

**SKRIPSI**  
**KEKUATAN LEKATAN DAN PANJANG PENYALURAN**  
**TULANGAN BAMBU DENGAN PENGASARAN PERMUKAAN**  
**(BAMBU DENGAN LILITAN KAWAT DIAMETER 1,6 mm)**



Disusun Oleh :

**MARYANTO**  
**12.21.025**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**  
**INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL**  
**MALANG**  
**2016**

**LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI**

**KEKUATAN LEKATAN DAN PANJANG PENYALURAN TULANGAN  
BAMBU DENGAN PENGASARAN PERMUKAAN (BAMBU DENGAN  
LILITAN KAWAT DIAMETER 1,6 mm)**

*Dipertahankan Dihadapan Majelis Penguji Sidang Skripsi Jenjang Strata Satu (S-1)*

*Pada Hari : Jumat*

*Tanggal : 12 Agustus 2016*

*Dan Diterima Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan Guna Memperoleh Gelar*

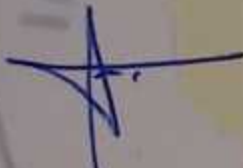
*Sarjana Teknik Sipil S-1*

**Disusun Oleh :**

**Maryanto  
(12.21.025)**

**Disahkan Oleh :**

**Ketua**



**(Ir. A. Agus Santosa, MT.)**

**Sekretaris**



**(Ir. Munasih, MT)**

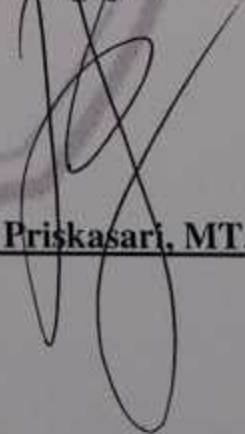
**Anggota Penguji :**

**Dosen Penguji I**



**(Ir. A. Agus Santosa, MT.)**

**Dosen Penguji II**



**(Ir. Ester Priskasari, MT.)**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1**

**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**

**INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

**2016**

**LEMBAR PERSETUJUAN SKRIPSI**

**KEKUATAN LEKATAN DAN PANJANG PENYALURAN TULANGAN  
BAMBU DENGAN PENGASARAN PERMUKAAN (BAMBU DENGAN  
LILITAN KAWAT DIAMETER 1,6 mm)**


*Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Sipil (S-I)  
Institut Teknologi Nasional Malang*

*Disusun Oleh :*

**MARYANTO  
(12.21.025)**

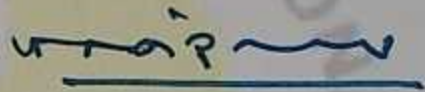
*Disetujui Oleh*

**Dosen Pembimbing I**



(Ir. Bambang Wedyantadji, MT.)

**Dosen Pembimbing II**



(Ir. H. Sudirman Indra M.Sc)

**Malang, September 2016**

**Mengetahui**

**Ketua Program Studi Teknik Sipil S-I**



(Ir. A. Agus Santosa, MT)

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1**

**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**

**INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

**2016**

# **SKRIPSI**

## **KEKUATAN LEKATAN DAN PANJANG PENYALURAN TULANGAN BAMBU DENGAN PENGASARAN PERMUKAAN (BAMBU DENGAN LILITAN KAWAT DIAMETER 1,6 mm)**



Disusun Oleh :

**MARYANTO**  
**12.21.025**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL  
MALANG  
2016**

## ABSTRAKSI

***Kekuatan Lekatan dan Panjang Penyaluran Tulangan Bambu dengan Pengasaran Permukaan (Bambu Dengan Lilitan Kawat Diameter 1.6mm). Maryanto, 1221025, 2016. Dosen Pembimbing I : Ir. Bambang Wadyantadji, MT. Dosen Pembimbing II : Ir. H. Sudirman Indra, M.Sc.***

**Kata Kunci :** *Bambu, Tulangan, Lekatan, Panjang Penyaluran, Lilitan kawat*

Lekatan adalah suatu hubungan kerja sama antara tulangan dengan beton di sekelilingnya, sehingga beton bertulang dapat bekerja sama dengan baik sebagai bahan komposit. Panjang penyaluran juga dapat mempengaruhi ketahanan suatu beton bertulang, semakin baik penyaluran beban yang diterima oleh tulangan maka akan menghasilkan ketahanan yang baik pula. Dalam konstruksi 2 hal tersebut adalah faktor yang sangat berpengaruh terhadap kekuatan suatu beton bertulang. Bambu sebagai tulangan seringkali dimanfaatkan sebagai pengganti tulangan longitudinal, sebab bambu memiliki tegangan tarik yang cukup besar

Penelitian ini bertujuan untuk seberapa besar kekuatan lekatan dan menganalisa rumusan SNI tentang panjang penyaluran terhadap tulangan bambu. Perlakuan pada bambu yaitu bambu polos dan bambu dengan pengasaran permukaan menggunakan lilitan kawat berdiameter 1,6 mm spasi lilitan 4 mm, 6 mm, 8 mm dibandingkan dengan kekuatan lekatan baja polos dan baja ulir. Penelitian ini dilakukan di kampus ITN Malang, Jawa Timur pada tanggal 4 Mei - 14 September 2015. Bambu yang akan digunakan yaitu bambu jenis petung dengan  $f_y$  89,133Mpa yang telah diuji terlebih dahulu kuat tariknya ( $f_y$ ). Perencanaan mix design dengan  $f'_c$  20 MPa. Sampel yang digunakan untuk kekuatan lekatan berjumlah 30 buah kubus (15x15x15) cm dan silinder 3 buah (15x30) cm untuk uji panjang penyaluran berjumlah 45 buah kubus (15x15x15) cm dan silinder 3 buah (15x30) cm, untuk tulangan bambu masing-masing 5 buah benda uji pada tiap variasi perlakuan pengasaran.

Dari hasil pengujian didapatkan hasil kekuatan lekatan bambu polos sebesar 0,773 MPa, bambu dengan lilitan kawat  $\varnothing$ 1,6 mm spasi lilitan 4 mm mencapai 2,25 MPa, baja polos sebesar 5,96 MPa, baja ulir sebesar 14,9 MPa. Bambu dengan lilitan kawat terbukti dapat menaikkan kekuatan lekat bambu sampai 4 kali lipatnyanya sehingga bambu dapat digunakan sebagai pengganti tulangan pada beton bertulang dan layak digunakan dalam perencanaan beton bertulang. Pada pengujian panjang penyaluran di dapat hasil yang mendekati yaitu sampel bambu dengan lilitan kawat  $\varnothing$ 1,6 mm dengan jarak spasi antar lilitan 4 mm dan panjang penyaluran 12 cm. Namun slip yang terjadi pada bambu cukup tinggi meski telah di beri pangasaran permukaan sehingga sampel dinyatakan belum berhasil. Rumus yang digunakan untuk pengujian panjang penyaluran yaitu rumus R. Park & Paulay, analisa terhadap persamaan yang diatur didalam SNI 2847-2013 pasal 12.2.2 tentang panjang penyaluran juga tidak cocok digunakan terhadap tulangan bambu.

## KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan puji syukur Kehadirat Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat dan berkat-Nya sehingga penyusun dapat menyelesaikan Tugas Akhir Skripsi dengan baik.

Tugas Akhir Skripsi ini dibuat untuk memenuhi persyaratan dalam menyelesaikan gelar strata satu ( S-1 ), Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Program Studi Teknik Sipil, Institut Teknologi Nasional Malang.

Dalam proses penyelesaian Tugas Akhir Skripsi ini, penyusun mengucapkan banyak terima kasih kepada :

1. Bapak Ir. H. Sudirman Indra , MSc. selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan.
2. Bapak Ir. A. Agus Santosa , MT. selaku ketua Program Studi Teknik Sipil.
3. Ibu Ir. Ester Priskasari , MT. selaku koordinator penelitian bambu pada struktur beton bertulang.
4. Bapak Ir. Bambang Wedyantadji, MT selaku dosen pembimbing 1.
5. Bapak Ir. H. Sudirman Indra, MSc selaku dosen pembimbing 2.

Penyusun menyadari bahwa pada Tugas Akhir Skripsi ini, mungkin masih banyak kekurangan ataupun kesalahan. Oleh karena itu, penyusun selalu mengharapkan saran, petunjuk, kritik dan bimbingan yang bersifat membangun, demi kelanjutan kami selanjutnya.

Malang, Agustus 2016

Penyusun

# DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL

LEMBAR PERSETUJUAN

LEMBAR PENGESAHAN

LEMBAR PERNYATAN KEASLIAN SKRIPSI

ABSTRAKSI..... i

KATA PENGANTAR ..... ii

DAFTAR ISI..... iii

DAFTAR TABEL..... vii

DAFTAR GAMBAR..... ix

**BAB I PENDAHULUAN ..... 1**

1.1 Latar Belakang..... 1

1.2 Identifikasi Masalah ..... 3

1.3 Rumusan Masalah..... 4

1.4 Batasan masalah..... 4

1.5 Tujuan Penelitian ..... 5

1.6 Manfaat penelitian ..... 5

**BAB II TINJAUAN PUSTAKA ..... 7**

2.1 Landasan Teori..... 7

2.1.1 Pengertian Beton..... 7

2.1.2 Pengetahuan Dasar Bambu..... 9

2.1.2.1 Jenis – Jenis Bambu..... 9

2.1.2.2 Sifat – Sifat Mekanika Bambu..... 10

2.1.3 Mix Design Menurut Metode Modifikasi ACI/Britis 1986..... 11

2.1.4 Perawatan Beton.....	12
2.1.5 Evaluasi Pekerjaan Beton.....	13
2.1.6 Prilaku Mekanis.....	14
2.1.6.1 Kuat Tekan.....	14
2.1.6.2 Kuat Tarik Lekatan.....	14
2.1.7 Panjang Penyaluran.....	15
2.2 Hasil Penelitian Terdahulu.....	19
2.2.1 Penelitian Kuat Tarik Bambu Terdahulu.....	19
2.2.2 Penelitian Kekuatan Lekatan Bambu Terdahulu.....	21
<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>	<b>28</b>
3.1 Waktu dan Tempat Pelaksanaan.....	28
3.2 Peralatan dan Bahan.....	29
3.2.1 Peralatan.....	29
3.2.2 Bahan.....	30
3.3 Rancangan Penelitian.....	30
3.3.1 Mutu Beton.....	30
3.3.2 Model Benda Uji.....	31
3.4 Metode Pelaksanaan.....	33
3.4.1 Diameter Nominal Tulangan Bambu.....	33
3.4.2 Pengukuran Tegangan Lekatan.....	34
3.4.3 Pengukuran Slip.....	34
3.4.4 Panjang Penyaluran.....	35
3.4.5 Mutu Beton (ASTM C 39-93a).....	36
3.5 Pelaksanaan Penelitian .....	37
3.5.1 Pembuatan Benda Uji.....	37



3.5.2 Perawatan Benda Uji.....	39
3.6 Metode Pengujian.....	39
3.6.1 Pengujian Kuat Tekan Beton.....	39
3.6.2 Pengujian Tarik Tulangan.....	39
3.6.3 Pengujian Tegangan Lekat dan Panjang Penyaluran.....	40
3.7 Metode Pengumpulan Data.....	41
3.8 Bagan Alir Pelaksanaan Penelitian.....	42

## **BAB IV PERSIAPAN PELAKSANAAN DAN HASIL PENELITIAN ..... 44**

4.1 Persiapan Kebutuhan Bahan.....	44
4.1.1 Perhitungan Kebutuhan Bahan.....	44
4.1.2 Persiapan Tulangan Baja.....	45
4.1.3 Persiapan Tulangan Bambu.....	46
4.1.4 Persiapan Lilitan Kawat.....	48
4.1.5 Pembuatan Tulangan Bambu.....	48
4.1.5.1 Pembentukan Tulangan Bambu.....	48
4.1.5.2 Pelapisan Tulangan Bambu.....	49
4.1.5.3 Perlakuan Tulangan Bambu.....	49
4.2 Pelaksanaan Penelitian.....	50
4.2.1 Prosedur Pelaksanaan Pencampuran.....	50
4.2.2 Pembuatan Benda Uji.....	51
4.2.2.1 Tujuan.....	51
4.2.2.2 Peralatan.....	51
4.2.2.3 Pencetakan Benda Uji.....	52
4.2.3 Perawatan Benda Uji.....	53
4.2.4 Pemeriksaan Kekuatan Tekan dan Lekatan pada Beton.....	54

4.2.4.1 Tujuan.....	54
4.2.4.2 Peralatan.....	54
4.2.4.3 Prosedur Pengujian.....	54
4.3 Hasil Penelitian.....	56
4.3.1 Analisa Data Pengujian Kuat Tekan Beton.....	56
4.3.2 Analisa Data Pengujian Kekuatan Lekatan Tulangan Pada Beton	59
4.3.3 Analisa Data Pengujian Panjang Penyaluran Tulangan Bambu Pada Beton.....	64
<b>BAB V ANALISA DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>73</b>
5.1 Pengujian Interval Kepercayaan.....	73
5.1.1 Pengujian Interval Kepercayaan Kekuatan Lekatan Bambu.....	73
5.1.2 Pengujian Interval Kepercayaan Kekuatan Panjang Penyaluran	77
5.2 Analisa Hasil Penelitian Kekuatan Lekatan.....	81
5.2.1 Perbandingan Hasil Test Lekatan Tulangan Bambu Pengasaran Permukaan Menggunakan Lilitan Kawat Terhadap Tulangan Bambu Polos.....	82
5.2.2 Hasil Perbandingan Lekatan Tulangan Bambu Terhadap Tulangan Baja.....	83
5.3 Analisa Hasil Penelitian Panjang Penyaluran.....	84
<b>BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>88</b>
6.1 Kesimpulan.....	88
6.2 Saran.....	89

## DAFTAR PUSTAKA

## LAMPIRAN

## DAFTAR TABEL

2.1 Hubungan Kuat Tekan Dan Kuat Lekat Beton. ....	26
3.1 Model Rancangan Benda Uji Baja Polos dan Deform (Ulir) .....	37
3.2 Model Rancangan Benda Uji Lekatan Bambu Polos dan Bambu dengan Lilitan ...	38
3.3 Model Rancangan Benda Uji Panjang Penyaluran Bambu dengan Lilitan .....	38
4.1 Hasil pengujian tarik baja tulangan polos $\varnothing 10$ mm .....	44
4.2 Hasil pengujian tarik baja tulangan ulir D10 mm .....	45
4.3 Hasil Pengujian Kuat Tarik Tulangan Bambu .....	47
4.4 Pengujian Lekatan Bambu (Lilitan Kawat 1,6mm Spasi 4mm, Ld = 5 cm) .....	60
4.5 Pengujian Lekatan Bambu (Lilitan Kawat 1,6mm Spasi 6mm, Ld = 5 cm) .....	60
4.6 Pengujian Lekatan Bambu (Lilitan Kawat 1,6mm Spasi 8mm, Ld = 5 cm) .....	61
4.7 Pengujian Lekatan Baja Polos (Ld = 5cm, $\phi$ 10mm) .....	62
4.8 Pengujian Lekatan Baja Deform (Ld = 5cm, D-10) .....	63
4.9 Pengujian Lekatan Bambu Polos .....	63
4.10 Penentuan <i>ld</i> pada Bambu dengan kawat 16mm spasi 4mm .....	65
4.11 Penentuan <i>ld</i> pada Bambu dengan kawat 16mm spasi 6mm .....	65
4.12 Penentuan <i>ld</i> pada Bambu dengan kawat 16mm spasi 8mm .....	66
4.13 Pengujian Panjang Penyaluran Bambu (Lilitan Kawat 1,6mm Spasi 4mm, Ld = 6 cm) .....	66
4.14 Pengujian Panjang Penyaluran Bambu (Lilitan Kawat 1,6mm Spasi 4mm, Ld = 9 cm) .....	67
4.15 Pengujian Panjang Penyaluran Bambu (Lilitan Kawat 1,6mm Spasi 4mm, Ld = 12 cm) .....	68
4.16 Pengujian Panjang Penyaluran Bambu (Lilitan Kawat 1,6mm Spasi 6mm, Ld = 6 cm) .....	68

4.17 Pengujian Panjang Penyaluran Bambu (Lilitan Kawat 1,6mm Spasi 6mm, Ld = 10 cm) .....	69
4.18 Pengujian Panjang Penyaluran Bambu (Lilitan Kawat 1,6mm Spasi 6mm, Ld = 13 cm) .....	70
4.19 Pengujian Panjang Penyaluran Bambu (Lilitan Kawat 1,6mm Spasi 8mm, Ld = 6 cm) .....	71
4.20 Pengujian Panjang Penyaluran Bambu (Lilitan Kawat 1,6mm Spasi 8mm, Ld = 10 cm) .....	71
4.21 Pengujian Panjang Penyaluran Bambu (Lilitan Kawat 1,6mm Spasi 8mm, Ld = 13 cm) .....	72
5.1 Pengujian Lekatan Bambu Polos.....	73
5.2 Interval Kepercayaan Kekuatan Lekatan Tulangan Bambu.....	75
5.3 Interval Kepercayaan Kekuatan Lekatan Tulangan Baja.....	76
5.4 Hasil Pengujian Bambu Panjang Penyaluran 6cm spasi lilitan 4mm .....	77
5.5 Interval Kepercayaan Panjang Penyaluran Spasi Lilitan 4mm.....	78
5.6 Interval Kepercayaan Panjang Penyaluran Spasi Lilitan 6mm .....	79
5.7 Interval Kepercayaan Panjang Penyaluran Spasi Lilitan 8mm .....	80
5.8 Hasil rerata pada uji lekatan tulangan bambu dan baja.....	81
5.9 Perbandingan rasio kekuatan lekatan (u) dengan tegangan leleh (fy) antara tulangan bambu, baja polos dan baja deform.....	83
5.10 Prosentase kekuatan lekatan (u) bambu dengan perlakuan pengasaran dibandingkan dengan kekuatan lekatan (u) baja polos dan baja deform.....	84
5.11 Analisa Hasil Pengujian Panjang Penyaluran.....	84

## DAFTAR GAMBAR

2.1 Panjang tulangan tertanam dalam beton (ld) .....	15
2.2 Perkiraan model terjadinya tegangan lekatan tulangan bambu dengan lilitan kawat dalam beton .....	16
2.3 Perkiraan model terjadinya tegangan lekatan tulangan bambu polos dalam beton.....	16
2.4 Tegangan-regangan bambu dan baja.....	20
2.5 Hubungan tegangan tulangan dengan mutu beton.....	22
2.6 . Model uji coba tegangan lekatan menggunakan tes set-up.....	22
2.7. Hubungan antara tegangan lekat dengan slip pada beton.....	23
2.8 Pengangkeran dan lekatan lentur tulangan tarik.....	24
2.9 Ilustrasi tulangan bambu tarikan di tanam dalam beton .....	26
3.1 Sketsa penulangan tulangan baja polos dan bambu polos pada kubus.....	31
3.2 Sketsa penulangan baja ulir dan bambun dengan lilitan kawat pada beton .....	32
3.3 Sketsa Alat Pengujian Universal Testing Machine.....	36
3.4 sketsa model silinder untuk uji tekan beton .....	39
3.5 Alat uji kekuatan lekatan dan panjang penyaluran .....	40
3.6 Bagan Alir Pelaksanaan Penelitian .....	42
4.1 Pengujian Tarik Tulangan Baja .....	45
4.2 Perlakuan Tulangan Baja .....	46
4.3 Bambu petung .....	46
4.4 Hasil Bambu Setelah pengujian Tarik .....	47
4.5 uji tarik bambu .....	47
4.6 kawat diameter 1,6 mm .....	48
4.7 Pelapisan Tulangan Bambu Menggunakan Lem .....	49
4.8 Perlakuan Tulangan Bambu dengan Lilitah kawat Ø 1,6 mm .....	50

4.9 Alat Pengujian .....	54
4.10 Grafik uji lekatan bambu k16-4mm .....	60
4.11 Grafik uji lekatan bambu k16-6mm .....	61
4.12 Grafik lekatan bambu k16-8mm .....	62
4.13 Grafik uji Tulangan Baja Polos ( $\phi$ 10mm) .....	62
4.14 Grafik Uji Tulangan Baja Deform (D-10) .....	63
4.15 Grafik uji lekatan bambu Polos .....	64
4.16 Grafik uji bambu 1,6-4-ld60 .....	67
4.17 Grafik uji bambu 1,6-4-ld90 .....	67
4.18 Grafik uji bambu 1,6-4-ld120 .....	68
4.19 Grafik uji bambu 1,6-6-ld60 .....	69
4.20 Grafik uji bambu 1,6-6-ld100 .....	69
4.21 Grafik uji bambu 1,6-6-ld130 .....	70
4.22 Grafik uji bambu 1,6-8-ld60 .....	71
4.23 Grafik uji bambu 1,6-8-ld100 .....	72
4.24 Grafik uji bambu 1,6-8-ld130 .....	72
5.1 Grafik Perbandingan lekatan Tulangan.....	81
5.2 Grafik uji bambu 1,6-4-ld120.....	85

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Bambu adalah tanaman jenis rumput-rumputan dengan rongga dan ruas di batangnya. Di dunia ini bambu merupakan salah satu tanaman dengan pertumbuhan paling cepat. Karena memiliki sistem rhizoma-dependen unik, dalam sehari bambu dapat tumbuh sepanjang 60 mm bahkan lebih, tergantung pada kondisi tanah dan klimatologi tempat ia ditanam. Bambu sudah sejak lama digunakan sebagai bahan konstruksi. Selain murah bambu juga mudah didapatkan, ramah lingkungan dan memiliki ketahanan yang cukup kuat.

Lekatan yaitu suatu hubungan kerja sama antara tulangan dengan beton disekelilingnya, sehingga menghasilkan beton bertulang yang baik sebagai bahan komposit. Panjang penyaluran juga dapat mempengaruhi ketahanan suatu beton bertulang, semakin baik penyaluran beban yang diterima oleh tulangan maka akan menghasilkan ketahanan yang baik pula. Dalam konstruksi 2 hal tersebut adalah faktor yang sangat berpengaruh terhadap kekuatan suatu beton bertulang. Salah satu yang cukup berperan dalam mempengaruhi daya lekatan antara beton dan tulangan adalah mutu beton, jenis tulangan serta kekasaran dari permukaan tulangan.

Dalam hal ini peneliti tertarik untuk melakukan penelitian tentang lekatan dan panjang penyaluran dengan menggunakan tulangan bambu. Mengingat keuntungan bambu yang dapat digunakan sebagai bahan konstruksi alternatif

pengganti tulangan baja. Apakah perilaku lekatan dan pemuaian dari bambu dapat memperoleh hasil seperti yang diharapkan. Penelitian tentang lekatan dan panjang penyaluran tulangan bambu dengan pengasaran pada penampangnya dengan cara dililiti oleh kawat, dengan judul *Kekuatan Lekatan dan Panjang Penyaluran Tulangan Bambu dengan Pengasaran Permukaan (Bambu dengan Lilitan Kawat Diameter 1,6 mm)*. Penelitian dilakukan dengan cara eksperimen di laboratorium setelah diasumsi secara teoritis.

Kerjasama antara tulangan dengan beton pada umumnya terjadi pada tulangan baja polos dan ulir, yang didukung oleh pengetahuan dan penelitian yang telah dilakukan oleh beberapa peneliti dan hasilnya dapat dilihat pada beberapa literature, jurnal dan standar beton bertulang yang ada. Ada juga penelitian mengenai perilaku lekatan tulangan deform pada beton yang dikerjakan oleh Z. Huang, B. Engstrom dan J. Magnusson yang menyimpulkan kekuatan lekatan dipengaruhi juga oleh panjang tulangan di dalam beton dan tegangan leleh dari tulangan. Penelitian yang sudah dilakukan seperti penelitian mengenai perilaku lekatan tulangan tulangan spiral, yaitu batangan baja yang dibuat dengan proses pengerolan dingin (Cold Rolling) pada steel wire rod dan kemudian dipuntir (tulangan spiral), penelitian yang dilakukan oleh Priskasari, Ester, dkk yang menyimpulkan bahwa tegangan lekatan pada baja ulir/spiral lebih bagus dari baja polos tetapi masih jauh dibandingkan dengan baja deform. Hal ini dipengaruhi oleh lekatan dan tegangan leleh tulangan serta panjang tulangan yang tertanam di dalam beton



Sesuai peraturan SNI 2847-2002 tentang pemakaian tulangan pengekang dan tulangan longitudinal untuk struktur tahan gempa, agar dapat menahan gaya lateral yang bekerjanya bolak balik seperti pada gaya gempa, gaya angin dan sebagainya diperlukan tulangan memanjang dan tulangan transversal untuk mencapai daktilitas yang diperlukan. Sehingga nantinya akan diketahui apakah rumusan yang tertulis pada peraturan SNI 2847-2013 mengenai panjang penyaluran masih berlaku pada tulangan bambu.

## **1.2 Identifikasi Masalah**

Pada umumnya suatu struktur beton bertulang menggunakan baja sebagai tulangannya, hal ini menyebabkan tingginya permintaan akan kebutuhan baja, baik baja ulir maupun baja polos. Namun bahan baku pembuat baja bukan hal mudah untuk di dapatkan maupun di perbaharui sehingga perlu adanya alternatif baru pengganti baja sebagai tulangan pada struktur beton.

Bambu sudah di gunakan sebagai bahan konstruksi sederhana sejak lama, ini karena bambu memiliki kekuatan, ketahan dan bambu juga mudah di dapat. Bambu juga termasuk material yang ramah lingkungan dan murah, untuk itu perlu diadakan penelitian guna memahami sifat dan perlakuan terhadap bambu agar dapat digunakan sebagai bahan alternatif pengganti tulangan baja.

Lekatan dan panjang penyaluran merupakan faktor penting dalam struktur beton bertulang, maka dari itu perlu di lakukan penelitian lebih lanjut untuk mengetahui kekuatan bambu bila dibandingkan dengan baja.

### 1.3 Rumusan Masalah

Mengingat pentingnya kekuatan lekatan tulangan dan beton disekelilingnya serta panjang penyaluran yang terjadi pada struktur beton bertulang, maka peneliti ingin mengetahui seberapa besar kekuatan lekatan (Bond) dan panjang penyaluran tulangan bambu yang diberi lilitan kawat untuk pengasaran permukaan terhadap beton. Maka masalah penelitian yang akan diteliti adalah sebagai berikut:

1. Berapa kekuatan lekat ( $u$ ) dan tegangan leleh ( $f_y$ ) antara tulangan bambu yang di lilit kawat diameter 1,6 mm spasi 4 mm, spasi 6 mm, spasi 8 mm, dibandingkan dengan baja polos dan baja ulir ?
2. Berapa panjang penyaluran ( $ld$ ) tulangan bambu yang dililit kawat dengan variasi lilitan spasi 4 mm, spasi 6 mm, spasi 8 mm?
3. Apakah rumus yang diatur di dalam SNI 2847-2013 pasal 12.2.2, mengenai panjang penyaluran masih berlaku pada tulangan bambu dengan pengasaran permukaan ?

### 1.4 Batasan Masalah

Agar Penelitian ini lebih terarah, maka penulis memberikan beberapa batasan masalah antara lain :

1. Perbandingan kekuatan lekatan ( $u$ ) dan tegangan leleh ( $f_y$ ) tulangan bambu yang di lilit kawat diameter 1,6 mm spasi 4 mm, spasi 6 mm, spasi 8 mm, baja polos dan baja ulir.
2. Panjang penyaluran ( $ld$ ) pada tulangan bambu yang dililit kawat dengan variasi lilitan spasi 4 mm, spasi 6 mm, spasi 8 mm.

3. Rumusan yang akan digunakan yaitu SNI 2847-2013 pasal 12.2.2, mengenai panjang penyaluran.

### **1.5 Tujuan penelitian**

Tujuan penelitian yang akan diteliti adalah sebagai berikut :

1. Menganalisa kekuatan lekat ( $u$ ) dan tegangan leleh ( $f_y$ ) tulangan bambu yang dililit kawat, baja polos dan ulir.
2. Menganalisa panjang penyaluran ( $l_d$ ) tulangan bambu.
3. Menganalisa kesesuaian rumus SNI 2847-2013 pasal 12.2.2 mengenai panjang penyaluran bila digunakan terhadap tulangan bambu.

### **1.6 Manfaat Penelitian**

1. Bagi Peneliti :

- Sebagai syarat untuk menempuh dan memperoleh jenjang strata satu.
- Mendapatkan pengetahuan tambahan dan dapat memahami proses pembuatan benda uji sesuai syarat-syarat yang berlaku.
- Merupakan kesempatan yang baik untuk menerapkan teori yang telah ada untuk menambah wawasan pengetahuan tentang sifat bambu sebagai pengganti tulangan beton
- Memberikan gambaran umum tentang perilaku bambu di lapangan jika nantinya menggunakan metode yang di teliti.

2. Bagi Lembaga Pendidikan :

Laporan hasil penelitian yang telah dilaksanakan ini dapat menambah buku-buku kepastakaan, khususnya mengenai perilaku struktur beton bertulang dengan tulangan bambu, sehingga dapat digunakan sebagai bahan materi tambahan dalam proses akademik.

3. Bagi Perencanaan dan Pelaksanaan Proyek

Penelitian ini diharapkan akan menambah serta memperluas informasi tentang penggunaan bahan yang berlimpah dilingkungan yaitu tulangan bambu pada beton, tentang daya lekatan dan panjang penyaluran yang terjadi antara tulangan dengan beton di sekelilingnya. Sehingga diharapkan nantinya tulangan bambu dapat digunakan sebagai tulangan pengganti tulangan baja pada bangunan gedung sederhana.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. Landasan Teori**

##### **2.1.1. Pengertian Beton**

Beton adalah suatu bahan dasar yang terdiri dari campuran agregat kasar dan halus yang secara bersama-sama diikat oleh suatu pasta hidrolis (air dan semen) dan terkadang ditambah bahan yang sangat bervariasi mulai dari bahan kimia tambahan, serat, sampai bahan buangan non kimia pada perbandingan tertentu sehingga membentuk massa yang padat. Agregat halus yang digunakan pada umumnya adalah pasir alam maupun pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu, sedangkan agregat kasar berupa batuan alam maupun batu hasil industri pemecah batu. Beton merupakan material yang bersifat getas dan memiliki kuat tekan relatif besar dibandingkan kuat tariknya. Nilai kuat tariknya hanya berkisar 9% - 15% saja dari kuat tekannya, oleh karena itu dipasang tulangan untuk menahan gaya tarik yang terjadi. Bahan penyusun beton antara lain :

##### **a. Semen**

Semen adalah bahan perekat yang berbentuk halus, yang terdiri dari bahan anorganik yang mengeras pada pencampuran dengan air. Adapun syarat-syarat yang harus dipenuhi adalah semen yang digunakan pada pekerjaan konstruksi harus sesuai dengan semen yang digunakan pada perancangan proporsi campuran. (SNI 03-2847-2002, hal : 19 )

**b. Agregat Halus ( Pasir )**

Agregat halus adalah pasir alam sebagai hasil integrasi “alami” batuan atau pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir terbesar 5.0 mm. (SNI 03-2847-2002, hal 8 ). Agregat halus tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5% (ditentukan terhadap berat kering ).

**c. Agregat Kasar (Kerikil dan batu pecah)**

Agregat kasar adalah kerikil sebagai hasil disintegrasi ‘alami’ dari batuan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir antara 5 mm sampai 40 mm. (SNI 03-2847-2002, hal :8 ). Agregat kasar tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1% (ditentukan terhadap berat kering).

**d. Air**

Air adalah bahan untuk mendapatkan kelecakan yang perlu dalam penuangan beton. Pada dasarnya jumlah air yang dibutuhkan untuk proses hidrasi sekitar 25% dari berat semen. Kekuatan beton akan turun jika air yang ditambahkan ke dalam campuran semakin banyak. Karena itu penambahan air harus dilakukan sedikit demi sedikit sampai nilai maksimum yang tercantum dalam rencana tercapai. Air yang digunakan untuk campuran beton harus bersih dan bebas daari bahan-bahan merusak yang mengandung oli, asam, alkali, garam, bahan organik, atau bahan-

bahan lainnya yang merugikan terhadap beton atau tulangan. (SNI 03-2847-2002, hal :20 )

### **2.1.2. Pengetahuan Dasar Bambu**

Bambu sebagai bahan bangunan sudah dikenal di wilayah tropis terutama di Asia. Bambu bahkan disebut telah menjadi bagian penting tradisi kultural yang berlangsung dalam puluhan generasi di seluruh nusantara. Banyak dari masyarakat yang telah memanfaatkan bambu sebagai tulangan pada bangunan sederhana dan semi permanen.

Dari berbagai penelitian menunjukkan bahwa bambu merupakan bahan bangunan termurah dibanding bahan-bahan lain seperti batu bata, beton, kayu dan baja, serta menggunakan energi paling kecil dalam proses penggunaannya. Meskipun demikian, bambu memiliki beberapa kekurangan diantaranya adalah dalam hal keawetan.

#### **2.1.2.1. Jenis – Jenis Bambu**

Menurut Heinz Frick dalam bukunya yang berjudul “*ilmu Konstruksi Bangunan Bambu Pengantar Konstruksi Bambu*”, menjelaskan macam – macam bambu yang umum dipasarkan di Indonesia, diantaranya :

1. Bambu tali/apus (*Gigantochloa apus*). Bambu yang amat kuat dengan jarak ruas sampai 65 cm dan dengan garis tengah 40- 80 mm, serta panjang batang 6 – 13 m.
2. Bambu Petung (*Dendrocalamus asper*). Bambu yang amat kuat, dengan jarak ruas pendek, tetapi dengan dindingnya tebal sehingga tidak begitu

liat. Garis tengah bambu petung 80 - 130 mm, panjang batang 10 – 20 m. Bambu ini sering ditanam dan tumbuh pada daerah berketinggian 1900 mdpl.

3. Bambu duri/ori (*Bambusa blumeana*). Bambu ini juga kuat dan besar seperti bambu petung, jarak ruas juga pendek dengan dinding tebal, bagian luar (kulit) lebih halus dan licin dibandingkan dengan bambu lainnya, selain itu juga lebih keras. Garis tengah bambu ini 75 – 100 mm, panjang batang 9 – 18 m.
4. Bambu wulung/hitam (*Gigantochloa verticillata*). Bambu dengan jarak ruas panjang seperti pada bambu tali/apus, akan tetapi tebalnya sampai 20 mm dan tidak liat(getas), bergaris kuning muda. Garis tengah bambu ini 40 – 100 mm, panjang batang 7 – 18 m

#### **2.1.2.2. Sifat- Sifat Mekanika Bambu**

Heinz Frick dalam bukunya yang berjudul “*ilmu Konstruksi Bangunan Bambu Pengantar Konstruksi Bambu*”, menjelaskan bahwa Secara teoritis sifat – sifat mekanika bambu tergantung pada :

- Jenis bambu yang berkaitan dengan tumbuh – tumbuhan
- Umur bambu pada waktu penebangan
- Kelembaban (kadar air kesetimbangan) pada batang bambu
- Bagian batang bambu yang digunakan (bagian kaki, pertengahan, atau kepala)
- Letak dan jarak ruasnya masing - masing (bagian ruas kurang tahan terhadap gaya tekan dan lentur)



Penentuan sifat - sifat mekanis bambu berdasarkan prasyarat bahwa bambu yang digunakan dalam pembangunan merupakan bahan bangunan yang kering dengan kadar air 12%. Hal ini merupakan kadar air kesetimbangan pada kelembaban udara 70% yang dapat dianggap sebagai nilai rata – rata yang wajar pada iklim tropis.

Berat jenis berbeda - beda menurut jenis bambu ( $\rho = 670 - 720 \text{ kg/m}^3$ ) dan pada bagian batang mana yang diperhatikan ( $\rho = 770 - 760 \text{ kg/m}^3$ ), serta pada bagian dinding batang dalam ( $\rho = 370 - 830 \text{ kg/m}^3$ ) atau bagian luar ( $\rho = 700 - 850 \text{ kg/m}^3$ ). Kemudian juga dapat diamati bahwa berat jenis cepat turun sesuai proses pengeringan. Namun untuk konstruksi bangunan bambu (bahan bangunan yang kering dengan kadar air 12%) berat jenis bambu di indonesia dianggap rata – rata sebesar  $700 \text{ kg/m}^3$ .

Kekuatan tarik bambu untuk menahan gaya – gaya tarik berbeda – beda pada bagian dinding batang dalam atau bagian luar, garis tengah batang (batang yang langsing memiliki ketahanan terhadap gaya tarik yang lebih tinggi), serta pada bagian batang mana yang digunakan karena bagian kepala memiliki kekuatan terhadap gaya tarik yang 12% lebih rendah dibandingkan dengan bagian batang kaki. Di indonesia tegangan tarik yang diizinkan II arah serat adalah  $29,4 \text{ N/mm}^2$ . Kekuatan tekan bambu untuk menahan gaya – gaya tekan berbeda – beda pada bagian ruas dan bagian di antara ruas batang bambu. Bagian batang tanpa ruas memiliki kekuatan terhadap gaya tekan 8-45% lebih tinggi daripada batang bambu yang beruas. Di indonesia tegangan tekan yang diizinkan II arah serat adalah  $7,85 \text{ N/mm}^2$ .

### **2.1.3. Mix Design Menurut Metode Modifikasi ACI /Britis 1986.**

Perencanaan adukan (*Mix design*) beton dimaksudkan untuk mendapatkan beton yang sebaik-baiknya, yang antara lain dapat diuraikan sebagai berikut.

- a) Kuat tekannya tinggi.
- b) Mudah dikerjakan.
- c) Tahan lama (awet).
- d) Murah.
- e) Tahan aus.

Di Indonesia cara ini dikenal dengan cara DOE (*department of environment*). Perancangan dengan cara DOE ini dapat dipakai sebagai standart perencanaan oleh Departemen Pekerjaan Umum di Inonesia, dan dibuat dalam buku peraturan standart SNI 03-2834-1993 dengan judul bukunya “Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal”.

### **2.1.4. Perawatan Beton**

Perawatan beton adalah suatu pekerjaan menjaga agar permukaan beton tetap segar dan lembab, sejak adukan beton dipadatkan sampai beton dianggap cukup keras. Kelembaban permukaan beton itu harus dijaga untuk menjamin proses hidrasi semen (reaksi semen dan pasir) berlangsung secara sempurna. Bila hal ini tidak dilakukan , akan menjadikan beton tidak terlalu kuat dan juga timbul retak-retak. Selain itu, kelembaban tadi juga menambah beton lebih tahan cuaca dan lebih kedap air. Beberapa cara perawatan beton ialah :

- a. Menaruh beton segar di dalam ruangan lembab.
- b. Menaruh beton segar di atas genangan air.
- c. Menaruh beton segar di dalam air.
- d. Menyelimuti permukaan beton dengan karung basah .
- e. Menggenangi permukaan beton dengan air.
- f. Menyirami permukaan beton setiap saat secara terus-menerus.

Cara a,b, dan c dilakukan terhadap contoh beton yang berbentuk kubus atau silinder adapun cara d, e, dan f dilakukan untuk beton segar yang dituang di lapangan /proyek.

#### **2.1.5. Evaluasi Pekerjaan Beton**

Kekuatan beton yang diproduksi di lapangan mempunyai kecenderungan bervariasi dari adukan ke adukan. Besar variasi tergantung pada berbagai faktor antara lain :

- a. variasi mutu bahan (agregat) dari satu adukan ke adukan berikutnya.
- b. Variasi cara pengadukan.
- c. Stabilitas pekerjaan.

Atas adanya variasi kekuatan beton ini maka perlu pengawasan terhadap mutu (*quality control*) agar diperoleh kuat tekan beton yang seragam dan memenuhi kuat tekan yang disyaratkan dalam rencana kerja dan syarat (bestek).

Cara pengawasan mutu dilakukan dengan mengambil beberapa contoh adukan secara acak yang kemudian dibuat benda uji silinder dari beberapa adukan

yang dibuat sehingga mencerminkan mutu beton selama proses pembuatan beton berlangsung.

## 2.1.6. Perilaku Mekanis

### 2.1.6.1. Kuat Tekan

Kuat tekan beton adalah besarnya beton persatuan luas yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu, yang dihasilkan oleh mesin tekan.

$$\text{Kuat tekan beton} = \frac{P}{A \cdot Fu} \text{ (kg/cm}^2\text{)} \quad (\text{SK-SNI-M-14}) \dots \dots \dots 2.1$$

Dimana: P = Beban maksimal (kg)

A = Luas penampang benda uji (cm<sup>2</sup>)

Fu = Faktor umur

### 2.1.6.2. Kuat Tarik Lekatan

Prosedur pengujian tarik lekatan didasarkan pada aturan ASTM C234-91a, sebagaimana yang telah diuraikan pada pasal 2.3.11. Kemudian dalam menganalisa hasil tes ini menggunakan rumus umum untuk menentukan besarnya tegangan lekatan diperoleh dengan membandingkan besarnya gaya tarik maksimum dan keliling (*skin*) tulangan dikalikan panjang tulangan yang tertanam dalam beton, atau seperti yang tertulis sebagai berikut :

$$\text{Kuat Lekat } (\mu) = \frac{\text{gaya tarik maks}}{\text{luas lekatan pd tulangan}} \text{ (N/mm}^2\text{)} \dots \dots \dots 2.2$$

$$(\mu) = \frac{T \text{ max}}{\pi \times ld} \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

Dimana :  $\mu$  = Tegangan lekatan (N/mm<sup>2</sup>)

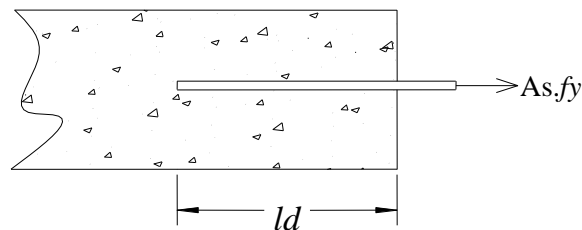
$\otimes$  = Keliling penampang (mm)

$ld$  = Panjang tulangan yang ditanam (mm)

Perhitungan perbandingan tegangan lekatan dilakukan dengan menggunakan 3 buah bentuk tulangan (Baja polos, deform, Bambu Polos, Bambu dengan pengasaran I, II, III dan IV dengan diameter nominal sama) dan menggunakan rumus R. Park & Paulay.

### 2.1.7 Panjang Penyaluran

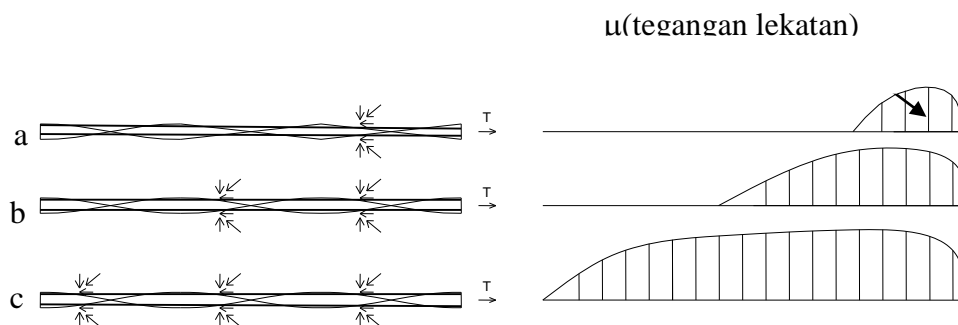
Panjang penyaluran ( $ld$ ) adalah panjang tulangan yang tertanam di dalam beton (*embedment length*) yang menjamin tulangan tertarik tepat saat tegangan elastis, mencapai tegangan leleh ( $f_y$ ) dan saat tegangan putus ( $f_r$ ). Adapun model penanaman tulangan dalam beton tampak seperti pada gambar 2.1. dibawah ini;



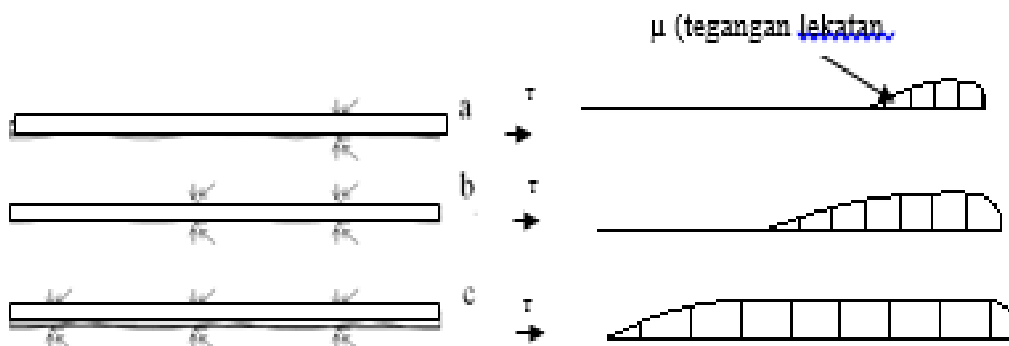
**Gambar 2.1 Panjang tulangan ( $ld$ ) yang tertanam dalam beton**

R. Park dan T. Paulay (1975), mengemukakan bahwa untuk menghitung besar panjang tulangan yang tertanam dalam beton diperlukan adanya nilai tegangan lekat ( $\mu$ ). Hal ini memperlihatkan adanya hubungan yang erat antara tegangan lekat dengan panjang tulangan yang tertanam dalam beton.

Lekatan (*bond*) merupakan salah satu syarat yang harus dipenuhi dalam membuat konstruksi beton bertulang, istilah lekatan di sini adalah hubungan saling mengikat antara tulangan dengan beton di sekelilingnya. Hal ini dimaksudkan supaya terjadi hubungan kerjasama yang sempurna antara beton dan tulangan sebagai bahan komposit, kesempurnaan kerjasama antara tulangan dan beton tercermin dalam daya lekatan antara beton dan tulangnya. Oleh karena itu perlu diusahakan supaya terjadi penyaluran gaya yang baik dari tulangan ke beton, sehingga diperlukan lekatan yang baik antara tulangan dan beton. Kerja sama ini pada akhirnya akan menghindarkan dari terjadinya *slip* antara tulangan dengan beton di sekelilingnya, dimana ada 3 macam perilaku lekatan pada tulangan yaitu ;



**Gambar 2.2** Perkiraan model terjadinya tegangan lekatan tulangan bambu dengan lilitan kawat dalam beton



**Gambar 2.3** Perkiraan model terjadinya tegangan lekatan tulangan bambu polos dalam beton

Adapun penjelasan dari gambar 2.2 diatas adalah sebagai berikut :

1. Pada saat tulangan ditarik dengan gaya sebesar  $T_1$ , maka tegangan terjadi pada posisi puntiran I tulangan bambu dengan seperti tampak pada gambar 2.2 a.
2. Jika gaya tarikan pada tulangan diperbesar  $T_2$ , tegangan yang terjadi menerus sampai pada posisi puntiran II tulangan bambu seperti tampak pada gambar 2.2 b.
3. Dan jika gaya tarikan diperbesar sampai  $T_3$ , tegangan yang terjadi pada tulangan sampai pada posisi puntiran III tulangan bambu seperti tampak pada gambar 2.2 c.

Dari penjelasan model keruntuhan di atas, besarnya tegangan lekatan tulangan didapatkan dari grafik hubungan antara gaya tarik dengan slip yang terjadi (0 – 0,25 mm). Hal ini tidak lepas dari panjang tulangan ( $l_d$ ) yang ditanam dalam beton, jika tulangan yang tertanam pendek ( $<$  syarat/rumus) maka dengan gaya sebesar T akan terjadi lepasnya tulangan dalam beton dan jika tulangan yang tertanam panjang ( $>$  syarat/rumus) dengan gaya tarik diperbesar, maka akan terjadi putusnya tulangan.

SNI 03-2847-2002 pasal 14.2.2 dan ACI 318M-95 pasal 12.2.2 menyatakan rumus panjang penyaluran batang ulir D-19 dan lebih kecil dicari menggunakan rumus :

$$\frac{l_d}{d_b} = \frac{12 f_y \cdot \alpha \cdot \beta \cdot \lambda}{25 \cdot \sqrt{f'_c}} \dots\dots\dots .2.3$$

dimana :  $l_d$  = panjang penyaluran (mm)

$f_y$  = kuat leleh tulangan (MPa)

$d_b$  = diameter nominal tulangan ( mm)

$f'_c$  = kuat tekan beton (MPa)

$\alpha$  = faktor lokasi tulangan(1,0)

$\beta$  = faktor pelapis (1,0)

$\lambda$  = faktor beton agregat ringan (1,0)

Sedangkan SNI 2847-2013 pasal 12.2.2 menyatakan rumus panjang penyaluran batang ulir D-19 dan lebih kecil sebagai berikut :

$$L_d = \left( \frac{f_y \cdot \psi_t \cdot \psi_e}{2,1 \lambda \sqrt{f'_c}} \right) \cdot d_b \dots \dots \dots 2.4$$

Dimana :  $\psi_t$  = beton segar dicor di bawah panjang penyaluran (1,3)

$\psi_e$  = tulangan tanpa ada lapisan (1,0)

$\lambda$  = beton berat normal (1,0)

Dari beberapa rumus /persamaan yang tertulis di atas, hanyalah berlaku pada tulangan polos dan ulir (*deform*), itupun dalam menentukan panjang tulangan yang tertanam di dalam beton dilakukan dengan hipotesa bahwa dengan panjang tertentu maka akan didapatkan 3 kondisi yaitu saat tegangan elastis, leleh dan putus tulangan. Pada penelitian ini nantinya dalam menentukan panjang tulangan yang tertanam dalam beton (*ld*) akan digunakan rumus/ persamaan dengan menganalisa perilaku keruntuhan berdasarkan 3 kondisi, yaitu saat elastis, leleh, dan putus tulangan.



## **2.2. Hasil Penelitian Terdahulu**

### **2.2.1. Penelitian Kuat Tarik Bambu Terdahulu**

Bambu merupakan jenis tanaman yang termasuk *Bamboidae* yaitu salah satu anggota subfamilia rumput, sehingga pertumbuhannya cepat. Pada umumnya bambu ditemukan di tempat-tempat terbuka baik di pekarangan, tegalan maupun di hutan. Di dalam pemanfaatan bambu harus diperhatikan faktor-faktor yang dapat menentukan kualitas dan kuantitas produk yang dapat dihasilkan, misalnya faktor jenis bambu, umur, kadar air, berat jenis, kekuatan, keawetan.

Bambu merupakan salah satu material konstruksi yang tersebar di seluruh daerah tropis dan subtropis. Sepanjang tradisi, penggunaan bambu secara luas telah banyak terlihat dalam berbagai bentuk konstruksi. dalam Agus Setiya(2013,hal:2) terdapat banyak macam bambu, tetapi dari ratusan jenis itu, hanya ada empat macam saja yang dianggap penting sebagai jenis bambu dan yang umum dipasarkan di Indonesia, yaitu bambu Petung, bambu Wulung, bambu Tali dan bambu Duri .

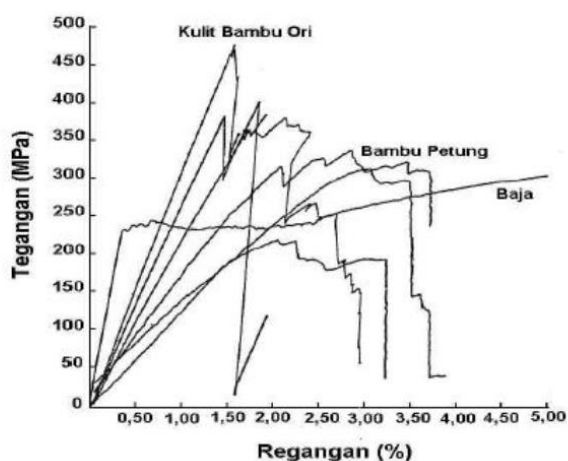
Agus Setiya (2013,hal:6) menyatakan bahwa Berdasar hasil uji properti material bambu, didapat data bahwa kuat tarik rata-rata (*tensile strength*) bilah bambu Petung adalah 240,54 MPa, dan kuat tarik rata-rata (*tensile strength*) bilah bambu Wulung adalah 182,73 MPa serta kuat tarik rata-rata (*tensile strength*) tulangan baja polos adalah 378,4 MPa.

Janssen (1980) menyatakan bahwa kekuatan tarik bambu akan menurun dengan meningkatnya kadar air, kekuatan tarik maksimum bagian luar bambu paling besar dibandingkan dengan bagian-bagian yang lain.

Salah satu faktor yang berpengaruh terhadap kekuatan bambu adalah berat jenis bambu. Berat jenis dinyatakan sebagai perbandingan antara berat kering tanur suatu benda terhadap berat suatu volume air yang sama dengan volume benda itu. Bambu yang mempunyai berat jenis besar berarti mempunyai jumlah zat dinding sel persatuan volume besar. Selanjutnya zat kayu ditentukan oleh beberapa faktor antara lain tebal dinding sel, besarnya sel dan jumlah sel berdinding tebal. Jumlah sel berdinding pada bambu berarti jumlah sel sklerenkim pada bambu tersebut. (Hakim,1987)

Morisco (1999,hal:3) juga telah melakukan pengujian kuat tarik dengan empat jenis yaitu bambu ori (*bambusa bambos becke*), bambu Petung (*dendracalamus asper schult*), bambu wulung (*gigantochloa vercillata munro*) dan bambu tutul (*bambusa vulgaris schrad*)

Berikut diagram tegangan-regangan bambu yang dibandingkan dengan baja:



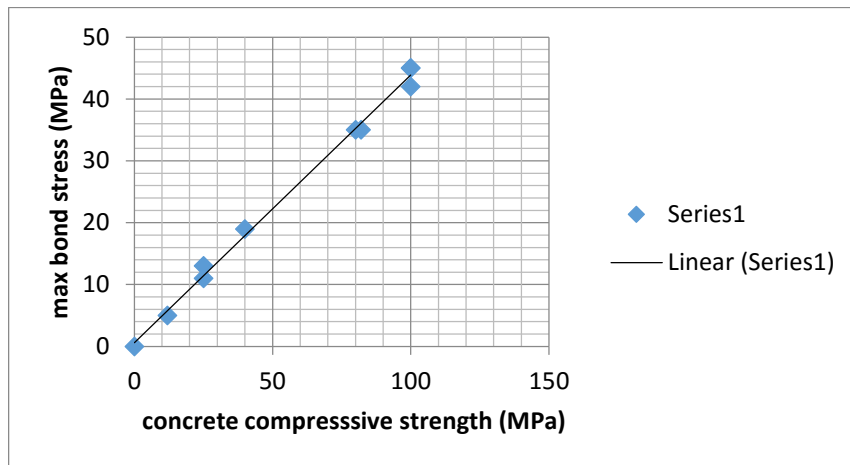
**Gambar 2.4 Tegangan-regangan bambu dan baja**

**Morisco (1999,hal:3)**

Dari Gambar 2.4 tegangan-regangan bambu dan baja, dapat dilihat bahwa bambu Ori memiliki kekuatan yang cukup tinggi yaitu hampir dua kali tegangan leleh baja. Selain bambu ori, kuat tarik rata-rata dari bambu Petung juga lebih besar dari tegangan leleh baja. Selain mengetahui tegangan-regangan bambu, dari penelitian-penelitian tersebut juga dapat diketahui mengenai perbedaan kekuatan bambu baik pada bagian luar dan bagian dalamnya. Dimana didapatkan hasil bahwa bambu bagian luar mempunyai kekuatan yang jauh lebih tinggi daripada bambu bagian dalamnya.

### **2.2.2. Penelitian Kekuatan Lekatan Bambu Terdahulu**

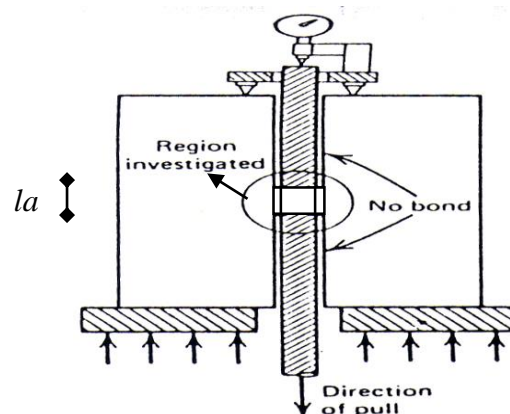
Ada beberapa penelitian yang sudah dilakukan untuk meneliti pengaruh kekuatan lekatan antara tulangan dan beton disekelilingnya pada penelitian yang dilakukan oleh Ester Priskasari dkk pada tahun 2009 diperoleh kesimpulan Persamaan yang diatur di dalam SNI 03-2847-2002 pasal 14.2 tidak cocok digunakan pada tulangan CRT, tulangan CRT yang memiliki permukaan bentuk spiral tidak boleh diperlakukan seperti tulangan deform sebab Kekuatan lekatan tulangan CRT sebesar  $70,758 \text{ kg/cm}^2$ , sehingga masuk dalam kategori tulangan polos. Pada penelitian yang dilakukan oleh Z. Huang, B. Engstrom dan J. Magnusson (1996) menunjukkan kesimpulan yakni semakin tinggi mutu beton maka semakin besar pula tegangan lekat tulangan, seperti terlihat pada gambar 2.5



**Gambar 2.5 Hubungan tegangan tulangan dengan mutu beton**

**(Z. Huang, B. Engstrom dan J. Magnusson, 1996)**

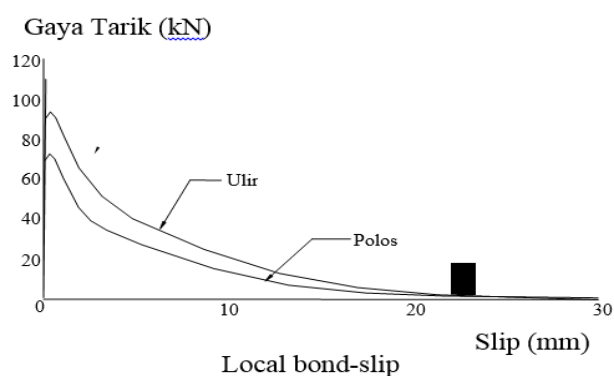
Sehingga dalam penelitian yang akan dilakukan diusahakan mutu beton yang digunakan mendekati seragam sehingga hanya faktor tulangan saja yang kita perhatikan pengaruh kekuatannya.



**Gambar 2.6. Model uji coba tegangan lekatan menggunakan tes set-up**

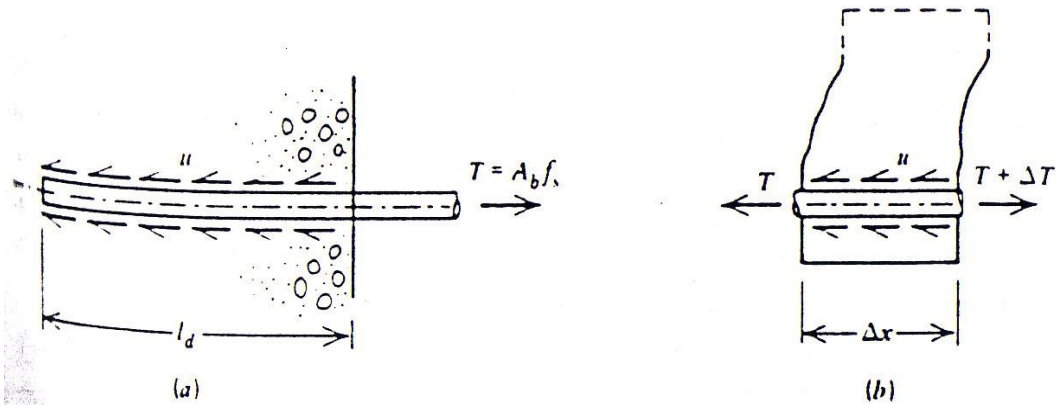
Dengan menggunakan model pengujian lekatan R. Park dan T. Paulay (1975), dimana tegangan lekat tulangan yang ditinjau sepanjang  $l_a$  dan panjang tulangan yang tidak ditinjau (*no bond*) nantinya dibalut oleh isolasi atau lakban.

Pembalutan dilakukan supaya tulangan tidak bergoyang yang nantinya akan mengganggu uji tegangan lekat yang dilakukan pada daerah lekatan (*region investigated*). Panjang tulangan ( $l_a$ ) pada percobaan ini diambil sebesar  $5\phi$  seperti tampak pada gambar 2.6 dan hasilnya berupa grafik dengan 4 macam tulangan yang diasumsikan seperti pada gambar 2.7 dibawah ini ;



**Gambar 2.7. Hubungan antara tegangan lekat dengan slip pada beton**

Park dan Paulay (1975) berpendapat bahwa tegangan geser pada permukaan beton merupakan tegangan lekatan (*Bond stress*), dimana merupakan tempat terjadinya transfer beban antara baja tulangan dan beton di sekelilingnya sehingga memodifikasi tegangan baja tulangan. Sehingga lekatan ini disalurkan secara efektif memungkinkan dua buah material membentuk sebuah struktur komposit, seperti tampak pada gambar 2.6 yang menggambarkan perilaku lekatan sepanjang tulangan.



**Gambar 2.8. Pengangkeran dan lekatan lentur tulangan tarik**

**(R. Park dan T. Paulay, 1975 : 393)**

Sehingga dari penjelasan diatas, R. Park dan T. Paulay menyimpulkan bahwa untuk menghitung nilai tegangan lekat menggunakan rumus sebagai berikut:

$$T = A_b f_s = u \Sigma o l_d \dots\dots\dots 2.5$$

$$l_d = \frac{d_b \cdot f_s}{4u}$$

atau  $u = \frac{d_b \cdot f_s}{4 \cdot l_d} \dots\dots\dots 2.6$

- dimana :
- T = Gaya tarik (Mpa)
  - A = Luas permukaan(mm)
  - u = tegangan lekat (Mpa)
  - ld = panjang penyaluran (mm)
  - fs = tegangan leleh baja (Mpa)
  - db = diameter tulangan baja (mm)

Ester Priskasari dkk (2015) berpendapat dari hasil penelitiannya yang dilakukan bahwa perlakuan pengelemen pada permukaan bambu sebelum

pengecoran akan mempertahankan kadar air serta serat dalam batang sehingga secara langsung akan dapat mempertahankan mutu tegangan leleh dari tulangan tersebut.

Berdasarkan dari penjelasan di atas, maka penelitian ini nantinya juga akan menggunakan model uji coba seperti gambar 2.6 dan hasilnya berupa grafik seperti tampak pada gambar 2.7 dengan batas slip sebesar 0,25 mm (ASTM C234-91a).

Eksperimen yang dilakukan oleh Z. Huang, B. Engstrom dan J. Magnusson, memberikan hasil tentang hubungan antara bond stress dan kekuatan tekan beton untuk beton sebagai berikut :

a) Untuk kondisi lekatan yang bagus,  $\tau_{max} = 0,45 f_{cm}$  ..... 2.7

b) Untuk kasus yang lain  $\tau_{max} = 0,225 f_{cm}$  ..... 2.8

Sedangkan menurut CEB/FIP Model Code 1990 memberikan hubungan antara tegangan lekat dengan mutu beton adalah sebagai berikut:

a) Untuk kondisi lekatan yang bagus  $\tau_{max} = 2,5\sqrt{f_{ck}}$  ..... 2.9

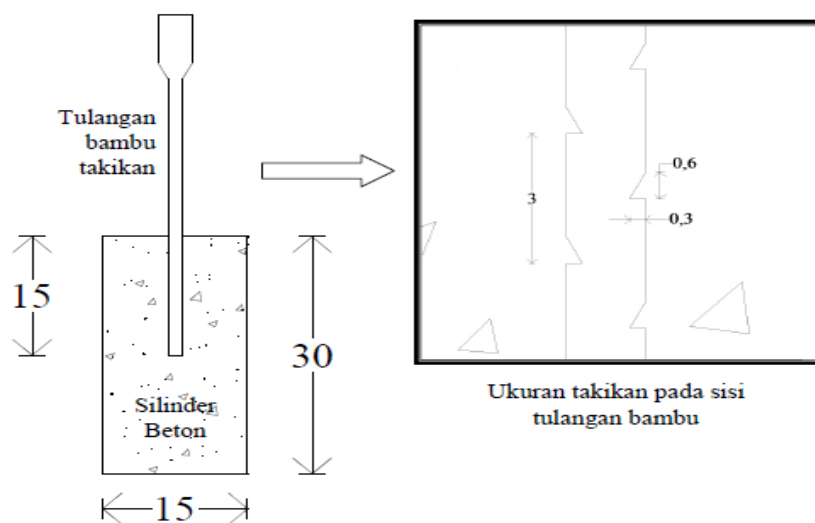
b) Untuk kasus yang lain  $\tau_{max} = 1,25\sqrt{f_{ck}}$  ..... 2.10

Dimana :

$\tau_{max}$  = tegangan lekat (bond stress)

$f_{cm}, f_{ck}$  = kuat tekan beton

Menurut Agus Setya Budi dan Sugiyarto dalam penelitian yang berjudul “*Kuat Lekat Tulangan Bambu Wulung Dan Petung Takikan Pada Beton Normal*” dengan metode takikan sejajar dan tidak sejajar dengan model benda uji pada gambar di bawah ini:



**Gambar 2.9. Ilustrasi tulangan bambu tarikan di tanam**

**Tabel 2.1 Hubungan Kuat Tekan Dan Kuat Lekat**

No.	Beton dengan Tulangan	$f_c$	$\sqrt{f_c}$	$\mu$
		MPa	MPa	MPa
1	Baja polos	17,3538	4,16579	0,12662
2	Bambu Petung Takikan Sejajar	16,5993	4,07422	0,00482
3	Bambu Petung Takikan Tidak Sejajar	16,4106	4,05101	0,00776
4	Bambu Wulung Takikan Sejajar	16,2220	4,02766	0,00243
5	Bambu Wulung Takikan Tidak Sejajar	15,8448	3,98055	0,00708

Dari hasil pengujian diperoleh nilai kuat lekat rata-rata beton dengan tulangan baja polos adalah 0,127 MPa. Kuat lekat rata-rata beton dengan tulangan bambu Petung takikan sejajar sebesar 0,0048 MPa dan tidak sejajar sebesar 0,0078 MPa. Kuat lekat rata-rata beton dengan tulangan bambu Wulung takikan sejajar sebesar 0,0024 MPa dan tidak sejajar sebesar 0,0071 MPa.

Dari hasil pengujian diperoleh nilai kuat lekat rata-rata beton dengan tulangan baja polos adalah 0,127 MPa. Kuat lekat rata-rata beton dengan tulangan



bambu Petung tarikan sejajar sebesar 0,0048 MPa dan tidak sejajar sebesar 0,0078 MPa. Kuat lekat rata-rata beton dengan tulangan bambu Wulung takikan sejajar sebesar 0,0024 MPa dan tidak sejajar sebesar 0,0071 MPa.

## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

Penelitian yang akan dilakukan adalah tentang Kekuatan Lekatan (bond) dan Panjang Penyaluran Tulangan Bambu dengan Pengasaran Permukaan (Bambu dengan Lilitan Kawat) pada Beton. Hasil penelitian ini nantinya akan disajikan dalam bentuk grafik hubungan antara kekuatan lekat – panjang penyaluran bambu dengan pengasaran permukaan. Studi penelitian ini dibagi menjadi dua bagian, yaitu :

1. Studi pustaka, bertujuan untuk mempelajari variabel yang akan diteliti dengan mempelajari teori- teori yang sudah ada .
2. Studi eksperimen dilakukan di laboratorium untuk mendapatkan data-data yang diperlukan. Data tersebut dianalisa untuk mendapatkan hasil yang nantinya digunakan sebagai kesimpulan akhir.

#### **3.1. Waktu dan Tempat Pelaksanaan**

Penelitian ini di rencanakan dilakukan pada tanggal 4 Mei 2015 sampai dengan 14 September 2015. Penelitian dan pengujian seluruhnya dilakukan di Laboratoium Beton Teknik Sipil dan Laboratorium Uji Material Teknik Mesin Institut Teknologi Nasional Malang. Kegiatan ini meliputi percobaan bahan dasar, pelaksanaan pengecoran, pembuatan benda uji, perawatan dan pengetesan.

## **3.2. Peralatan dan Bahan**

### **3.2.1 Peralatan**

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain :

1. Gergaji, digunakan untuk memotong tulangan bambu.
2. Pisau, digunakan untuk meraut bambu sehingga berbentuk bulat dengan diameter 10 mm.
3. Kuas, digunakan untuk melapisi bambu dengan lem.
4. Tang potong, digunakan untuk memotong kawat.
5. Tang penjepit, digunakan untuk melilit kawat ke tulangan bambu.
6. Tongkat pemadat, digunakan untuk memadatkan adukan beton ketika di cetak agar beton tidak keropos. Tongkat pemadat ini berdiameter 16 mm dan panjang 60 cm.
7. Cetakan silinder besi berdiameter 15 cm dengan tinggi 30 cm, digunakan untuk mencetak beton yang akan di uji untuk mengetahui mutu beton.
8. Cetakan kayu dengan ukuran dalam 15 cm x 15 cm x 15 cm, digunakan sebagai wadah pencetak benda uji kekuatan lekatan.
9. Seperangkat ayakan, digunakan untuk memilah agregat.
10. Timbangan, digunakan untuk menimbang bahan material agar memiliki komposisi yang tepat.
11. Mesin molen, digunakan untuk mencampur bahan material beton.
12. Drilling machine / mesin bor, digunakan untuk melubangi cetakan kayu.
13. Alat uji bahan material Universal Testing Machine, digunakan untuk pengujian tarik lekatan dan panjang penyaluran.

14. Alat uji kuat tekan beton untuk mendapatkan mutu beton yang direncanakan.
15. Peralatan tambahan : sendok semen, cangkul, sekop, ember.

### **3.2.2. Bahan**

1. Semen yang digunakan adalah semen portland (PC) tipe 1 yang diproduksi PT. Semen Gresik sesuai ASTM C 150-02a.
2. Agregat halus digunakan pasir alam yang memenuhi ASTM C33-02, C87-02 dan C136-02.
3. Agregat kasar ukuran 4.8 – 38 mm yang memenuhi ASTM C33-02.
4. Air yang digunakan adalah air sesuai ACI committee 308 yang berasal dari PDAM kota Malang.
5. Baja polos diameter 10mm dan baja deform diameter 10mm.
6. Bambu yang dipakai sebagai tulangan adalah bambu petung.
7. Lem epoxy digunakan untuk pelapisan tulangan bambu untuk menjaga kadar air dan kembang susut.
8. Kawat yang digunakan untuk lilitan sebagai perlakuan kekasaran yaitu diameter 1,6 mm.
9. Selotip/isolasi digunakan untuk menutupi bagian tulangan agar luas lekatan sesuai dengan yang direncanakan

### **3.3. Rancangan Penelitian**

#### **3.3.1. Mutu Beton**

Dalam penelitian ini, perancangan campuran beton menggunakan metode DOE (*Department of environment*) dengan mutu beton rencana ( $f'_c$ ) = 20 MPa.

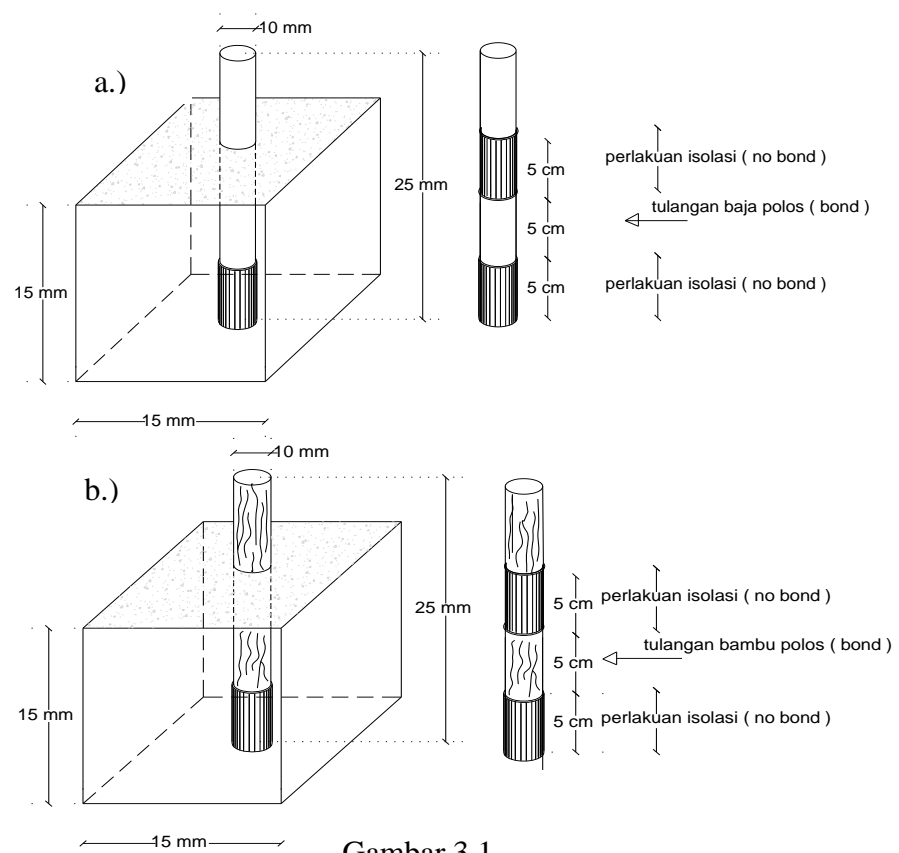
Dasar pemilihan mutu beton rencana untuk beton bertulang bambu adalah persyaratan kuat tekan minimum untuk beton struktural adalah 17,25 MPa. Mutu beton rencana untuk beton bertulang bambu ditentukan lebih besar dibanding kuat tekan minimum yang disyaratkan untuk beton struktural.

### 3.3.2. Model Benda Uji

Model analisa yang akan dilakukan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

#### a) Baja Polos dan Bambu Polos

Analisa panjang penyaluran dan lekatan tulangan polos terhadap bambu polos pada kubus beton dengan ukuran 15cm x 15 cm x 15 cm, yang tergambar pada sketsa berikut :



Gambar 3.1  
Sketsa penulangan tulangan baja polos gambar (a) dan bambu polos gambar (b) pada kubus

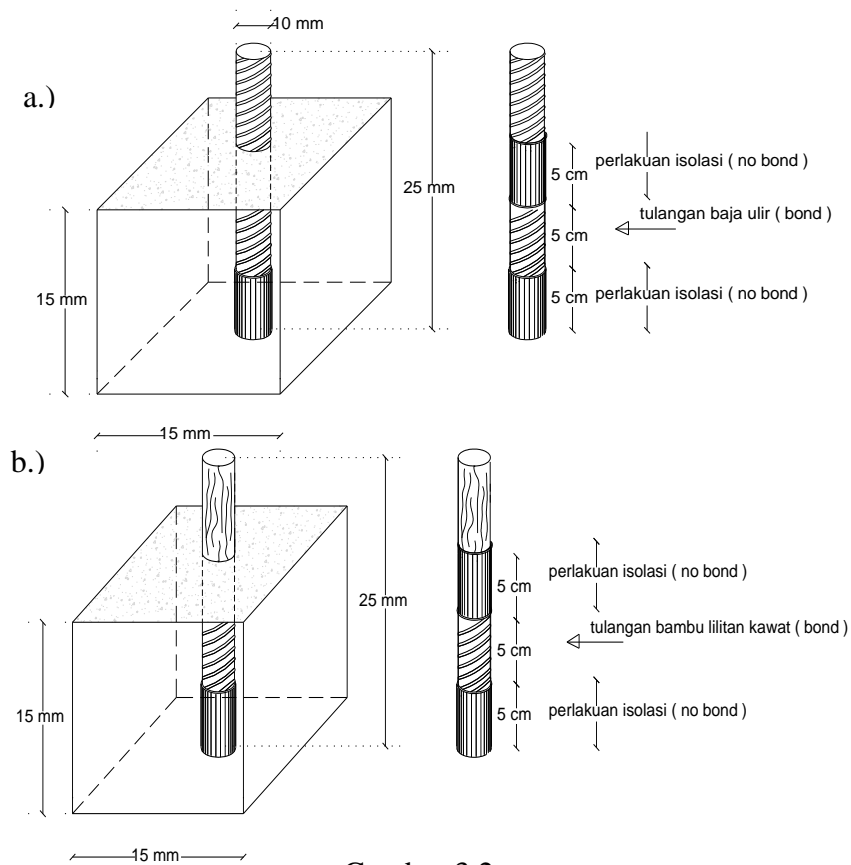
Pada percobaan yang akan dilakukan pada penelitian ini menggunakan benda uji kubus dengan tulangan sebagai berikut :

1. Tulangan besi polos berjumlah 5 buah dengan panjang tulangan 30 cm.
2. Tulangan bambu polos berjumlah 5 buah dengan panjang tulangan 30 cm.

#### b) Baja Ulir dan Bambu Dengan Pengasaran Permukaan

Analisa panjang penyaluran dan lekatan tulangan deform terhadap bambu dengan pengasaran permukaan yaitu dengan lilitan kawat pada kubus beton dengan ukuran 15cm x 15 cm x 15 cm, yang tergambar pada sketsa berikut :

:



Gambar 3.2

Sketsa penulangan tulangan ulir gambar (a) dan bambu dengan lilitan kawat gambar (b) pada kubus.

Pada percobaan yang akan dilakukan pada penelitian ini menggunakan benda uji kubus dengan tulangan sebagai berikut :

1. Tulangan besi deform berjumlah 5 buah dengan panjang tulangan 30 cm.
2. Tulangan bambu pengasaran permukaan berjumlah 60 buah dengan panjang tulangan 30 cm yang terdiri dari :
  - a. 20 buah kubus tulangan bambu dengan pengasaran permukaan menggunakan kawat  $\varnothing$  1,6 mm dengan jarak spasi lilitan 4 cm.
  - b. 20 buah kubus tulangan bambu dengan pengasaran permukaan menggunakan kawat  $\varnothing$  1,6 mm dengan jarak spasi lilitan 6 cm.
  - c. 20 buah kubus tulangan bambu dengan pengasaran permukaan menggunakan kawat  $\varnothing$  1,6 mm dengan jarak spasi lilitan 8 cm.

### **3.4. Metode Pelaksanaan**

Didalam kaitan dengan struktur beton bertulang maka sifat fisik baja tulangan yang paling penting untuk dipergunakan dalam perhitungan perencanaan beton bertulang adalah tegangan leleh ( $f_y$ ) dan Modulus Elastisitas ( $E_s$ ). Dalam penelitian ini ada beberapa parameter yang akan diamati, yaitu :

#### **3.4.1. Diameter Nominal Tulangan Bambu.**

Adapun prosedur yang harus dilakukan antara lain ;

- a. Menghitung berat tulangan.
- b. Menghitung diameter nominal tulangan ( 10 mm).
- c. Menghitung luas nominal tulangan.

### 3.4.2 Pengukuran Tegangan Lekatan.

Adapun ketentuan yang harus dilakukan antara lain ;

- a. Tulangan dibersihkan terlebih dahulu agar tidak mengganggu daya lekat.
- b. Tulangan ditanam pada benda uji beton berbentuk kubus ukuran 150 x 150 x 150 mm sedalam *ld*.
- c. Jumlah benda uji sebanyak 30 buah.
- d. Setelah umur beton 28 hari, dilakukan uji tarik dengan menggunakan alat Universal Testing Machine.
- e. Pemberian beban tarik dilakukan secara bertahap, dengan penambahan pembebanan diatur berdasarkan pada laju pertambahan displacementsnya (slip), yaitu 0 – 0,25 mm ( ASTM C234-91a).

### 3.4.3. Pengukuran Slip

Adapun ketentuan yang harus dilakukan antara lain ;

- a. Beban tarik yang bekerja diukur dengan menggunakan LVDT (*Linear Variable Displacement Transducer*), yang dilekatkan pada saat uji tarik dengan menggunakan alat Universal Testing Machine.
- b. Pembacaan dilakukan setiap berdasarkan besarnya nilai slip yang dipakai, yaitu 0 – 0,25 mm (uji tegangan lekat-slip) dan 0 – 20 mm (uji beban-slip).

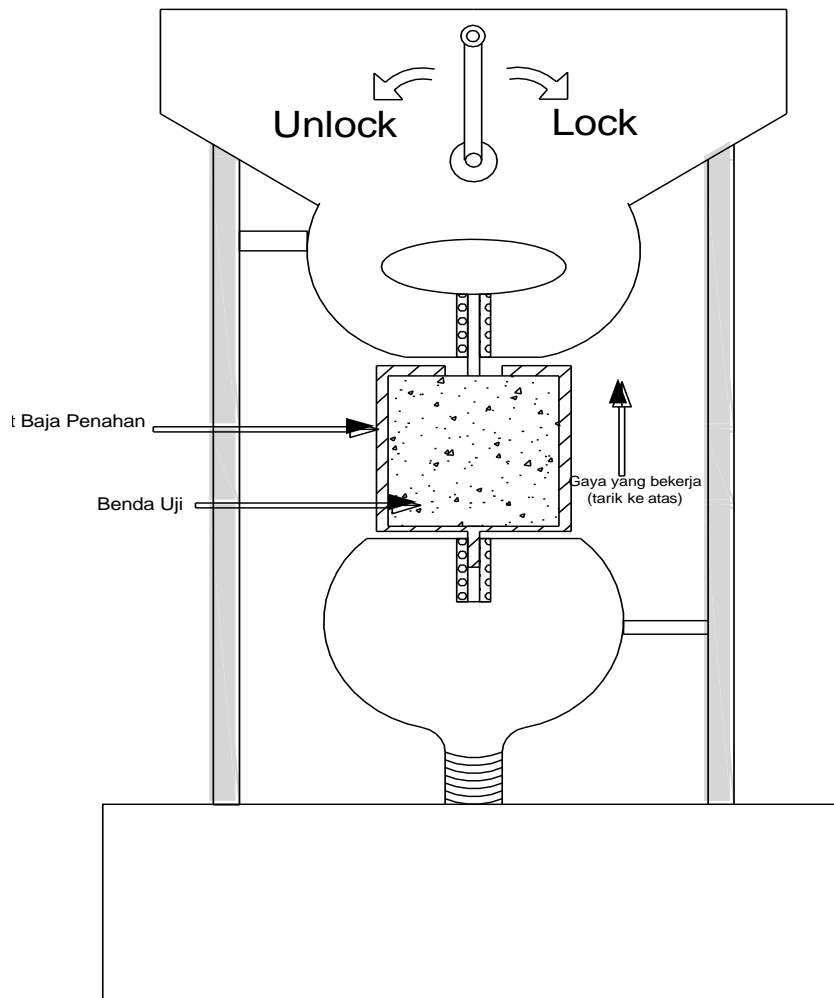


#### 3.4.4. Panjang Penyaluran ( $l_d$ )

Adapun ketentuan yang harus dilakukan antara lain ;

- a. Panjang penyaluran tulangan ( $l_d$ ) atau tulangan yang ditanam menggunakan persamaan 2.7. Ada 3 macam  $l_d$  didasarkan pada macam keruntuhan, yaitu ;
  - Model keruntuhan A
    - Tujuannya untuk mengetahui kekuatan  $l_d$  pada kondisi tegangan elastis.
    - Besar  $l_d$  diambil  $<$  dari syarat rumus/persamaan 2.7
  - Model keruntuhan AY
    - Tujuannya untuk mengetahui kekuatan  $l_d$  pada kondisi tegangan leleh.
    - Besar  $l_d$  diambil  $=$  dari syarat rumus/persamaan 2.7
  - Model keruntuhan R
    - Tujuannya untuk mengetahui kekuatan  $l_d$  pada kondisi tegangan putus.
    - Besar  $l_d$  diambil  $>$  dari syarat rumus/persamaan 2.7
- b. Jumlah benda uji sebanyak 45 buah.
- c. Tulangan ditanam pada benda uji beton berbentuk kubus ukuran 150 mm x 150 mm x 150 mm sedalam 5d dan  $l_d$ .
- d. Beban tarik yang diberikan dilakukan secara menerus (bertahap dengan interval beban sebesar 200 kg) sampai tulangan terlepas dari betonnya atau tulangan terputus.

- e. Alat yang digunakan adalah Universal Testing Machine yang dilengkapi juga dengan LVDT (*Linear Variable Displacement Transducer*).



Gambar 3.3  
Sketsa Alat Pengujian Universal Testing Machine

#### 3.4.5. Mutu Beton (ASTM C 39-93a)

Adapun ketentuan yang harus dilakukan antara lain ;

- Jumlah benda uji adalah 3 buah (silinder 150 x 300 mm) untuk mutu beton  $f'_c$  20 Mpa.

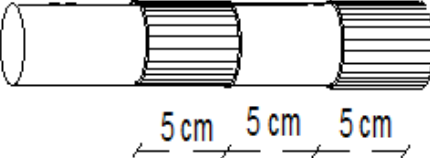
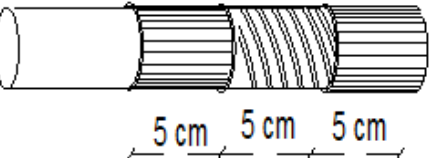
- Alat uji tekan beton.
- Dilakukan tes tekan beton.
- Selama silinder ditekan, juga di catat nilai kuat tekannya yang terdapat pada alat ukurnya.

### 3.5. Pelaksanaan Penelitian

#### 3.5.1 Pembuatan Benda Uji

Metode pembuatan sampel pada penelitian ini yaitu membuat sedikitnya 5 sampel pada uji kekuatan lekatan baja polos maupun ulir serta pada setiap variasi perlakuan kawat maupun spasi lilitan spiral pada tulangan bambu. Pada pengujian kuat tekan beton yang bertujuan untuk mengetahui mutu beton yang digunakan pada proses penelitian, disini kami mengambil sampel silinder berjumlah 3 buah berumur 28 hari, dikeringkan selama 24 jam ,baru dilakukan pengetesan

**Tabel 3.1 Model Rancangan Benda Uji Baja Polos dan Deform (Ulir)**

No	Dimensi Tulangan Baja		Ukuran Benda Uji	gambar perlakuan benda uji
	polos	ulir		
1	Ø10 mm		kubus 15 x 15 x15	
2	Ø10 mm		kubus 15 x 15 x15	
3	Ø10 mm		kubus 15 x 15 x15	
4	Ø10 mm		kubus 15 x 15 x15	
5	Ø10 mm		kubus 15 x 15 x15	
6		D10 mm	kubus 15 x 15 x15	
7		D10 mm	kubus 15 x 15 x15	
8		D10 mm	kubus 15 x 15 x15	
9		D10 mm	kubus 15 x 15 x15	
10		D10 mm	kubus 15 x 15 x15	

**Tabel 3.2 Model Rancangan Benda Uji Lekatan Bambu Polos dan Bambu dengan Lilitan**

No.	Jenis Perlakuan Tulangan Bambu		Ukuran Benda Uji (mm)	Sketsa Benda Uji
	Ukuran Kawat	Jarak antar Lilitan		
1	Tanpa Lilitan		150 x 150 x 150	
2	Tanpa Lilitan		150 x 150 x 150	
3	Tanpa Lilitan		150 x 150 x 150	
4	Tanpa Lilitan		150 x 150 x 150	
5	Tanpa Lilitan		150 x 150 x 150	
6	Ø1,6 mm	4 mm	150 x 150 x 150	
7	Ø1,6 mm	4 mm	150 x 150 x 150	
8	Ø1,6 mm	4 mm	150 x 150 x 150	
9	Ø1,6 mm	4 mm	150 x 150 x 150	
10	Ø1,6 mm	4 mm	150 x 150 x 150	
11	Ø1,6 mm	6 mm	150 x 150 x 150	
12	Ø1,6 mm	6 mm	150 x 150 x 150	
13	Ø1,6 mm	6 mm	150 x 150 x 150	
14	Ø1,6 mm	6 mm	150 x 150 x 150	
15	Ø1,6 mm	6 mm	150 x 150 x 150	
16	Ø1,6 mm	8 mm	150 x 150 x 150	
17	Ø1,6 mm	8 mm	150 x 150 x 150	
18	Ø1,6 mm	8 mm	150 x 150 x 150	
19	Ø1,6 mm	8 mm	150 x 150 x 150	
20	Ø1,6 mm	8 mm	150 x 150 x 150	

**Tabel 3.3 Model Rancangan Benda Uji Panjang Penyaluran Bambu dengan Lilitan**

No.	Jenis Perlakuan Tulangan Bambu		Panjang $L_d$	Jumlah Benda Uji	Ukuran Benda Uji (mm)	Sketsa Benda Uji
	Ukuran Kawat	Jarak antar Lilitan				
1	Ø1,6 mm	8 mm	60 mm	5	150 x 150 x 150	
2	Ø1,6 mm	8 mm	100 mm	5	150 x 150 x 150	
3	Ø1,6 mm	8 mm	130 mm	5	150 x 150 x 150	
<b>Jumlah 15 buah</b>						
4	Ø1,6 mm	6 mm	60 mm	5	150 x 150 x 150	
5	Ø1,6 mm	6 mm	100 mm	5	150 x 150 x 150	
6	Ø1,6 mm	6 mm	130 mm	5	150 x 150 x 150	
<b>Jumlah 15 buah</b>						
7	Ø1,6 mm	4 mm	60 mm	5	150 x 150 x 150	
8	Ø1,6 mm	4 mm	100 mm	5	150 x 150 x 150	
9	Ø1,6 mm	4 mm	130 mm	5	150 x 150 x 150	
<b>Jumlah 15 buah</b>						
<b>Total</b>						<b>45 buah</b>

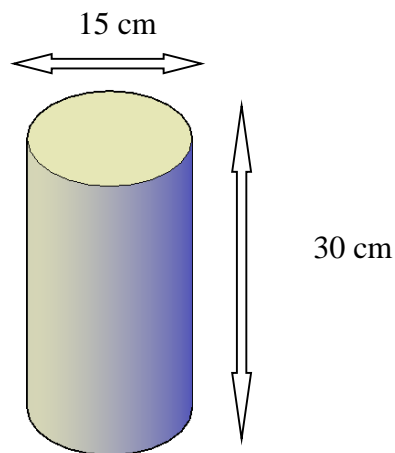
### 3.5.2 Perawatan Benda Uji

Perawatan benda uji dilakukan dengan menyiram benda uji setiap pagi, siang dan sore. Perawatan ini dilakukan selama 28 hari, hal ini bertujuan agar mengurangi keretakan pada beton yang di sebabkan oleh pengeringan yang tidak merata dan cepat.

## 3.6. Metode Pengujian

### 3.6.1. Pengujian Kuat Tekan Beton

Kuat tekan beton akan diperoleh dengan melakukan pengujian silinder beton berukuran 15 cm x 30 cm sebanyak 3 buah yang telah berumur 28 hari.



Gambar 3.4  
Sketsa model silinder untuk uji tekan beton

### 3.6.2. Pengujian Tarik Tulangan

Untuk uji tarik tulangan dilakukan sesuai ASTM C370-94 yang bertujuan untuk mengetahui kuat tarik maksimum dari bambu dengan pengasaran permukaan, baja polos, serta baja defrom. Selain itu juga dilakukan pengukuran terhadap diameter dan luas penampang tulangan. Parameter yang digunakan untuk

menghitung tegangan tarik tulangan adalah gaya maksimum dan luas penampang tulangan.

### 3.6.3. Pengujian Tegangan Lekat dan Panjang Penyaluran.

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui besarnya tegangan lekat antara antar tulangan dengan beton dengan menggunakan benda uji *pull-out* pada tulangan polos, ulir dan bambu. Tulangan yang diuji sepanjang *la* hasil perhitungan awal. dan tulangan yang berada pada daerah no bond dibalut dengan isolasi atau lakban, dengan tujuan supaya tidak mengganggu daerah yang diuji (*region investigated*), benda uji berbentuk kubus dengan ukuran 150 mm x 150 mm x 150 mm.



Gambar 3.5  
Alat uji kekuatan lekatan dan panjang penyaluran menggunakan alat uji tarik *Universal Testing Machine*

Dalam penelitian ini, teknik pengujian diperlakukan dengan baik untuk benda uji *pull-out*, yaitu digunakan alat uji yang sama berupa alat uji tarik *Universal*

*Testing Machine* dengan kapasitas maksimum 100 ton. Untuk ketelitian pembacaan beban, pada alat ini dilengkapi dengan *load cell* dan *transducer*. Selama pembebanan berlangsung dicatat pula nilai slip yang terbaca pada *dial gauge*. Pembacaan *dial gauge* dilakukan setiap kelipatan beban 200 kg dan slip yang dicatat sampai menunjukkan angka 0 - 0,25 mm (ASTM C234-91a).

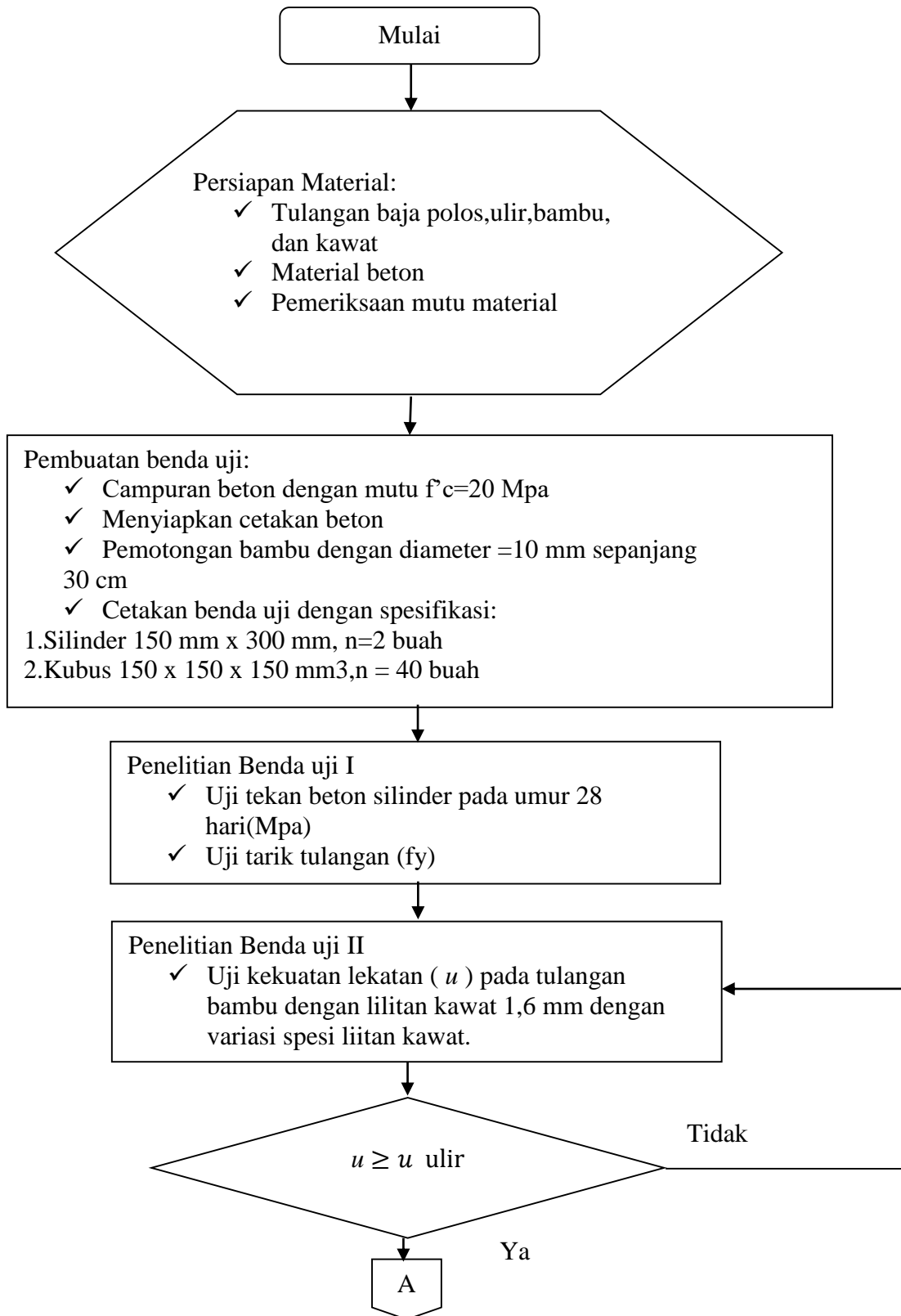
### **3.7. Metode Pengumpulan Data**

Pengumpulan data dibuat dengan membuat benda uji kubus sebanyak 45 buah yang terbagi dalam variasi perlakuan kawat, diameter kawat, dan spasi lilitan spiral kawat. Kemudian dilakukan pengujian kuat tarik lekatan.

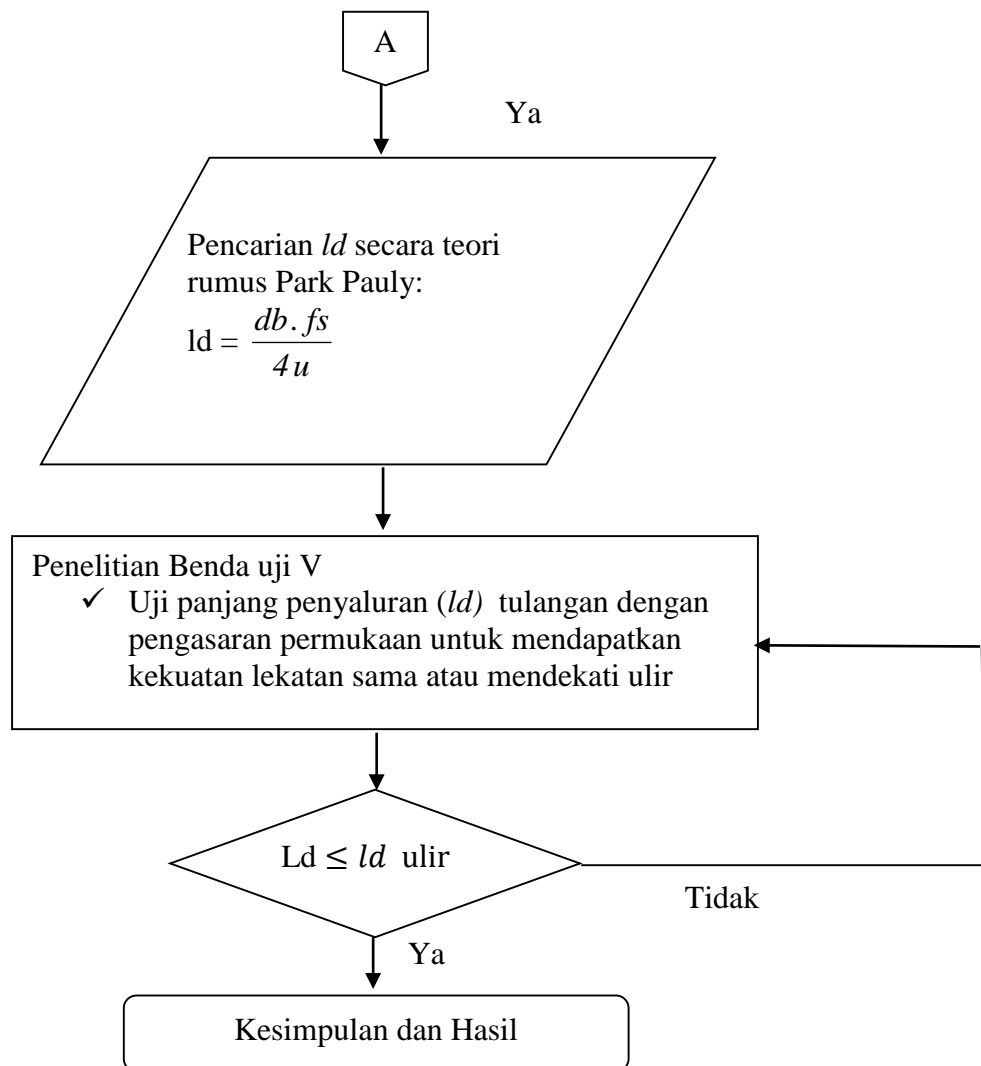
Variabel pengamatan yang akan diukur adalah sebagai berikut :

1. Variabel bebas (*independent Variable*) adalah variabel yang perubahannya bebas ditentukan oleh peneliti, mengikuti peraturan yang sering digunakan. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah dimensi lilitan kawat dan jarak spasi lilitan spiral kawat .
2. Variabel tetap (*Dependent Variable*) adalah variabel yang diamati nilainya tergantung dari variabel bebas .Variabel tetap dalam penelitian ini adalah nilai kuat lekat tulangan pada beton, diameter tulangan, kondisi tulangan bambu dengan treatment, umur dari tulangan bambu, dan mutu beton  $f'_c$  20 Mpa.

### 3.8 Bagan Alir Pelaksanaan Penelitian







Gambar 3.6. Bagan Alir Pelaksanaan Penelitian

## BAB IV

### PERSIAPAN, PELAKSANAAN DAN HASIL PENELITIAN

#### 4.1. Persiapan Bahan

##### 4.1.1. Perhitungan Kebutuhan Bahan

Dalam pekerjaan pembuatan benda uji berdasarkan pada kapasitas saat pencampur atau molen yaitu  $0,03 \text{ m}^3$ . Maka untuk membuat benda uji silinder 15 x 30 sebanyak 3 buah, kubus 15 x 15 x 15 sebanyak 30 buah untuk uji lekatan dan membuat benda uji silinder 15 x 30 sebanyak 3 buah, kubus 15 x 15 x 15 sebanyak 45 buah untuk uji panjang penyaluran yang dilakukan secara bertahap.

##### 4.1.2. Persiapan Tulangan Baja

Pengujian tarik tulangan baja polos maupun ulir dilakukan untuk mendapatkan kekuatan tarik leleh, dimana jumlah benda uji sebanyak 3 batang tiap jenisnya, maka hasilnya akan ditampilkan pada tabel di bawah ini.

**Tabel 4.1. Hasil pengujian tarik baja tulangan polos Ø10 mm**

No.	Area $\text{mm}^2$	Beban tarik N	Tegangan leleh ( $f_y$ )
			Mpa
1	78,5	18960	241.494
2	78,5	18840	240,003
3	78,5	18780	239.258
<b>Rata2</b>			<b>240.2518</b>

**Tabel 4.2. Hasil pengujian tarik baja tulangan ulir D10 mm**

No.	Area $mm^2$	Beban tarik N	Tegangan leleh ( $f_y$ )
			Mpa
1	78,5	31175,647	397,142
2	78,5	31440,035	400,510
3	78,5	31661,091	403.326
<b>Rata2</b>			<b>400,326</b>

*Gambar 4.1 Pengujian Tarik Tulangan Baja*

Baja yang akan digunakan adalah baja polos dan deform (ulir) dengan diameter 10 mm. Tulangan baja di potong sepanjang 30 cm dengan panjang lekatan sebesar 50 mm, untuk mendapatkan daerah lekatan dan panjang penyaluran sesuai rencana maka tulangan baja diberi selotip.



*Tulangan Baja Deform ( D-10)*



*Tulangan Baja Polos ( $\phi$ -10)*

*Gambar 4.2 Perlakuan Tulangan Baja*

#### **4.1.3. Persiapan Tulangan Bambu**

Bambu merupakan bahan yang penting karena di sini bambu menjadi komponen utama dalam pengujian kuat lekat sebagai alternatif pengganti tulangan baja. Dalam pemilihan jenis bambu kami memilih jenis bambu petung karena bambu jenis ini memiliki diameter dan ketebalan yang relatif besar, selain itu juga pada masyarakat umum telah mengenal bambu petung adalah bahan alam yang mempunyai kekuatan tarik besar. Kemudian jenis bambu ini diuji kuat tariknya untuk mengetahui nilai  $f_y$  nya.



*Gambar 4.3 Bambu petung*

Langkah-langkah pengujian bambu:

1. Potong jenis bambu petung yang sudah berumur 2,5 – 3 tahun.
2. Potong bambu yang akan diuji sepanjang 30 cm dengan ukuran penampang diameter 10 mm.
3. Siapkan 3 buah bambu untuk pengujian tarik untuk mencari  $f_y$ .
4. Lakukan pengujian kuat tarik bambu dengan menggunakan alat tensile strength machine.

**Tabel 4.3 Hasil Pengujian Kuat Tarik Tulangan Bambu**

No.	Area $mm^2$	Beban tarik N	Tegangan		Elongation	
			Yield (MPa)	Tensile (MPa)	Yield (%)	Tensile (%)
1	50.24	9266	89.133	184.434	1.8	19.72
2	50.24	9725	89.132	193.570	1.78	19.33
3	50.24	10187	89,133	202.766	1.8	17.66
<b>Rata2</b>		<b>9726</b>	<b>89.133</b>	<b>193.590</b>		

*Sumber : Laboratorium Uji Material Jurusan Teknik Mesin S-1 ITN Malang*



*Gambar 4.4 Hasil Bambu Setelah pengujian Tarik*



*Gambar 4.5 : uji tarik bambu*

Dari pengujian kuat tarik bambu yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa rata-rata tegangan leleh bambu sebesar  $f_y = 89.133$  MPa.

#### **4.1.4. Persiapan Lilitan Kawat**

Dalam perlakuan pengasaran permukaan untuk tulangan bambu, disini menggunakan ukuran diameter kawat yang banyak dimanfaatkan untuk kebutuhan bangunan yaitu kawat diameter 1,6 mm.



*Gambar 4.6 kawat diameter 1,6 mm*

#### **4.1.5. Pembuatan Tulangan Bambu**

##### **4.1.5.1. Pembentukan Tulangan Bambu**

Setelah memilih jenis bambu maka langkah selanjutnya adalah membentuk bambu sesuai dengan ukuran dan panjang yang telah direncanakan. Disini kami memakai tulangan bambu diameter ekuivalen 10 mm sesuai ukuran baja yang kita gunakan untuk perbandingan kekuatannya. Ukuran dari tulangan baja dan bambu yaitu sepanjang 30 cm dengan jumlah 5 buah tiap varian perlakuan baik ukuran kawat maupun spasi lilitan.

#### **4.1.5.2. Pelapisan Tulangan Bambu**

Setelah bambu diserut mendekati bentuk dari tulangan baja, proses selanjutnya yaitu melakukan pelapisan menggunakan lem kayu pada seluruh permukaan dari tulangan kemudian dikeringkan pada suhu normal selama 24 jam agar lem dapat mengering dan dapat menutupi seluruh pori-pori permukaan serat bambu.



*Gambar 4.7 Pelapisan Tulangan Bambu Menggunakan Lem*

#### **4.1.5.3. Perlakuan Tulangan Bambu**

Bambu yang telah melewati proses pelapisan menggunakan lem selama 24 jam, proses berikutnya yaitu melakukan lilitan kawat pada bambu dengan variasi spasi lilitan spiral kawat. Pada tulangan ini yang perlu diperhatikan adalah luasan tulangan yang melekat pada beton, untuk itu di perlukan selotip guna membatasi luasan agar sesuai dengan perencanaan.



*Tulangan Bambu uji lekatan dengan kawat  $\emptyset$  1,6 mm*



*Tulangan Bambu Polos*



*Tulangan Bambu uji panjang penyaluran dengan kawat  $\emptyset$  1,6 mm*

*Gambar 4.8 Perlakuan Tulangan Bambu dengan Lilitah kawat  $\emptyset$  1,6 mm*

## 4.2. Pelaksanaan Penelitian

### 4.2.1. Prosedur Pelaksanaan Pencampuran

Prosedur pelaksanaan campuran, setelah ditetapkan unsur-unsur campuran sebagai berikut:

1. Persiapkan bahan campuran sesuai dengan rencana berat pada wadah yang terpisah.
2. Persiapkan wadah yang cukup menampung volume beton basah rencana.
3. Masukkan agregat kasar dan agregat halus ke dalam wadah.
4. Dengan menggunakan sekop atau alat pengaduk, lakukan pencampuran agregat.
5. Tambahkan semen pada agregat campuran, dan ulangi proses pencampuran sehingga diperoleh adukan kering agregat dan semen yang merata.



6. Tuangkan sebanyak  $\frac{1}{3}$  jumlah air ke dalam wadah dan lakukan pencampuran sampai terlihat konsistensi adukan yang merata.
7. Tambahkan  $\frac{1}{3}$  jumlah air ke dalam wadah dan ulangi proses untuk mendapatkan konsistensi adukan.
8. Lakukan pemeriksaan slump.
9. Apabila nilai slump sudah mencapai nilai rencana, lakukan pembuatan benda uji silinder beton.
10. Buatlah benda uji silinder beton sebanyak 3 buah dan 45 buah kubus sesuai dengan petunjuk jumlah benda uji yang telah ditetapkan berdasarkan volume campuran benda uji.

#### **4.2.2. Pembuatan Benda Uji**

##### **4.2.2.1. Tujuan**

Membuat benda uji untuk memeriksa kekuatan tekan dan tarik lekatan beton bertulang bambu.

##### **4.2.2.2. Peralatan**

- a. Cetakan silinder, diameter 15 cm dan tinggi 30 cm (digunakan untuk pengujian kuat tekan beton )
- b. Cetakan kubus ( 15 x 15 x 15 )cm (digunakan untuk pengujian kuat lekat tulangan baja dan bambu pada beton )
- c. Tongkat pemadat baja tahan karat, diameter 16 mm, panjang 60 cm dengan ujung dibulatkan.
- d. Mesin pengaduk (molen / mixer )

e. Peralatan tambahan :ember, sekop, dan sendok perata.

#### **4.2.2.3. Pencetakan Benda Uji**

Langkah- langkah Pencetakan :

- a. Benda uji (silinder atau kubus ) harus dibuat sesuai dengan cetakan yang sesuai dengan bentuk benda uji. Cetakan dibersihkan dahulu lalu pada permukaan dalam disapu dengan vaselin/minyak/ oli agar mudah nantinya dalam proses pelepasan beton dari cetakan.
- b. Adukan beton diambil langsung dari wadah adukan beton dengan menggunakan ember atau alat lainnya yang tidak menyerap air. Bila dirasakan perlu bagi konsisten adukan, lakukan pengadukan ulang sebelum dimasukkan ke dalam cetakan.
- c. Padatkan adukan dalam cetakan, sampai permukaan adukan beton mengkilap.
- d. Isilah cetakan dengan adukan beton dalam 3 lapis, tiap lapis dipadatkan dengan 25 kali tusukan secara merata. Pada saat melakukan padatan pada lapisan pertama, tongkat pemadat tidak boleh mengenai dasar cetakan. Pada saat pemadatan lapisan kedua dan ketiga pemadat boleh masuk antara 25,4 mm ke dalam lapisan yang ada di bawahnya. Setelah selesai melakukan pemadatan, ketuklah cetakan pada semua sisi perlahan agar rongga-rongga bekas tusukan tongkat pemadat tertutup oleh campuran beton. Ratakan permukaan beton dan tutuplah segera dengan bahan yang kedap air dan tahan karat. Kemudian biarkan beton

dalam cetakan selama 24 jam dan tempatkan di tempat yang bebas dari getaran.

- e. Setelah 24 jam, bukalah cetakan dan keluarkan benda uji.

#### **4.2.3. Perawatan Benda Uji**

Langkah – langkah perawatan benda uji.

1. Setelah pelepasan benda uji, benda uji di diamkan selama 24 jam pada tempat yang terlindung. Ini bertujuan agar pada benda uji tidak terjadi penguapan yang berlebih akibat sinar matahari maupun penambahan air akibat hujan. Akan tetapi untuk benda uji kubus diperlukan waktu 2 sampai 3 hari untuk melepas cetakan agar pada saat pelepasan permukaan beton tidak mengalami kerusakan. Kemudian benda uji diberi tanda sesuai dengan kelompok identitas perlakuan yang telah direncanakan.
2. Benda uji silinder diletakkan dalam bak perendaman sedangkan benda uji kubus dilakukan perawatan dengan melakukan penyiraman pada permukaan secara berkala setiap hari yaitu pagi, siang, dan sore hari hingga mencapai umur pengetesan 28 hari, hal ini dilakukan karena jika dilakukan perendaman akan merusak struktur dari bambu yang nantinya akan mendapat perlakuan tarik pada saat pengetesan.

#### 4.2.4. Pemeriksaan Kekuatan Tekan dan Lekatan Tulangan Pada Beton

##### 4.2.4.1. Tujuan

Menentukan kekuatan tekan beton dan tegangan lekatan yang dibuat dan dirawat (*cured*) di laboratorium.

##### 4.2.4.2. Peralatan

1. Mesin penguji tekan hidrolis dengan kapasitas sesuai kebutuhan
2. Mesin uji tarik tulangan



*Alat uji tekan beton*



*Alat uji tarik Universal Testing Machine*

*Gambar 4.9 : Alat Pengujian*

##### 4.2.4.3. Prosedur Pengujian

###### 1. Kekuatan tekan :

- Ambilah benda uji dari tempat perawatan.
- Timbang dan catatlah berat benda uji .
- Letakkan benda uji pada mesin tekan secara sentris.

- Jalankan mesin uji tekan. Tekanan harus dinaikkan berangsur-angsur.
- Lakukan pembebanan sampai benda uji hancur dan catatlah beban maksimum hancur yang terjadi selama pemeriksaan benda uji.
- Lakukan langkah-langkah di atas sesuai dengan jumlah benda uji yang akan ditentukan kekuatan tekan karakteristiknya .

## 2. Kekuatan lekatan tulangan pada beton :

- Ambillah benda uji dari tempat perawatan.
- Letakkan posisi benda uji kubus pada alat UTM ( *universal testing machine* ) dengan posisi tulangan bambu yang akan ditarik berada di posisi atas dan pada bagian bawah benda uji kubus ditahan dengan plat besi modifikasi yang dibuat sedemikian rupa agar dapat dijepit oleh alat tersebut.
- Lakukan proses penjepitan secara hidrolis pada kedua sisi kubus melalui tulangan bambu dan alat penahan kubus hasil modifikasi yang akan ditarik dengan menekan tombol otomatis pada alat uji.
- Jalankan proses uji tarik dengan melakukan pembebanan secara bertahap secara otomatis dan pantau grafik tegangan regangan yang terjadi, hentikan proses uji hingga tulangan putus atau terlepas dari beton atau juga bisa diketahui dengan melihat penurunan grafik pada monitor alat.

- Lakukan langkah- langkah di atas sesuai dengan jumlah benda uji yang dibuat.

### 4.3. Hasil Penelitian

#### 4.3.1. Analisa Data Pengujian Kuat Tekan Beton

Untuk pengujian kuat tekan beton dilakukan pada benda uji silinder yang berdimensi 150 x 300 mm pada umur 28 hari. Sebagai penjelasan dari analisa tersebut disajikan perhitungan dengan menggunakan data tegangan hancur yang telah didapatkan dari uji di laboatorium Beton.

##### a) Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Pada Uji Lekatan

###### 1. Perhitungan Tegangan Tekan Beton benda uji 1

$$\begin{aligned}
 \text{- Tegangan hancur 28 hari} &= \frac{P}{A} \times F_u \\
 &= \frac{365000 \text{ N}}{3,14 \times 75^2 \text{ mm}} \times 1 \\
 &= 20,67 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

###### 2. Perhitungan Tegangan Tekan Beton benda uji 2

$$\begin{aligned}
 \text{- Tegangan hancur 28 hari} &= \frac{P}{A} \times F_u \\
 &= \frac{380000 \text{ N}}{3,14 \times 75^2 \text{ mm}} \times 1 \\
 &= 21,51 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

### 3. Perhitungan Tegangan Tekan Beton benda uji 3

$$\begin{aligned}
 \text{- Tegangan hancur 28 hari} &= \frac{P}{A} \times F_u \\
 &= \frac{370000 \text{ N}}{3,14 \times 75^2 \text{ mm}} \times 1 \\
 &= 20,95 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

Dimana :

P = Beban Maksimum (N)

A = Luas Permukaan Benda Uji ( $\text{mm}^2$ )

Fu = Faktor Umur 28 hari = 1

➤ Analisa Perhitungan Kuat Tekan Beton rata-rata 28 hari

- Kuat Tekan Rata – rata

$$\begin{aligned}
 f'_{cr} &= \frac{\sum_1^n f_{c'i}}{n} \\
 &= \frac{20,67+21,51+20,95}{3} \\
 &= \frac{63,13}{3} \\
 &= 21,04 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

**b) Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Pada Uji Panjang Penyaluran**

1. Perhitungan Tegangan Tekan Beton benda uji 1

$$\begin{aligned}
 \text{- Tegangan hancur 28 hari} &= \frac{P}{A} \times F_u \\
 &= \frac{360000 \text{ N}}{3,14 \times 75^2 \text{ mm}} \times 1 \\
 &= 20,38 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

2. Perhitungan Tegangan Tekan Beton benda uji 2

$$\begin{aligned}
 \text{- Tegangan hancur 28 hari} &= \frac{P}{A} \times F_u \\
 &= \frac{375000 \text{ N}}{3,14 \times 75^2 \text{ mm}} \times 1 \\
 &= 21,23 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

3. Perhitungan Tegangan Tekan Beton benda uji 3

$$\begin{aligned}
 \text{- Tegangan hancur 28 hari} &= \frac{P}{A} \times F_u \\
 &= \frac{355000 \text{ N}}{3,14 \times 75^2 \text{ mm}} \times 1 \\
 &= 20,09 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

Dimana :

P = Beban Maksimum (N)

A = Luas Permukaan Benda Uji (mm<sup>2</sup>)

F<sub>u</sub> = Faktor Umur 28 hari = 1



➤ Analisa Perhitungan Kuat Tekan Beton rata-rata 28 hari

- Kuat Tekan Rata – rata

$$\begin{aligned}
 f'_{cr} &= \frac{\sum_1^n f c'i}{n} \\
 &= \frac{20,38+21,23+20,09}{3} \\
 &= \frac{61,7}{3} \\
 &= 20,56 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

#### 4.3.2. Analisa Data Pengujian Kekuatan Lekatan Tulangan Pada Beton

Setelah melakukan pengujian di laboratorium dan kemudian dilakukan pengolahan data, maka hasilnya akan ditampilkan dalam bentuk tabel. Hal ini dilakukan dengan maksud mempermudah bagi pembaca dalam memahami hasil pengujian yang telah dilakukan dengan singkat dan jelas. Adapun tabel-tabel yang ditampilkan adalah hasil pengujian lekatan dan hitungan perbandingan tegangan lekatan:

$$\begin{aligned}
 (\mu) &= \frac{T \text{ max}}{\otimes \times ld} \\
 &= \frac{5708}{31.4 \times 50} \\
 &= 3,64 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

Dimana :  $\mu$  = Tegangan lekatan (MPa)

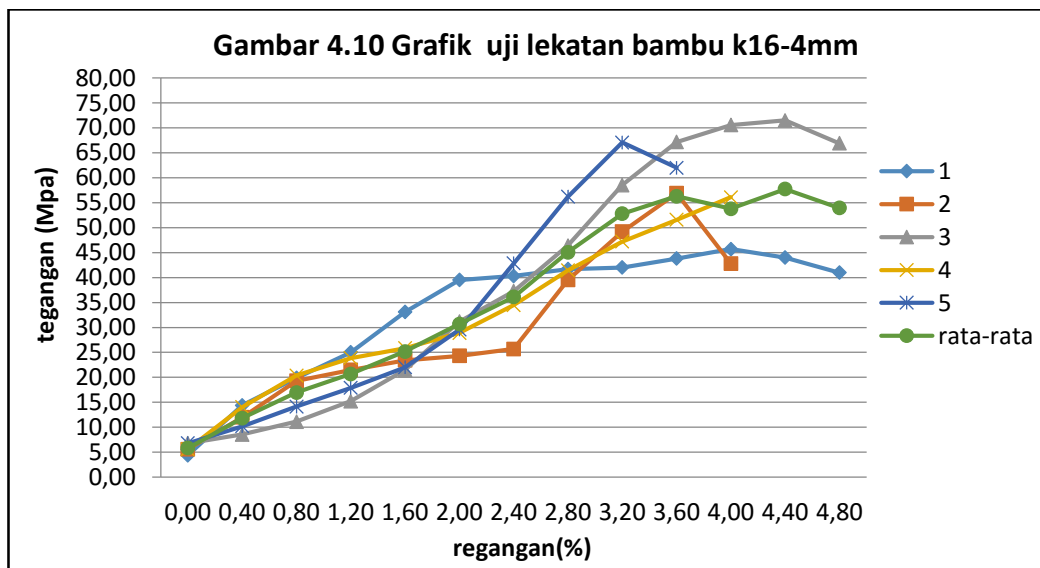
$\otimes$  = Keliling penampang (mm)

$ld$  = Panjang tulangan yang ditanam (mm)

Perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada tabel di bawah ini :

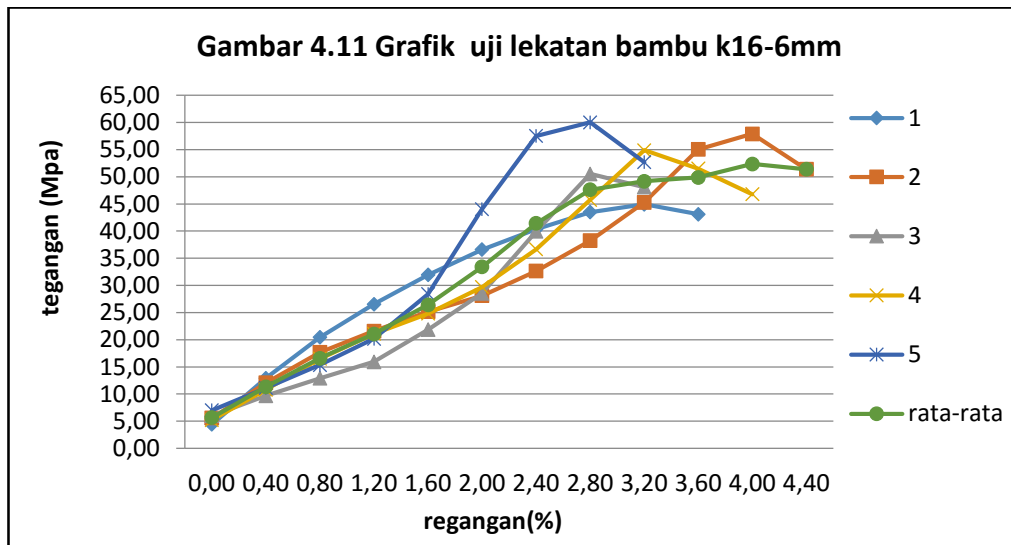
**Tabel 4.4 Pengujian Lekatan Bambu (Lilitan Kawat 1,6mm Spasi 4mm, Ld = 5 cm)**

No	KODE BENDA UJI	MUTU BETON (MPa)	MUTU BAMBU $f_y$ (MPa)	BEBAN TARIK MAKS (N)	KEKUATAN LEKATAN TENSILE (MPa)	KEKUATAN LEKATAN rata-rata
1	TB - 4mm - 5cm - 1	21,04	89,133	5708	3,64	3,02
2	TB - 4mm - 5cm - 2	21,04	89,133	3582	2,28	
3	TB - 4mm - 5cm - 3	21,04	89,133	4567	2,91	
4	TB - 4mm - 5cm - 4	21,04	89,133	5444	3,47	
5	TB - 4mm - 5cm - 5	21,04	89,133	4430	2,82	



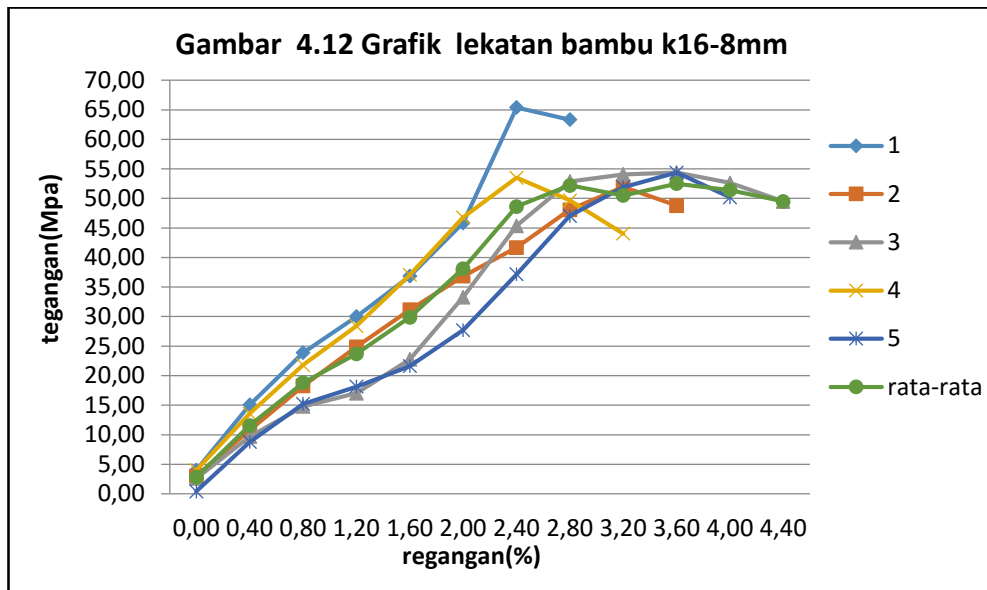
**Tabel 4.5 Pengujian Lekatan Bambu (Lilitan Kawat 1,6mm Spasi 6mm, Ld = 5 cm)**

No	KODE BENDA UJI	MUTU BETON (MPa)	MUTU BAMBU $f_y$ (MPa)	BEBAN TARIK MAKS (N)	KEKUATAN LEKATAN TENSILE (MPa)	KEKUATAN LEKATAN rata-rata
1	TB - 6mm - 5cm - 1	21,04	89,133	4280	2,73	2,90
2	TB - 6mm - 5cm - 2	21,04	89,133	4895	3,12	
3	TB - 6mm - 5cm - 3	21,04	89,133	4390	2,80	
4	TB - 6mm - 5cm - 4	21,04	89,133	4586	2,92	
5	TB - 6mm - 5cm - 5	21,04	89,133	3558	2,92	



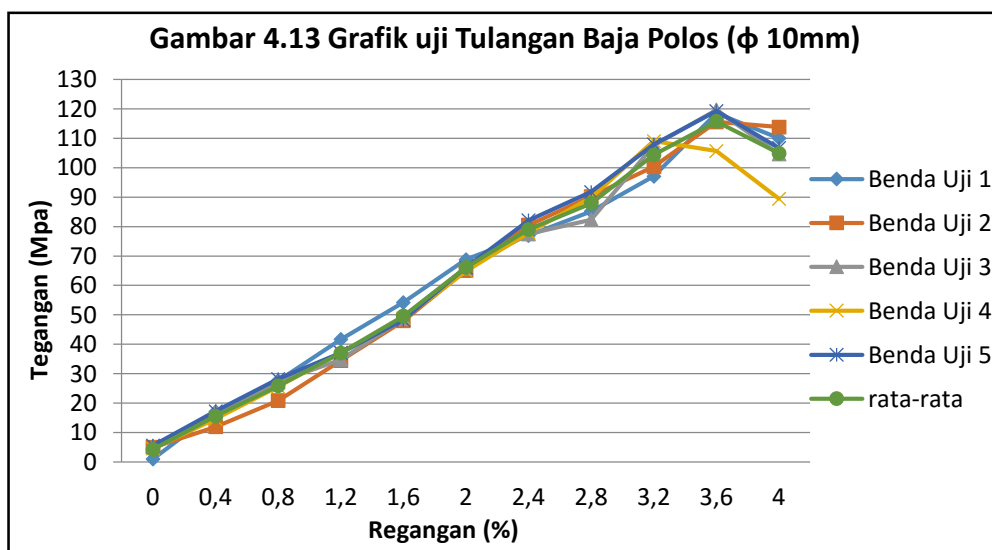
**Tabel 4.6 Pengujian Lekatan Bambu (Lilitan Kawat 1,6mm Spasi 8mm, Ld = 5 cm)**

No	KODE BENDA UJI	MUTU BETON (MPa)	MUTU BAMBU $f_y$ (MPa)	BEBAN TARIK MAKS (N)	KEKUATAN LEKATAN TENSILE (MPa)	KEKUATAN LEKATAN rata-rata
1	TB - 8mm - 5cm - 1	21,04	89,133	4474	2,85	2,69
2	TB - 8mm - 5cm - 2	21,04	89,133	4005	2,55	
3	TB - 8mm - 5cm - 3	21,04	89,133	4238	2,70	
4	TB - 8mm - 5cm - 4	21,04	89,133	4214	2,68	
5	TB - 8mm - 5cm - 5	21,04	89,133	4624	2,68	



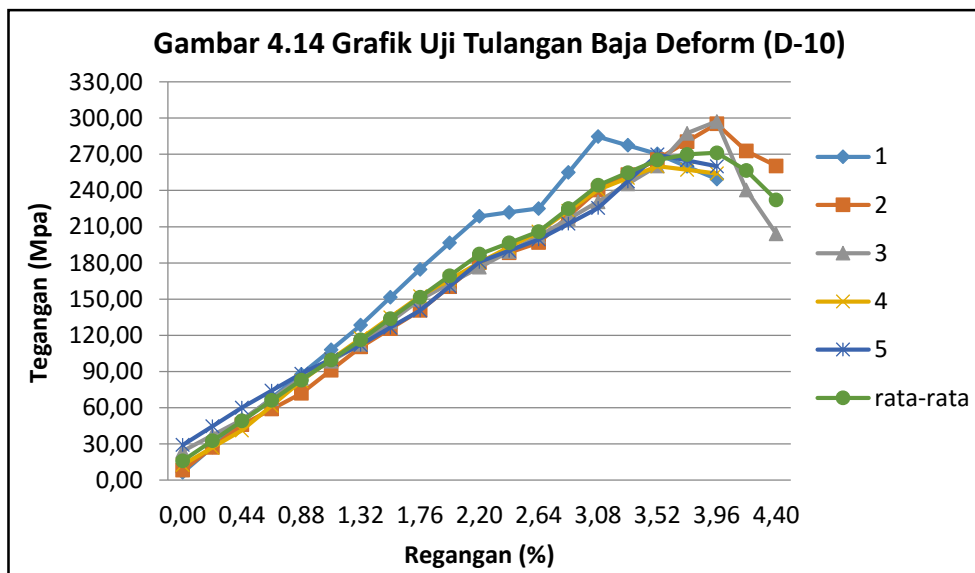
**Tabel 4.7 Pengujian Lekatan Baja Polos (Ld = 5cm,  $\phi$  10mm)**

No	KODE BENDA UJI	MUTU BETON f'c (MPa)	MUTU BAJA fy (MPa)	BEBAN TARIK MAKS (N)	KEKUATAN LEKATAN (MPa)	KEKUATAN LEKATAN rata-rata
1	Baja Polos-1	21,04	240	9289,06	5,92	5,98
2	Baja Polos -2	21,04	240	9422,04	6,00	
3	Baja Polos -3	21,04	240	9360,96	5,96	
4	Baja Polos -4	21,04	240	9399,26	5,99	
5	Baja Polos -5	21,04	240	9434,04	6,01	

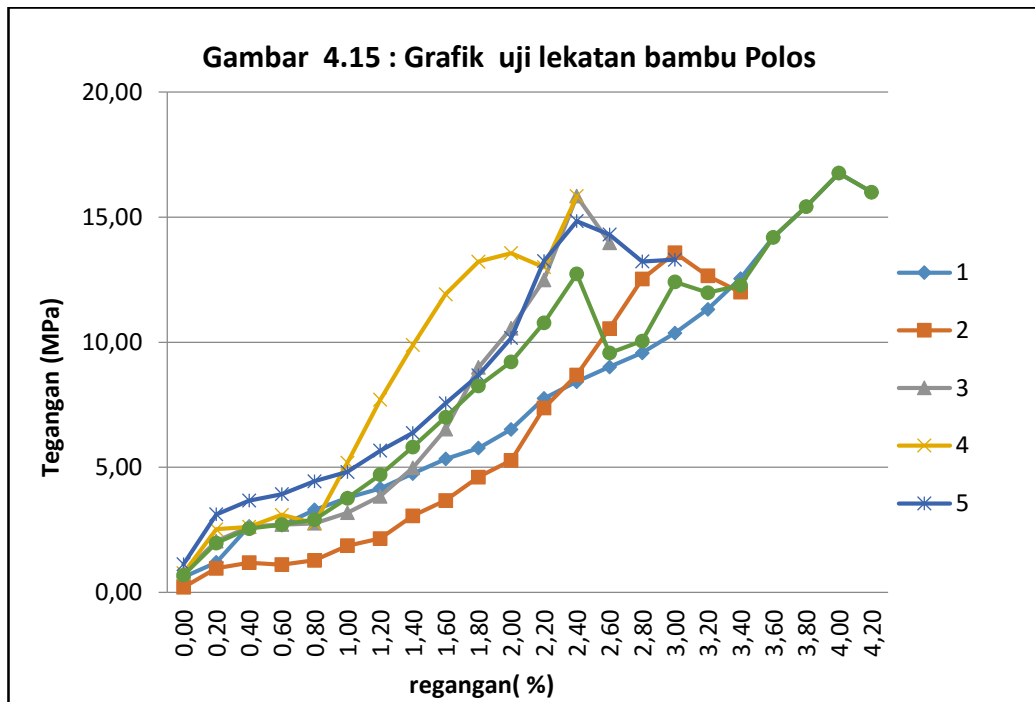


**Tabel 4.8 Pengujian Lekatan Baja Deform (Ld = 5cm, D-10)**

No	KODE BENDA UJI	MUTU BETON f'c (MPa)	MUTU BAJA fy (MPa)	BEBAN TARIK MAKS (N)	KEKUATAN LEKATAN (MPa)	KEKUATAN LEKATAN rata-rata
1	Baja Ulir-1	21,04	400	23673,998	15,08	14,77
2	Baja Ulir-2	21,04	400	23192,862	14,77	
3	Baja Ulir-3	21,04	400	23345,779	14,87	
4	Baja Ulir-4	21,04	400	22724,92	14,47	
5	Baja Ulir-5	21,04	400	22978,526	14,64	

**Tabel 4.9 Pengujian Lekatan Bambu Polos**

No	KODE BENDA UJI	MUTU BETON (MPa)	MUTU BAMBU fy (MPa)	BEBAN TARIK MAKS (N)	KEKUATAN LEKATAN TENSILE (MPa)	KEKUATAN LEKATAN rata-rata
1	Bambu Polos - 1	21,04	89,133	1259	0,802	0,757
2	Bambu Polos - 2	21,04	89,133	1185	0,755	
3	Bambu Polos - 3	21,04	89,133	1054	0,697	
4	Bambu Polos - 4	21,04	89,133	1195	0,761	
5	Bambu Polos - 5	21,04	89,133	1212	0,772	



#### 4.3.3. Analisa Data Pengujian Panjang Penyaluran Tulangan Bambu Pada Beton

Dalam menentukan panjang penyaluran  $l_d$  digunakan persamaan 2.2 dari *R. Park* dan *T. Paulay* dan dianalisa dengan variasi yang dibuat dalam 3 macam kondisi yaitu A (elastis), Ay (leleh) dan R (putus), dimana penentuan  $l_d$  didasarkan pada persamaan 2.2 :

$$l_d = \frac{db \cdot f_s}{4u}$$

dimana :

$u$  = tegangan lekat (Mpa)

$f_s$  = tegangan leleh (Mpa)

$l_d$  = panjang penyaluran (mm)

$db$  = diameter tulangan (mm)

➤ Penentuan Panjang Penyaluran pada Tulangan Bambu Lilitan Kawat

1.6mm dengan spasi 4mm :

$$ld = \frac{db \cdot fs}{4u}$$

$$ld = \frac{10 \cdot 89,133}{4 \cdot 3,02}$$

$$ld = 73,711 \text{ mm} = 7 \text{ cm (diambil } ld \text{ rata – rata 9cm, untuk}$$

mendapatkan variasi yang berbeda).

Perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

**Tabel 4.10 Penentuan  $ld$  pada Bambu dengan kawat 16mm spasi 4mm**

Type	Persamaan	db (mm)	$u$ rata-rata (MPa)	$f_y$ rata-rata (MPa)	$L_d$ rata-rata (cm)	$ld$ terpasang (cm)	Jumlah benda uji	Model kehancuran
$ld_A$	$0,6 \times ld_{Y\text{rata-rata}}$	10	3,02	89,133	9	6	5	A
$ld_{AY}$	$ld_{Y\text{rata-rata}}$					9	5	A(Y)
$ld_R$	$1,2 \times ld_{R\text{rata-rata}}$					12	5	R

**Tabel 4.11 Penentuan  $ld$  pada Bambu dengan kawat 16mm spasi 6mm**

Type	Persamaan	db (mm)	$u$ rata-rata (MPa)	$f_y$ rata-rata (MPa)	$L_d$ rata-rata (cm)	$ld$ terpasang (cm)	Jumlah benda uji	Model kehancuran
$ld_A$	$0,6 \times ld_{Y\text{rata-rata}}$	10	2,90	89,133	10	6	5	A
$ld_{AY}$	$ld_{Y\text{rata-rata}}$					10	5	A(Y)
$ld_R$	$1,2 \times ld_{R\text{rata-rata}}$					13	5	R

**Tabel 4.12 Penentuan  $ld$  pada Bambu dengan kawat 16mm spasi 8mm**

Tipe	Persamaan	db (mm)	$u$ rata-rata (MPa)	$f_y$ rata-rata (MPa)	$Ld$ rata-rata (cm)	$ld$ terpasang (cm)	Jumlah benda uji	Model kehancuran
$ld_A$	$0,6 \times ld_{Yrata-rata}$	10	2,69	89,133	10	6	5	A
$ld_{AY}$	$ld_{Yrata-rata}$					10	5	A(Y)
$ld_R$	$1,2 \times ld_{Rrata-rata}$					13	5	R

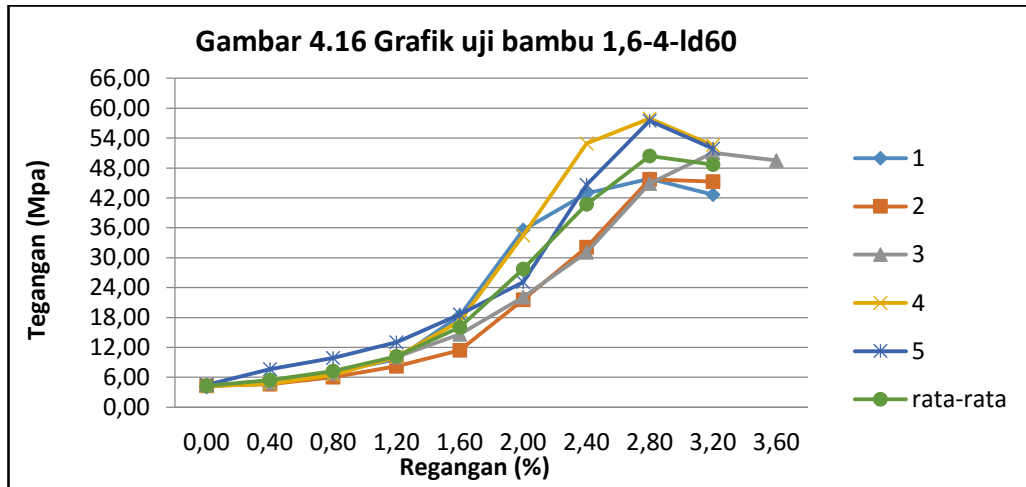
Prosedur pengujian *pull-out* didasarkan pada aturan ASTM C234-91a, tetapi ada beberapa bagian yang menggunakan literatur seperti dimensi dan ukuran benda uji. Kemudian dalam menganalisa hasil test panjang penyaluran ini disajikan dalam bentuk grafik hasil pengolahan data.

**Tabel 4.13 Pengujian Panjang Penyaluran Bambu (Lilitan Kawat 1,6mm Spasi 4mm,**

**$Ld = 6 \text{ cm}$ )**

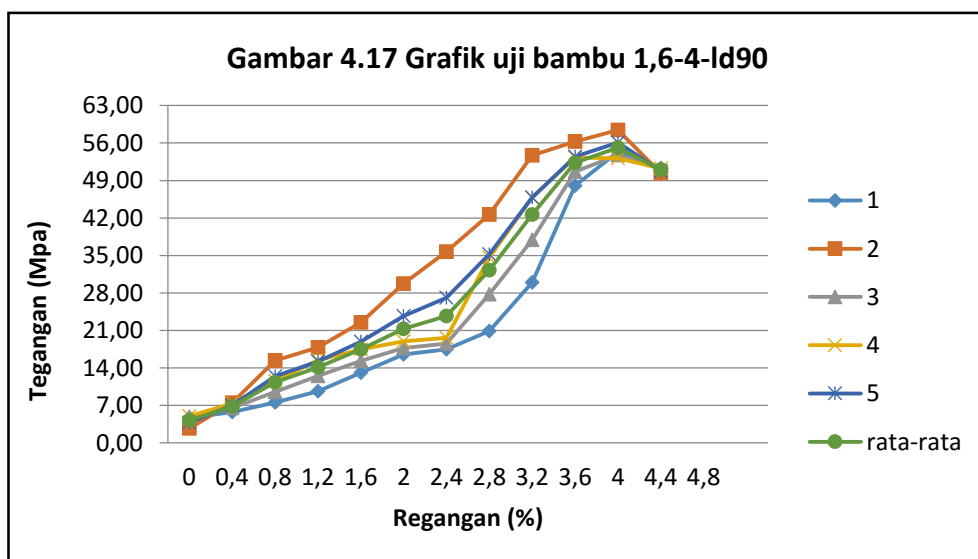
No	KODE BENDA UJI	MUTU BETON $f'_c$ (MPa)	MUTU BAMBU $f_y$ (MPa)	BEBAN TARIK MAKS (N)	KEKUATAN LEKATAN TENSILE (MPa)	KEKUATAN LEKATAN rata-rata
1	TB - 4mm - 6cm - 1	20,56	89,133	4767,7	2,53	2,36
2	TB - 4mm - 6cm - 2	20,56	89,133	4194,4	2,23	
3	TB - 4mm - 6cm - 3	20,56	89,133	3889,38	2,06	
4	TB - 4mm - 6cm - 4	20,56	89,133	4980,54	2,64	
5	TB - 4mm - 6cm - 5	20,56	89,133	4432,09	2,35	





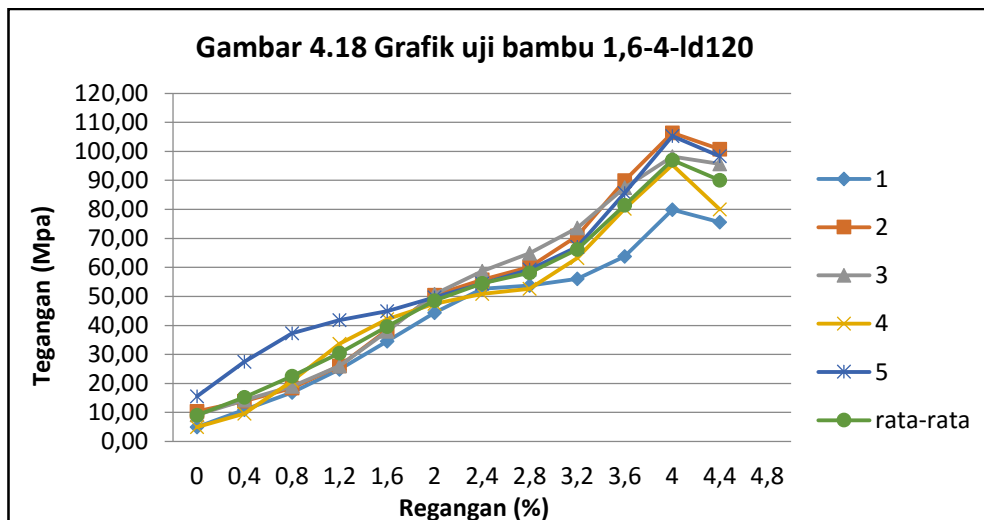
**Tabel 4.14 Pengujian Panjang Penyaluran Bambu (Lilitan Kawat 1,6mm Spasi 4mm, Ld = 9 cm)**

No	KODE BENDA UJI	MUTU BETON $f'_c$ (MPa)	MUTU BAMBU $f_y$ (MPa)	BEBAN TARIK MAKS (N)	KEKUATAN LEKATAN TENSILE (MPa)	KEKUATAN LEKATAN rata-rata
1	TB - 4mm - 9cm - 1	20,56	89,133	4410	1,56	1,53
2	TB - 4mm - 9cm - 2	20,56	89,133	4468,92	1,58	
3	TB - 4mm - 9cm - 3	20,56	89,133	3950,56	1,40	
4	TB - 4mm - 9cm - 4	20,56	89,133	4260,09	1,51	
5	TB - 4mm - 9cm - 5	20,56	89,133	4468,92	1,58	



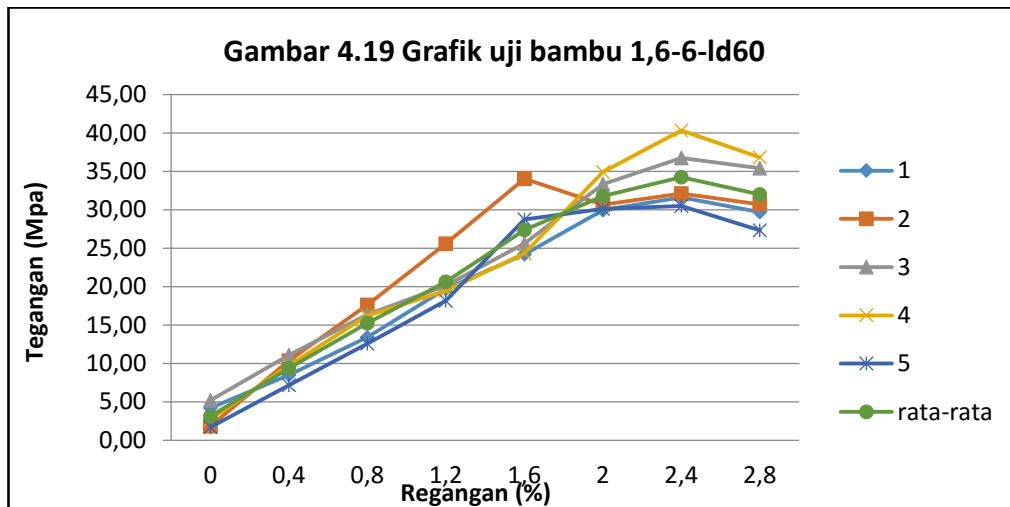
**Tabel 4.15 Pengujian Panjang Penyaluran Bambu (Lilitan Kawat 1,6mm Spasi 4mm, Ld = 12 cm)**

No	KODE BENDA UJI	MUTU BETON f' <sub>c</sub> (MPa)	MUTU BAMBU f <sub>y</sub> (MPa)	BEBAN TARIK MAKS (N)	KEKUATAN LEKATAN TENSILE (MPa)	KEKUATAN LEKATAN rata-rata
1	TB - 4mm - 12cm - 1	20,56	89,133	6580,7	1,75	2,06
2	TB - 4mm - 12cm - 2	20,56	89,133	8477	2,25	
3	TB - 4mm - 12cm - 3	20,56	89,133	7916,2	2,10	
4	TB - 4mm - 12cm - 4	20,56	89,133	7496,72	1,99	
5	TB - 4mm - 12cm - 5	20,56	89,133	8280,42	2,20	



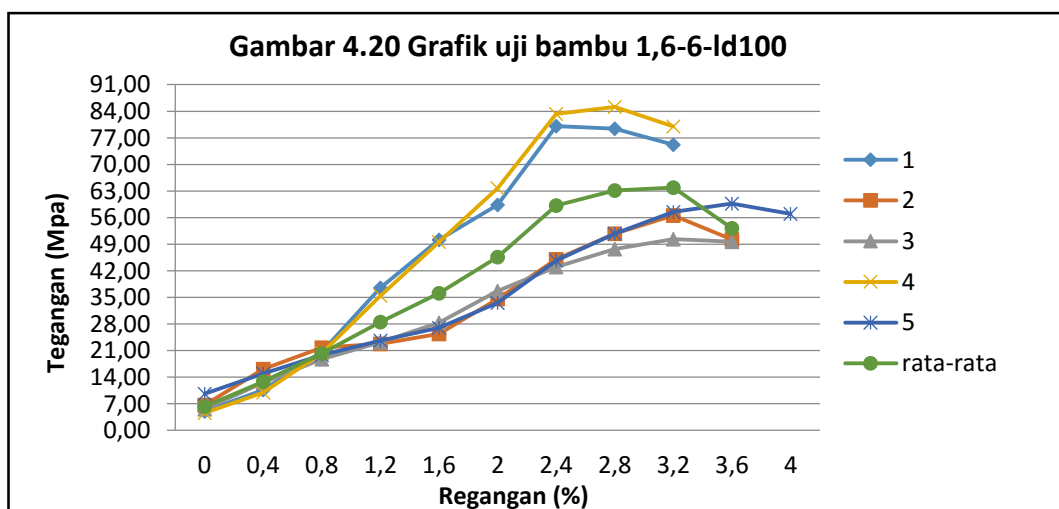
**Tabel 4.16 Pengujian Panjang Penyaluran Bambu (Lilitan Kawat 1,6mm Spasi 6mm, Ld = 6 cm)**

No	KODE BENDA UJI	MUTU BETON f' <sub>c</sub> (MPa)	MUTU BAMBU f <sub>y</sub> (MPa)	BEBAN TARIK MAKS (N)	KEKUATAN LEKATAN TENSILE (MPa)	KEKUATAN LEKATAN rata-rata
1	TB - 6mm - 6cm - 1	20,56	89,133	3302,6	1,75	1,53
2	TB - 6mm - 6cm - 2	20,56	89,133	2586,7	1,37	
3	TB - 6mm - 6cm - 3	20,56	89,133	2993,16	1,59	
4	TB - 6mm - 6cm - 4	20,56	89,133	3169,17	1,68	
5	TB - 6mm - 6cm - 5	20,56	89,133	2398,77	1,27	



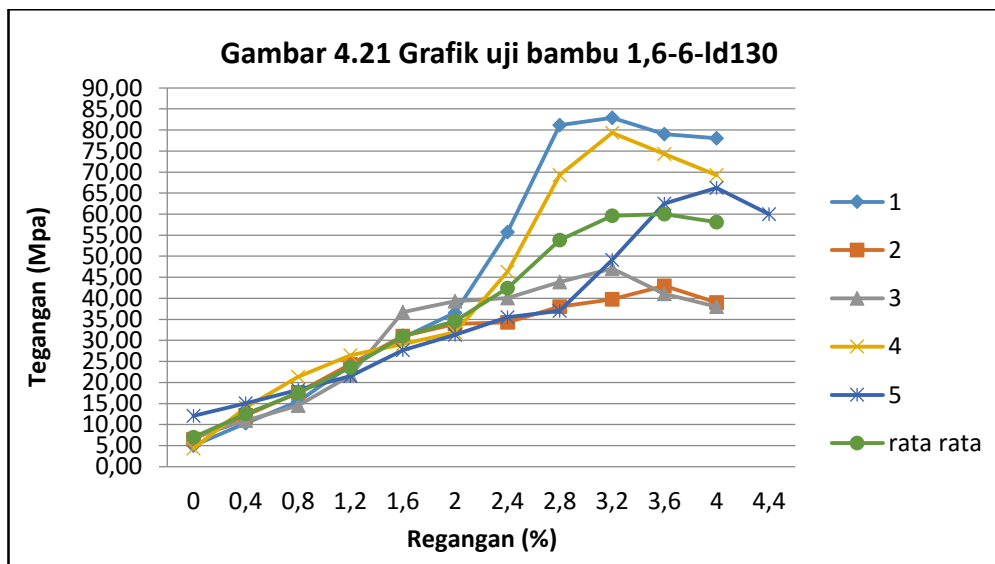
**Tabel 4.17 Pengujian Panjang Penyaluran Bambu (Lilitan Kawat 1,6mm Spasi 6mm, Ld = 10 cm)**

No	KODE BENDA UJI	MUTU BETON $f'_c$ (MPa)	MUTU BAMBU $f_y$ (MPa)	BEBAN TARIK MAKS (N)	KEKUATAN LEKATAN TENSILE (MPa)	KEKUATAN LEKATAN rata-rata
1	TB - 6mm - 10cm - 1	20,56	89,133	6404,3	2,04	1,67
2	TB - 6mm - 10cm - 2	20,56	89,133	4478,6	1,43	
3	TB - 6mm - 10cm - 3	20,56	89,133	3986,06	1,27	
4	TB - 6mm - 10cm - 4	20,56	89,133	6686,42	2,13	
5	TB - 6mm - 10cm - 5	20,56	89,133	4691,27	1,49	



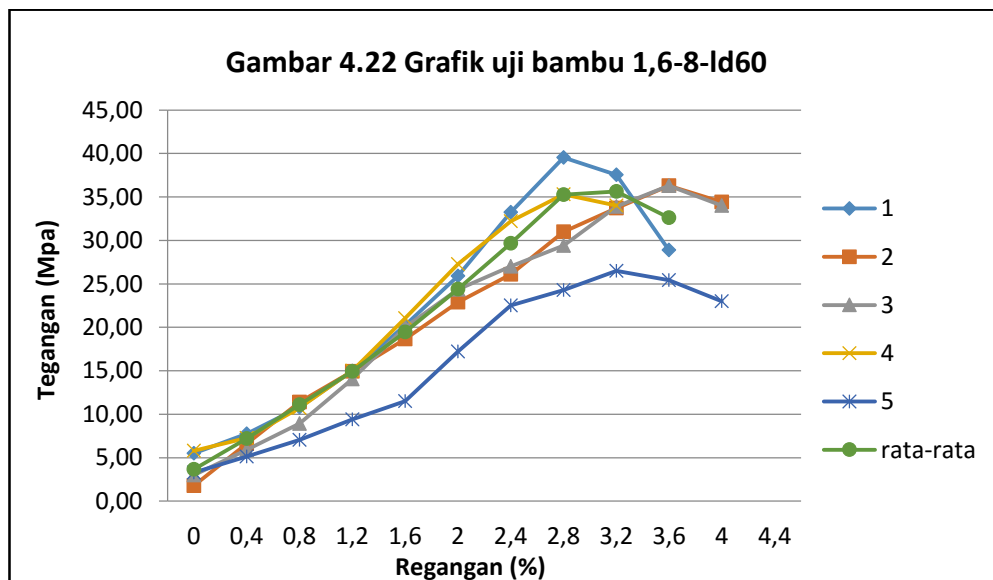
**Tabel 4.18 Pengujian Panjang Penyaluran Bambu (Lilitan Kawat 1,6mm Spasi 6mm, Ld = 13 cm)**

No	KODE BENDA UJI	MUTU BETON f'c (MPa)	MUTU BAMBU fy (MPa)	BEBAN TARIK MAKS (N)	KEKUATAN LEKATAN TENSILE (MPa)	KEKUATAN LEKATAN rata-rata
1	TB - 6mm - 13cm - 1	20,56	89,133	6512,1	1,60	1,19
2	TB - 6mm - 13cm - 2	20,56	89,133	3395,7	0,83	
3	TB - 6mm - 13cm - 3	20,56	89,133	3156,13	0,77	
4	TB - 6mm - 13cm - 4	20,56	89,133	6216,05	1,52	
5	TB - 6mm - 13cm - 5	20,56	89,133	4912,991	1,20	



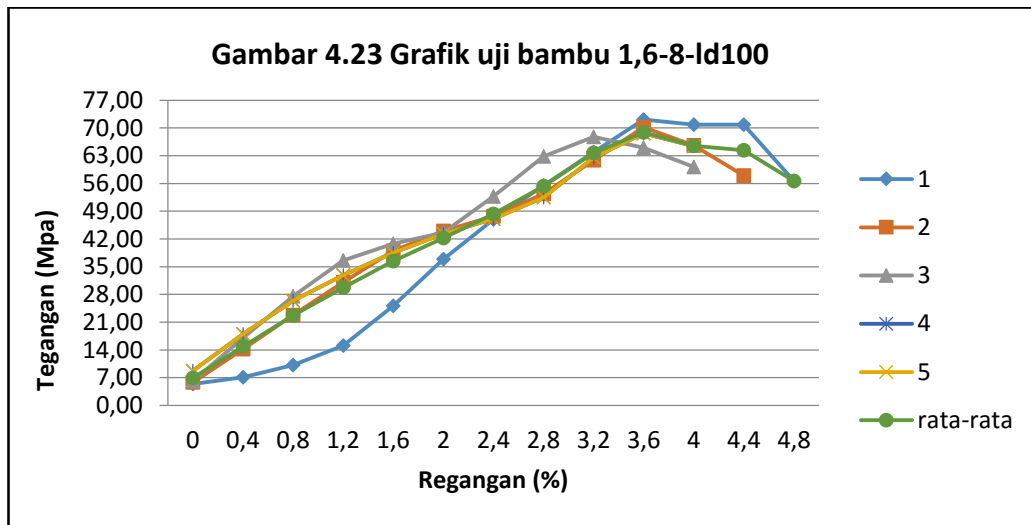
**Tabel 4.19 Pengujian Panjang Penyaluran Bambu (Lilitan Kawat 1,6mm Spasi 8mm, Ld = 6 cm)**

No	KODE BENDA UJI	MUTU BETON f' <sub>c</sub> (MPa)	MUTU BAMBU f <sub>y</sub> (MPa)	BEBAN TARIK MAKS (N)	KEKUATAN LEKATAN TENSILE (MPa)	KEKUATAN LEKATAN rata-rata
1	TB - 8mm - 6cm - 1	20,56	89,133	3243,8	1,72	1,54
2	TB - 8mm - 6cm - 2	20,56	89,133	2856,7	1,52	
3	TB - 8mm - 6cm - 3	20,56	89,133	3027,17	1,61	
4	TB - 8mm - 6cm - 4	20,56	89,133	2925,62	1,55	
5	TB - 8mm - 6cm - 5	20,56	89,133	2414,56	1,28	



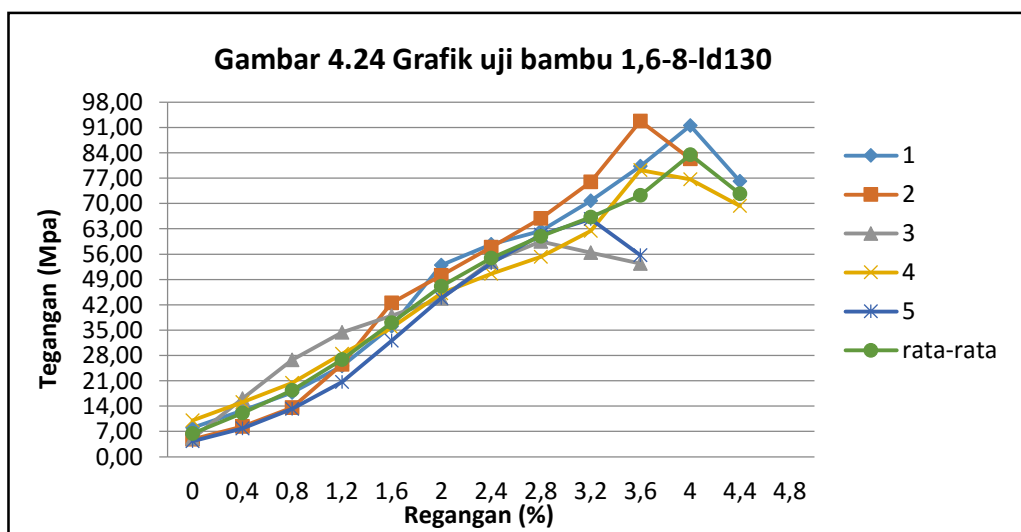
**Tabel 4.20 Pengujian Panjang Penyaluran Bambu (Lilitan Kawat 1,6mm Spasi 8mm, Ld = 10 cm)**

No	KODE BENDA UJI	MUTU BETON f' <sub>c</sub> (MPa)	MUTU BAMBU f <sub>y</sub> (MPa)	BEBAN TARIK MAKS (N)	KEKUATAN LEKATAN TENSILE (MPa)	KEKUATAN LEKATAN rata-rata
1	TB - 8mm - 10cm - 1	20,56	89,133	5948,6	1,89	1,81
2	TB - 8mm - 10cm - 2	20,56	89,133	5786,67	1,84	
3	TB - 8mm - 10cm - 3	20,56	89,133	5488,45	1,75	
4	TB - 8mm - 10cm - 4	20,56	89,133	5683,94	1,81	
5	TB - 8mm - 10cm - 5	20,56	89,133	5562,28	1,77	



**Tabel 4.21 Pengujian Panjang Penyaluran Bambu (Lilitan Kawat 1,6mm Spasi 8mm, Ld = 13 cm)**

No	KODE BENDA UJI	MUTU BETON	MUTU BAMBUN	BEBAN TARIK MAKS (N)	KEKUATAN LEKATAN TENSILE (MPa)	KEKUATAN LEKATAN rata-rata
		f'c (MPa)	fy (MPa)		(MPa)	
1	TB - 8mm - 13cm - 1	20,56	89,133	6649,3	1,63	1,38
2	TB - 8mm - 13cm - 2	20,56	89,133	5406,3	1,32	
3	TB - 8mm - 13cm - 3	20,56	89,133	4768,48	1,17	
4	TB - 8mm - 13cm - 4	20,56	89,133	6222,02	1,52	
5	TB - 8mm - 13cm - 5	20,56	89,133	5161,73	1,26	



## **BAB V**

### **ANALISA DAN PEMBAHASAN**

#### **5.1 Pengujian Interval Kepercayaan**

Data-data penelitian yang dikumpulkan kemudian diuji dengan pengujian interval kepercayaan, dimana tujuannya adalah untuk mencari kevalidan data yang telah di dapatkan.

Dalam pengujian ini, digunakan interval koefisien 95%. Hal ini berarti bahwa toleransi kesalahan yang diijinkan hanya sebesar 5%, sedangkan sisanya (95%) adalah data-data yang dapat dipercaya. Data-data yang tidak memenuhi syarat tersebut kemudian di buang, sehingga tertinggal data-data valid yang siap diuji secara statistik.

##### **5.1.1. Pengujian Interval Kepercayaan Kekuatan Lekatan**

Di bawah ini adalah contoh pengujian interval kepercayaan kekuatan lekatan tulangan pada beton :

**Tabel 5.1 Pengujian Lekatan Bambu Polos**

<b>No</b>	<b>Kode Benda Uji</b>	<b>Kekuatan Lekatan Bambu Polos tensile (Mpa)</b>
1	TB-Polos 1	0,802
2	TB-Polos 2	0,755
3	TB-Polos 3	0,697
4	TB-Polos 4	0,761
5	TB-Polos 5	0,772

Dari data pada tabel di atas kemudian dicari nilai :

$$\begin{aligned}
 X &= \frac{\text{Jumlah Kuat Lekatan}}{n} \\
 &= \frac{0,802+0,755+0,697+0,761+0,772}{5} = 0,757 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 s &= \sqrt{\frac{\sum (xi - x)^2}{n-1}} \\
 s &= \sqrt{\frac{((0,802-0,757)^2 + \dots + (0,772 - 0,757)^2)}{5-1}} \\
 &= 0,038 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

$$P = 1/2 ( 1 + 0,95 ) = 0,975$$

$$Dk = n - 1 = 5 - 1 = 4$$

$$t_{0,975} = 2,776$$

Dimana :  $X$  = Nilai rata-rata

$S$  = Standar deviasi

$P$  = Persentil

$t_{0,975}$  = Nilai t pada persentil 0,25

Maka nilai interval kepercayaannya adalah :

$$\begin{aligned}
 &= x - \left( t^{0,975} \frac{s}{\sqrt{n}} \right) < \mu < x + \left( t^{0,975} \frac{s}{\sqrt{n}} \right) \\
 &= 0,757 - \left( 2,776 \times \frac{0,038}{\sqrt{5}} \right) < \mu < 0,757 + \left( 2,776 \times \frac{0,038}{5} \right) \\
 &= 0,71 < \mu < 0,804
 \end{aligned}$$



Dengan cara serupa kita dapat mencari interval kepercayaan untuk semua parameter dengan variasi yang sudah ditentukan. Di bawah ini adalah tabel interval kepercayaan untuk semua perhitungan.

**Tabel 5.2 Interval Kepercayaan Kekuatan Lekatan Tulangan Bambu**

Kode Benda Uji	KEKUATAN LEKATAN TENSILE ( $\mu$ ) (Mpa)	X	S	P	Dk	$t_{0,975}$	Interval Kepercayaan $x - (t_{0,975} \cdot (s/\sqrt{n})) < \mu < x + (t_{0,975} \cdot (s/\sqrt{n}))$
TB - Polos - 1	0,802	0,757	0,038	0,975	4	2,776	berhasil
TB - Polos - 2	0,755						berhasil
TB - Polos - 3	0,697						gagal
TB - Polos - 4	0,761						berhasil
TB - Polos - 5	0,772						berhasil
TB - 4mm - 1	3,64	3,023	0,542	0,975	4	2,776	berhasil
TB - 4mm - 2	2,28						gagal
TB - 4mm - 3	2,91						berhasil
TB - 4mm - 4	3,47						berhasil
TB - 4mm - 5	2,82						berhasil
TB - 6mm - 1	2,73	2,896	0,149	0,975	4	2,776	berhasil
TB - 6mm - 2	3,12						gagal
TB - 6mm - 3	2,80						berhasil
TB - 6mm - 4	2,92						berhasil
TB - 6mm - 5	2,92						berhasil
TB - 8mm - 1	2,85	2,694	0,106	0,975	4	2,776	gagal
TB - 8mm - 2	2,55						gagal
TB - 8mm - 3	2,70						berhasil
TB - 8mm - 4	2,68						berhasil
TB - 8mm - 5	2,68						berhasil

Sesuai data yang telah diuji dengan interval kepercayaan dengan range interval kepercayaan yang telah dijelaskan di atas, maka data pada Pengujian Lekatan bambu polos terdapat 1 buah benda uji yang gagal, untuk bambu dengan

pengasaran permukaan kawat diameter 1,6 mm yang tidak memenuhi syarat pada lilitan spasi 4mm berjumlah 1 buah, lilitan spasi 6mm berjumlah 1 buah, dan lilitan spasi 8mm berjumlah 2 buah.

**Tabel 5.3 Interval Kepercayaan Kekuatan Lekatan Tulangan Baja**

Kode Benda Uji	KEKUATAN LEKATAN TENSILE ( $\mu$ ) (Mpa)	X	S	P	Dk	$t_{0,975}$	Interval Kepercayaan $x - (t_{0,975} \cdot (s/\sqrt{n})) < \mu < x + (t_{0,975} \cdot (s/\sqrt{n}))$
B. Polos - 1	5,92	5,975	0,037	0,975	4	2,776	berhasil
B. Polos - 2	6,00						berhasil
B. Polos - 3	5,96						berhasil
B. Polos - 4	5,99						berhasil
B. Polos - 5	6,01						berhasil
B. Ulir - 1	15,08	14,77	0,230	0,975	4	2,776	berhasil
B. Ulir - 2	14,77						berhasil
B. Ulir - 3	14,87						berhasil
B. Ulir - 4	14,47						berhasil
B. Ulir - 5	14,64						berhasil

Pada pengujian kekuatan lekatan tulangan baja tidak terdapat benda uji yang gagal, sehingga keseluruhan data dapat digunakan.

### 5.1.2. Pengujian Interval Kepercayaan Kekuatan Panjang Penyaluran

Pengujian interval kepercayaan untuk panjang penyaluran ini menggunakan metode yang sama dengan pengujian kekuatan lekatan tulangan pada beton contoh perhitungannya seperti dibawah ini:

**Tabel 5.4 Hasil Pengujian Bambu Panjang Penyaluran 6cm spasi lilitan  
4mm**

No	Kode Benda Uji	Kekuatan Lekatan Bambu Polos tensile (Mpa)
1	TB-4mm – 6cm - 1	2,53
2	TB-4mm – 6cm - 2	2,23
3	TB-4mm – 6cm - 3	2,06
4	TB-4mm – 6cm - 4	2,64
5	TB-4mm – 6cm - 5	2,35

Dari data pada tabel di atas kemudian dicari nilai :

$$\begin{aligned}
 X &= \frac{\text{Jumlah Kuat Lekatan}}{n} \\
 &= \frac{2,53+2,23+2,06+2,64+2,35}{5} = 2,36 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 s &= \sqrt{\frac{\sum (xi - x)^2}{n-1}} \\
 s &= \frac{\sqrt{((2,53-2,36)^2 + \dots + (2,35 - 2,36)^2)}}{5-1} \\
 &= 0,395 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

$$P = 1/2 ( 1 + 0,95 ) = 0,975$$

$$Dk = n - 1 = 5 - 1 = 4$$

$$t_{0,975} = 2,776$$

Dimana : X = Nilai rata-rata

S = Standar deviasi

P = Persentil

$t_{0,975}$  = Nilai t pada persentil 0,25

Maka nilai interval kepercayaannya adalah :

$$\begin{aligned} &= x - \left( t_{0,975} \cdot \frac{s}{\sqrt{n}} \right) < \mu < x + \left( t_{0,975} \cdot \frac{s}{\sqrt{n}} \right) \\ &= 2,36 - \left( 2,776 \times \frac{0,395}{\sqrt{5}} \right) < \mu < 2,36 + \left( 2,776 \times \frac{0,395}{5} \right) \\ &= 1,873 < \mu < 2,854 \end{aligned}$$

Dengan cara serupa kita dapat mencari interval kepercayaan untuk semua parameter dengan variasi yang sudah ditentukan. Di bawah ini adalah tabel interval kepercayaan untuk semua perhitungan.

**Tabel 5.5 Interval Kepercayaan Panjang Penyaluran Spasi Lilitan 4mm**

Kode Benda Uji	KEKUATAN LEKATAN TENSILE ( $\mu$ ) (Mpa)	X	S	P	Dk	$t_{0,975}$	Interval Kepercayaan $x - (t_{0,975} \cdot (s/\sqrt{n})) < \mu < x + (t_{0,975} \cdot (s/\sqrt{n}))$
TB - 4mm - 6cm - 1	2,53	2,25	0,342	0,975	4	2,776	berhasil
TB - 4mm - 6cm - 2	2,23						berhasil
TB - 4mm - 6cm - 3	2,06						berhasil
TB - 4mm - 6cm - 4	2,27						berhasil
TB - 4mm - 6cm - 5	2,14						berhasil

TB - 4mm - 9cm - 1	2,03	2,01	0,129	0,975	4	2,776	berhasil
TB - 4mm - 9cm - 2	2,06						berhasil
TB - 4mm - 9cm - 3	1,90						berhasil
TB - 4mm - 9cm - 4	1,96						berhasil
TB - 4mm - 9cm - 5	2,10						berhasil
TB - 4mm - 12cm - 1	1,75	1,96	0,277	0,975	4	2,776	berhasil
TB - 4mm - 12cm - 2	1,88						berhasil
TB - 4mm - 12cm - 3	2,10						berhasil
TB - 4mm - 12cm - 4	1,99						berhasil
TB - 4mm - 12cm - 5	2,09						berhasil

**Tabel 5.6 Interval Kepercayaan Panjang Penyaluran Spasi Lilitan 6mm**

Kode Benda Uji	KEKUATAN LEKATAN TENSILE ( $\mu$ ) (Mpa)	X	S	P	Dk	$t_{0,975}$	Interval Kepercayaan $x - (t_{0,975} \cdot (s/\sqrt{n})) < \mu < x + (t_{0,975} \cdot (s/\sqrt{n}))$
TB - 6mm - 6cm - 1	1,75	1,85	0,300	0,975	4	2,776	berhasil
TB - 6mm - 6cm - 2	2,12						berhasil
TB - 6mm - 6cm - 3	1,91						berhasil
TB - 6mm - 6cm - 4	1,68						berhasil
TB - 6mm - 6cm - 5	1,80						berhasil
TB - 6mm - 10cm - 1	1,63	1,42	0,264	0,975	4	2,776	berhasil
TB - 6mm - 10cm - 2	1,43						berhasil
TB - 6mm - 10cm - 3	1,27						berhasil
TB - 6mm - 10cm - 4	1,30						berhasil
TB - 6mm - 10cm - 5	1,49						berhasil
TB - 6mm - 13cm - 1	1,35	1,16	0,334	0,975	4	2,776	berhasil
TB - 6mm - 13cm - 2	1,08						berhasil
TB - 6mm - 13cm - 3	0,91						berhasil
TB - 6mm - 13cm - 4	1,28						berhasil
TB - 6mm - 13cm - 5	1,20						berhasil

**Tabel 5.7 Interval Kepercayaan Panjang Penyaluran Spasi Lilitan 8mm**

Kode Benda Uji	KEKUATAN LEKATAN TENSILE ( $\mu$ ) (Mpa)	X	S	P	Dk	$t_{0,975}$	Interval Kepercayaan $x-(t_{0,975} \cdot (s/\sqrt{n})) < \mu < x+(t_{0,975} \cdot (s/\sqrt{n}))$
TB - 8mm - 6cm - 1	1,72	1,82	0,331	0,975	4	2,776	berhasil
TB - 8mm - 6cm - 2	2,05						berhasil
TB - 8mm - 6cm - 3	1,61						berhasil
TB - 8mm - 6cm - 4	1,92						berhasil
TB - 8mm - 6cm - 5	1,81						berhasil
TB - 8mm - 10cm - 1	1,89	1,76	0,182	0,975	4	2,776	berhasil
TB - 8mm - 10cm - 2	1,84						berhasil
TB - 8mm - 10cm - 3	1,75						berhasil
TB - 8mm - 10cm - 4	1,68						berhasil
TB - 8mm - 10cm - 5	1,61						berhasil
TB - 8mm - 13cm - 1	1,63	1,38	0,344	0,975	4	2,776	berhasil
TB - 8mm - 13cm - 2	1,32						berhasil
TB - 8mm - 13cm - 3	1,17						berhasil
TB - 8mm - 13cm - 4	1,52						berhasil
TB - 8mm - 13cm - 5	1,26						berhasil

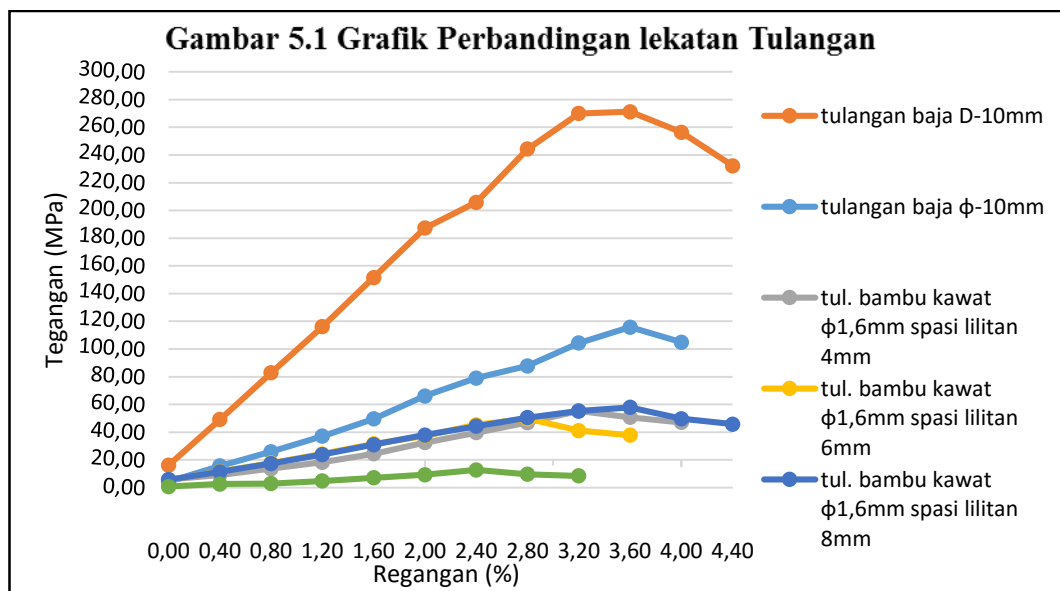
Sesuai data yang telah diuji dengan interval kepercayaan dengan range interval kepercayaan yang telah dijelaskan di atas, maka data pada Pengujian Panjang Penyaluran tulangan bambu dengan pengasaran permukaan kawat diameter 1,6 mm dengan variasi lilitan spasi 4mm, 6mm dan 8mm tidak ada sampel yang gagal sehingga seluruh data dapat digunakan.

## 5.2. Analisa Hasil Penelitian Kekuatan Lekatan

Pembahasan ini merupakan penjelasan dari perilaku lekatan dari tulangan bambu dengan lilitan kawat yang tertanam dalam beton terhadap beban tarikan.

**Tabel 5.8 Hasil rerata pada uji lekatan tulangan bambu dan baja**

NO	JENIS TULANGAN	As mm <sup>2</sup>	$\mu$ (MPa) Tensile
1	Bambu Polos	78.5	0,773
2	Bambu dengan Kawat 1,6 mm spasi lilitan 4 mm	78.5	3,208
3	Bambu dengan Kawat 1,6 mm spasi lilitan 6 mm	78.5	2,841
4	Bambu dengan Kawat 1,6 mm spasi lilitan 8 mm	78.5	2,689
5	Tulangan baja polos	78.5	5,975
6	Tulangan baja ulir	78.5	14,766



### **5.2.1 Perbandingan Hasil Test Lekatan Tulangan Bambu Dengan Pengasaran Permukaan Menggunakan Lilitan Kawat Terhadap Tulangan Bambu Polos**

Jika ditinjau dari hasil analisa perbandingan antara tulangan polos, deform dan tulangan bambu dengan lilitan kawat ternyata hasil test menunjukkan bahwa tulangan bambu polos tanpa lilitan kawat memiliki tegangan lekat 0,773 MPa sedangkan dengan lilitan kawat 1,6 mm dengan spasi 4 mm memiliki tegangan lekat 3,209 MPa.

Dari hasil analisa diatas dapat ditarik suatu kesimpulan bahwa tulangan bambu dengan tegangan tarik leleh 89 Mpa dengan pemberian lilitan kawat dapat menaikkan tegangan lekat 4 kali lipat. Meskipun secara geometri tulangan bambu memiliki permukaan yang halus sama dengan tulangan polos, tetapi karena pengaruh lilitan kawat spiral sehingga memiliki kekuatan lekat terhadap beton yang lebih baik daripada tulangan bambu polos. Sehingga dapat dikatakan bahwa perlakuan lilitan kawat mempunyai pengaruh terhadap hubungan antara tulangan dengan beton (lekatan), serta dengan adanya lilitan kawat dan perlakuan pengecatan dengan lem kayu juga diharapkan pengaruh kembang susut dapat direduksi.



## 5.2.2 Hasil Perbandingan Lekatan Tulangan Bambu Terhadap Tulangan Baja

**Tabel 5.9 Perbandingan rasio kekuatan lekatan ( $u$ ) dengan tegangan leleh ( $f_y$ ) antara tulangan bambu, baja polos dan baja deform**

No	Jenis Tulangan	Tensile( $\mu$ )	Tegangan Leleh ( $F_y$ )	Rasio (R)	R	R
		(MPa)	(MPa)	$\frac{\mu}{F_y}$	(R)Baja Polos	(R)Baja Deform
1	Bambu Lilitan kawat 16-4	3,209	89,133	0,0360	1,451	0,967
2	Bambu Lilitan kawat 16-6	2,890	89,133	0,0324	1,307	0,871
3	Bambu Lilitan kawat 16-8	2,735	89,133	0,0307	1,237	0,824
4	Baja Polos	5,96	240,252	0,0248	1	0,667
5	Baja deform	14,9	400,326	0,0372	1,500	1

Ditinjau dari tabel di atas dapat disimpulkan bahwa rasio tegangan lekatan dengan tegangan leleh antara tulangan bambu dibandingkan baja polos mendapatkan hasil yang lebih baik dari rasio baja polos sendiri, hal ini dapat dikatakan bahwa perlakuan bambu dengan lilitan kawat dan jarak spasi lilitan kawat sudah dapat digunakan sebagai tulangan non-struktural. Sedangkan perbandingan rasio antara bambu menggunakan perlakuan dibandingkan rasio baja deform menghasilkan satu perlakuan yang mendapatkan hasil yang lebih baik dari rasio baja deform sendiri, hal ini dapat dikatakan bahwa bambu dengan spasi kawat  $\varnothing 1,6$  mm spasi 4 mm dapat digunakan sebagai tulangan struktural namun dengan perlakuan yang lebih khusus karena ditinjau dari tegangan leleh bambu sendiri masih mempunyai nilai tidak terlalu tinggi.

Apabila ditinjau dari segi tegangan lekatan ( $u$ ) saja, bambu dengan lilitan kawat  $\varnothing 1,6$  mm spasi 4 mm mempunyai prosentase 53,842% dibandingkan baja polos dan 21,537% dibandingkan baja deform.

**Tabel 5.10 Prosentase kekuatan lekatan ( $u$ ) bambu dengan perlakuan pengasaran dibandingkan dengan kekuatan lekatan ( $u$ ) baja polos dan baja deform**

No	Jenis Tulangan	Tensile( $\mu$ ) (MPa)	Tensile terbesar dari tiap Jenis kawat	Lekatan baja polos ( $\mu$ ) (MPa)	perbandingan ( $\mu$ )bambu dengan ( $\mu$ )baja polos	Lekatan baja deform ( $\mu$ ) (MPa)	Perbandingan ( $\mu$ )bambu dengan ( $\mu$ )baja deform
1	Bambu Lilitan kawat 16-4	3,209	3,209	5.96	53,842%	14.9	21,537%
2	Bambu Lilitan kawat 16-6	2,890					
3	Bambu Lilitan kawat 16-8	2,735					

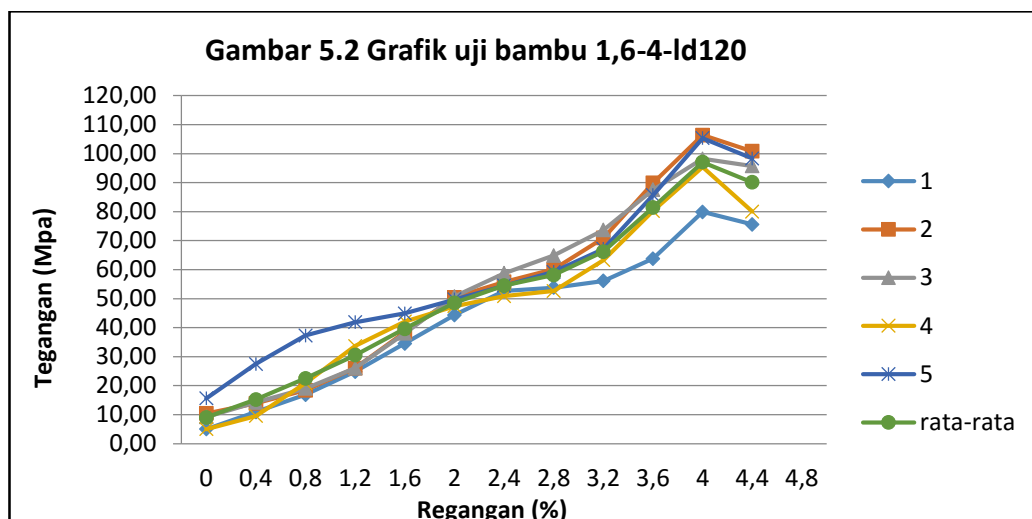
### 5.3. Analisa Hasil Penelitian Panjang Penyaluran

Hasil pengujian di laboratorium kemudian dilakukan pengolahan data, maka hasilnya akan ditampilkan dalam bentuk tabel :

**Tabel 5.11 Analisa Hasil Pengujian Panjang Penyaluran**

Kode Benda Uji	Diameter Kawat (mm)	Diameter Nominal (mm)	$f'_c$ (Mpa)	$f_y$ (Mpa)	Spasi antar Lilitan (mm)	Ld Tertanam (mm)	Lekatan Rata-rata (Mpa)	Kekuatan Tarik Rata-rata (Mpa)
TB -lilitan kawat	1.6	100	20.56	89.133	4	60	2.25	53.89
TB -lilitan kawat						90	2.01	55.63
TB -lilitan kawat						120	1.96	94.10
TB -lilitan kawat					6	60	1.85	44.44
TB -lilitan kawat						100	1.42	56.91
TB -lilitan kawat						130	1.16	60.46
TB -lilitan kawat					8	60	1.82	43.72
TB -lilitan kawat						100	1.76	70.21
TB -lilitan kawat						130	1.38	71.83

Terdapat 3 jenis keruntuhan yang dilakukan pada pengujian panjang penyaluran ini, yaitu keruntuhan elastis, keruntuhan plastis dan keruntuhan putus. Validitas panjang penyaluran yang dimiliki oleh tulangan bambu dengan pengasaran lilitan kawat guna mendapatkan kekuatan lekatan yang didasarkan pada kuat lekatan dan  $f_{sy}$  atau  $f_{sR}$  tulangan terhadap 3 macam uji panjang penyaluran yaitu  $ld_1 < ld_y$ ,  $ld_2 > ld_y$  dan  $ld_3 > ld_R$ . Dari tabel hasil pengujian diatas dapat dilihat hasil komposit yang dapat melebihi dari mutu bambu itu sendiri yaitu pada spasi lilitan 4 mm dengan panjang penyaluran 12 cm. Hal ini berarti panjang penyaluran minimal tulangan bambu bila di hitung dengan rumusan teoritis perlu dikalikan dengan 1,2 sebagai angka ketentuan yang harus digunakan. Namun sesuai ketentuan pada ASTM C234-91a membatasi pembacaan beban tarik pada rentang elongation (slip) sebesar 0,25 – 2,5 %. Sehingga sampel yang paling mendekati yaitu jarak spasi lilitan 4mm dan panjang penyaluran 12 cm dinyatakan tidak berhasil.



Setelah dilakukan perhitungan pada 3 model keruntuhan, dilakukan perbandingan dengan menggunakan rumus empiris yaitu terhadap R. Park & Paulay (teoritis) atau persamaan 2.2 dan terhadap rumus panjang penyaluran SNI 12.2.2. Untuk batang tulangan atau kawat ulir D-19 dan yang lebih kecil dengan kondisi spasi bersih tulangan yang disalurkan tidak kurang dari  $db$ , selimut bersih tidak kurang dari  $db$  dan sengkang sepanjang  $ld$  tidak kurang dari minimum tata cara atau spasi bersih batang tulangan yang disalurkan tidak kurang dari  $2db$  dan selimut bersih tidak kurang dari  $db$ .

$$ld = \left( \frac{fy \cdot \Psi_t \cdot \Psi_e}{2,1\lambda \sqrt{f'_c}} \right) db$$

$$ld = \left( \frac{89,133 \cdot 1,3 \cdot 1,0}{2,1(1) \sqrt{21,04}} \right) 100$$

$$Ld = 1202,92 \text{ mm} \longrightarrow 12,02 \text{ cm}$$

Dimana :

$\Psi_t = 1,3$  (bila tulangan horizontal dipasang sehingga lebih dari 300 mm beton segar dicor di bawah panjang penyaluran atau sambungan)

$\Psi_e = 1,0$  (Untuk batang tulangan tanpa lapisan)

$\lambda = 1,0$  (Bila beton berat normal digunakan)

$db$  = diameter nominal batang tulangan, kawat, atau strand

$f'_c$  = Mutu beton yang digunakan (21,04 Mpa)

$fy$  = Tegangan leleh bambu yang diuji

$l_d$  = Panjang penyaluran

Dari perhitungan diatas didapat nilai panjang penyaluran sesuai SNI 12.2.2 yaitu sebesar 12,02 cm. Sedangkan nilai yang didapatkan dengan menggunakan rumus R. Park & Paulay sebesar 9 cm untuk lilitan spasi 4 mm, 10 cm untuk lilitan spasi 6 mm dan 8 mm. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa rumusan yang terdapat pada SNI 12.2.2 tidak cocok digunakan terhadap tulangan bambu. Namun perlu adanya penelitian lebih lanjut. Hal ini disebabkan tulangan bambu memiliki slip yang berbeda sehingga nilai  $l_d$  yang di peroleh cukup tinggi dibandingkan dengan rumus teoritis R. Park & Paulay.

## BAB VI

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 6.1. Kesimpulan

1. Perbandingan rasio kekuatan lekatan ( $\mu$ ) dengan tegangan leleh ( $f_y$ ) antara tulangan bambu dengan variasi lilitan  $\varnothing$  1,6 mm spasi lilitan 4 mm dan baja polos sebesar 1,451, untuk spasi lilitan 6 mm dan baja polos sebesar 1,307, untuk spasi lilitan 8 mm dan baja polos sebesar 1,237. Sedangkan perbandingan rasio antara tulangan bambu dengan variasi lilitan kawat  $\varnothing$  1,6 mm spasi lilitan 4 mm dan baja deform sebesar 0,967, untuk spasi lilitan 6 mm dan baja deform sebesar 0,871, untuk spasi lilitan 8 mm dan baja deform sebesar 0,824.
2. Panjang penyaluran tulangan bambu dengan pengasaran permukaan untuk lilitan spasi 4 mm adalah 6 cm, untuk lilitan spasi 6 mm adalah 10 cm dan untuk lilitan spasi 8 mm adalah 10 cm.
3. Persamaan yang diatur didalam SNI 2847-2013 pasal 12.2.2, tidak cocok digunakan pada tulangan bambu.

## 6.2. Saran

1. Perlu penyelidikan lebih lanjut untuk variasi perlakuan (*treatment*) pengasaran permukaan pada tulangan bambu, sebagai contohnya dengan jarak spasi yang sama namun dimensi dari kawat yang dibedakan atau juga bisa dengan jarak spasi yang berbeda-beda namun dimensi kawat yang disamakan sehingga didapatkan nilai hasil yang signifikan.
2. Perlu adanya penambahan diameter pada batang untuk memberikan nilai aman pada saat serat bambu terluar mengalami putus serat dikarenakan pada penyerutan menggunakan tenaga manual.
3. Untuk mempermudah pelaksanaan perlu di coba penampang bambu berbentuk persegi.
4. Perlu adanya penggunaan mesin otomatis dalam melilit kawat agar mendapatkan hasil yang maksimal.
5. Perlu adanya perhitungan lebih lanjut mengenai biaya produksi tulangan bambu dibandingkan dengan biaya pada penggunaan tulangan baja.
6. Diharapkan pemanfaatan bambu terus dikembangkan tidak hanya sebagai tulangan dalam kaitannya teknik sipil.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adom A M, dkk, **A Comperative Study Of Bamboo Reinforced Concrete Beams Using Different Stirrup Material For Rural Construction**, Kumasi-Gahana : 2011.
- Anonim,, , **Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung**, SNI 2847-2013, Bandung : Badan Standarisasi Nasional.
- Anonim,, , **Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung**, SNI 03-2847-2002, Bandung : Badan Standarisasi Nasional.
- Huang Z, Engstrom B., dan Magnusson J., 1996 .
- Nawy, Edward G., 1985, **Beton Bertulang: Suatu Pendekatan Dasar**, Bandung : Refika Aditama.
- Park R., Paulay T., 1975, **Reinforced Concrete Structure**, New York : John Wiley and Sons.
- Setiya Budi.A.,(2013).” Model Balok Beton Bertulangan Bambu Sebagai Pengganti Tulangan Baja”, diakses pada 19 oktober2015.  
[http://sipil.ft.uns.ac.id/index.php?option=com\\_content&task=view&id=201&Itemid=1](http://sipil.ft.uns.ac.id/index.php?option=com_content&task=view&id=201&Itemid=1)
- Setiya Budi.A.dan Sugiyarto.(2013).”Kuat Lekat Tulangan Bambu Wulung Dan Petung Takikan Pada Beton Normal,Jurnal Konferensi Nasional Teknik Sipil 7,Surakarta.
- Priskasari E, dkk, **Kekuatan Lekatan (Bond) dan Panjang Penyaluran Tulangan Cold Rolled & Twisted Bar Pada Beton Mutu Tinggi**, Penelitian Hibah Bersaing, 2010.



## **Penelitian Pendahuluan**

Penelitian pendahuluan bambu bertujuan untuk memeriksa perilaku bambu terhadap kembang susut akibat bambu adalah material alam yang terdiri dari serat tumbuhan yang mengandung air. Dengan adanya perlakuan tulangan bambu kering udara (kadar air sekitar 15 %) yang pada saat pengecoran mendapatkan tambahan cairan air semen kemudian setelah beton mengering, maka bambu juga akan mengering atau menyusut sehingga lekatan bambu menjadi tidak baik (Menurut penelitian yang dilakukan oleh Khosrow Ghavami daya lekat bambu akan meningkat dengan perlakuan khusus seperti bambu dengan pemberian Sikadur 32-Gel akan menghasilkan penambahan kekuatan bond sebesar 5 kali lipat dari pada tanpa treatment hal ini dapat dijelaskan dengan perlakuan yang tepat maka pori-pori didalam bambu akan diisi dan serat-serat bambu akan terikat dengan baik sehingga cairan bambu tidak akan terserap bersamaan dengan menguapnya kadar air beton sehingga dapat meningkatkan daya lekat dan daya tarik dari bambu) Didalam penelitian ini akan bambu akan diperlakukan sebagai berikut:

1. Bambu polos tanpa lapisan (BP)
2. Bambu dengan lapisan cat kayu kedap air (BC)
3. Bambu dengan lapisan cat kayu kedap air dengan pengasaran pasir (BCP)
4. Bambu dengan lapisan lem kayu (BL)
5. Bambu dengan lapisan lem kayu dengan pengasaran pasir (BLP)



**Gambar 5.1. Bambu specimen dengan berbagai perlakuan**

Bambu dicor pada beton dengan ukuran 6cm x 6cm x 15cm diletakan di tengah-tengah balok beton setelah dicor didiamkan selama 35 hari kemudian dimasukkan dalam oven dengan suhu 60<sup>0</sup> C selama 24 jam beton didinginkan sampai suhu ruang 27<sup>0</sup> kemudian beton dibelah akan terlihat pengaruh kembang susut bambu terhadap lekatan bambu.



**Gambar 5.2. Proses pengecoran  
Bambu BLP**



**Gambar 5.3. bambu BC setelah beton  
mengering**



**Gambar 5.4. Bambu (BP) setelah beton mengering**



**Gambar 5.5. Bambu (BL) setelah beton mengering**

**Tabel 5.1. Kehilangan Kadar air setelah beton mengering**

Keterangan	Kehilangan kadar air
BP	12 %
BC	11 %
BCP	11 %
BL	2 %
BLP	2 %

Dari hasil pengamatan diperoleh kesimpulan bambu dengan permukaan diberi perlakuan dengan lem merupakan bambu dengan kembang susut terkecil dan memiliki daya lekat yang bagus sedangkan pengasaran dengan pasir tidak terlihat nyata keuntungannya. Sehingga untuk penelitian selanjutnya bambu diberi perlakuan seluruh permukaannya diberi lem kayu. Sedangkan bambu dengan kehilangan kadar air yang besar juga terlihat adanya serat-serat kayu yang mulai mengelupas.

## Perhitungan Mix Design

Sebelum pelaksanaan percobaan diperlukan pemeriksaan bahan-bahan yang akan digunakan untuk menentukan komposisi mix design .

Pemeriksaan bahan tersebut meliputi:

1. Pemeriksaan berat isi
2. Analisa saringan agregat halus dan kasar
3. Pemeriksaan bahan lewat saringan no.200
4. Pemeriksaan kadar organik
5. Pemeriksaan kadar lumpur dalam agregat halus
6. Pemeriksaan kadar air agregat
7. Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat
8. Pengujian keausan agregat

Perhitungan mix desain dengan mutu  $f'c$  20 Mpa, dengan metode DOE (*Department of environment*), jenis semen yang digunakan yaitu semen Tiga Roda, jenis pasir lumajang, dan agregat kasar pecah mesin diperoleh komposisi akhir campuran agregat per  $m^3$  sebesar :

Semen	: 352,6 kg
Agregat halus	: 778,9 kg
Agregat kasar	: 1185,9 kg
Air	: 124,5 kg

Campuran agregat yang digunakan untuk penelitian ini menggunakan bahan dan jenis agregat yang sama seperti bahan yang diuji di atas.

Dalam pekerjaan pembuatan benda uji berdasarkan pada kapasitas saat pencampur atau molen yaitu  $0,03 \text{ m}^3$ . Maka untuk membuat benda uji silinder 15 x 30 sebanyak 3 buah, kubus 15 x 15 x 15 sebanyak 30 buah untuk uji lekatan dan membuat benda uji silinder 15 x 30 sebanyak 3 buah, kubus 15 x 15 x 15 sebanyak 45 buah untuk uji panjang penyaluran yang dilakukan secara bertahap, sehingga volume pekerjaan untuk setiap pencampuran :

### 1. Uji Lekatan

- a. **Perhitungan volume silinder untuk uji kuat tekan beton, dengan jumlah 3 buah** (*ukuran  $d \times t = 15 \text{ cm} \times 30 \text{ cm}$* )

$$\begin{aligned}
 &= (3,14 \times r^2 \times t) \times (n \times 1,15) \\
 &= (3,14 \times 0,075^2 \times 0,3) \times (3 \times 1,15) \\
 &= 0,0183 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

- b. **Perhitungan volume kubus untuk uji lekatan, dengan jumlah 30 buah** (*ukuran  $p \times l \times t = 15 \times 15 \times 15$* )

$$\begin{aligned}
 &= (p \times l \times t) \times (30 \times 1,15) \\
 &= (0,15 \times 0,15 \times 0,15) \times (30 \times 1,15) \\
 &= 0,116 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

## 2. Uji Panjang Penyaluran

### a. Perhitungan volume silinder untuk uji kuat tekan beton, dengan

**jumlah 3 buah** (*ukuran  $d \times t = 15 \text{ cm} \times 30 \text{ cm}$* )

$$= (3,14 \times r^2 \times t) \times (n \times 1,15)$$

$$= (3,14 \times 0,075^2 \times 0,3) \times (3 \times 1,15)$$

$$= 0,0183 \text{ m}^3$$

### b. Perhitngan volume kubus untuk uji panjang penyaluran, dengan

**jumlah 45 buah** (*ukuran  $p \times l \times t = 15 \times 15 \times 15$* )

$$= (p \times l \times t) \times (45 \times 1,15)$$

$$= (0,15 \times 0,15 \times 0,15) \times (45 \times 1,15)$$

$$= 0,175 \text{ m}^3$$

Keterangan : 1,15 merupakan nilai faktor kehilangan

n = jumlah benda uji

**Tabel Kebutuhan total untuk campuran benda uji lekatan**

Kebutuhan bahan per variasi	Benda Uji		Total
	silinder 15 x 30 (kg)	kubus 15 x 15 x 15 (kg)	1 variasi (kg)
	3 buah	30 buah	
Semen	6.453	40.904	47.357
pasir	14.255	90.359	104.614
kerikil	21.702	137.566	159.268
Air	2.279	14.443	16.722

sumber : Data Hasil penelitian

**Tabel Kebutuhan total untuk campuran benda uji Panjang penyaluran**

Kebutuhan bahan per variasi	Benda Uji		Total
	silinder 15 x 30 (kg)	kubus 15 x 15 x 15 (kg)	1 variasi (kg)
	<b>3 buah</b>	<b>45 buah</b>	
Semen	6.453	61.709	68.161
pasir	14.255	136.318	150.573
kerikil	21.702	207.534	229.236
Air	2.279	21.789	24.068

sumber : Data Hasil penelitian

## **DOKUMENTASI PENELITIAN**



**PERSIAPAN BAMBU PETUNG**



**PENGUJIAN KEMBANG SUSUT**





PEMBUATAN BEKISTING KUBUS



PERLAKUAN LILITAN BAMBU



PERLAKUAN LILITAN KAWAT PADA BAMBU



PERSIAPAN BENDA UJI SEBELUM PENGECORAN



PERSIAPAN BAHAN PENGECORAN



HASIL PEMBUATAN BENDA UJI



PENGUJIAN KUAT TEKAN BETON DAN LEKATAN BAMBU ..





PENGUJIAN TARIK LEKATAN TULANGAN BAMBU PADA BETON

