat dirangkum analisis anova satu arah pada tabel 4.15.

Tabel 4. 15 Ringkasan Anova Satu Jalur

Sumber Varian (SV)	Jumlah Kuadrat (JK)	Derajat Bebas (db)	Kuadrat Rerata (KR)	Fhitung	Taraf Signifikan ( $\rho$ )
Antar Group (A)	7370.81	1	7370.81	3.6844	<0,05 $F_{tabel} = 10,13$
Dalam Group (D)	6001.64	3	2000.55	-	-
Total	13372	4	-	-	-

- Kriteria Pengujian

$$F_{tabel} = 10,13$$

$$F_{hitung} < F_{tabel} \text{ atau } 3,68 < 10,13$$

Maka  $H_0$  diterima dan  $H_a$  ditolak

- Kesimpulan

$H_0$  diterima dan  $H_a$  ditolak. Jadi, Tidak ada pengaruh yang signifikan pada pelapis sikadur dan vernis pada kuat tarik beton bertulangan bambu.

#### 4.3. Analisis Mekanisme Kerusakan

Menurut ACI (*American Concrete Institute*) terdapat 3 buah pola keruntuhan dalam pengujian *pull out*, diantaranya kegagalan tarik, keruntuhan pada beton yang diikuti tercabutnya tulangan, dan keruntuhan yang ditandai dengan tercabutnya tulangan dari beton. Dalam penelitian pengujian kuat lekat dengan menggunakan uji *pull out* untuk tulangan bambu pilin didapatkan 1 buah tipe keruntuhan yang terjadi yaitu kegagalan tarik seperti yang terlihat pada gambar 4.10.



Gambar 4. 10 Pola Keruntuhan Tarik

Tipe kerusakan pada bambu terjadi akibat putusnya bambu pada saat benda uji dikenakan beban. Kerusakan pada bambu ini dikarenakan terdapat rongga pada bambu pilin akibatnya bambu pilin mengikat dengan beton sehingga ketika benda uji dikenakan beban, bambu masih tertahan pada beton menyebabkan bambu terputus pada pilinannya. Kerusakan terjadi pada bagian buku yang dipasang di atas atau di bawah.

Tulangan bambu pilin yang mengalami keruntuhan tarik dicari tegangan tarik yang menyebabkan tulangan tersebut putus. Banyak faktor yang bisa menyebabkan terjadinya keruntuhan tersebut. Diantaranya beton yang dihasilkan memiliki mutu atau kualitas yang bagus sehingga bisa menahan gesekan dan menghasilkan lekatan yang besar sehingga tulangan terbelah akibat terjadinya putus. Selain itu dengan diberikan perlakuan dengan dipilin bidang gesek yang bervariasi yang berasal dari untaian pilinan membuat campuran beton dapat terisi dengan baik diantara untaian dan rongga antar tulangan sehingga menghasilkan lekatan yang baik dan membuat tulangan tidak tercabut melainkan putus ketika mencapai beban maksimum pada pengujian *pull out*. Solusi kedepannya agar bambu tidak terputus pada bambunya, pada rongga yang tertanam pada beton perlu diisi pasir hingga tidak terdapat rongga pada bambu setelah itu baru diberi campuran beton.



## BAB V

### PENUTUP

#### 5.1. Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan dan analisis yang telah dilakukan, diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Bambu tanpa buku/ruas memiliki tegangan tarik bambu yang lebih besar dari bambu dengan buku dimana dalam penelitian ini hasil rata-rata kuat tarik bambu tanpa buku sebesar 54,908 Mpa. Dengan benda uji terbesar yaitu TBK-3 senilai 65,069 Mpa.
2. Pada saat pengujian terdapat rongga pada bambu pilin yang mengakibatkan bambu terputus pada pilinannya sebelum tercabut pada beton. Pola keruntuhan yang terjadi adalah keruntuhan tarik. Oleh karena itu tidak terbukti bahwa variasi pelapis dapat meningkatkan kuat lekat pada bambu.
3. Bambu tulangan pilin menggunakan pelapis sikadur memiliki kuat tarik lebih besar dibanding pelapis vernis dan tanpa pelapis. Hasil kuat tarik terbesar terdapat pada benda uji tulangan pilin dengan pelapis sikadur yaitu pada sampel A1B1 1 dan A1B1 3 dengan kuat tarik sebesar 412,66 Mpa dan 441,45 Mpa.
4. Penggunaan bahan pelapis pada bambu dengan tanpa pelapis berpengaruh secara signifikan terhadap kuat tarik antara bambu dengan beton. Berdasarkan uji statistik ANOVA, nilai F hitung lebih besar dari F tabel ( $11,946 > 6,94$ ). Namun tidak berpengaruh secara signifikan pada perbandingan antara pelapis sikadur dan vernis. Berdasarkan uji uji statistik ANOVA, nilai F hitung lebih kecil dari F tabel ( $3,68 < 10,13$ ).

#### 5.2. Saran

Penelitian ini dapat dijadikan sebagai referensi untuk penelitian selanjutnya. Agar bambu pilin tersebut dapat diimplementasikan sebagai alternatif tulangan baja perlu kajian lebih lanjut yang dirumuskan dalam saran-saran sebagai berikut.:

1. Perlu diadakan penelitian lebih lanjut mengenai variasi pelapis selain sikadur dan vernis.
2. Perlu adanya penelitian lebih lanjut mengenai sifat dan uji mekanis bambu setelah dipilin.

3. Perlu diberi pasir hingga tidak terdapat rongga pada bambu yang tertanam.  
Perlu adanya penelitian membandingkan kuat tarik bambu pilin dengan baja.



## DAFTAR PUSTAKA

- Agarwal, Atul, Bharadwaj, Nanda. & Maity, Damodar. (2014). *Experimental Investigation on Chemically Treated Bamboo Reinforced Concrete Beams And Columns*. Elsevier. 0950-0618.
- Baskaran, K. Dias, H. Y. V. & Munasinghe, M. A.S. S.(2015). *Feasibility of Using Palinyrah and Bambo Stips as Reinforcement in Lintels*. SECM.15.037.
- Departemen Pekerjaan Umum. SNI 03-2847-2002. (2002). *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung*. Bandung: Departemen Pekerjaan Umum.
- Dipohusodo, Istimawan. (1994). *Struktur Beton Bertulang*. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.
- Ditjen Cipta Karya. (1971). *Peraturan Beton Indonesia 1971*. Jakarta: Ditjen Cipta Karya.
- Ghavami, K. (2005). *Bamboo as Reinforcement in Structural Concrete Elements*. J. Cement & Concrete Composites, elevier, 27, 637-649.
- Janssen, J. J. A. (2000). *Designing and Building with Bamboo*. Technical Report No. 20. INBAR
- Lestari, A. D. (2015). *Pengaruh Penambahan Kait pada Tulangan Bambu Terhadap Respon Lentur Balok Beton Bertulang Bambu*. Jurnal Rekayasa Sipil./Volume9. Malang: Universitas Brawijaya.
- Morisco. (1990). *Rekayasa Bambu*. Yogyakarta: Nafiri Offset.
- Mulyono,T. (2004). *Teknologi Beton*. Yogyakarta: ANDI.
- Nurlina, Siti. (2008). *Struktur Beton*. Malang: Bargie Media.
- Setya Budi, A. S., & Sugiarto. (2013). *Kuat Lekat Tulangan Bambu Wulung dan Petung Takikan pada Beton Normal*. Surakarta: Universitas Sebelas Maret.
- Setya Budi, A. S., & Sugiarto. (2013). *Model Balok Beton Bertulangan Bambu Sebagai Pengganti Tulangan Baja: S245-S252*. Konferensi Nasional Teknik Sipil 7. Surakarta: Universitas Sebelas Maret.
- Sugito, Riyanto Hery (2013) *Analytical and Experimental Study Bamboo Beam Concrete*.Lampung:Universitas Bandar Lampung.
- Surjokusumo. S. & Nugroho, N. (1993). *Studi Penggunaan Bambu Sebagai Bahan Tulangan Beton*. Laporan Penelitian. Bogor: Insititut Pertanian Bogor.
- Suryoatmono, B. (1998). *Beton Bertulang Suatu Pendekatan Dasar*. Terjemahan Nawy, E., G. Bandung: PT. Refika Aditama.
- Suseno, Hendro. (2010). *Bahan Bangunan Untuk Teknik Sipil*. Malang : Bargie Media.

Tjokrodimulyo. (1992). *Bahan Bangunan, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Gadjahmada*, Yogyakarta. Yogyakarta : Universitas Gadjahmada.

Tjokrodimulyo. (2004). *Teknologi Beton, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Gadjahmada*, Yogyakarta. Yogyakarta : Universitas Gadjahmada.

Wang, C. K. & Salmon, C. G. (1985). *Desain Beton Bertulang*. Jakarta : Pradnya Paramita.

