

**PELAT BETON DENGAN RAJUTAN TULANGAN BAMBU
SEBAGAI DINDING PENAHAN BEBAN LATERAL**

TESIS

**PROGRAM MAGISTER TEKNIK SIPIL
MINAT STRUKTUR**

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Magister Teknik



VEGA ADITAMA
NIM. 166060100111026

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
MALANG
2018**

TESIS

**PELAT BETON DENGAN RAJUTAN TULANGAN BAMBU
SEBAGAI DINDING PENAHAN BEBAN LATERAL**

VEGA ADITAMA

(166060100111026)

telah dipertahankan di depan penguji
pada tanggal 25 Juli 2018
dinyatakan telah memenuhi syarat
untuk memperoleh gelar Magister Teknik

Komisi Pembimbing,

Pembimbing I

Pembimbing II

Prof. Dr. Ir. Sri Murni Dewi, MS
NIP.19511211 1981 03 2 001

Dr. Eng. Achfas Jacoeb, ST., MT.
NIP.19751122 1999 03 1 003

Malang, Juli 2018

Universitas Brawijaya

Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil

Ketua Program Magister Teknik Sipil

Ari Wibowo, ST., MT., Ph.D
NIP. 19740619 2000 12 1 002

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa, atas berkat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tesis yang berjudul **“PELAT BETON DENGAN RAJUTAN TULANGAN BAMBU SEBAGAI DINDING PENAHAN BEBAN LATERAL”**

Dengan selesainya penyusunan Tesis ini penulis mengucapkan terima kasih dan penghargaan sebesar-besarnya, kepada semua pihak yang telah memberikan bantuan dan dukungan moral dan spiritual serta kerjasamanya terutama kepada yang terhormat :

1. Bapak Dr. Eng. Alwafi Pujiraharjo, ST., MT. selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Universitas Brawijaya.
2. Bapak Ari Wibowo, ST., MT, Ph.D selaku Ketua Program Magister Teknik Sipil Universitas Brawijaya.
3. Ibu Prof. Dr. Ir. Sri Murni Dewi, MS, selaku Ketua Komisi Pembimbing.
4. Bapak Dr. Eng. Achfas Zacoeb, ST., MT, selaku Anggota Komisi Pembimbing.
5. Semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan Tesis ini.

Penyusun menyadari bahwa penyusunan Proposal Tesis ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu sangat diharapkan kritik dan saran yang sifatnya membangun. Semoga proposal Tesis ini dapat menjadi ilmu dan berguna bagi pembacanya.

Malang, Juli 2018

Penyusun,

DAFTAR ISI

KATA PENGATAR.....	i
DAFTAR ISI.....	ii
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR.....	vi
RINGKASAN	vii
SUMMARY	viii

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Identifikasi Masalah	3
1.3 Rumusan Masalah.....	3
1.4 Tujuan.....	3
1.5 Batasan Masalah.....	4

BAB II LANDASAN TEORI

2.1 Teori Tentang Beban Tanah	5
2.2 Teori Tentang Tumbukan Tidak Elastis Sama Sekali	6
2.3 Teori Tentang Beton.....	7
2.3.1 Semen Portland (PC).....	7
2.3.2 Agregat kasar	7
2.3.3 Agregat halus	8
2.3.4 Air	9
2.4 Teori Tentang Analisa Pelat Dua Arah Sebagai Penahan Lentur.....	9
2.4.1 Penulangan pelat	9
2.4.2 Tebal minimum pelat dua arah.....	10
2.4.3 Metode kerja maya.....	11
2.4.4 Tulangan bambu sebagai tulangan penahan beban lentur.....	12
2.4.5 Tegangan lekat	13
2.4.6 Daktilitas dan kekakuan struktur.....	14
2.4.7 Momen tahanan pelat	15

2.5 Efek P-delta	16
2.6 Hasil Penelitian Terdahulu	16
2.7 Analisa Data Awal.....	17
2.7.1 Kontrol tebal pelat minimum	17
2.7.2 Pembebanan	18
2.7.2.1 Pembebanan untuk beban aksial (statis) pada ujung bebas pelat	18
2.7.2.2 Pembebanan terfaktor	20

BAB III KONSEP KERANGKA PENELITIAN

3.1 Kerangka Konsep Penelitian Secara Umum	23
3.2 Hipotesis	23

BAB IV METODOLOGI PENELITIAN

4.1 Lokasi Penelitian	25
4.2 Alat dan Bahan Penelitian	25
4.2.1 Alat.....	25
4.2.2 Bahan.....	25
4.3 Benda Uji	26
4.3.1 Benda uji pendahuluan.....	26
4.3.2 Kuat tarik sejajar serat bambu.....	26
4.3.3 Benda uji pelat	27
4.4 Tata Letak Pengujian.....	28
4.5 Metode Penelitian.....	28
4.6 Rancangan Penelitian	31

BAB V ANALISA DAN PEMBAHASAN

5.1 Hasil Analisa Teoritis	33
5.1.1 Analisa data lendutan	33
5.1.2 Analisa data regangan	34
5.2 Data Hasil Eksperimen	35
5.2.1 Hubungan tegangan – regangan bambu dan baja.....	35

5.2.2	Beban dan lendutan maksimum secara eksperimen.....	36
5.2.3	Regangan tulangan secara eksperimen.....	38
5.2.4	Kekakuan lentur pelat	39
5.2.5	Pola retak secara eksperimen	40
5.3	Analisa Perbandingan Hasil Perhitungan Teoritis dan Eksperimen	46

BAB VI PENUTUP

6.1	Kesimpulan	45
6.2	Saran	46

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Batasan Gradasi Untuk Agregat Kasar (Maksimum 19 mm).....	8
Tabel 2.2 Batasan Gradasi Agregat Halus	8
Tabel 2.3 Tebal minimum untuk pelat dua arah	11
Tabel 2.4 Momen di tengah bentang pelat akibat beban hidrostatik	12
Tabel 2.5 Rasio Momen Ultimate dan Momen Tahanan sebagai kontrol rasio penulangan dan beban maksimum yang bisa ditahan oleh pelat	22
Tabel 4.1 Karakteristik Benda Uji Pelat	27
Tabel 4.2 Tabel penelitian pengujian kuat lentur pelat dengan tulangan bambu tanpa rajutan (BB1).....	31
Tabel 4.3 Tabel penelitian pengujian kuat lentur pelat dengan tulangan bambu 2 rajutan (BB2)	31
Tabel 4.4 Tabel penelitian pengujian kuat lentur pelat dengan tulangan bambu 3 rajutan (BB3)	31
Tabel 4.5 Tabel penelitian pengujian kuat lentur pelat dengan tulangan baja beton (BJ) ...	31
Tabel 4.6 Tabel penelitian pengujian kuat lentur pelat dengan tulangan bambu tanpa rajutan ditambah beban aksial (BB1+Aksial)	31
Tabel 5.1 Momen di tengah bentang pelat akibat beban hidrostatik	33
Tabel 5.2 Nilai kekakuan elemen pelat pada saat beban ultimate	34

DAFTAR LAMPIRAN

1. ANALISA DATA AWAL
2. ANALISA LENDUTAN
3. ANALISA REGANGAN
4. PENGUJIAN TARIK BAJA
5. PENGUJIAN TARIK BAMBU
6. PENGUJIAN TEKAN BETON
7. PENGUJIAN PELAT
8. MIX DESAIN BETON



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 (a) dan (b) Dinding rumah yang hancur akibat bencana tanah longsor di desa Nglongsor Kab. Trenggalek 2017. (c) Detail Dinding secara umum	2
Gambar 1.2 Grafik tegangan regangan bambu dan baja	2
Gambar 2.1 Bentuk keruntuhan menurut Teori Rankine	6
Gambar 2.2 Tumbukan tidak elastis sama sekali	6
Gambar 2.3 Tegangan lekat bambu pada uji cabut dan uji lentur.....	14
Gambar 2.4 Pemodelan rangka atap	18
Gambar 3.1 Diagram Alur Konsep Penelitian	22
Gambar 4.1 (a) UTM dengan kapasitas maksimum MPa (b) Spesimen Bambu yang siap diuji tarik	26
Gambar 4.2 Rencana benda uji pengujian.....	27
Gambar 4.3 Tata letak Pengujian	28
Gambar 4.4 (a) Proses penarikan rajutan bambu (b) Bekisting dan perakitan tulangan bambu yang telah selesai	32
Gambar 4.5 Tata letak pengujian	32
Gambar 5.1 Grafik momen kurvatur pelat beton dengan tulangan bambu dan baja.....	33
Gambar 5.2 Grafik pembebanan – lendutan pelat beton dengan tulangan bambu dan baja	34
Gambar 5.3 Grafik pembebanan – regangan pelat beton dengan tulangan bambu dan baja	35
Gambar 5.4 Grafik hubungan tegangan – regangan bambu dan baja	36
Gambar 5.5 Grafik hubungan penambahan beban dengan lendutan untuk pelat beton dengan tulangan bambu	37
Gambar 5.6 Grafik hubungan penambahan beban dengan lendutan untuk benda uji BB1 dan BB1 +beban aksial	37
Gambar 5.7 Grafik hubungan penambahan beban dengan lendutan antara pelat beton dengan tulangan bambu dan baja	38
Gambar 5.8 Grafik hubungan penambahan beban dengan regangan tulangan bambu pada pelat beton	39
Gambar 5.9 Grafik momen – kurvatur pelat beton dengan tulangan bambu dan baja	40
Gambar 5.10 Pole retak secara eksperimen (a) BB1 (b) BB2 (c)BB3 (d)BJ	41
Gambar 5.11 Grafik perbandingan regangan tulangan pada hasil analisa teoritis dan eksperimen	42

Gambar 5.12 Grafik perbandingan lendutan pelat hasil analisa teoritis dan eksperimen lendutan	42
Gambar 5.13 (a) Pola retak pada BJ (b) Pola retak pada BB3 (Pola retak untuk tumpuan Sendi pada kedua sisi, jepit pada salah satu sisi dan bebas (Park, R;Gamble, William L	43



RINGKASAN

Bambu merupakan salah satu alternatif pengganti tulangan besi beton yang kuat tariknya hampir sama sehingga pelat beton dengan tulangan bambu berpilin merupakan struktur yang bisa digunakan untuk menahan beban lateral. Dalam Penelitian ini digunakan tulangan bambu berpilin karena pilinan bambu menyebabkan terjadinya interlocking antara tulangan bambu dan beton. Pelat beton diberikan beban hidrostatik dengan pemodelan tumpuan sendi pada kedua sisi yang berhadapan, satu tumpuan jepit, dan sisi lainnya tak ditumpu. Dalam hal ini posisi benda uji akan diletakkan dengan pembebanan berupa 4 beban titik sebagai pemodelan beban merata pada pelat. Untuk membandingkan eksperimen dengan teoritis perlu menggunakan analisis elemen hingga dengan menggunakan program ABAQUS Student Edition 2018 untuk menemukan nilai lendutan, regangan, dan pola retak yang terjadi pada tulangan bambu. Dengan percobaan, beban maksimum yang dapat ditahan oleh plat beton dengan tulangan bambu dengan 3 rajutan yang sama dengan 625,17 Kg, lendutan di 15,24 mm dan regangan pada $4,11 \times 10^{-5}$. Dengan analisis elemen hingga pada pembebanan maksimum adalah membelok pada 12,8 mm dan regangan pada $4,68 \times 10^{-3}\%$.

Kata kunci : Pelat Beton, Beban Lateral, Rajutan Bambu, Dinding

SUMMARY

Bamboo is an alternatif material to replace the steel reinforcement in concrete, it have almost equal in tensile strength. Concrete plates with knitted bamboo reinforcement can be used to withstand the lateral load. By using bamboo knitting reinforcement, concrete plates have different bending stresses than concrete using steel reinforcement. Knitted bamboo is also used to overcome the bond slip that occurs to the action of concrete composite with bamboo. In this study, The lateral loads received concrete plates with bamboo knitting reinforcement. It supported by two facing edge is pinned, one edge is fixed, and one edge is free. In this case, the the position of plates is put horizontally and recieved 4 joint load as the uniform load. to compare experiments with theoretical it is necessary to use finite element analysis to find the deflection value, strain, and crack pattern that happened in bamboo reinforcement. By eksperiment, Maximum load that can be retained by concrete plate with bamboo reinforcement with 3 knits that is equal to 625,17 Kg, deflect at 15,24 mm and strained at $4,11 \times 10^{-5}$. By Finite element analisys in maximum loading is deflect at 12,8 mm and strained at $4,68 \times 10^{-5}$.

Keywords : Concrete Plates, Lateral Load, Knitted Bamboo, walls

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Dalam merancang struktur, kestabilan lateral adalah hal terpenting karena gaya lateral mempengaruhi rancang elemen – elemen vertikal dan horisontal struktur.

Hal yang penting pada struktur bangunan adalah stabilitas dan kemampuannya untuk menahan gaya lateral baik yang disebabkan oleh angin, tekanan hidrostatik, tanah longsor/jugrug atau gempa. Beban angin lebih terkait pada dimensi ketinggian bangunan, sedangkan beban gempa lebih terkait pada massa bangunan. Jika bangunan tinggi tidak dirancang secara benar terhadap gaya-gaya lateral dapat timbul tegangan yang sangat tinggi serta getaran dan goyangan ke samping ketika gaya-gaya tersebut terjadi. Akibatnya tidak hanya menimbulkan kerusakan parah pada bangunan tetapi juga mengakibatkan ketidaknyamanan pada penghuni.

Tanah longsor merupakan salah satu beban lateral yang bisa membawa dampak kerusakan struktur yang berasal dari tanah bergerak yang menghantam struktur tersebut dalam waktu yang singkat. Sampai saat ini belum ada pemodelan struktur bangunan rumah yang bisa menahan tanah longsor.

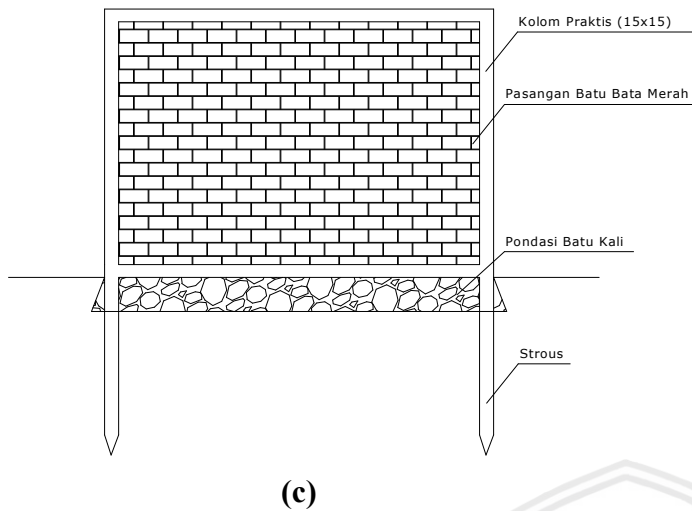
Saat terjadi tanah longsor maka struktur yang menerima beban pertama adalah dinding, kemudian disalurkan ke kolom. Untuk itu diperlukan dinding yang bisa menahan beban lateral dengan menggunakan tulangan agar bisa menahan momen lentur akibat beban lateral tersebut.



(a)

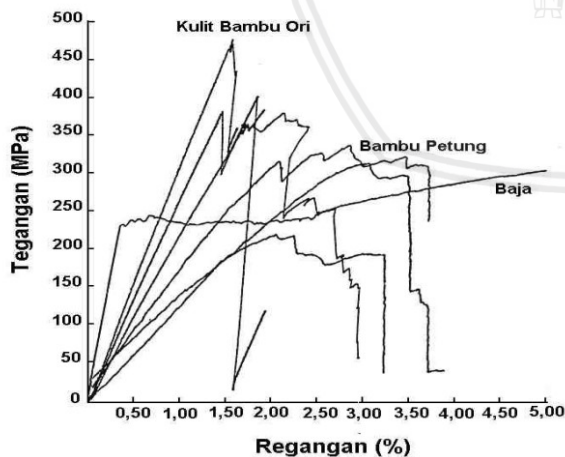


(b)



Gambar 1.1. (a) dan (b) Dinding rumah yang hancur akibat bencana tanah longsor di desa Nglongsor Kab. Trenggalek 2017. (c) Detail Dinding secara umum

Bambu merupakan material yang istimewa karena kuat tariknya yang cukup tinggi, antara 200 – 450 MPa sehingga mampu menyamai bahkan melebihi kuat tarik baja padahal cara memperoleh bambu lebih mudah karena banyak terdapat di alam dan harganya cukup ekonomis dari pada baja seperti yang dikemukakan oleh (Morisco, 1999), bahwa pemilihan bambu sebagai bahan bangunan dapat didasarkan seperti pada harga yang relatif rendah, pertumbuhan cepat, mudah ditanam, mudah dikerjakan, serta keunggulan spesifik yaitu serat bambu memiliki sifat mekanik yang baik dan rasio yang tinggi antara kekuatan dan berat.



Gambar 1.2 Grafik tegangan regangan bambu dan baja (Morisco, 1999)

Pelat dengan dinding rajutan bambu merupakan struktur penahan beban lateral yang bisa dilaksanakan di daerah yang pada keadaan dimana harga besi lebih mahal dari pada bambu. Dengan adanya rajutan bambu maka disitu akan terjadi *interlocking* antara tulangan

bambu dengan beton . Mekanisme ini terbentuk karena adanya interaksi antara tingkat kekasaran tulangan dengan matriks beton disekitarnya.

Kuat lekat merupakan salah satu kombinasi kemampuan antara tulangan dan beton untuk menahan gaya-gaya yang dapat menyebabkan lepasnya lekatan antara batang tulangan dan beton (Lutz, L.A.; Gergerly, P.; Winter, G., 1966). Gaya lekat terus meningkat seiring bertambahnya diameter tulangan, hal ini disebabkan karena gaya lekat merupakan luas bidang singgung dikalikan dengan tegangan lekat penjangkaran.

1.2. Identifikasi Masalah

Bambu merupakan material yang memiliki kuat tarik yang hampir sama dengan baja namun sifatnya lebih getas dan bambu tidak memiliki tegangan leleh. Rajutan bambu juga dipakai untuk mengatasi *slip* yang terjadi terhadap aksi komposit beton dengan bambu.

Penelitian ini akan membuktikan bagaimana sebuah alternatif pemakaian tulangan rajutan bambu menjadi pengganti baja untuk dijadikan tulangan penahan momen pelat beton.

1.3. Rumusan Masalah

Beberapa rumusan masalah yang mendasari penelitian ini adalah:

1. Bagaimanakah respon lentur beton dengan rajutan tulangan bambu untuk membuktikan bahwa tulangan rajutan bambu memiliki kemampuan menahan *slip*?
2. Bagaimanakah perbandingan kekakuan lentur antara pelat beton dengan rajutan tulangan bambu dan pelat beton dengan tulangan baja?
3. Bagaimanakah efek dari momen aksial dan efek P-delta pada pelat beton dengan tulangan bambu jika diberikan beban bertahap dan beban aksial?
4. Berapakah nilai beban maksimum yang bisa ditahan pelat beton dengan rajutan tulangan bambu.

1.4. Tujuan

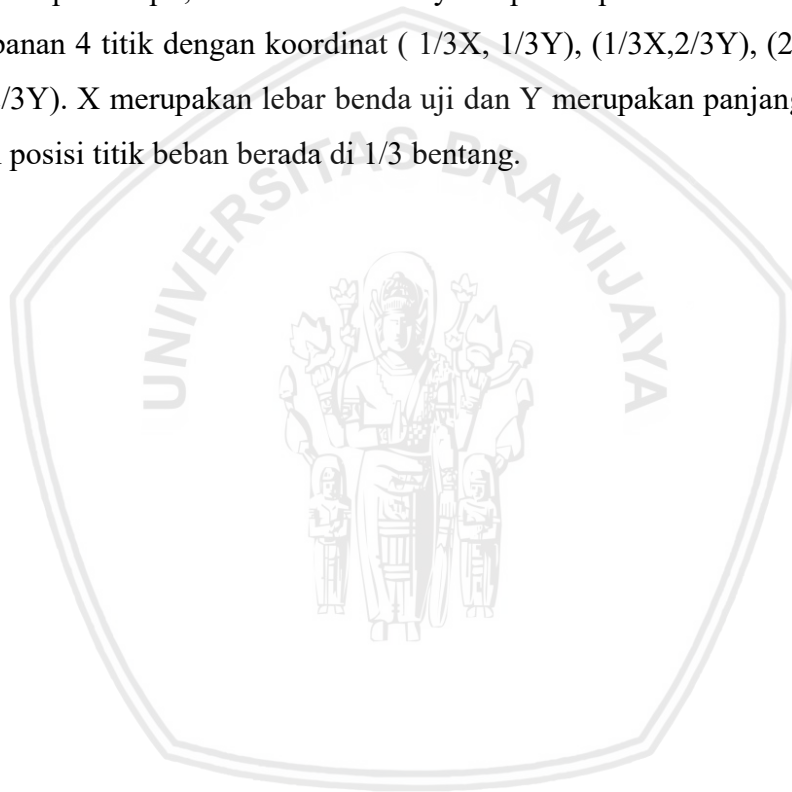
Penelitian ini bertujuan untuk:

1. Mendapatkan respon lentur pelat beton dengan tulangan rajutan bambu yang mampu menahan *slip*.
2. Mendapatkan nilai kekakuan lentur pelat beton dengan tulangan bambu dan baja.
3. Mendapatkan bukti bahwa ada efek dari momen aksial dan efek P-delta saat pelat beton dengan tulangan bambu diberikan beban bertahap dan beban aksial.
4. Mendapatkan nilai beban maksimum yang bisa ditahan pelat beton dengan tulangan bambu.

1.5. Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah :

1. Jenis bambu yang dipakai sebagai tulangan adalah bambu ori yang berasal dari kabupaten Trenggalek.
2. Jenis tanah merupakan tanah lunak dengan berat jenis $1,37 \text{ g/cm}^3$ (Hardiyatmo, 2002, hal. 5).
3. Input beban tanah berlaku untuk tekanan tanah aktif.
4. Tegangan tarik bambu yang dipakai adalah tegangan tarik bambu tanpa ruas
5. Tipe tumpuan benda uji adalah kedua sisi dengan tumpuan Sendi, satu sisi lainnya dengan tumpuan Jepit, dan Satu sisi lainnya tanpa tumpuan.
6. Pembebanan 4 titik dengan koordinat $(\frac{1}{3}X, \frac{1}{3}Y)$, $(\frac{1}{3}X, \frac{2}{3}Y)$, $(\frac{2}{3}X, \frac{1}{3}Y)$, $(\frac{2}{3}X, \frac{2}{3}Y)$. X merupakan lebar benda uji dan Y merupakan panjang benda uji. Dengan posisi titik beban berada di $\frac{1}{3}$ bentang.



BAB II LANDASAN TEORI

2.1. Teori Tentang Beban Tanah

Tekanan tanah lateral adalah gaya yang ditimbulkan oleh dorongan tanah di belakang struktur penahan tanah. Bagian bangunan yang menahan tanah harus direncanakan untuk dapat menahan tekanan tanah sesuai dengan ketentuan yang ada. Besarnya tekanan tanah dalam arah lateral akibat tanah longsor/jugrug untuk dinding rumah ditentukan oleh besarnya koefisien tekanan tanah aktif.

Ada beberapa teori yang dapat digunakan untuk menganalisis besarnya tekanan-tekanan tanah lateral tersebut. Beberapa anggapan dalam analisis tekanan tanah menggunakan teori Rankine, adalah:

1. Tanah adalah bahan yang isotropis, homogen, dan tak berkohesi.
2. Permukaan bidang longsor bersudut 90° dengan horisontal (dasar dinding penahan tanah)
3. Tanah yang longsor (yang berbentuk baji) merupakan satu kesatuan (*rigid body*).
4. Sudut tanah timbunan dengan horisontal (β) sama dengan sudut tekanan tanah aktif dengan normalnya.
5. Keruntuhan pada struktur penahan tanah dianggap sebagai masalah dua dimensi dengan memperhatikan panjang satuan dari dinding penahan yang panjangnya tak terhingga.

Teori dari Rankine tentang koefisien tekanan tanah aktif dan pasif dapat ditulis dengan persamaan 2-1 dan 2-2:

$$k_a = \frac{\cos \beta - \sqrt{\cos^2 \beta - \cos^2 \phi}}{\cos \beta + \sqrt{\cos^2 \beta - \cos^2 \phi}} \quad \dots\dots\dots (2-1)$$

$$\text{Tekanan tanah aktif } (P_a) = H \cdot \gamma \cdot k_a \quad \dots\dots\dots (2-2)$$

dengan :

- k_a : Koefisien tekanan tanah aktif
- β : Sudut kemiringan tanah timbunan
- ϕ : Sudut geser dalam tanah
- γ : Berat jenis tanah

2.2 Teori Tentang Tumbukan Tidak Elastis Sama Sekali

$$\bar{p} = m\bar{v} \dots\dots\dots (2-3)$$

$\vec{p}$ = momentum (kg m/s)
 m = massa benda (kg)
 $\vec{v}$ = kecepatan benda (m/s)


$$v_2' = v_1' \dots\dots\dots (2-4)$$

Gaya akibat beban tanah longsor yang diberikan pada struktur dinding merupakan beban tumbukan tidak elastis sama sekali dengan nilai $e = 0$. Dengan menggunakan persamaan 2-5 maka didapatkan :

$$\mathbf{v}' = \frac{m_1 \mathbf{v}_1}{m_1 + m_2} \dots\dots\dots (2-5)$$

$$v' = \frac{m \cdot v_1}{2m} \dots\dots\dots(2-6)$$

$$v' = \frac{1}{2} v_1 \dots\dots\dots(2-7)$$

2.3. Teori Tentang Beton

Pengertian Umum Beton merupakan suatu bahan komposit (campuran) dari beberapa material, yang bahan utamanya terdiri dari medium campuran antara semen, agregat halus, agregat kasar, air serta bahan tambahan lain dengan perbandingan tertentu. Karena beton merupakan bahan komposit, maka kualitas beton sangat tergantung dari kualitas masing-masing material pembentuk (Tjokrodinuljo, 1995).

2.3.1. Semen portland

Semen portland merupakan bubuk halus yang diperoleh dengan menggiling klinker (yang didapat dari pembakaran suatu campuran yang baik dan merata antara kapur dan bahan-bahan yang mengandung silika, alumina, dan oksida besi), dengan batu gips sebagai bahan tambah dalam jumlah yang cukup. Bubuk halus ini bila dicampur dengan air, setelah beberapa waktu dapat menjadi keras dan digunakan sebagai bahan ikat hidrolis.

Jenis semen portland dapat digolongkan kedalam 5 jenis berdasarkan penggunaannya (SNI 03-1750-1990, hal. 2), yaitu sebagai berikut :

- 1.) Tipe I, semen portland yang dalam penggunaannya tidak memerlukan persyaratan khusus seperti jenis-jenis lainnya.
- 2.) Tipe II, semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat dan panas hidrasi sedang.
- 3.) Tipe III, semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan awal yang tinggi dalam fase permulaan setelah pengikatan terjadi.
- 4.) Tipe IV, semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan panas hidrasi yang rendah.
- 5.) Tipe V, semen portland yang memerlukan ketahanan yang tinggi terhadap sulfat.
- 6.) Semen PPC (Portland Pozzoland Cement) adalah semen hidrolis yang terbuat dari penggilingan terak semen portland dengan gipsum dan bahan pozzoland.

2.3.2 Agregat kasar

Dalam (Subakti, 1994) menjelaskan, agregat kasar adalah agregat dengan besar butir lebih besar dari 4,75 mm. Agregat kasar dapat berupa kerikil, batu pecah, terak tanur tiup atau beton semen – hidrolis yang dipecah. Komposisi agregat kasar pada campuran beton sekitar 60% - 70 %.

Pada perencanaan pembuatan beton dengan kekuatan yang sesuai rencana dan mempunyai mutu yang baik, berarti bahwa beton harus memenuhi faktor kelecakan beton dan workabilitas tercapai (sifat pengerjaan beton yang mudah). Susunan butir agregat

berpengaruh pada sifat mudah tidaknya beton dikerjakan dan pemadatan beton segar. Gradasi agregat yang baik akan memberikan tingkat yang optimal untuk mendapatkan kedalaman dan kekuatan tekan beton yang maksimum.

Tabel 2.1
Batasan Gradasi Untuk Agregat Kasar
(Maksimum 19 mm)

Ukuran Lubang Ayakan (mm)	Lolos Kumulatif (%)
38	100
19	100
9.6	45-75
4.8	30-60
2.4	22-42
1.2	15-35
0.6	8-28
0.3	4-12
0.15	2-6

Sumber : SNI 03-1750-1990

2.3.3. Agregat halus

Agregat halus adalah agregat dengan besar butir dibawah 4,75 mm. Agregat halus dapat berupa pasir alam, pasir olahan atau gabungan dari kedua jenis pasir tersebut. Batas gradasi agregat halus sesuai SNI 03-1750-1990 dapat dilihat pada tabel 2.2.

Tabel 2.2
Batasan Gradasi Agaregat Halus

Lubang Ayakan	Persen bahan butiran yang lewat ayakan			
	Daerah I	Daerah II	Daerah III	Daerah IV
10	100	100	100	100
4,8	90-100	90-100	90-100	95-100
2,4	60-95	75-100	85-100	95-100
1,2	30-70	55-90	75-100	90-100
0,6	15-34	35-59	60-79	80-100
0,3	5-20	8-30	12-40	15-50

Keterangan : Daerah I : Pasir kasar Daerah III : Pasir agak halus
Daerah II : Pasir agak kasar Daerah IV : Pasir halus

(Sumber : SNI 03-1750-1990)

2.3.4. Air

Dalam pembuatan beton, air merupakan salah satu faktor penting, karena air dapat bereaksi dengan semen, yang akan menjadi pasta pengikat agregat. Air juga berpengaruh terhadap kuat desak beton, karena kelebihan air akan menyebabkan penurunan pada kekuatan beton itu sendiri. Adapun persyaratan untuk jenis air yang bisa untuk digunakan pada campuran beton sebagai berikut:

1. Air tidak mengandung lumpur atau benda melayang lainnya lebih dari 2gr/lit.
2. Air yang digunakan tidak mengandung garam-garam yang bisa merusak beton (asam, zat organik dan sebagainya).
3. Air tidak boleh mengandung klorida (Cl) lebih dari 0,5 gr/lit
4. Tidak boleh mengandung senyawa-senyawa sulfat lebih dari 1 gr/lit yang bisa menurunkan kualitas pada beton.

2.4. Teori Tentang Analisa Pelat Dua Arah Sebagai Penahan Lentur

Sistem pelat dua arah mempunyai perbandingan bentang panjang terhadap bentang pendek (l_y/l_x) antara 1,0 hingga 2,0.

$$1,0 \leq \frac{l_y}{l_x} \leq 2,0 \quad \dots\dots\dots (2-8)$$

Beberapa metoda dapat digunakan untuk menganalisis pelat jenis ini, diantaranya :

- metoda koefisien momen,
- metode disain langsung (*direct design method*),
- metode portal ekivalen (*equivalent frame method*),
- metoda garis leleh (*yield line method*).

2.4.1. Penulangan pelat

Penempatan tulangan pada sistem pelat dua arah, sesuai dengan sifat beban dan kondisi tumpuannya, harus memenuhi ketentuan sebagai berikut :

1. Luas tulangan pelat pada masing-masing arah dari sistem pelat dua arah ditentukan dengan meninjau momen-momen pada penampang kritis tapi tidak boleh kurang daripada yang disyaratkan.
2. Spasi tulangan pada penampang kritis tidak boleh lebih daripada dua kali tebal pelat kecuali untuk bagian pelat yang berada pada daerah rongga atau rusuk.
3. Tulangan momen positif yang tegak lurus tepi tak-menerus harus diteruskan hingga mencapai tepi pelat dan ditanam, dapat dengan kaitan, minimum sepanjang 150 mm ke dalam balok tepi, kolom, atau dinding.

4. Tulangan momen negatif yang tegak lurus tepi tak-menerus harus dibengkokkan atau diangkur pada balok tepi, kolom, atau dinding, sesuai dengan ketentuan mengenai panjang penanaman.

2.4.2. Tebal minimum pelat dua arah

Pelat Lentur dua arah dapat diibaratkan balok balok bersilangan pada seluruh bidang pelat. Pada setiap titik persilangan harus dipenuhi persyaratan kompatibilitas lenturan dan rotasi. (Dewi, S.M., 2009).

Tebal minimum pelat tanpa balok interior yang menghubungkan tumpuan-tumpuannya dan mempunyai rasio bentang panjang terhadap bentang pendek yang tidak lebih dari dua, harus memenuhi ketentuan Tabel 2.3 dan tidak boleh kurang dari nilai berikut :

- Pelat tanpa penebalan120 mm
- Pelat dengan penebalan100 mm

Tebal pelat minimum dengan balok yang menghubungkan tumpuan pada semua sisinya harus memenuhi ketentuan sebagai berikut :

- Untuk α_m yang sama atau lebih kecil dari 0,2, harus menggunakan Tabel 2.3.
- Untuk α_m lebih besar dari 0,2 tapi tidak lebih dari 2,0, ketebalan pelat minimum harus memenuhi :

$$h = \frac{\ell_n \left(0,8 + \frac{f_y}{1500} \right)}{36 + 5\beta(\alpha_m - 0,2)} \dots\dots\dots (2-9)$$

- dan tidak boleh kurang dari 120 mm
- Untuk α_m lebih besar dari 2,0, ketebalan pelat minimum tidak boleh kurang dari:

$$h = \frac{\ell_n \left(0,8 + \frac{f_y}{1500} \right)}{36 + 9\beta} \dots\dots\dots (2-10)$$

- dan tidak boleh kurang dari 90 mm

dengan :

α = rasio kekakuan lentur penampang balok terhadap kekakuan lentur pelat dengan lebar yang dibatasi secara lateral oleh garis-garis sumbu tengah dari panel - panel yang bersebelahan (bila ada) pada tiap sisi balok.

α_m = nilai rata-rata α untuk semua balok pada tepi-tepi dari suatu panel

- β = rasio bentang bersih dalam arah memanjang terhadap arah memendek dari pelat dua arah
- l_n = panjang bentang bersih dalam arah memanjang dari konstruksi dua arah, diukur dari muka-ke-muka tumpuan pada pelat tanpa balok dan muka-ke-muka balok atau tumpuan lain pada kasus lainnya (mm).

Pada tepi yang tidak menerus, balok tepi harus mempunyai rasio kekakuan α tidak kurang dari 0,8 atau sebagai alternatif ketebalan minimum yang ditentukan pers. (2-9) atau pers. (2-10) harus dinaikan paling tidak 10% pada panel dengan tepi yang tidak menerus.

Tabel 2.3
Tebal minimum untuk pelat dua arah

Tegangan leleh f_y	Tanpa penebalan			Dengan penebalan		
	Panel luar		Panel dalam	Panel luar		Panel dalam
	Tanpa balok pinggir	Dengan balok pinggir		Tanpa balok pinggir	Dengan balok pinggir	
300	$l_n/33$	$l_n/36$	$l_n/36$	$l_n/36$	$l_n/40$	$l_n/40$
400	$l_n/30$	$l_n/33$	$l_n/33$	$l_n/33$	$l_n/36$	$l_n/36$
500	$l_n/28$	$l_n/31$	$l_n/31$	$l_n/31$	$l_n/34$	$l_n/34$

(Sumber : SNI Beton 03-2847-2002)

2.4.3 Metode kerja maya

Pada kasus pelat atau beban tidak simetris, metode keseimbangan umumnya lebih sulit karena melibatkan arah dari gaya lintang, beban dan momen. Sebagai alternatif digunakan metode energi atau menggunakan metode kerja maya. Prinsip dari metode kerja maya adalah : hukum kekekalan energi akibat suatu perpindahan maya. Berdasarkan hukum ini, jumlah kerja oleh beban akan sama dengan jumlah kerja oleh rotasi momen plastis akibat perpindahan maya. (Dewi, S.M., 2009)

Tepi-tepi pelat dapat dianggap terletak bebas, terjepit penuh, atau terjepit elastis pengertiannya sebagai berikut :

- Terjepit penuh terjadi apabila bagian pelat tersebut menjadi satu kesatuan monolit dengan tumpuan yang relatif kaku, yang memungkinkan pelat tersebut tidak dapat mengalami putaran sudut pada tumpuannya.
- Terjepit elastis terjadi apabila bagian pelat tersebut menjadi satu kesatuan monolit dengan tumpuan yang relatif tidak terlalu kaku, yang memungkinkan pelat tersebut mengalami putaran sudut pada tumpuannya.

Dengan mengacu pada kondisi tumpuan dari ke-empat sisi pelat dan perbandingan l_y/l_x , maka momen per lebar satuan dalam arah bentang pendek (M_{tx} dan M_{lx}) dan bentang panjang (M_{ty} dan M_{ly}), dapat dihitung dari rumus 2-11 :

$$M = X \cdot q_u \cdot l_x^2 \quad \dots\dots\dots(2-11)$$

dengan :

q_u : beban merata terfaktor

X : koefisien momen, dimana nilainya tergantung dari perbandingan l_y/l_x dan kondisi tumpuan pelat, dibaca dari Tabel (2.4)

l_x : panjang bentang dalam arah x (sisi pendek)

w : Lendutan / defleksi maksimum

Tabel 2.4
Momen di tengah bentang pelat akibat beban hidrostatik

b/a	X = a/2 , y = b		X = a/2 , y = b/2		
	w	Mx	w	Mx	My
1/2	0.00230qa ⁴ /D	0.0197 qa ²	0.00135qa ⁴ /D	0.145 qa ²	0.0120 qa ²
2/3	0.00304qa ⁴ /D	0.0265 qa ²	0.00207 qa ⁴ /D	0.0220 qa ²	0.0156 qa ²
1	0.00368qa ⁴ /D	0.0325 qa ²	0.00313 qa ⁴ /D	0.0331 qa ²	0.0214 qa ²
1,5	0.00347qa ⁴ /D	0.0308 qa ²	0.00445 qa ⁴ /D	0.0453 qa ²	0.0231 qa ²
2	0.00291qa ⁴ /D	0.0258 qa ²	0.00533 qa ⁴ /D	0.0529 qa ²	0.0222 qa ²

(sumber : Timoshenko, Theory of Plates and Shells)

2.4.4. Tulangan bambu sebagai tulangan pelat beton

Untuk merencanakan elemen struktur beton bertulang sebaiknya menggunakan prinsip *under reinforced*, yaitu beton mengalami runtuh setelah tulangan mengalami leleh supaya bisa mengetahui bahwa beban harus dikurangi atau jika tidak struktur akan rusak parah. Jika beban ditingkatkan lebih jauh lagi, retak tarik akan menjadi lebih besar lagi dan pada akhirnya beton tekan akan mengalami kelebihan tegangan dan runtuh. Bambu tidak memiliki fase leleh sehingga beton mengalami runtuh saat tegangan bambu belum mencapai tegangan maksimum.

$$\sigma_{maks} = \frac{P_{maks}}{A} \dots\dots\dots(2-12)$$

dengan :

P_{maks} = kuat tarik bambu, (N).

A = luas penampang tulangan bambu, (mm²).

σ_{maks} = tegangan maksimal bambu, (MPa).

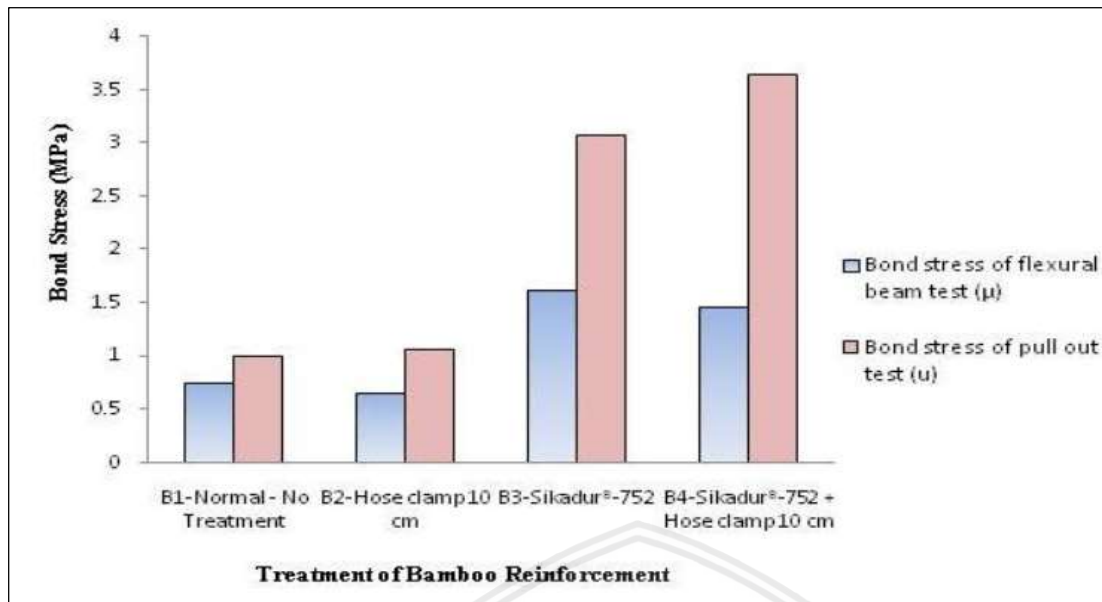
2.4.5. Tegangan Lekat

Tegangan lekat merupakan kombinasi kemampuan antara baja tulangan dan beton yang menyelimutinya dalam menahan gaya-gaya yang dapat menyebabkan lepasnya lekatan antara baja tulangan dan beton

Pada beban yang relatif kecil tulangan slip terhadap beton sekelilingnya, selanjutnya hanya ada friksi yang mampu menahan lekatan antara beton dan tulangan dimana friksi tergantung pada kondisi permukaan tulangan (Park, R; Paulay, T, 1974). kuat lekat antara baja tulangan dan beton yang membungkusnya dipengaruhi oleh faktor :

1. Adesi antara elemen beton dan bahan penguatnya yaitu tulangan baja.
2. Efek (memegang) sebagai akibat dari susut pengeringan beton di sekeliling tulangan, dan saling geser antara tulangan dengan beton di sekelilingnya.
3. Efek kualitas beton dan kekuatan tarik dan tekannya.
4. Efek mekanis penjangkaran ujung tulangan.
5. Diameter tulangan.

Tegangan lekatan merupakan saling geser (*shear interlock*) antara elemen tulangan dan beton di sekitarnya yang disebabkan oleh berbagai faktor lain. Efek ini dapat dinyatakan sebagai tegangan geser per satuan luas permukaan tulangan. Tegangan langsung ini ditransformasikan dari beton ke permukaan tulangan sehingga mengubah tegangan tarik tulangan di seluruh panjangnya (Untuk memperoleh nilai tegangan lekat rata – rata maka digunakan rumus (Nawi, 2009). Untuk melihat efek dari momen lentur pada tegangan lekat pada bambu yang dirajut maka akan dijelaskan (Muhtar, 2016) pada gambar 2.3.

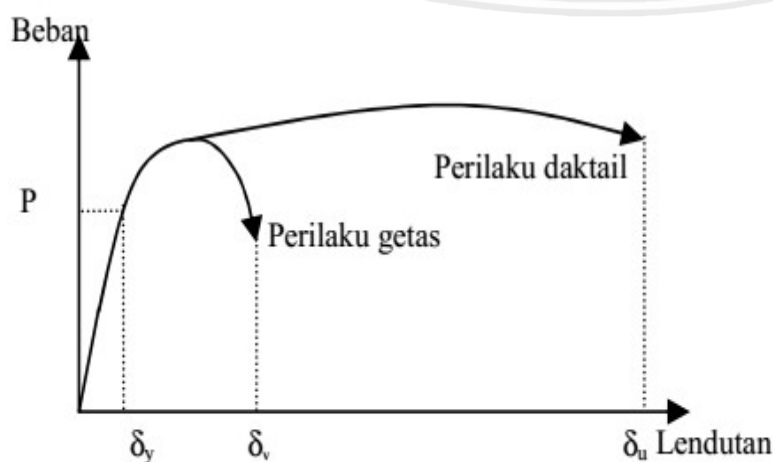


Gambar 2.3 Tegangan lekat bambu pada pada uji cabut dan uji balok lentur (sumber : Muhtar,2016)

Pada gambar 2.3 menerangkan bahwa penambahan klem dan sikadur pada tulangan bambu saat uji tarik memberikan tegangan lekat sebesar 50% dan secara keseluruhan tegangan lekat pada pengujian lentur lebih kecil dari pengujian *pull out*.

2.4.6. Daktilitas dan kekakuan struktur

Daktilitas didefinisikan sebagai deformasi maksimum dibagi dengan deformasi saat material mengalami leleh. Penggunaan faktor daktilitas memungkinkan deformasi maksimum untuk diekspresikan dalam istilah non-dimensi sebagai indeks deformasi *postelastik* untuk desain dan analisis. Faktor daktilitas sudah umum diekspresikan dalam berbagai parameter yang terkait dengan deformasi, yaitu pemindahan, rotasi, lekukan dan strain.



Gambar 2.4 Diagram beban lendutan beton bertulang

Kekakuan untuk struktur merupakan suatu yang penting. Pembatasan kekakuan berguna untuk menjaga konstruksi agar tidak melendut lebih dari lendutan yang disyaratkan. Kekakuan didefinisikan sebagai gaya yang diperlukan untuk memperoleh satu unit perpindahan. Nilai kekakuan merupakan sudut kemiringan dari hubungan antara beban dan lendutan. Makin kaku suatu struktur makin besar nilai kekakuannya. (Anwar, Naveed;, 2015).

Momen kurvatur merupakan sudut yang dibentuk dari kemiringan regangan tulangan dan beton (Park, R; Paulay, T, 1974) yang ditunjukkan pada persamaan 2.13.

$$\phi = \frac{(\epsilon_s + \epsilon_c)}{d} \dots\dots\dots (2-13)$$

Dan kekakuan merupakan rasio antara momen ultimate dan kurvatur yang ditunjukkan pada persamaan 2.14.

$$EI = \frac{M}{\phi} \dots\dots\dots (2-14)$$

dengan :

- ϕ : Momen kurvatur (rad/m)
- ϵ : regangan (%)
- EI : Kekakuan lentur

2.4.7. Momen tahanan pelat.

Berdasarkan pedoman (ACI Comittee, 1995) besarnya beban terfaktor ditunjukkan pada persamaan 2-15.

$$U = 1,4D + 1,7L \dots\dots\dots(2-15)$$

dengan :

- U = beban ultimate
- D = beban mati
- L = beban hidup

Persamaan selanjutnya untuk mengetahui besar momen nominal pelat yaitu terlebih dulu menghitung momen tahanan pelat (R, Park; William L., Gamble;, 2000) dengan menggunakan persamaan 2-16.

$$Mr = \phi A_s F_y \left(d - 0,59 A_s \frac{f_y}{f'_c} \right) \dots \dots \dots (2-16)$$

dengan :

- Mr : Momen tahanan
- ϕ : Faktor reduksi
- A_s : Luas penampang tulangan
- F_y : Kuat tarik besi beton
- F'_c : Kuat tekan beton

2.5. Efek P- delta

Pada Struktur kolom atau dinding, bekerja gaya aksial (P) karena beban sendiri dan gaya lateral (H) yang dapat terjadi karena beban gempa atau beban angin. Akibat gaya lateral, elemen kolom akan mengalami defleksi lateral, elemen kolom akan mengalami defleksi lateral (Δ), dengan demikian gaya aksial yang bekerja bergeser terhadap titik awal dalam arah lateral. Pada keadaan demikian, dinding akan mendapat momen lentur tambahan (momen sekunder). Kondisi struktur yang seperti ini disebut sebagai efek P – delta.

Efek P – delta akan membesar antara lain jika terjadi penambahan berat struktur. Hal ini disebabkan berat struktur akan mempengaruhi sifat beban gempa (H) dan gaya aksial (P). Dari hukum newton diketahui bahwa gaya merupakan hasil kali antara massa dan percepatan ($F=m.a$).

Jika sebuah elemen struktur menerima gaya aksial sentris atau melalui titik berat penampang, akan memberikan pengaruh tegangan yang merata pada seluruh penampangnya. Tegangan dalam merupakan superposisi akibat gaya aksial N dan momen lentur M, atau dapat dituliskan dengan persamaan (2-17):

$$\sigma_{xx} = \frac{N}{A} - \frac{M_z Y}{I_{zz}} \dots \dots \dots (2-17)$$

2.6. Hasil Penelitian Terdahulu

1. Jurnal oleh (Rohman, N.; Setia Budi, A.; Rismunarsi, E., 2016) dengan judul “kuat lentur balok beton bertulang ori takikan tipe U dengan jarak takikan 10 cm”. Hasilnya adalah :
 - Ditinjau dari Kuat lenturnya, Kuat lentur balok bertulangan bambu Ori takikan tipe U dengan jarak takikan 10 cm lebar 10 mm sebesar 4,442 N/mm², dan balok bertulangan bambu Ori takikan tipe U dengan jarak takikan 10 cm lebar 20 mm sebesar 4,447 N/mm². Pada balok bertulangan baja polos diameter 8 mm sebesar 11,669 N/mm²
2. Jurnal oleh (Veronika, M.; Nuralina, D.; Pujiraharjo, A., 2017) berjudul “Uji Tarik dan Pengaruh Variasi Pola Pilinan Bambu terhadap Kuat Lekat Balok Beton” .Hasilnya adalah :

- Kuat lekat dari tulangan bambu akan berbanding lurus dengan gaya cabut yang diperoleh dari pengujian. Kuat lekat bambu dapat dicari ketika tulangan terputus saat dilakukan pengujian pull out. Enam dari delapan sampel yang dilakukan pengujian tidak terjadi pergeseran atau tercabut melainkan langsung putus ketika mencapai beban maksimum. Keruntuhan tarik berasal dari enam sampel bambu pilin sedangkan dua sampel tulangan tanpa dipilin yang digunakan sebagai kontrol tercabut saat dilakukan pengujian. Sehingga untuk tulangan bambu pilin kuat lekatnya belum dapat diketahui, namun dapat dicari tegangan tarik yang terjadi. Untuk tulangan balok kontrol tanpa pilinan didapatkan hasil tegangan lekat sebesar 11,18 MPa. Untuk tulangan bambu pilin didapatkan kuat tarik maksimum sebesar 84,85 MPa untuk pola 1 (kepang rambut)

3. jurnal oleh (Agus , H;, 2006) berjudul “Perbedaan Hubungan Momen-Kurvatur Pada Balok Beton Tulangan Bambu Serat Kaca Polymer Dengan Balok Beton Tulangan Baja”. Dengan hasil sebagai berikut :

- Benda uji dalam penelitian ini berupa balok panjang 1200 mm x 100 mm x 150 mm dengan tulangan bambu ori 7 mm x 7 mm x 1170 mm dan tulangan baja polos Ø8 mm sebagai balok pembandingan.
- Momen kapasitas diperoleh sebesar 2,8x10⁵ kg.mm.
- mengalami kurvatur 10,1575x10⁻⁵ rad/mm saat momen 2,8x10⁶ N.mm.
- Daktilitas kurvatur sebesar 1,9.

2.7. Analisa Data Awal

2.7.1. Kontrol tebal pelat minimum

Perencanaan ketebalan pelat beton diatur dalam SNI BETON 03-2847-2002, sebagaimana analisa berikut ini :

$$h_{max} \leq \frac{\ln(0,8 + \frac{f_y}{1500})}{36 + 5\beta(a-0,2)} \quad h_{min} \leq \frac{\ln(0,8 + \frac{f_y}{1500})}{36 + 9\beta} \quad \dots\dots\dots (2-18)$$

Dengan :

h = ketebalan pelat
ln = panjang terpanjang bentang
Fy = mutu baja tulangan (Mpa)

$\beta \leq \frac{l_y}{l_x}$ (rasio bentang bersih , arah memanjang terhadap arah pendek)

$$\alpha = (E_{cb} \times I_b) / (E_{cp} \times I_p) \\ = (0.04) / (1) = 0.04$$

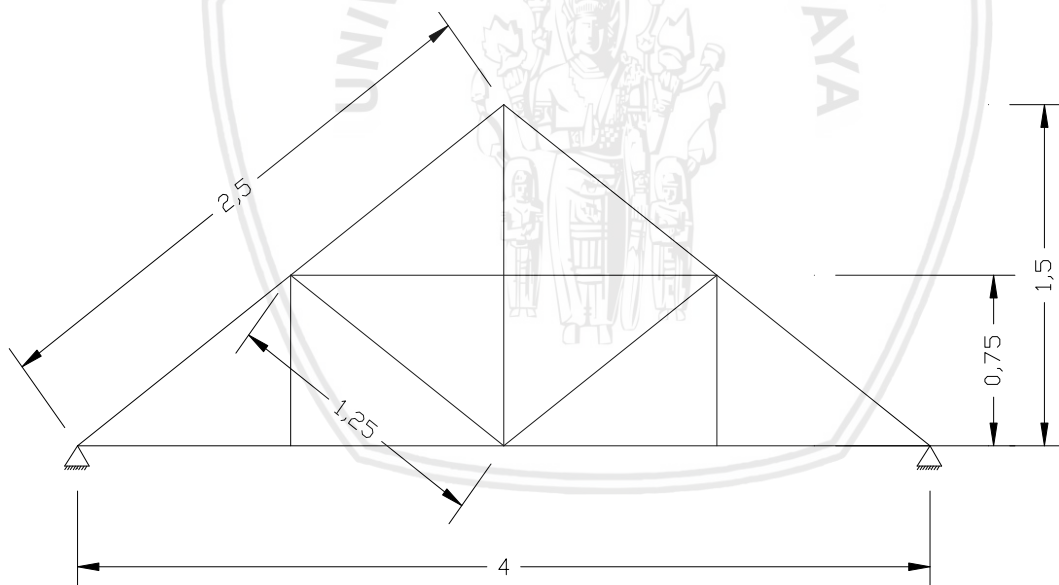
Oleh karena nilai α Lebih kecil dari 0,2 maka tebal minimum pelat menggunakan tabel 2.3, sehingga didapatkan tebal minimum pelat = $1/36 \ln = 1/36 \times 1 = 0,0277 \text{ m} = 2,77 \text{ cm}$

2.7.3. Pembebanan

Pembebanan saat pengujian memiliki beberapa ketentuan sehingga menjadi pemodelan yang hasilnya mendekati kondisi eksisting, diantaranya

1. Tumpuan pelat yaitu menggunakan Sendi untuk sisi yang berhadapan, jepit untuk sisi satunya, dan bebas ntuk sisi lainnya
2. Posisi pelat diletakkan secara tertidur untuk memudahkan pengujian
3. Ada tambahan pembebanan dikarenakan adanya 4 silinder beton ukuran yang merupakan titik pembebanan dan 3 Balok pembagi sebagai pembagi beban.
4. Beban aksial merupakan beban merata yang berada pada ujung bebas pelat yang merupakan pemodelan beban atap.
5. *Loadcell* berada di 1/3 balok pembagi untuk pemodelan beban hidrostatik.

2.7.3.1 Pembebanan untuk beban aksial (Statis) pada ujung bebas pelat



Gambar 2.4 Pemodelan rangka atap

Diketahui :

- Berat Jenis kayu (kayu golongan II) : $0,75 \text{ ton/m}^3$

Perhitungan :

- Beban Mati

- Kuda Kuda:

$$0.12 \times 0.08 \times 2.5 \times 0.75 = 0.02 \text{ ton}$$

$$\begin{array}{rclclcl}
0.12 & \times & 0.08 & \times & 2.5 & \times & 0.75 & = & 0.02 & \text{ton} \\
0.12 & \times & 0.08 & \times & 1.5 & \times & 0.75 & = & 0.01 & \text{ton} \\
0.12 & \times & 0.08 & \times & 4 & \times & 0.75 & = & 0.03 & \text{ton} \\
0.12 & \times & 0.08 & \times & 1.25 & \times & 0.75 & = & 0.01 & \text{ton} \\
0.12 & \times & 0.08 & \times & 1.25 & \times & 0.75 & = & 0.01 & \text{ton} \\
0.12 & \times & 0.1 & \times & 2 & \times & 0.75 & = & 0.02 & \text{ton} \\
0.12 & \times & 0.1 & \times & 0.75 & \times & 0.75 & = & 0.01 & \text{ton} \\
0.12 & \times & 0.1 & \times & 0.75 & \times & 0.75 & = & 0.01 & \text{ton} \\
\hline
& & & & & & & & 0.13 & \text{ton} \\
& & & & & & & & 125.10 & \text{kg}
\end{array}$$

- untuk 1 titik = 62.55 kg

- Gording 1 tumpuan

$$0.12 \times 0.08 \times 3 \times 3 \times 0.75 = 64.8 \text{ kg}$$

- Berat Penutup atap

$$50 \text{ kg/m}^2 \times 2.5 \times 3 \times 50 = 375 \text{ kg}$$

- Beban hidup = 100 kg

$$= 602.35 \text{ kg}$$

Untuk Pemodelan 1/3 rasio beban menjadi = 200.78 kg

2.7.3.2 Pembebanan terfaktor

Mengacu pada ACI 1995, beban terfaktor untuk pelat beton harus memenuhi persamaan 2-22. sehingga didapatkan nilai beban terfaktor melalui perhitungan di bawah ini:

Beban mati pelat (D) :

- Berat sendiri pelat = 0.815 kN

- Berat silinder beban titik dan balok pembagi = 0.67 kN

$$= 1.485 \text{ kN/m}^2$$

Untuk benda uji pelat ukuran $p \times l = 1 \text{ m}^2$ maka beban mati pelat adalah 1.485 kN/m²

Beban Hidup pelat (L) :

(Beban hidup pelat merupakan tekanan lateral tanah pada pelat)

Diketahui $\gamma = 13,7 \text{ kN/m}^3$ dan sudut geser tanah = 30°

$$k_a = \frac{\cos \beta - \sqrt{\cos^2 \beta - \cos^2 \varphi}}{\cos \beta + \sqrt{\cos^2 \beta - \cos^2 \varphi}}$$

$$= 0,304$$

$$\begin{aligned}
 \text{Tekanan tanah aktif } (P_a) &= H \cdot \gamma \cdot k_a \\
 &= 1 \cdot 13,7 \cdot 0,304 \\
 &= 4,5 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

Maka dari kedua tekanan tanah di atas nilai terbesar yang digunakan acuan untuk beban hidup adalah tekanan tanah aktif (σ_a) = 4,5 kN/m².

$$\begin{aligned}
 Q &= 1,4D + 1,7L \\
 &= 1,4 \cdot 1,485 + 1,7 \cdot 4,5 \\
 &= 9,729 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

Nilai Momen arah X merupakan Momen terbesar yang digunakan sebagai beban momen ultimate (M_u) yang kemudian dijadikan acuan untuk perhitungan tegangan nominal tulangan dengan mengacu pada tabel 2.4. Di dalam penelitian ini dipakai tegangan nominal tulangan dikarenakan rasio penampang tulangan aktual yang lebih tinggi dari rasio penampang minimum sehingga dipastikan beton hancur dulu saat tulangan mengalami leleh.

Persamaan selanjutnya untuk mengetahui besar tegangan nominal pelat yaitu terlebih dulu menghitung momen tahanan pelat dengan menggunakan persamaan 2-16.

Tabel 2.5

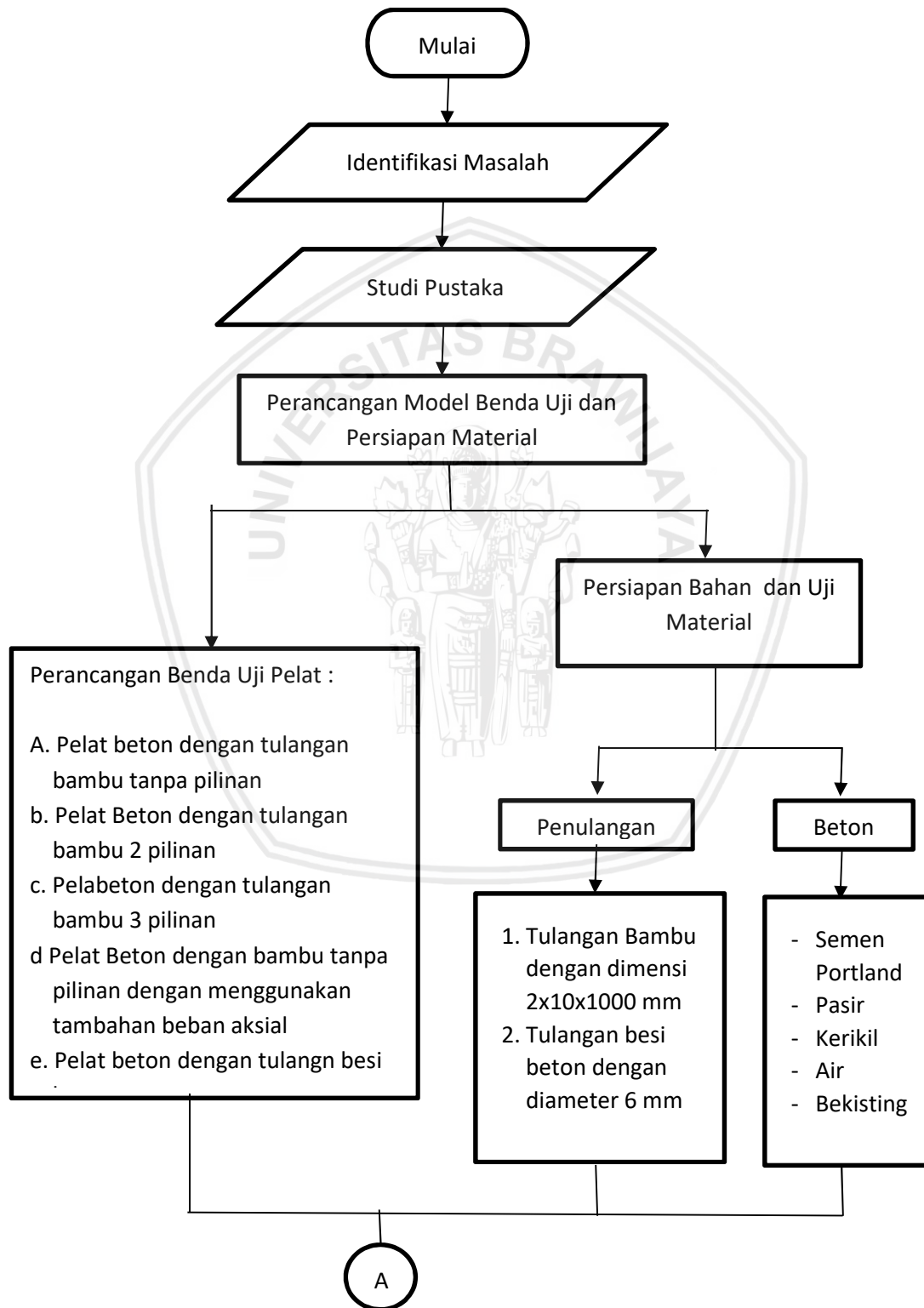
Rasio momen ultimate dan momen tahanan sebagai kontrol rasio penulangan dan beban maksimum yang bisa ditahan oleh pelat

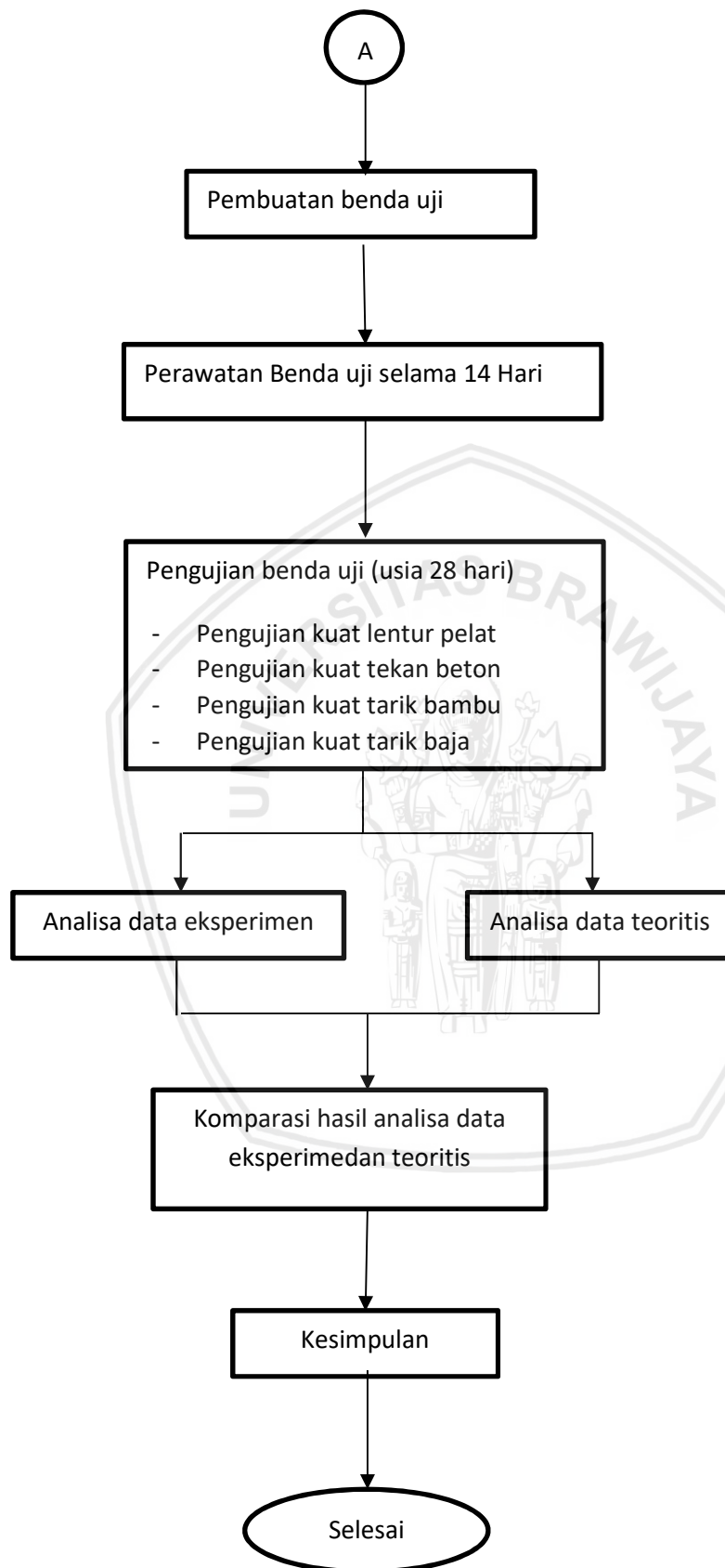
Benda Uji	As (m ²)	Fy kN/cm ²	F'c kN/cm ²	d m	Mr kN.m	Mu kN.m	Kontrol
BB1	0,0003	234400	20700	0,024	1,392065	0,322	Ok
BB2	0,0006	234400	20700	0,024	2,530434	0,322	Ok
BB3	0,0009	234400	20700	0,024	3,415109	0,322	Ok
BB1 + beban aksial	0,0003	234400	20700	0,024	1,392065	0,322	Ok
BJ	0,00028	257700	20700	0,024	1,425012	0,322	Ok

Dari analisa pada tabel 5.3 dapat disim

pulkan bahwa beban ultimate sebesar 9,729 kN/m² dengan beban hidup sebesar 4,5 kN/m² mampu ditahan oleh semua benda uji pelat yang telah direncanakan.

BAB III KERANGKA KONSEP PENELITIAN





Gambar 3.1 Diagram Alur Konsep Penelitian

3.1 Kerangka Konsep Penelitian Secara Umum

Untuk mengenalkan penelitian secara lebih mendalam, dan alasan penelitian ini dilaksanakan adalah sebagai berikut :

1. Kabupaten Trenggalek merupakan kawasan dengan banyak perbukitan yang rawan dan sering terjadi bencana tanah longsor dan tanah jugruk. Untuk memperkecil korban bencana tersebut perlu adanya pemodelan struktur bangunan yang bisa menahan gaya lateral akibat bencana tersebut.
2. Bambu merupakan material yang bisa digunakan sebagai alternatif pengganti tulangan baja dengan kuat tarik yang hampir sama. Bambu juga mudah didapatkan di wilayah Kabupaten Trenggalek.
3. Pelat beton dengan tulangan bambu dengan dimodelkan sebagai dinding bangunan merupakan model struktur yang bisa menahan beban lateral.
4. Untuk menghindari *bond slip* antara tulangan bambu dan beton maka perlu adanya pemodelan tulangan bambu yaitu dengan merajut menjadi 2 atau 3 rajutan, sehingga menambah daya lekat antara tulangan bambu dengan pelat beton.
5. Bambu memiliki elastisitas yang jauh lebih kecil daripada baja sehingga perlu adanya penelitian yang menunjukkan pengaruh elastisitas pada lendutan maupun beban maksimum pada pengujian lentur pelat beton.

3.2. Hipotesis

1. Adanya pengaruh rajutan pada tulangan bambu untuk memperkecil terjadinya *slip* antara tulangan dan beton.
2. Adanya pengaruh tegangan dalam dan efek $P - \Delta$ pada pelat bertulangan rajutan bambu dan baja
3. Pelat beton dengan tulangan baja memiliki kekakuan lentur lebih besar dari pada pelat beton dengan tulangan bambu

halaman ini sengaja dikosongkan



BAB IV METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pemodelan dinding rumah dengan tinggi 3 m dan lebar 3 m diperkecil dengan skala sebesar 1:3 untuk menyesuaikan lebar rangka baja tempat pengujian di Laboratorium. Hasil dari penelitian ini merupakan hasil analisis struktur pelat dengan menggunakan penelitian langsung dan perhitungan secara teoritis.

4.1. Lokasi Penelitian

Kegiatan dalam penelitian ini mulai dari penyiapan, pengolahan dan serta pengujian benda uji pelat beton dengan tulangan bambu ori dan baja dilakukan di Laboratorium Bahan dan Struktur Jurusan Teknik Sipil Universitas Brawijaya. Kegiatan pengujian benda uji tarik bambu ori dilaksanakan di Laboratorium Sains dan Teknologi Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Malang. Kegiatan pengujian kuat tarik baja dilaksanakan di Laboratorium Teknik Fakultas Teknik Universitas Negeri Malang

4.2. Alat dan Bahan

4.2.1. Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Alat untuk membuat benda uji .

Alat tersebut adalah parang, arit, mesin bubut, gergaji, klem, dongkrak hidrolik, penggaris/meteran.

2. Peralatan pengujian pendahuluan bambu .

Alat tersebut adalah alat uji tarik kayu, uji tekan, oven, timbangan .

3. Alat untuk menguji Pelat Beton Bertulangan Bambu .

Alat tersebut adalah Sel Beban, LVDT, *strain gauge*, dongkrak hidrolik, Indikator Beban.

4.2.2. Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah bambu Ori sebagai benda uji utama dan Baja sebagai benda uji pembanding. Bambu Ori yang akan digunakan diperoleh dari daerah Kabupaten Trenggalek.

4.3. Benda Uji

4.3.1. Benda uji pendahuluan

Pengujian pendahuluan dilakukan untuk mengetahui sifat fisika dan mekanika bahan yang dibuat berdasarkan ISO 3129-1975. Benda uji pendahuluan dibuat berdasarkan pengujian yang akan dilakukan.

4.3.2. Kuat tarik sejajar serat bambu

Pengujian kuat tarik sejajar serat bambu berdasarkan prosedur ISO 3346-1975 (E) dengan spesifikasi dan metode sebagai berikut :

1. Ukuran benda uji adalah 3 x 10 x 250 mm. UTM yang dipakai mempunyai kapasitas maksimum 20 Mpa.
2. Ditengah benda uji dibuat irisan lengkung setipis mungkin supaya terjadi kerusakan pengujian di daerah tersebut.
3. Terlebih dahulu kedua ujung benda uji amplas untuk menambah daya lekat pada kedua ujungnya saat proses uji tarik

Pengujian kuat tarik sejajar serat dan dihitung menggunakan 4-1:

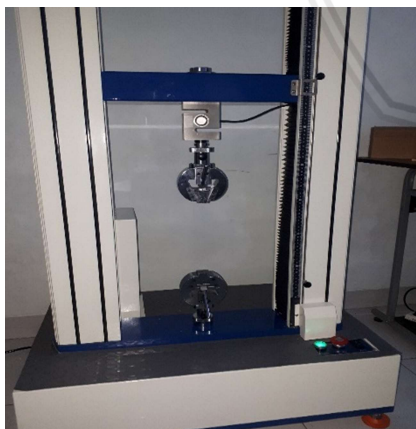
$$\sigma_{tr//} = \frac{P_{maks}}{A} \dots\dots\dots (4-1)$$

Dengan :

$\sigma_{tr//}$ = Kuat tarik sejajar serat (MPa)

P_{maks} = Gaya tarik maksimal bambu (N)

A = tebal x lebar = luas bidang yang tertarik (mm^2) dari benda uji.



(a)



(b)

Gambar 4.1 (a) UTM dengan kapasitas maksimum 40 MPa (b) Benda uji Bambu yang siap diuji tarik

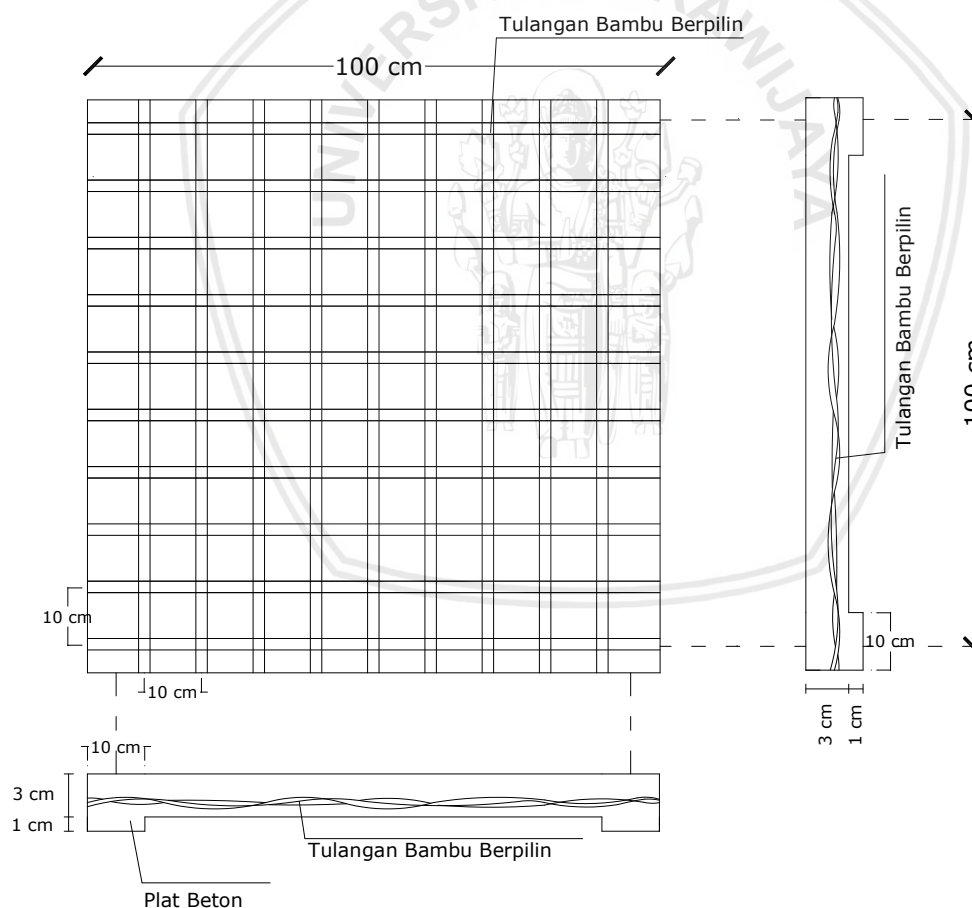
4.3.3. Benda uji pelat

Pengujian pada pelat bertulangan bambu dan baja memiliki karakteristik penulangan yang berbeda berdasarkan tabel 4.1.

Tabel 4.1

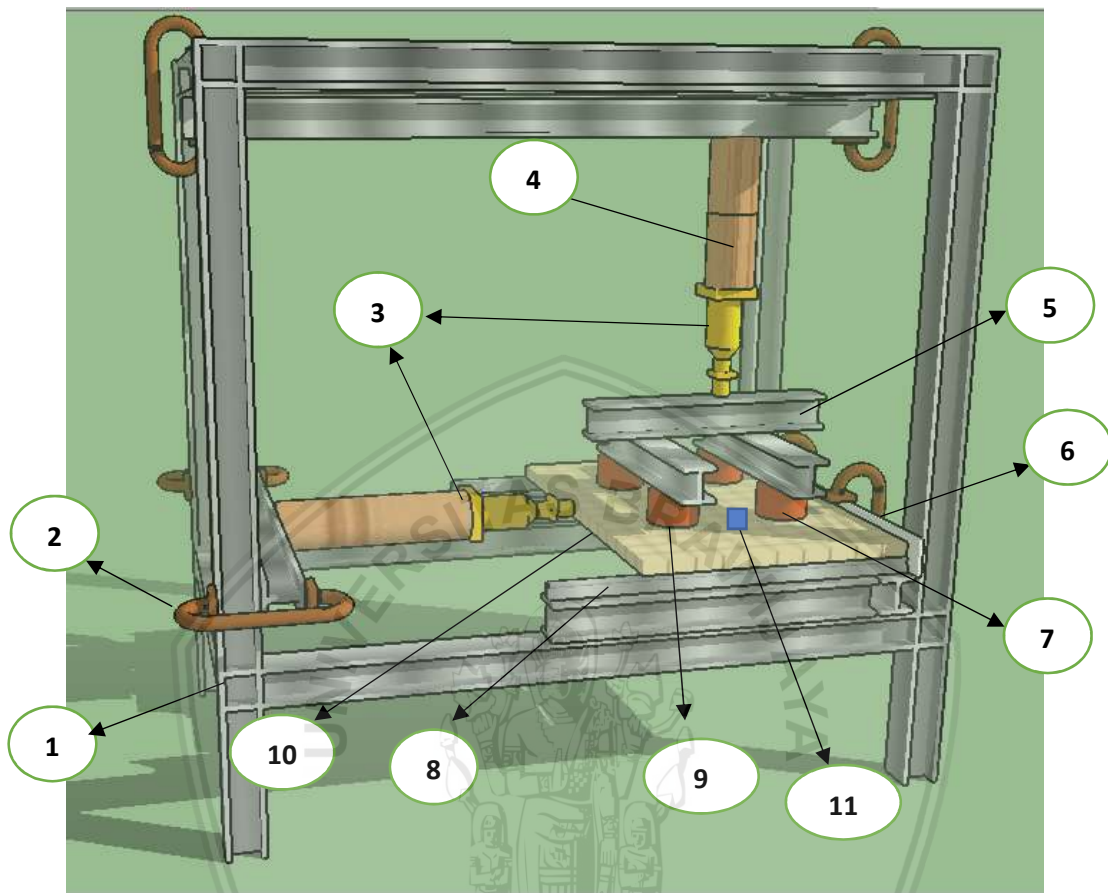
Karakteristik Benda Uji Pelat

	Pelat Bertulangan Bambu			Pelat Tul. Baja
Benda Uji Pelat	1 x 1 x 0.03 m			
Jarak antar Tul.	10 cm	10 cm	10 cm	10 cm
Penampang Tul.	1 cm x 3 mm	1 cm x 3 mm	1 cm x 3 mm	Ø 6 mm
Jumlah Rajutan	1	2	3	-
Jumlah Benda Uji	6	3	3	3



Gambar 4.2 (a) Rencana Benda Uji Pengujian

4.4. Tata Letak Pengujian



Gambar 4.3 Tata Letak Pengujian

Keterangan:

- | | |
|-------------------|-------------------------|
| 1. Rangka Baja | 7. Beban Titik |
| 2. Pengekang | 8. Tumpuan Sendi |
| 3. Sel beban | 9. Benda Uji |
| 4. Silinder Beton | 10. LVDT |
| 5. Balok Pembagi | 11. <i>strain gauge</i> |
| 6. Tumpuan Jepit | |

4.5. Metode Penelitian

Beberapa tahapan untuk mempersiapkan benda uji adalah sebagai berikut :

1. Pembuatan bekisting pelat dengan ukuran (104 x 104 x 3) cm dari bahan multiplek dan kayu.
2. Pemotongan bambu dengan dimensi (104 x 10 x 2) mm untuk tulangan.

3. Jumlah potongan bambu tanpa rajutan yang dibutuhkan dalam sebuah pelat adalah $9 \times 9 = 81$ bilah
4. Proses pemilinan bambu adalah sebagai berikut :
 - Ujung bambu di pasang dan ditekuk kedua ujungnya pada salah satu titik di tumpuan dengan jarak 1 cm agar tetap menjaga jarak selimut beton dengan jarak 1 cm dari tulangan.
 - Proses pemilinan bambu baik yang berjumlah 2 atau 3 dirajut secara manual dengan sebisa mungkin mendapatkan banyak rajutan dalam satu proses, agar terjadi *interlocking* antara rajutan bambu dan beton.
 - Setelah bambu dirajut maka ujung nya dimasukkan titik yang sejajar dengan terlebih dahulu ditarik secara prategang.



(a)



(b)

Gambar 4.4 (a) Proses penarikan rajutan bambu (b) Bekisting dan perakitan tulangan bambu yang telah selesai

5. Pengecoran pelat masing masing 3 Benda uji untuk satu variable seperti yang telah ditunjukkan di tabel 3.1
6. Pengambilan benda uji silinder beton dengan ukuran diameter 15 cm dengan tinggi 30 cm dengan kuat tekan rencana $f'_c = 20\text{Mpa}$ berjumlah 5 buah
7. Pengujian benda uji silinder beton dan pelat beton dilaksanakan apabila umur beton telah mencapai 28 hari.



Gambar 4.5 Tata Letak Pengujian

8. Pembebanan pelat dilakukan dengan cara sebagai berikut :
 - Pelat diletakkan secara tidur dengan kedua sisi yang berhadapan merupakan tumpuan sendi, sisi lainnya merupakan tumpuan jepit dan sisi lainnya tanpa tumpuan.
 - Meletakkan 4 buah silinder beton dengan diameter 10 cm dan tinggi 5 cm pada ke empat titik dengan posisi (1/3X,1/3Y) , (1/3X,2/3Y) , (2/3X,1/3Y) , (2/3X,2/3Y)
 - Meletakkan dua balok pembagi yang menumpu kedua titik yang menghadap ke tumpuan sendi
 - Meletakkan satu balok pembagi di tengah spreader beam yang telah dipasang pertama.
 - Memproyeksikan Loadcell pada 1/3 spreader beam terakhir.
 - Tahapan pembebanan untuk pelat beton dilakukan dengan tahapan beban 50 kg

4.4. Rancangan Penelitian

Adapun rancangan penelitian dilaksanakan sebagai berikut :

Tabel 4.2

Tabel pengujian kuat lentur pelat dengan tulangan bambu tanpa rajutan (BB1)

Tahapan Beban	Beban aktual	Lendutan	Regangan tulangan	Keterangan

Tabel 4.3

Tabel pengujian kuat lentur pelat dengan tulangan bambu 2 rajutan (BB2)

Tahapan Beban	Beban aktual	Lendutan	Regangan tulangan	Keterangan

Tabel 4.4

Tabel pengujian kuat lentur pelat dengan tulangan bambu 3 rajutan (BB3)

Tahapan Beban	Beban aktual	Lendutan	Regangan tulangan	Keterangan

Tabel 4.5

Tabel pengujian kuat lentur pelat dengan tulangan baja beon (BJ)

Tahapan Beban	Beban aktual	Lendutan	Regangan tulangan	Keterangan

Tabel 4.6

Tabel pengujian kuat lentur pelat dengan tulangan bambu tanpa rajutan ditambah beban aksial (BB1+Aksial)

Tahapan Beban	Beban aktual	Lendutan	Regangan tulangan	Keterangan



halaman ini sengaja dikosongkan

BAB V ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

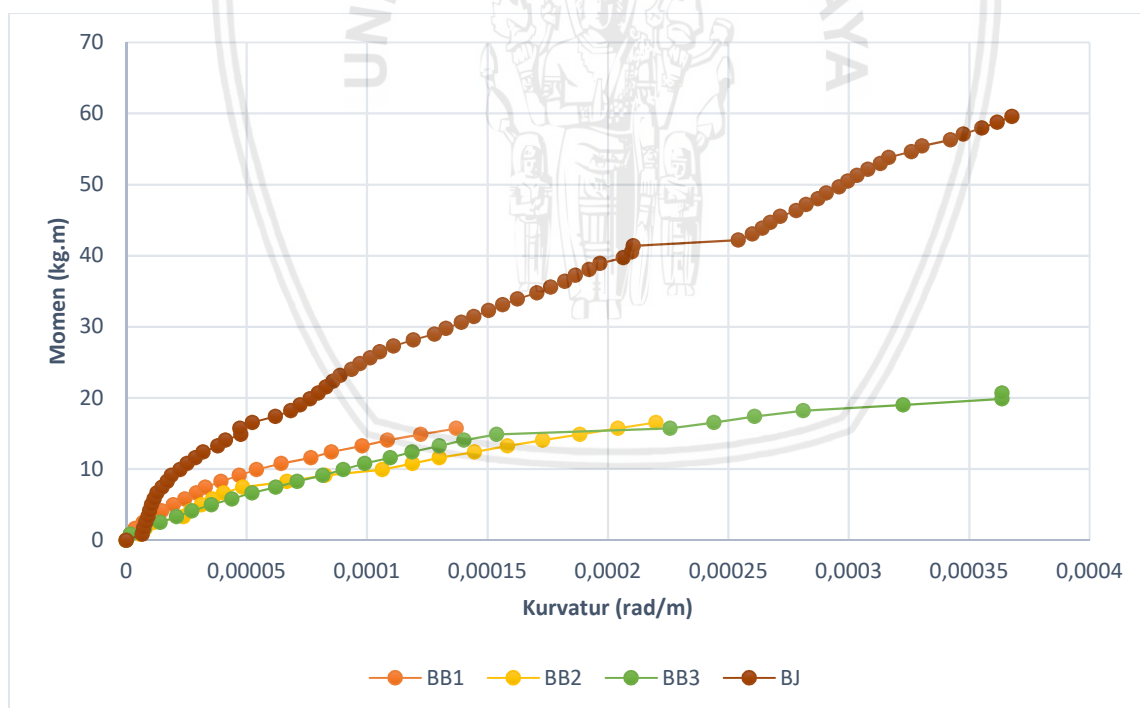
5.1. Analisa Data Teoritis

5.1.1 Analisa data lendutan

Nilai lendutan dapat dicari dengan menggunakan tabel 5.1. Nilai b/a adalah 1 karena pelat mempunyai panjang sisi yang sama. Tetapi sebelum mencari nilai lendutan, perlu dicari dahulu nilai kekakuan elemen pelat, dengan menggunakan persamaan 5-1 ketika mengalami momen ultimate pada grafik momen – kurvatur. Dengan memakai tabel 2.4 maka dapat diperoleh nilai $w = 0.00313qa^4$ dan nilai $M_x = 0,0331 qa^2$

Momen kurvatur merupakan sudut yang dibentuk dari kemiringan regangan tulangan dan beton (Park, R; Paulay, T, 1974) yang ditunjukkan pada persamaan 5-1.

$$\varphi = \frac{(\epsilon_s + \epsilon_c)}{d} \dots\dots\dots (5-1)$$



Gambar 5.1 Grafik momen – kurvatur pelat beton dengan tulangan bambu dan baja

Dan kekakuan merupakan rasio antara momen ultimate dan kurvatur yang ditunjukkan pada persamaan 5-2.

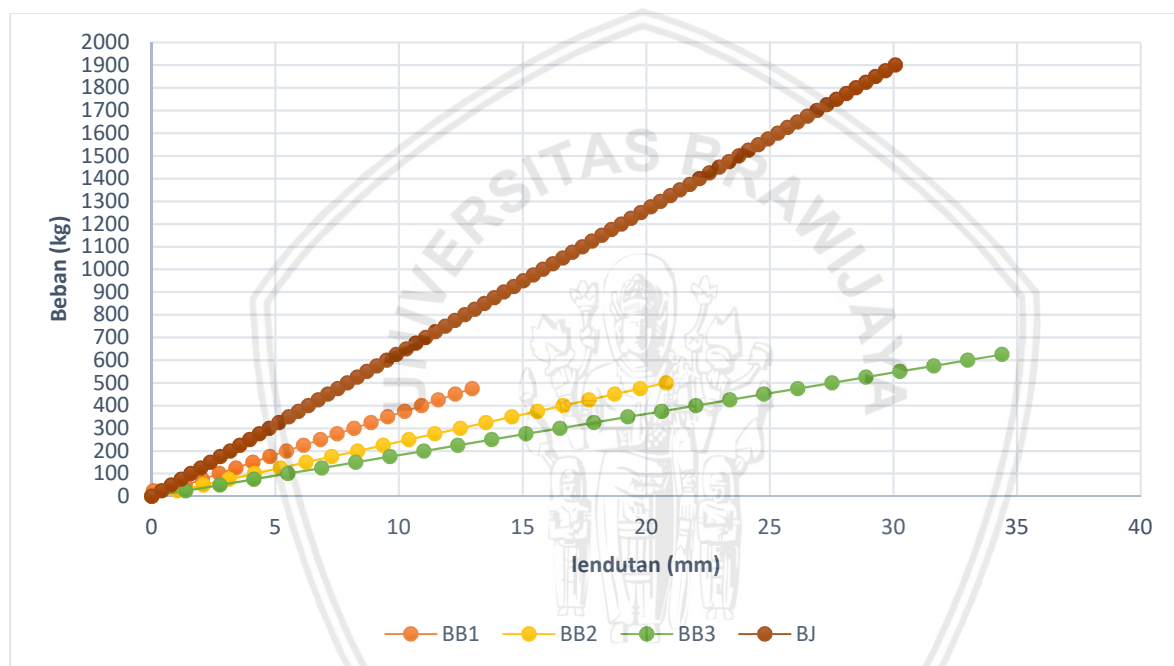
$$EI = \frac{M}{\varphi} \dots\dots\dots (5-2)$$

Tabel 5.2

Nilai kekakuan elemen pelat pada saat beban ultimate

Benda Uji	Mx (kg.m)	My (kg.m)	kurvatur (rad/m)	EI (kg/m)
BB1	15,7225	10,165	0,000137	114762,8
BB2	16,55	10,7	0,00022	75227,27
BB3	20,6875	13,375	0,000364	56894,58
BJ	62,89	40,66	0,000318	197767,3

Dengan menggunakan tabel 5.1 maka didapatkan nilai lendutan untuk masing-masing benda uji pelat adalah seperti yang ditunjukkan pada gambar 5.2



Gambar 5.2 Grafik pembebanan – lendutan pelat beton dengan tulangan bambu dan baja

5.1.1 Analisa data regangan

Untuk mendapatkan nilai regangan secara teoritis maka perlu melalui serangkaian proses analisa, antara lain :

1. Menghitung tinggi blok tegangan (a)

$$a = \frac{A_s F_y}{0,85 \cdot f' c \cdot b} \dots\dots\dots (5-3)$$

2. Menghitung jarak garis netral (c)

$$c = \frac{a}{\beta} \dots\dots\dots (5-4)$$

3. Mencari gaya tarik pada tulangan

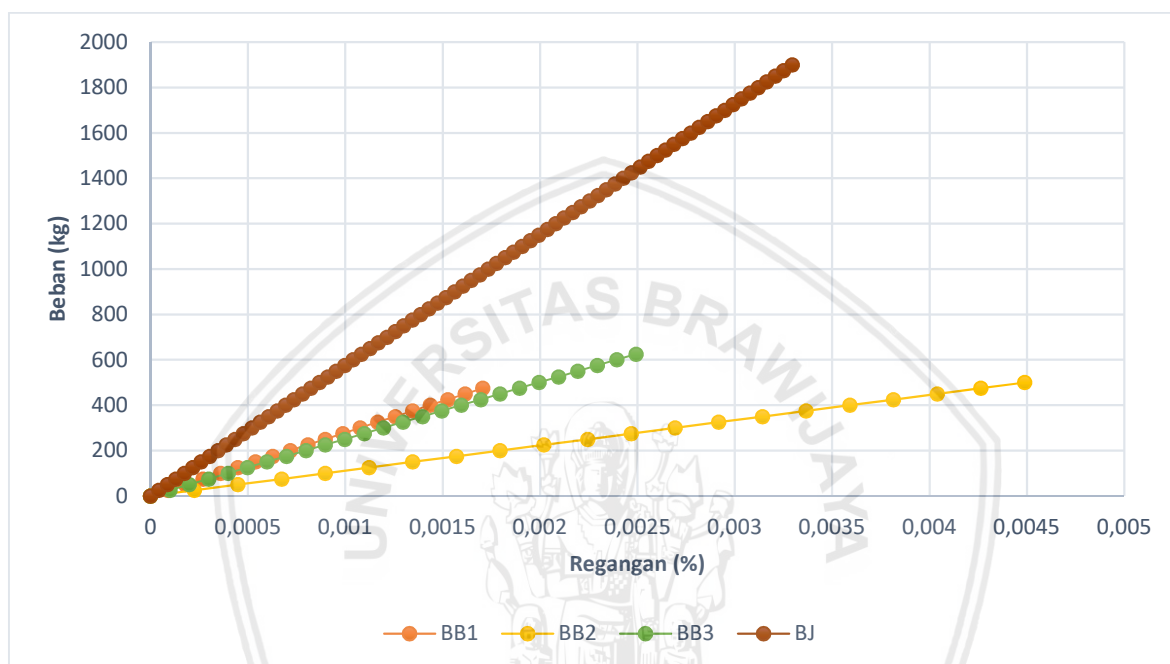
$$T = \frac{M}{c} \dots\dots\dots (5-5)$$

4. Mencari nilai tegangan pada tulangan

$$\sigma = \frac{T}{A_s} \dots\dots\dots(5-6)$$

5. Mencari nilai regangan pada tulangan

$$\varepsilon = \frac{E}{\sigma} \dots\dots\dots(5-7)$$



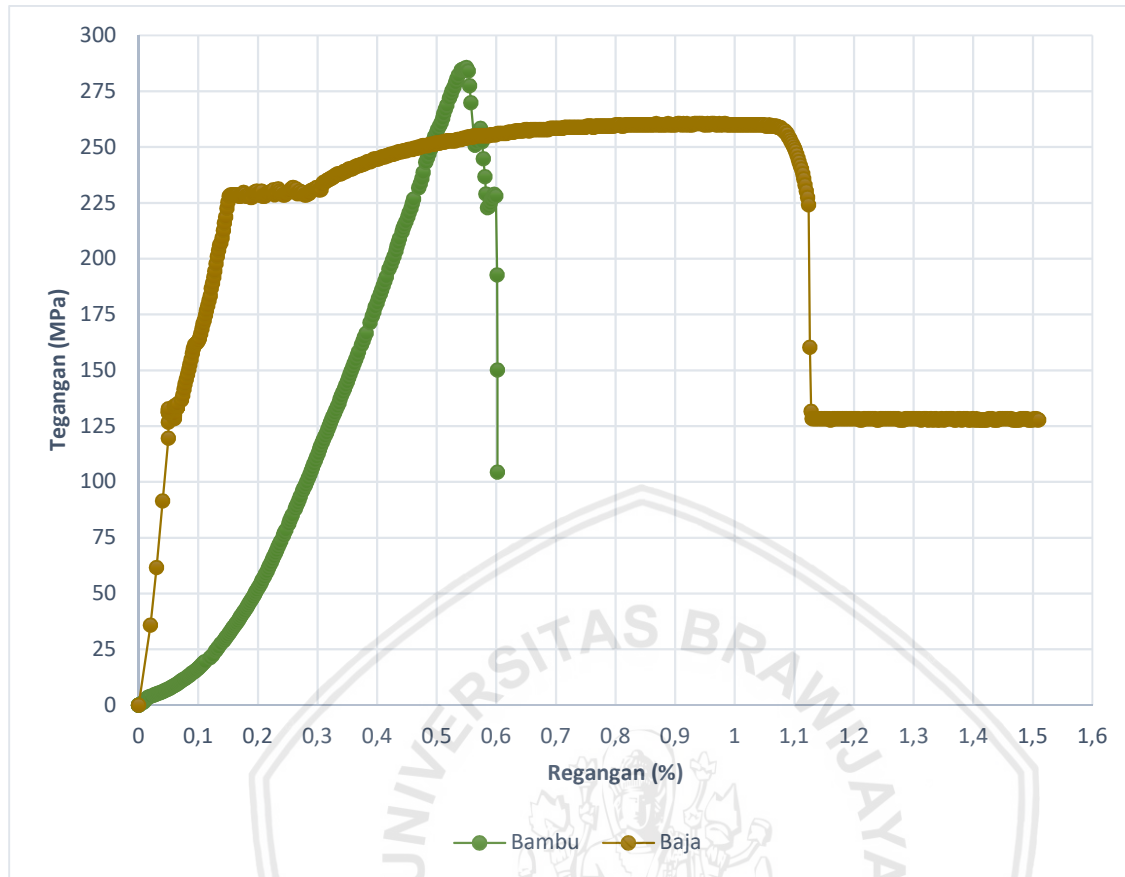
Gambar 5.3 Grafik pembebanan – regangan pelat beton dengan tulangan bambu dan baja

5.2 Data Hasil Eksperimen

Setelah umur pelat beton mencapai 28 hari dan dilaksanakan pengujian terhadap masing – masing benda uji, maka dilaksanakan pengumpulan data dan pengolahan data. Adapun pengolahan data yang dilaksanakan adalah mengambil data utama masing-masing sampel yang terdiri dari 3 sampel secara statistik.

5.2.1 Hubungan tegangan-regangan bambu dan baja

Untuk memperoleh kajian-kajian yang mendalam dalam penelitian maka perlu adanya grafik tegangan dan regangan material. Grafik tegangan dan regangan menunjukkan apakah material tersebut mengalami fase elastis, leleh, *strain hardening* dan *necking* sehingga dapat mengetahui perilaku material. Hubungan tegangan-regangan baja secara eksperimen ditampilkan pada gambar 5.4.

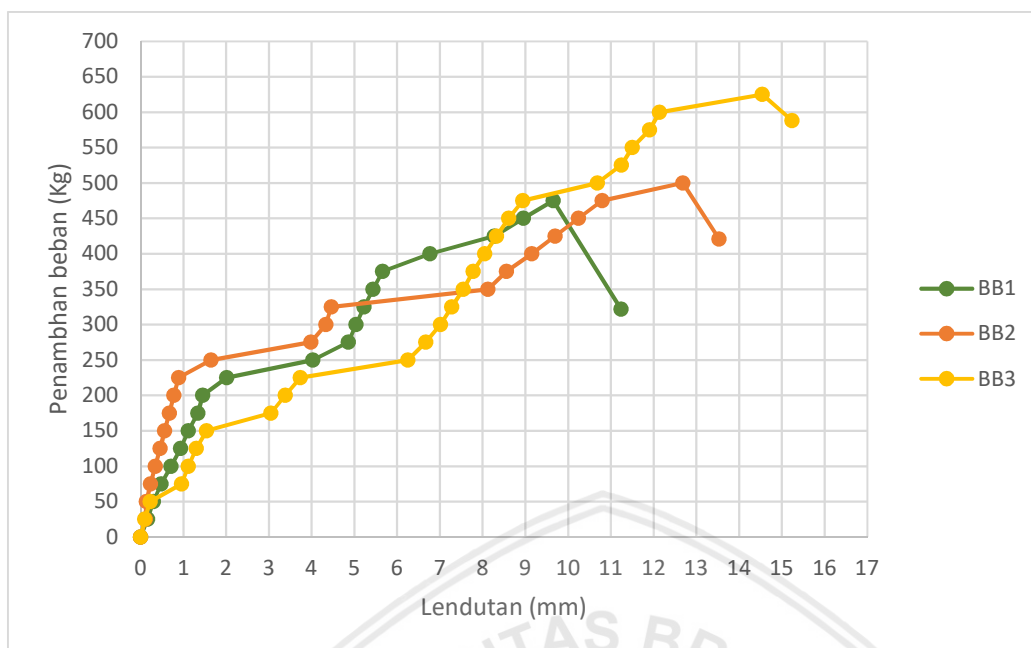


Gambar 5.4 Grafik Hubungan tegangan regangan bambu dan baja

Gambar 5.10 menunjukkan bahwa tulangan bambu memiliki nilai kuat tarik maksimum yang lebih besar dari baja dengan nilai $f_{\max} = 285$ MPa, memiliki modulus elastisitas yang lebih kecil dari bambu dengan nilai $E = 52.055$ MPa dan tidak memiliki fase leleh sedangkan baja memiliki kuat tarik maksimum ($F_{\max}$) sebesar 259,93 MPa dengan nilai modulus elastisitas (E) sebesar 135.700 MPa. Maka didapatkan kesimpulan bahwa material bambu lebih getas daripada material baja.

5.2.2 Beban dan lendutan maksimum secara eksperimen

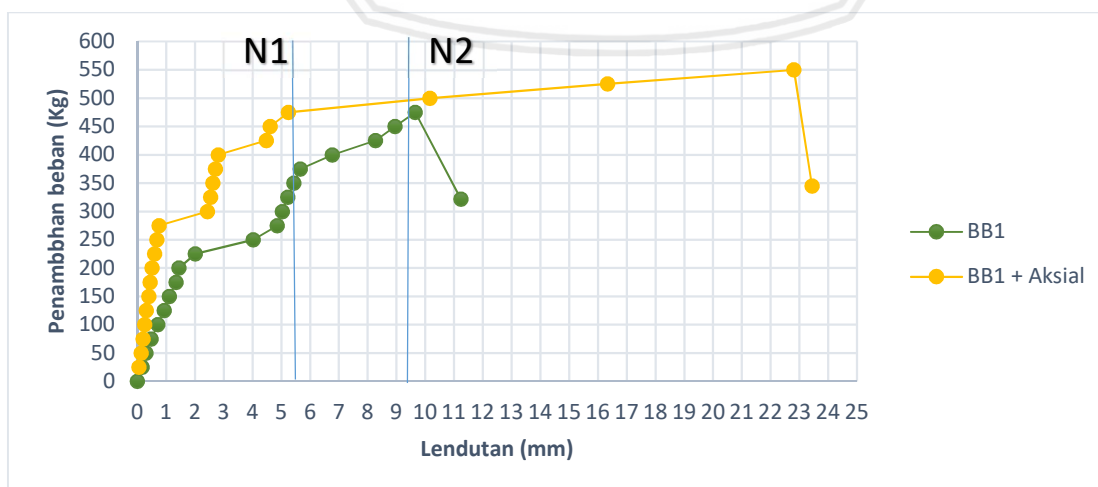
Lendutan merupakan parameter *serviceblity* dari sebuah struktur bangunan / elemen struktur. Sedangkan beban maksimum dalam penelitian ini merupakan respon terhadap beban lateral maksimum rencana. Pengolahan data untuk lendutan maksimum secara teoritis dinyatakan dalam bentuk grafik nonlinear berdasarkan hasil pengujian dengan sumbu x sebagai lendutan dan sumbu y sebagai tahapan pembebanan.



Gambar 5.5 Grafik Hubungan penambahan beban dengan Lendutan untuk pelat beton dengan tulangan bambu

Dari grafik 5.5 disimpulkan bahwa luas penampang tulangan bambu mempengaruhi kemampuan pelat beton untuk menahan beban maksimum dan besarnya lendutan setelah pelat beton diberikan beban maksimum. Pelat Beton dengan tulangan bambu dengan 3 rajutan memiliki kemampuan tertinggi yaitu menahan beban sebesar 625 kg atau 6,25 kN dengan lendutan sebesar 15,24 mm.

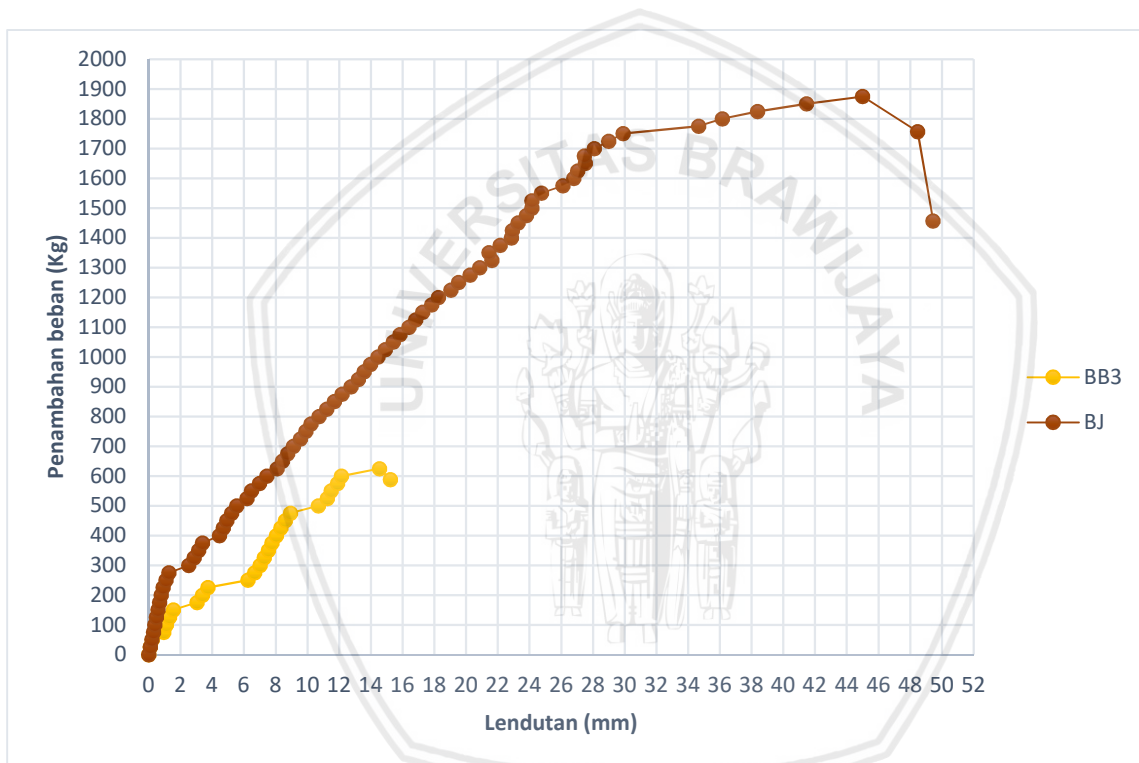
Sebagai salah satu tujuan penelitian untuk memperoleh nilai beban maksimum dan lendutan untuk pelat beton dengan tambahan beban aksial sebagai interpretasi beban atap, maka dari pengumpulan dan pengolahan data penelitian ditunjukkan pada gambar 5.6.



Gambar 5.6 Grafik Hubungan penambahan beban dengan Lendutan untuk benda uji BB1 dan BB1 ditambah dengan beban aksial

Grafik 5.6 menunjukkan dengan adanya beban aksial maka terjadi momen aksial yang menahan momen lentur sehingga mengurangi lendutan sampai dengan 4,2 mm pada awal pembebanan sampai beban ke 450 kg yang ditunjukkan pada area N1 – N2), namun saat beban pada beban ke 475 kg pelat beton yang menerima beban aksial mengalami lendutan secara tiba tiba sejauh 22 mm dari pelat beton tanpa beban aksial dikarenakan ada momen lentur tambahan akibat efek P-delta .

Dengan memakai perbandingan dengan tulangan baja maka diperoleh hasil pengujian pada grafik 5.7



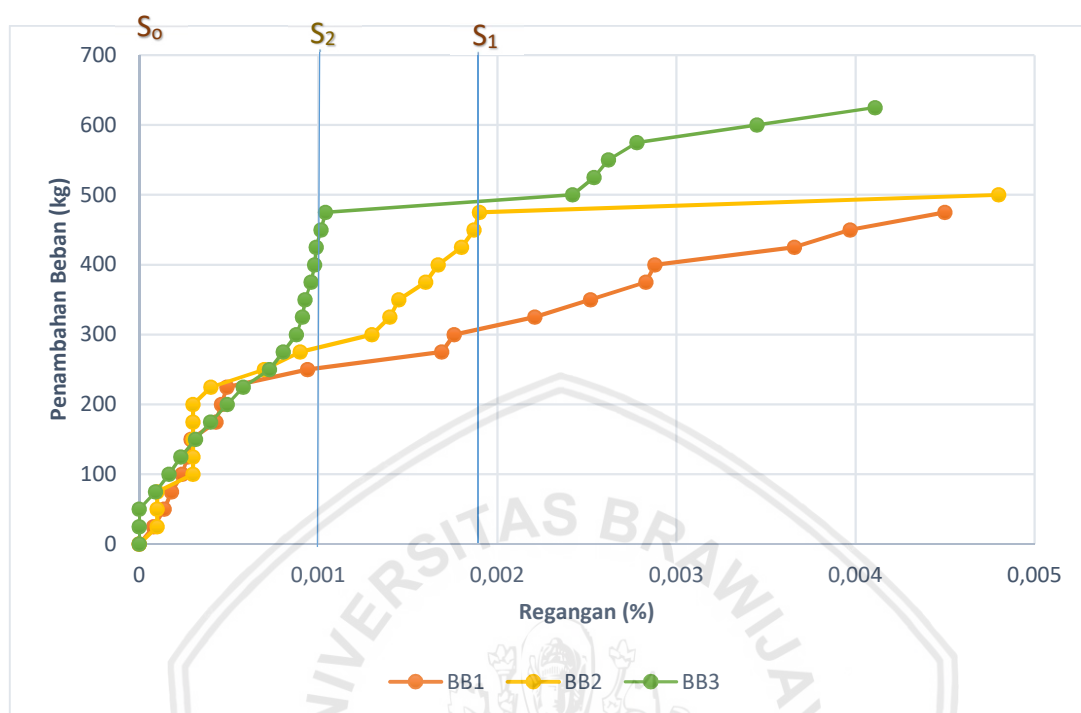
Gambar 5.7 Gambar Hubungan penambahan beban dengan Lendutan antara pelat beton dengan tulangan bambu dan baja

Grafik 5.7 menunjukkan bahwa kemampuan dari material baja yang dipakai tulangan pelat beton mampu menahan beban maksimum 257% dari pada pelat beton dengan tulangan bambu dengan rajutan dengan nilai sebesar 1875 kg. Lendutan saat pelat beton dengan tulangan baja yang diberikan beban maksimum sangat besar yaitu 45 mm.

5.2.3 Regangan tulangan secara eksperimen

Regangan tulangan bambu atau baja saat berada dalam pelat beton memiliki peranan penting sebagai parameter berfungsinya elastisitas pada kedua material saat diberikan beban.

Oleh karena itu dengan memakai *strain gauge* maka didapatkan hasil regangan tulangan di dalam pelat.

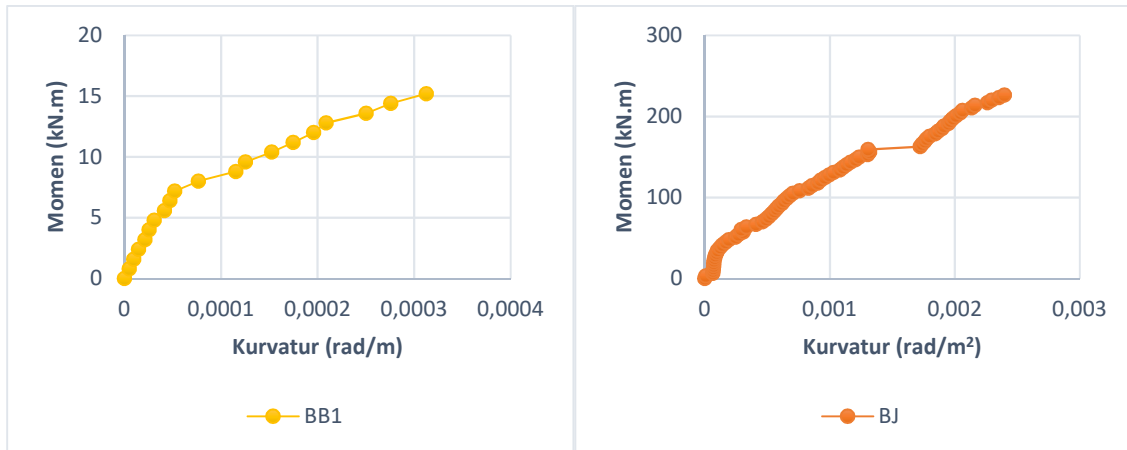


Gambar 5.8 Grafik Hubungan penambahan beban dengan regangan tulangan bambu pada pelat beton

Material bambu tidak memiliki tegangan leleh dan saat beton mengalami runtuh maka bambu masih mengalami deformasi seperti yang ditunjukkan pada gambar 5.13. Regangan pada daerah $S_0 - S_2$ menunjukkan bahwa tulangan bambu dengan 3 rajutan mampu menahan *slip* lebih baik dari pada tulangan bambu 2 rajutan ($S_0 - S_1$) dan tanpa rajutan sehingga mampu menahan regangan bersama dengan beton dengan regangan sebesar 0,001% sampai pembebanan ke-475 kg.

5.2.4 Kekakuan lentur pelat

Kekakuan lentur pelat merupakan kesatuan kekakuan antara beton dan tulangan. Semakin besar kekakuan lentur pelat maka nilai lendutan pelat akan semakin kecil. Untuk mendapatkan kekakuan lentur maka terlebih dahulu mencari nilai kurvatur untuk momen ultimate pada bambu dan baja.



Gambar 5.9 Grafik momen-kurvatur pelat beton dengan tulangan bambu dan baja

Dari gambar 5.14 didapatkan nilai momen kurvatur saat kondisi momen sehingga nilai M_u dan ϕ dapat dimasukkan dalam persamaan berikut :

$$EI_{BJ} = \frac{M_u}{\phi} = 218 / 0,00246 = 88.617,886$$

$$EI_{BB1} = \frac{M_u}{\phi} = 15,2 / 0,000289 = 52.595,155$$

Dari perhitungan di atas didapatkan kesimpulan bahwa kekakuan pelat beton dengan tulangan baja lebih besar dari pada pelat beton dengan tulangan bambu.

5.2.5 Pola retak secara eksperimen

Di bawah ini merupakan data gambar beberapa benda uji yang didapatkan setelah selesai pengujian. untuk tumpuan jepit berada di sebelah atas, dan tumpuan sendi di sisi kiri dan kanan.



(a)



(b)



(c)



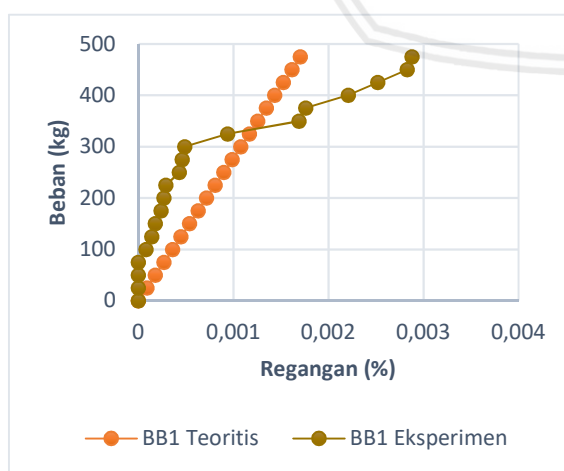
(d)

Gambar 5.10 Pola retak secara eksperimen (a) BB1 (b) BB2 (c) BB3 (d) BJ

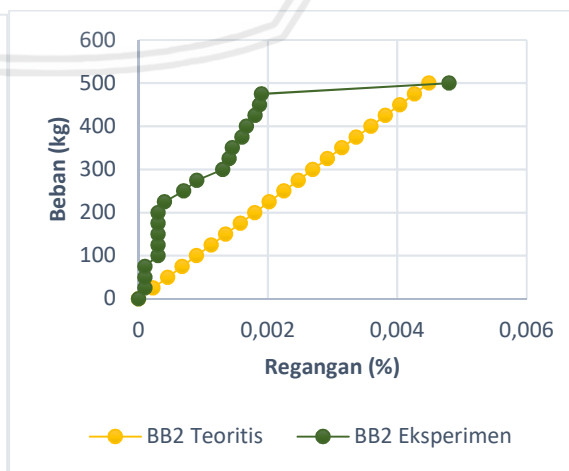
Dari data pola retak yang didapatkan dari gambar 5.15 didapatkan kesimpulan benda uji dengan material baja memiliki banyak retak yang tersebar dikarenakan material baja memiliki fase leleh sehingga lebih daktail. sedangkan tulangan bambu lebih getas dan tidak memiliki tegangan leleh yang mengakibatkan sebaran retak lebih sedikit. Pola retak yang tidak bisa menyebar pada pelat beton dengan tulangan bambu juga disebabkan karena pengaruh *slip* yang terjadi antara tulangan bambu dan beton dan dikarenakan terdapatnya buku – buku pada tulangan bambu yang mengakibatkan retak awal terjadi pada buku-buku tulangan bambu tersebut.

5.3 Analisa perbandingan hasil perhitungan teoritis dan eksperimen

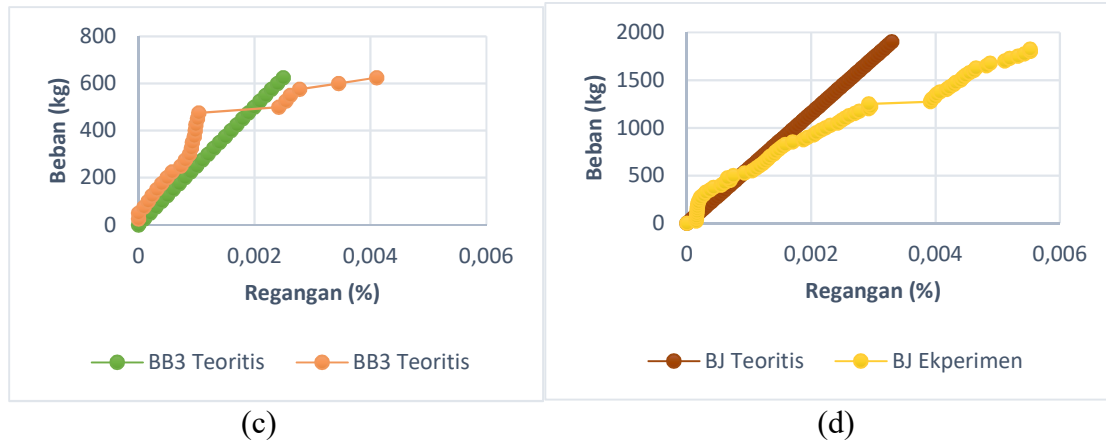
Dari data-data yang telah dikumpulkan melalui hasil perhitungan secara teoritis maupun eksperimen dinyatakan dalam gambar 5.16 dan 5.17



(a)

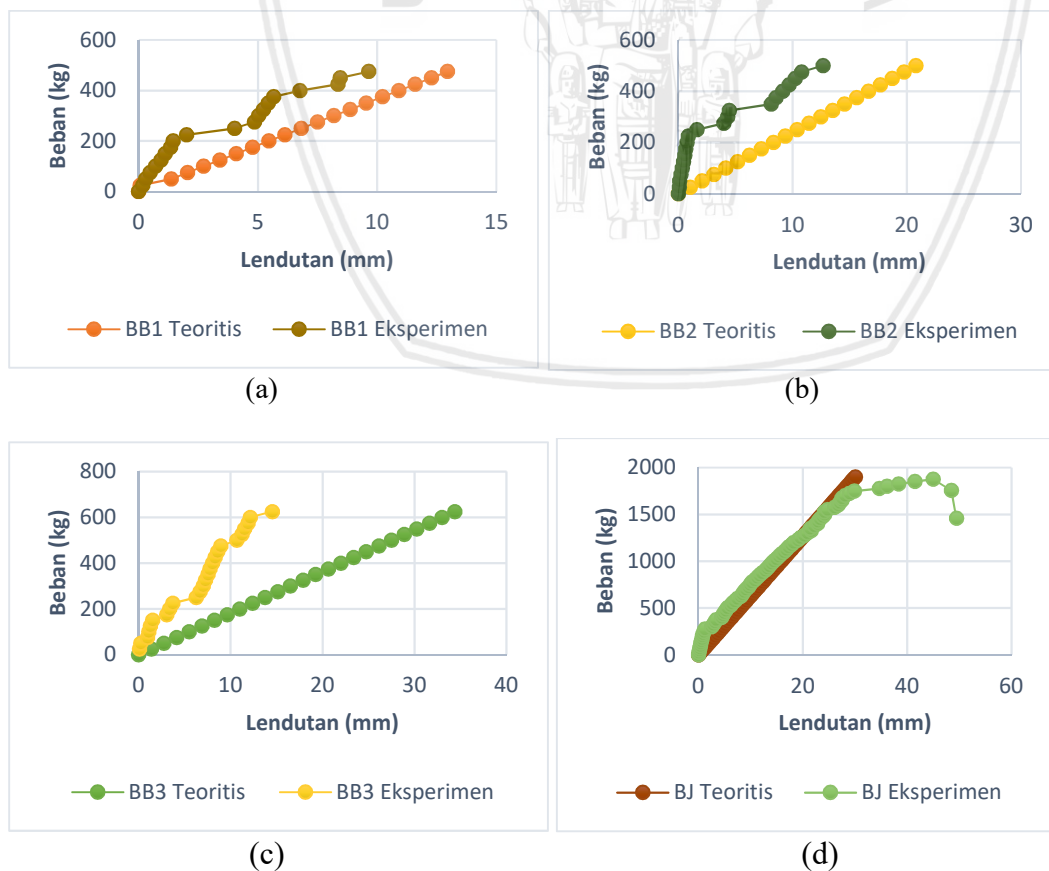


(b)



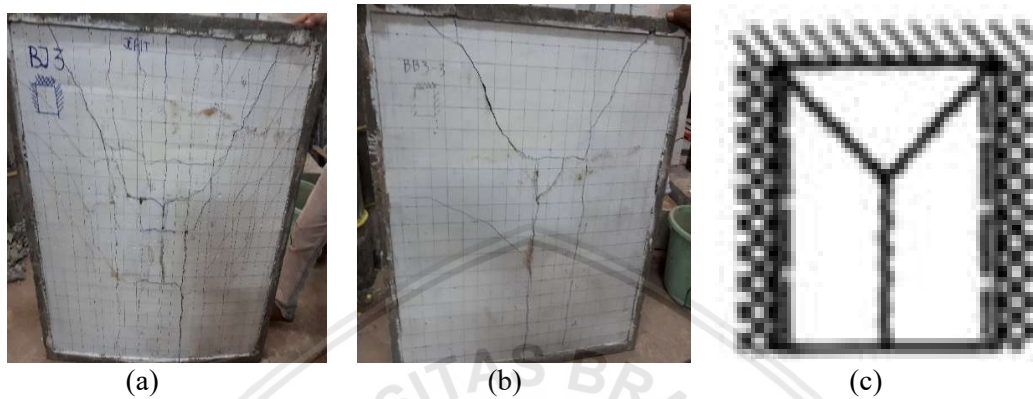
Gambar 5.11 Grafik perbandingan regangan tulangan pada hasil analisis teoritis dan eksperimen

Dari perbandingan data eksperimen dan teoritis didapatkan bahwa hasil analisa teoritis mendekati hasil eksperimen. Pada beban ke 1.200 kg, pelat beton betulangan baja mengalami fase leleh yang menyebabkan nilai regangan semakin besar sehingga menjauhi garis linear berdasarkan perhitungan teoritis. Faktor yang membedakan perhitungan teoritis dan eksperimen adalah pengaruh *slip* pada tulangan bambu dan beton, adanya buku-buku pada tulangan bambu, dan sifat bambu yang tidak daktail.



Gambar 5.12 Grafik Perbandingan lendutan pelat hasil analisis teoritis dan eksperimen

Dari gambar 5.17 dapat disimpulkan bahwa kekakuan elemen pelat mempengaruhi besar kecilnya lendutan, secara teoritis pada beban maksimum benda uji BB3 memiliki nilai kekakuan lentur pelat yang lebih kecil daripada benda uji BB1 oleh karena itu nilai lendutan yang terjadi pada benda uji BB3 lebih besar hampir 300% dari benda uji BB1.



Gambar 5.13 (a) pola retak pada BJ (b) pola retak pada BB3 (c) pola retak untuk tumpuan sendi pada kedua sisi, jepit pada salah satu sisi, dan bebas (Park, R; Gamble, William L., 2000)

dari gambar 5.15 didapatkan kesimpulan bahwa retak terjadi mengikuti bentuk garis leleh. Dan visualisasi pola retak yang terjadi pada semua benda uji dengan tumpuan sendi pada kedua sisi, jepit pada salah satu sisi, dan bebas seperti pada gambar 5.18 (c). Pada benda uji dengan material baja memiliki banyak retak yang tersebar dikarenakan material baja memiliki fase leleh sehingga lebih duktail. sedangkan tulangan bambu lebih getas dan tidak memiliki tegangan leleh yang mengakibatkan sebaran retak lebih sedikit. Pola retak yang tidak bisa menyebar pada pelat beton dengan tulangan bambu juga disebabkan karena pengaruh *slip* yang terjadi antara tulangan bambu dan beton dan dikarenakan terdapatnya buku – buku pada tulangan bambu yang mengakibatkan retak awal terjadi pada buku-buku tulangan bambu tersebut.

halaman ini sengaja dikosongkan



BAB VI PENUTUP

Sebagai penutup dari tesis ini akan disajikan kesimpulan dari hasil penelitian dan pembahasan pada bab sebelumnya. Kemudian, akan di sampaikan pula saran yang didasarkan pada hasil kesimpulan.

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis data secara teoritis dan hasil penelitian, maka disimpulkan bahwa:

1. tulangan bambu dengan 3 rajutan mampu menahan *slip* lebih baik dari pada tulangan bambu 2 rajutan dan tanpa rajutan sehingga mampu menahan regangan bersama dengan beton dengan regangan sebesar 0,001% sampai pembebanan ke-475 kg.
2. Kekakuan Lentur (EI) pelat beton dengan tulangan baja lebih besar dari pada pelat beton dengan tulangan bambu saat pembebanan maksimum dengan nilai $EI_{Baja} = 88.617,886$ dan $EI_{Bambu} = 52.595,155$. Pola retak yang terjadi pada semua benda uji memiliki pola yang sama mengikuti garis leleh. Benda uji dengan material baja memiliki banyak retak yang tersebar dikarenakan material baja memiliki tegangan leleh sehingga lebih duktail. Sedangkan tulangan bambu lebih getas dan tidak memiliki tegangan leleh yang mengakibatkan sebaran retak lebih sedikit.
3. Pelat beton tanpa beban aksial memiliki kemampuan menahan beban lateral sebesar 455 kg sedangkan pelat beton yang ditambah beban aksial memiliki kemampuan menahan beban lateral sebesar 550 kg. dengan adanya beban aksial maka terjadi momen aksial yang menahan momen lentur sehingga mengurangi lendutan sampai dengan 4,2 mm pada awal pembebanan sampai beban ke 450 kg, namun pada tahapan pembebanan 450 kg pelat beton dengan tambahan beban aksial mengalami efek P-Delta sehingga menyebabkan lendutan yang terjadi sebesar 213% dari pelat beton tanpa beban aksial.
4. Beban maksimum yang dapat diterima oleh pelat beton dengan rajutan tulangan bambu secara teoritis adalah 806,4 kg dan secara eksperimental adalah sebesar 625 kg dengan jumlah 3 (tiga rajutan tulangan bambu).

6.1 Saran

Berdasarkan kesimpulan penelitian, maka penulis merekomendasikan berupa saran-saran sebagai berikut :

1. Perlunya analisa dan penelitian yang lebih banyak lagi untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat antara analisa teoritis dan eksperimen dikarenakan ada beberapa faktor yang mempengaruhi, antara lain : *bond slip* antara tulangan bambu dan beton, tumpuan jepit yang kurang optimal mengekang, pembebanan hidrostatik yang di ganti dengan beban titik, peralatan yang mengalami beberapa gangguan teknis, dan sebagainya.
2. Untuk mendapatkan beban yang sesuai dengan beban akibat tanah longsor maka diperlukan survey dan pengambilan data yang lebih akurat dan memiliki parameter yang lebih sesuai.
3. Dengan didapatkannya kapasitas beban maksimum pada pelat beton dengan rajutan tulangan bambu maka perlu adanya sosialisasi lebih lanjut pada masyarakat dalam penerapan pelat beton dengan rajutan tulangan bambu supaya dapat membantu memperkecil dampak kerusakan struktur dan memberikan keamanan bagi masyarakat di sekitar daerah yang rawan tanah longsor.

DAFTAR PUSTAKA

- Hardiyatmo, H.C. (2002). *Mekanika Tanah 1*. Yogyakarta: Universitas Gajah Mada Press.
- Lutz, L.A.; Gergely, P.; Winter, G.;. (1966). *Mechanics of Bond and Slip of Deformed Reinforcement Bar and Concrete*. USA: Departement of Civil Engineering.
- Morisco. (1999). *Rekayasa Bambu*. Yogyakarta: Nafiri, Offset.
- Nawi,G.;. (2009). *Reinforcement Concrete*. Toronto,Canada: Pretince Hall,Inc.
- Muhtar; Dewi, S.M.; , Wisnumurti; M., As'ad;. (2016). *Bond-Slip Improvement of Bamboo Reinforcement in Concrete Beam Using Hose Clamps*. Universitas Brawijaya
- ACI Committee. (1995). *Design of Reinforcement Concrete Slab*. Journal of the American Concrete Institute.
- Agus, H;. (2006). Perbedaan Hubungan Momen - Kurvatur pada Balok Beton Tulangan Bambu Serat Kaca Polymer. *Penelitian*. UM
- Anwar, Naveed;. (2015). *Ductility of cross section and member*. Pathum Thani: Asian Institut of Technology.
- Dewi, S.M;. (2009). *Pelat dan Rangka Beton*. Malang: Bargie Media.
- Muhtar, Dewi, S., Wisnumurti, & Munawir, A. (2016). Pengembangan efek Bond-slip pada beton menggunakan klem baja. *The 2nd International Multidisciplinary Conference*, 7.Universitas Brawijaya
- R, Park; William L., Gamble;. (2000). *Reinforcement Concrete Slabs*. USA: John Wiley and Son.
- R., Park; T., Paulay;. (1974). *Reinforced Concrete Structures*. John Wiley and Son: Newyork,USA.
- Rohman, N.; Setia Budi, A.; Rismunarsi, E;. (2016). Kuat Lentur Balok Bertulangg Ori Takikan Tipe U dengan Jarak Takikan 10 cm. *Penelitian*.UNS
- SNI 03-1750-1990. (1990). Mutu dan Cara Uji Agregat Beton. Badan Standarisasi Nasional.
- SNI 03-2847-2002, S. B. (2002). *Tata cara perhitungan beton untuk bangunan gedung*. Badan Standarisas Nasional.
- Subakti, A. (1994). *Teknologi Beton Dalam Praktek*. Surabaya: Institiut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- Timoshenko, S;. (1959). *Theory of Plates and Shells*. USA: McGraw-Hill Company.
- Tjokrodinuljo, K. (1995). *Bahan Bangunan*. Yogyakarta: Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, UGM.

Veronika, M.; Nuralina, D.; Pujiraharjo, A.,. (2017). Uji Tarik dan Pengaruh Variasi Pola Pilinan Bambu Terhadap Kuat Lekat Balok Beton. *Penelitian*. Universitas Brawijaya.



LAMPIRAN



Uji Kuat Tekan Silinder

Dibuat tanggal : 23/03/2018
 Diuji tanggal : 26/04/2018
 Lokasi : Lab Struktur Universitas Brawijaya

No	Berat	P	A	P/A		Kuat Tekan Beton	
1	12,05	135	0,0176625	7643,312102	kN/M2	7,643312	MPa
2	12,25	398	0,0176625	22533,61642	kN/M2	22,53362	MPa
3	12,35	405	0,0176625	22929,93631	kN/M2	22,92994	MPa
4	12,3	471	0,0176625	26666,66667	kN/M2	26,66667	MPa
5	12,5	441	0,0176625	24968,15287	kN/M2	24,96815	MPa
						20,94834	MPa



Uji Kuat Tarik Tulangan Baja

Diuji tanggal : 23/04/2018
 Lokasi : Lab Struktur Universitas Negeri Malang
 Data quantity:756
 Data quantity while removing extensometer:12
 Sequence number:1
 Sample number:1
 Area: 28.270
 Gauge length: 50.000
 Test date:1/1/2003

Beban (kg)	beban (N)	Tegangan	Defor
0	0	0	0
3.542	1.012,00	35,80	0
6.103	1.743,71	61,68	0,02
9.045	2.584,29	91,41	0,03
11.824	3.378,29	119,50	0,04
12.533	3.580,86	126,67	0,05
12.696	3.627,43	128,31	0,05
12.805	3.658,57	129,42	0,06
12.860	3.674,29	129,97	0,06
12.860	3.674,29	129,97	0,06
12.860	3.674,29	129,97	0,06
12.914	3.689,71	130,52	0,06
12.914	3.689,71	130,52	0,06
12.969	3.705,43	131,07	0,06
12.969	3.705,43	131,07	0,05
13.023	3.720,86	131,62	0,05
13.078	3.736,57	132,17	0,05
13.132	3.752,00	132,72	0,05

13.187	3.767,71	133,28	0,05
13.187	3.767,71	133,28	0,065
13.187	3.767,71	133,28	0,065
13.187	3.767,71	133,28	0,065
13.187	3.767,71	133,28	0,065
13.187	3.767,71	133,28	0,065
13.187	3.767,71	133,28	0,065
13.187	3.767,71	133,28	0,065
13.241	3.783,14	133,82	0,065
13.241	3.783,14	133,82	0,065
13.241	3.783,14	133,82	0,065
13.241	3.783,14	133,82	0,065
13.241	3.783,14	133,82	0,06
13.241	3.783,14	133,82	0,06
13.241	3.783,14	133,82	0,065
13.241	3.783,14	133,82	0,065
13.241	3.783,14	133,82	0,065
13.296	3.798,86	134,38	0,065
13.350	3.814,29	134,92	0,065
13.514	3.861,14	136,58	0,065
13.731	3.923,14	138,77	0,072
14.004	4.001,14	141,53	0,074
14.222	4.063,43	143,74	0,076
14.440	4.125,71	145,94	0,078
14.658	4.188,00	148,14	0,08
14.876	4.250,29	150,35	0,082

15.094	4.312,57	152,55	0,084
15.312	4.374,86	154,75	0,086
15.584	4.452,57	157,50	0,088
15.802	4.514,86	159,70	0,09
15.966	4.561,71	161,36	0,092
16.020	4.577,14	161,91	0,094
16.075	4.592,86	162,46	0,096
16.129	4.608,29	163,01	0,098
16.238	4.639,43	164,11	0,1
16.456	4.701,71	166,31	0,102
16.674	4.764,00	168,52	0,104
16.892	4.826,29	170,72	0,106
17.055	4.872,86	172,37	0,108
17.273	4.935,14	174,57	0,11
17.491	4.997,43	176,77	0,112
17.709	5.059,71	178,98	0,114
17.927	5.122,00	181,18	0,116
18.145	5.184,29	183,38	0,118
18.472	5.277,71	186,69	0,12
18.690	5.340,00	188,89	0,122
18.963	5.418,00	191,65	0,124
19.235	5.495,71	194,40	0,126
19.562	5.589,14	197,71	0,128
19.889	5.682,57	201,01	0,13
20.161	5.760,29	203,76	0,132

20.379	5.822,57	205,96	0,134
20.488	5.853,71	207,06	0,136
20.706	5.916,00	209,27	0,138
21.033	6.009,43	212,57	0,14
21.360	6.102,86	215,88	0,142
21.633	6.180,86	218,64	0,144
22.014	6.289,71	222,49	0,146
22.286	6.367,43	225,24	0,148
22.559	6.445,43	228,00	0,15
22.613	6.460,86	228,54	0,152
22.613	6.460,86	228,54	0,154
22.613	6.460,86	228,54	0,156
22.613	6.460,86	228,54	0,158
22.613	6.460,86	228,54	0,16
22.613	6.460,86	228,54	0,162
22.613	6.460,86	228,54	0,164
22.559	6.445,43	228,00	0,166
22.559	6.445,43	228,00	0,168
22.559	6.445,43	228,00	0,17
22.613	6.460,86	228,54	0,172
22.722	6.492,00	229,64	0,174
22.668	6.476,57	229,10	0,176
22.559	6.445,43	228,00	0,178
22.559	6.445,43	228,00	0,18
22.613	6.460,86	228,54	0,182

22.559	6.445,43	228,00	0,184
22.504	6.429,71	227,44	0,186
22.504	6.429,71	227,44	0,188
22.668	6.476,57	229,10	0,19
22.722	6.492,00	229,64	0,192
22.750	6.500,00	229,93	0,194
22.777	6.507,71	230,20	0,196
22.668	6.476,57	229,10	0,198
22.613	6.460,86	228,54	0,2
22.613	6.460,86	228,54	0,202
22.777	6.507,71	230,20	0,204
22.559	6.445,43	228,00	0,206
22.559	6.445,43	228,00	0,208
22.559	6.445,43	228,00	0,21
22.668	6.476,57	229,10	0,212
22.668	6.476,57	229,10	0,214
22.722	6.492,00	229,64	0,216
22.722	6.492,00	229,64	0,218
22.722	6.492,00	229,64	0,22
22.777	6.507,71	230,20	0,222
22.831	6.523,14	230,74	0,224
22.613	6.460,86	228,54	0,226
22.668	6.476,57	229,10	0,228
22.722	6.492,00	229,64	0,23
22.886	6.538,86	231,30	0,232

22.777	6.507,71	230,20	0,234
22.668	6.476,57	229,10	0,236
22.722	6.492,00	229,64	0,238
22.613	6.460,86	228,54	0,24
22.613	6.460,86	228,54	0,242
22.613	6.460,86	228,54	0,244
22.722	6.492,00	229,64	0,246
22.722	6.492,00	229,64	0,248
22.722	6.492,00	229,64	0,25
22.777	6.507,71	230,20	0,252
22.886	6.538,86	231,30	0,254
22.940	6.554,29	231,85	0,256
22.940	6.554,29	231,85	0,258
22.831	6.523,14	230,74	0,26
22.886	6.538,86	231,30	0,262
22.668	6.476,57	229,10	0,264
22.668	6.476,57	229,10	0,266
22.777	6.507,71	230,20	0,268
22.668	6.476,57	229,10	0,27
22.695	6.484,29	229,37	0,272
22.722	6.492,00	229,64	0,274
22.613	6.460,86	228,54	0,276
22.613	6.460,86	228,54	0,278
22.613	6.460,86	228,54	0,28
22.668	6.476,57	229,10	0,282

22.668	6.476,57	229,10	0,284
22.777	6.507,71	230,20	0,286
22.804	6.515,43	230,47	0,288
22.831	6.523,14	230,74	0,29
22.831	6.523,14	230,74	0,292
22.886	6.538,86	231,30	0,294
22.940	6.554,29	231,85	0,296
22.940	6.554,29	231,85	0,298
22.831	6.523,14	230,74	0,3
22.831	6.523,14	230,74	0,302
22.831	6.523,14	230,74	0,304
23.049	6.585,43	232,95	0,306
23.158	6.616,57	234,05	0,308
23.158	6.616,57	234,05	0,31
23.213	6.632,29	234,61	0,312
23.267	6.647,71	235,15	0,314
23.267	6.647,71	235,15	0,316
23.322	6.663,43	235,71	0,318
23.322	6.663,43	235,71	0,32
23.376	6.678,86	236,25	0,322
23.376	6.678,86	236,25	0,324
23.431	6.694,57	236,81	0,326
23.485	6.710,00	237,35	0,328
23.485	6.710,00	237,35	0,33
23.540	6.725,71	237,91	0,332

23.540	6.725,71	237,91	0,334
23.540	6.725,71	237,91	0,336
23.540	6.725,71	237,91	0,338
23.594	6.741,14	238,46	0,34
23.649	6.756,86	239,01	0,342
23.649	6.756,86	239,01	0,344
23.649	6.756,86	239,01	0,346
23.703	6.772,29	239,56	0,348
23.758	6.788,00	240,11	0,35
23.758	6.788,00	240,11	0,352
23.758	6.788,00	240,11	0,354
23.758	6.788,00	240,11	0,356
23.812	6.803,43	240,66	0,358
23.812	6.803,43	240,66	0,36
23.867	6.819,14	241,21	0,362
23.867	6.819,14	241,21	0,364
23.921	6.834,57	241,76	0,366
23.921	6.834,57	241,76	0,368
23.921	6.834,57	241,76	0,37
23.976	6.850,29	242,32	0,372
23.976	6.850,29	242,32	0,374
23.976	6.850,29	242,32	0,376
24.030	6.865,71	242,86	0,378
24.030	6.865,71	242,86	0,38
24.085	6.881,43	243,42	0,382

24.085	6.881,43	243,42	0,384
24.085	6.881,43	243,42	0,386
24.085	6.881,43	243,42	0,388
24.139	6.896,86	243,96	0,39
24.194	6.912,57	244,52	0,392
24.194	6.912,57	244,52	0,394
24.194	6.912,57	244,52	0,396
24.194	6.912,57	244,52	0,398
24.194	6.912,57	244,52	0,4
24.248	6.928,00	245,07	0,402
24.248	6.928,00	245,07	0,404
24.303	6.943,71	245,62	0,406
24.303	6.943,71	245,62	0,408
24.303	6.943,71	245,62	0,41
24.303	6.943,71	245,62	0,412
24.357	6.959,14	246,17	0,414
24.357	6.959,14	246,17	0,416
24.357	6.959,14	246,17	0,418
24.412	6.974,86	246,72	0,42
24.412	6.974,86	246,72	0,422
24.412	6.974,86	246,72	0,424
24.412	6.974,86	246,72	0,426
24.466	6.990,29	247,27	0,428
24.466	6.990,29	247,27	0,43
24.466	6.990,29	247,27	0,432

24.520	7.005,71	247,81	0,434
24.520	7.005,71	247,81	0,436
24.520	7.005,71	247,81	0,438
24.520	7.005,71	247,81	0,44
24.575	7.021,43	248,37	0,442
24.575	7.021,43	248,37	0,444
24.575	7.021,43	248,37	0,446
24.575	7.021,43	248,37	0,448
24.629	7.036,86	248,92	0,45
24.629	7.036,86	248,92	0,452
24.629	7.036,86	248,92	0,454
24.629	7.036,86	248,92	0,456
24.629	7.036,86	248,92	0,458
24.684	7.052,57	249,47	0,46
24.684	7.052,57	249,47	0,462
24.684	7.052,57	249,47	0,464
24.684	7.052,57	249,47	0,466
24.738	7.068,00	250,02	0,468
24.738	7.068,00	250,02	0,47
24.738	7.068,00	250,02	0,472
24.793	7.083,71	250,57	0,474
24.793	7.083,71	250,57	0,476
24.793	7.083,71	250,57	0,478
24.793	7.083,71	250,57	0,48
24.793	7.083,71	250,57	0,482

24.793	7.083,71	250,57	0,484
24.847	7.099,14	251,12	0,486
24.847	7.099,14	251,12	0,488
24.847	7.099,14	251,12	0,49
24.847	7.099,14	251,12	0,492
24.847	7.099,14	251,12	0,494
24.902	7.114,86	251,68	0,496
24.902	7.114,86	251,68	0,498
24.902	7.114,86	251,68	0,5
24.902	7.114,86	251,68	0,502
24.902	7.114,86	251,68	0,504
24.956	7.130,29	252,22	0,506
24.956	7.130,29	252,22	0,508
24.956	7.130,29	252,22	0,51
24.956	7.130,29	252,22	0,512
25.011	7.146,00	252,78	0,514
25.011	7.146,00	252,78	0,516
25.011	7.146,00	252,78	0,518
25.011	7.146,00	252,78	0,52
25.011	7.146,00	252,78	0,522
25.011	7.146,00	252,78	0,524
25.011	7.146,00	252,78	0,526
25.011	7.146,00	252,78	0,528
25.011	7.146,00	252,78	0,53
25.065	7.161,43	253,32	0,532

25.065	7.161,43	253,32	0,534
25.065	7.161,43	253,32	0,536
25.065	7.161,43	253,32	0,538
25.065	7.161,43	253,32	0,54
25.120	7.177,14	253,88	0,542
25.120	7.177,14	253,88	0,544
25.120	7.177,14	253,88	0,546
25.120	7.177,14	253,88	0,548
25.174	7.192,57	254,42	0,55
25.174	7.192,57	254,42	0,552
25.174	7.192,57	254,42	0,554
25.174	7.192,57	254,42	0,556
25.174	7.192,57	254,42	0,558
25.174	7.192,57	254,42	0,56
25.229	7.208,29	254,98	0,562
25.229	7.208,29	254,98	0,564
25.229	7.208,29	254,98	0,566
25.229	7.208,29	254,98	0,568
25.229	7.208,29	254,98	0,57
25.229	7.208,29	254,98	0,572
25.229	7.208,29	254,98	0,574
25.229	7.208,29	254,98	0,576
25.229	7.208,29	254,98	0,578
25.229	7.208,29	254,98	0,58
25.229	7.208,29	254,98	0,582

25.229	7.208,29	254,98	0,584
25.229	7.208,29	254,98	0,586
25.283	7.223,71	255,53	0,588
25.283	7.223,71	255,53	0,59
25.283	7.223,71	255,53	0,592
25.283	7.223,71	255,53	0,594
25.283	7.223,71	255,53	0,596
25.283	7.223,71	255,53	0,598
25.338	7.239,43	256,08	0,6
25.338	7.239,43	256,08	0,602
25.338	7.239,43	256,08	0,604
25.338	7.239,43	256,08	0,606
25.338	7.239,43	256,08	0,608
25.338	7.239,43	256,08	0,61
25.338	7.239,43	256,08	0,612
25.338	7.239,43	256,08	0,614
25.338	7.239,43	256,08	0,616
25.392	7.254,86	256,63	0,618
25.392	7.254,86	256,63	0,62
25.392	7.254,86	256,63	0,622
25.392	7.254,86	256,63	0,624
25.392	7.254,86	256,63	0,626
25.392	7.254,86	256,63	0,628
25.447	7.270,57	257,18	0,63
25.447	7.270,57	257,18	0,632

25.447	7.270,57	257,18	0,634
25.447	7.270,57	257,18	0,636
25.447	7.270,57	257,18	0,638
25.447	7.270,57	257,18	0,64
25.447	7.270,57	257,18	0,642
25.447	7.270,57	257,18	0,644
25.501	7.286,00	257,73	0,646
25.501	7.286,00	257,73	0,648
25.501	7.286,00	257,73	0,65
25.447	7.270,57	257,18	0,652
25.447	7.270,57	257,18	0,654
25.501	7.286,00	257,73	0,656
25.501	7.286,00	257,73	0,658
25.501	7.286,00	257,73	0,66
25.501	7.286,00	257,73	0,662
25.501	7.286,00	257,73	0,664
25.501	7.286,00	257,73	0,666
25.501	7.286,00	257,73	0,668
25.501	7.286,00	257,73	0,67
25.501	7.286,00	257,73	0,672
25.501	7.286,00	257,73	0,674
25.501	7.286,00	257,73	0,676
25.501	7.286,00	257,73	0,678
25.501	7.286,00	257,73	0,68
25.501	7.286,00	257,73	0,682

25.501	7.286,00	257,73	0,684
25.501	7.286,00	257,73	0,686
25.556	7.301,71	258,28	0,688
25.556	7.301,71	258,28	0,69
25.556	7.301,71	258,28	0,692
25.556	7.301,71	258,28	0,694
25.556	7.301,71	258,28	0,696
25.556	7.301,71	258,28	0,698
25.556	7.301,71	258,28	0,7
25.556	7.301,71	258,28	0,702
25.556	7.301,71	258,28	0,704
25.556	7.301,71	258,28	0,706
25.556	7.301,71	258,28	0,708
25.556	7.301,71	258,28	0,71
25.610	7.317,14	258,83	0,712
25.610	7.317,14	258,83	0,714
25.610	7.317,14	258,83	0,716
25.610	7.317,14	258,83	0,718
25.610	7.317,14	258,83	0,72
25.610	7.317,14	258,83	0,722
25.610	7.317,14	258,83	0,724
25.610	7.317,14	258,83	0,726
25.610	7.317,14	258,83	0,728
25.610	7.317,14	258,83	0,73
25.610	7.317,14	258,83	0,732

25.610	7.317,14	258,83	0,734
25.610	7.317,14	258,83	0,736
25.610	7.317,14	258,83	0,738
25.610	7.317,14	258,83	0,74
25.610	7.317,14	258,83	0,742
25.610	7.317,14	258,83	0,744
25.610	7.317,14	258,83	0,746
25.610	7.317,14	258,83	0,748
25.665	7.332,86	259,39	0,75
25.665	7.332,86	259,39	0,752
25.665	7.332,86	259,39	0,754
25.665	7.332,86	259,39	0,756
25.665	7.332,86	259,39	0,758
25.610	7.317,14	258,83	0,76
25.610	7.317,14	258,83	0,762
25.665	7.332,86	259,39	0,764
25.665	7.332,86	259,39	0,766
25.665	7.332,86	259,39	0,768
25.665	7.332,86	259,39	0,77
25.665	7.332,86	259,39	0,772
25.665	7.332,86	259,39	0,774
25.665	7.332,86	259,39	0,776
25.665	7.332,86	259,39	0,778
25.665	7.332,86	259,39	0,78
25.665	7.332,86	259,39	0,782

25.665	7.332,86	259,39	0,784
25.665	7.332,86	259,39	0,786
25.665	7.332,86	259,39	0,788
25.665	7.332,86	259,39	0,79
25.665	7.332,86	259,39	0,792
25.665	7.332,86	259,39	0,794
25.665	7.332,86	259,39	0,796
25.719	7.348,29	259,93	0,798
25.719	7.348,29	259,93	0,8
25.719	7.348,29	259,93	0,802
25.719	7.348,29	259,93	0,804
25.719	7.348,29	259,93	0,806
25.665	7.332,86	259,39	0,808
25.665	7.332,86	259,39	0,81
25.665	7.332,86	259,39	0,812
25.719	7.348,29	259,93	0,814
25.719	7.348,29	259,93	0,816
25.719	7.348,29	259,93	0,818
25.719	7.348,29	259,93	0,82
25.719	7.348,29	259,93	0,822
25.719	7.348,29	259,93	0,824
25.719	7.348,29	259,93	0,826
25.719	7.348,29	259,93	0,828
25.719	7.348,29	259,93	0,83
25.719	7.348,29	259,93	0,832

25.719	7.348,29	259,93	0,834
25.719	7.348,29	259,93	0,836
25.719	7.348,29	259,93	0,838
25.719	7.348,29	259,93	0,84
25.719	7.348,29	259,93	0,842
25.719	7.348,29	259,93	0,844
25.719	7.348,29	259,93	0,846
25.719	7.348,29	259,93	0,848
25.719	7.348,29	259,93	0,85
25.719	7.348,29	259,93	0,852
25.719	7.348,29	259,93	0,854
25.719	7.348,29	259,93	0,856
25.719	7.348,29	259,93	0,858
25.719	7.348,29	259,93	0,86
25.719	7.348,29	259,93	0,862
25.719	7.348,29	259,93	0,864
25.774	7.364,00	260,49	0,866
25.719	7.348,29	259,93	0,868
25.719	7.348,29	259,93	0,87
25.719	7.348,29	259,93	0,872
25.719	7.348,29	259,93	0,874
25.719	7.348,29	259,93	0,876
25.719	7.348,29	259,93	0,878
25.719	7.348,29	259,93	0,88
25.719	7.348,29	259,93	0,882

25.719	7.348,29	259,93	0,884
25.774	7.364,00	260,49	0,886
25.719	7.348,29	259,93	0,888
25.719	7.348,29	259,93	0,89
25.719	7.348,29	259,93	0,892
25.719	7.348,29	259,93	0,894
25.719	7.348,29	259,93	0,896
25.719	7.348,29	259,93	0,898
25.719	7.348,29	259,93	0,9
25.774	7.364,00	260,49	0,902
25.774	7.364,00	260,49	0,904
25.774	7.364,00	260,49	0,906
25.719	7.348,29	259,93	0,908
25.719	7.348,29	259,93	0,91
25.774	7.364,00	260,49	0,912
25.719	7.348,29	259,93	0,914
25.719	7.348,29	259,93	0,916
25.774	7.364,00	260,49	0,918
25.719	7.348,29	259,93	0,92
25.719	7.348,29	259,93	0,922
25.719	7.348,29	259,93	0,924
25.719	7.348,29	259,93	0,926
25.719	7.348,29	259,93	0,928
25.774	7.364,00	260,49	0,93
25.774	7.364,00	260,49	0,932

25.774	7.364,00	260,49	0,934
25.774	7.364,00	260,49	0,936
25.774	7.364,00	260,49	0,938
25.774	7.364,00	260,49	0,94
25.774	7.364,00	260,49	0,942
25.774	7.364,00	260,49	0,944
25.719	7.348,29	259,93	0,946
25.719	7.348,29	259,93	0,948
25.719	7.348,29	259,93	0,95
25.774	7.364,00	260,49	0,952
25.719	7.348,29	259,93	0,954
25.719	7.348,29	259,93	0,956
25.774	7.364,00	260,49	0,958
25.774	7.364,00	260,49	0,96
25.774	7.364,00	260,49	0,962
25.774	7.364,00	260,49	0,964
25.719	7.348,29	259,93	0,966
25.719	7.348,29	259,93	0,968
25.719	7.348,29	259,93	0,97
25.774	7.364,00	260,49	0,972
25.719	7.348,29	259,93	0,974
25.719	7.348,29	259,93	0,976
25.719	7.348,29	259,93	0,978
25.774	7.364,00	260,49	0,98
25.774	7.364,00	260,49	0,982

25.719	7.348,29	259,93	0,984
25.719	7.348,29	259,93	0,986
25.719	7.348,29	259,93	0,988
25.719	7.348,29	259,93	0,99
25.719	7.348,29	259,93	0,992
25.719	7.348,29	259,93	0,994
25.719	7.348,29	259,93	0,996
25.719	7.348,29	259,93	0,998
25.719	7.348,29	259,93	1
25.719	7.348,29	259,93	1,002
25.719	7.348,29	259,93	1,004
25.719	7.348,29	259,93	1,006
25.719	7.348,29	259,93	1,008
25.719	7.348,29	259,93	1,01
25.719	7.348,29	259,93	1,012
25.719	7.348,29	259,93	1,014
25.719	7.348,29	259,93	1,016
25.719	7.348,29	259,93	1,018
25.719	7.348,29	259,93	1,02
25.719	7.348,29	259,93	1,022
25.719	7.348,29	259,93	1,024
25.719	7.348,29	259,93	1,026
25.719	7.348,29	259,93	1,028
25.719	7.348,29	259,93	1,03
25.719	7.348,29	259,93	1,032

25.719	7.348,29	259,93	1,034
25.719	7.348,29	259,93	1,036
25.719	7.348,29	259,93	1,038
25.719	7.348,29	259,93	1,04
25.719	7.348,29	259,93	1,042
25.719	7.348,29	259,93	1,044
25.719	7.348,29	259,93	1,046
25.719	7.348,29	259,93	1,048
25.665	7.332,86	259,39	1,05
25.665	7.332,86	259,39	1,052
25.665	7.332,86	259,39	1,054
25.719	7.348,29	259,93	1,056
25.665	7.332,86	259,39	1,058
25.665	7.332,86	259,39	1,06
25.665	7.332,86	259,39	1,062
25.665	7.332,86	259,39	1,064
25.665	7.332,86	259,39	1,066
25.665	7.332,86	259,39	1,068
25.610	7.317,14	258,83	1,07
25.610	7.317,14	258,83	1,072
25.610	7.317,14	258,83	1,074
25.556	7.301,71	258,28	1,076
25.501	7.286,00	257,73	1,078
25.447	7.270,57	257,18	1,08
25.447	7.270,57	257,18	1,082

25.338	7.239,43	256,08	1,084
25.338	7.239,43	256,08	1,086
25.174	7.192,57	254,42	1,088
25.120	7.177,14	253,88	1,09
25.011	7.146,00	252,78	1,092
24.902	7.114,86	251,68	1,094
24.793	7.083,71	250,57	1,096
24.684	7.052,57	249,47	1,098
24.575	7.021,43	248,37	1,1
24.412	6.974,86	246,72	1,102
24.248	6.928,00	245,07	1,104
24.085	6.881,43	243,42	1,106
23.921	6.834,57	241,76	1,108
23.758	6.788,00	240,11	1,11
23.540	6.725,71	237,91	1,112
23.322	6.663,43	235,71	1,114
23.049	6.585,43	232,95	1,116
22.777	6.507,71	230,20	1,118
22.504	6.429,71	227,44	1,12
22.177	6.336,29	224,13	1,122
15.857	4.530,57	160,26	1,124
13.023	3.720,86	131,62	1,126
12.696	3.627,43	128,31	1,128
12.696	3.627,43	128,31	1,13
12.696	3.627,43	128,31	1,132

12.696	3.627,43	128,31	1,134
12.696	3.627,43	128,31	1,136
12.696	3.627,43	128,31	1,138
12.696	3.627,43	128,31	1,14
12.696	3.627,43	128,31	1,142
12.696	3.627,43	128,31	1,144
12.696	3.627,43	128,31	1,146
12.696	3.627,43	128,31	1,148
12.696	3.627,43	128,31	1,15
12.696	3.627,43	128,31	1,152
12.696	3.627,43	128,31	1,154
12.696	3.627,43	128,31	1,156
12.642	3.612,00	127,77	1,158
12.642	3.612,00	127,77	1,16
12.696	3.627,43	128,31	1,162
12.696	3.627,43	128,31	1,164
12.696	3.627,43	128,31	1,166
12.696	3.627,43	128,31	1,168
12.696	3.627,43	128,31	1,17
12.696	3.627,43	128,31	1,172
12.696	3.627,43	128,31	1,174
12.696	3.627,43	128,31	1,176
12.696	3.627,43	128,31	1,178
12.696	3.627,43	128,31	1,18
12.696	3.627,43	128,31	1,182

12.696	3.627,43	128,31	1,184
12.696	3.627,43	128,31	1,186
12.696	3.627,43	128,31	1,188
12.696	3.627,43	128,31	1,19
12.696	3.627,43	128,31	1,192
12.696	3.627,43	128,31	1,194
12.696	3.627,43	128,31	1,196
12.696	3.627,43	128,31	1,198
12.696	3.627,43	128,31	1,2
12.696	3.627,43	128,31	1,202
12.696	3.627,43	128,31	1,204
12.696	3.627,43	128,31	1,206
12.642	3.612,00	127,77	1,208
12.642	3.612,00	127,77	1,21
12.642	3.612,00	127,77	1,212
12.696	3.627,43	128,31	1,214
12.696	3.627,43	128,31	1,216
12.696	3.627,43	128,31	1,218
12.696	3.627,43	128,31	1,22
12.696	3.627,43	128,31	1,222
12.696	3.627,43	128,31	1,224
12.696	3.627,43	128,31	1,226
12.696	3.627,43	128,31	1,228
12.696	3.627,43	128,31	1,23
12.696	3.627,43	128,31	1,232

12.696	3.627,43	128,31	1,234
12.642	3.612,00	127,77	1,236
12.642	3.612,00	127,77	1,238
12.642	3.612,00	127,77	1,24
12.696	3.627,43	128,31	1,242
12.696	3.627,43	128,31	1,244
12.696	3.627,43	128,31	1,246
12.696	3.627,43	128,31	1,248
12.696	3.627,43	128,31	1,25
12.696	3.627,43	128,31	1,252
12.696	3.627,43	128,31	1,254
12.696	3.627,43	128,31	1,256
12.696	3.627,43	128,31	1,258
12.696	3.627,43	128,31	1,26
12.696	3.627,43	128,31	1,262
12.696	3.627,43	128,31	1,264
12.696	3.627,43	128,31	1,266
12.696	3.627,43	128,31	1,268
12.696	3.627,43	128,31	1,27
12.696	3.627,43	128,31	1,272
12.642	3.612,00	127,77	1,274
12.642	3.612,00	127,77	1,276
12.642	3.612,00	127,77	1,278
12.642	3.612,00	127,77	1,28
12.642	3.612,00	127,77	1,282

12.696	3.627,43	128,31	1,284
12.696	3.627,43	128,31	1,286
12.696	3.627,43	128,31	1,288
12.696	3.627,43	128,31	1,29
12.696	3.627,43	128,31	1,292
12.696	3.627,43	128,31	1,294
12.696	3.627,43	128,31	1,296
12.696	3.627,43	128,31	1,298
12.696	3.627,43	128,31	1,3
12.696	3.627,43	128,31	1,302
12.696	3.627,43	128,31	1,304
12.696	3.627,43	128,31	1,306
12.696	3.627,43	128,31	1,308
12.642	3.612,00	127,77	1,31
12.642	3.612,00	127,77	1,312
12.696	3.627,43	128,31	1,314
12.696	3.627,43	128,31	1,316
12.696	3.627,43	128,31	1,318
12.696	3.627,43	128,31	1,32
12.642	3.612,00	127,77	1,322
12.642	3.612,00	127,77	1,324
12.696	3.627,43	128,31	1,326
12.696	3.627,43	128,31	1,328
12.642	3.612,00	127,77	1,33
12.642	3.612,00	127,77	1,332

12.696	3.627,43	128,31	1,334
12.696	3.627,43	128,31	1,336
12.642	3.612,00	127,77	1,338
12.642	3.612,00	127,77	1,34
12.642	3.612,00	127,77	1,342
12.696	3.627,43	128,31	1,344
12.696	3.627,43	128,31	1,346
12.642	3.612,00	127,77	1,348
12.642	3.612,00	127,77	1,35
12.696	3.627,43	128,31	1,352
12.696	3.627,43	128,31	1,354
12.696	3.627,43	128,31	1,356
12.696	3.627,43	128,31	1,358
12.696	3.627,43	128,31	1,36
12.696	3.627,43	128,31	1,362
12.696	3.627,43	128,31	1,364
12.642	3.612,00	127,77	1,366
12.642	3.612,00	127,77	1,368
12.642	3.612,00	127,77	1,37
12.696	3.627,43	128,31	1,372
12.696	3.627,43	128,31	1,374
12.696	3.627,43	128,31	1,376
12.642	3.612,00	127,77	1,378
12.642	3.612,00	127,77	1,38
12.696	3.627,43	128,31	1,382

12.696	3.627,43	128,31	1,384
12.696	3.627,43	128,31	1,386
12.696	3.627,43	128,31	1,388
12.642	3.612,00	127,77	1,39
12.642	3.612,00	127,77	1,392
12.642	3.612,00	127,77	1,394
12.696	3.627,43	128,31	1,396
12.696	3.627,43	128,31	1,398
12.642	3.612,00	127,77	1,4
12.642	3.612,00	127,77	1,402
12.696	3.627,43	128,31	1,404
12.642	3.612,00	127,77	1,406
12.642	3.612,00	127,77	1,408
12.642	3.612,00	127,77	1,41
12.642	3.612,00	127,77	1,412
12.642	3.612,00	127,77	1,414
12.642	3.612,00	127,77	1,416
12.642	3.612,00	127,77	1,418
12.642	3.612,00	127,77	1,42
12.642	3.612,00	127,77	1,422
12.696	3.627,43	128,31	1,424
12.696	3.627,43	128,31	1,426
12.696	3.627,43	128,31	1,428
12.696	3.627,43	128,31	1,43
12.642	3.612,00	127,77	1,432

12.642	3.612,00	127,77	1,434
12.642	3.612,00	127,77	1,436
12.642	3.612,00	127,77	1,438
12.642	3.612,00	127,77	1,44
12.696	3.627,43	128,31	1,442
12.696	3.627,43	128,31	1,444
12.696	3.627,43	128,31	1,446
12.696	3.627,43	128,31	1,448
12.696	3.627,43	128,31	1,45
12.696	3.627,43	128,31	1,452
12.696	3.627,43	128,31	1,454
12.696	3.627,43	128,31	1,456
12.696	3.627,43	128,31	1,458
12.696	3.627,43	128,31	1,46
12.696	3.627,43	128,31	1,462
12.642	3.612,00	127,77	1,464
12.642	3.612,00	127,77	1,466
12.642	3.612,00	127,77	1,468
12.642	3.612,00	127,77	1,47
12.642	3.612,00	127,77	1,472
12.642	3.612,00	127,77	1,474
12.642	3.612,00	127,77	1,476
12.696	3.627,43	128,31	1,478
12.696	3.627,43	128,31	1,48
12.696	3.627,43	128,31	1,482

12.696	3.627,43	128,31	1,484
12.696	3.627,43	128,31	1,486
12.696	3.627,43	128,31	1,488
12.642	3.612,00	127,77	1,49
12.642	3.612,00	127,77	1,492
12.642	3.612,00	127,77	1,494
12.642	3.612,00	127,77	1,496
12.642	3.612,00	127,77	1,498
12.696	3.627,43	128,31	1,5
12.696	3.627,43	128,31	1,502
12.696	3.627,43	128,31	1,504
12.642	3.612,00	127,77	1,506
12.642	3.612,00	127,77	1,508
12.642	3.612,00	127,77	1,51



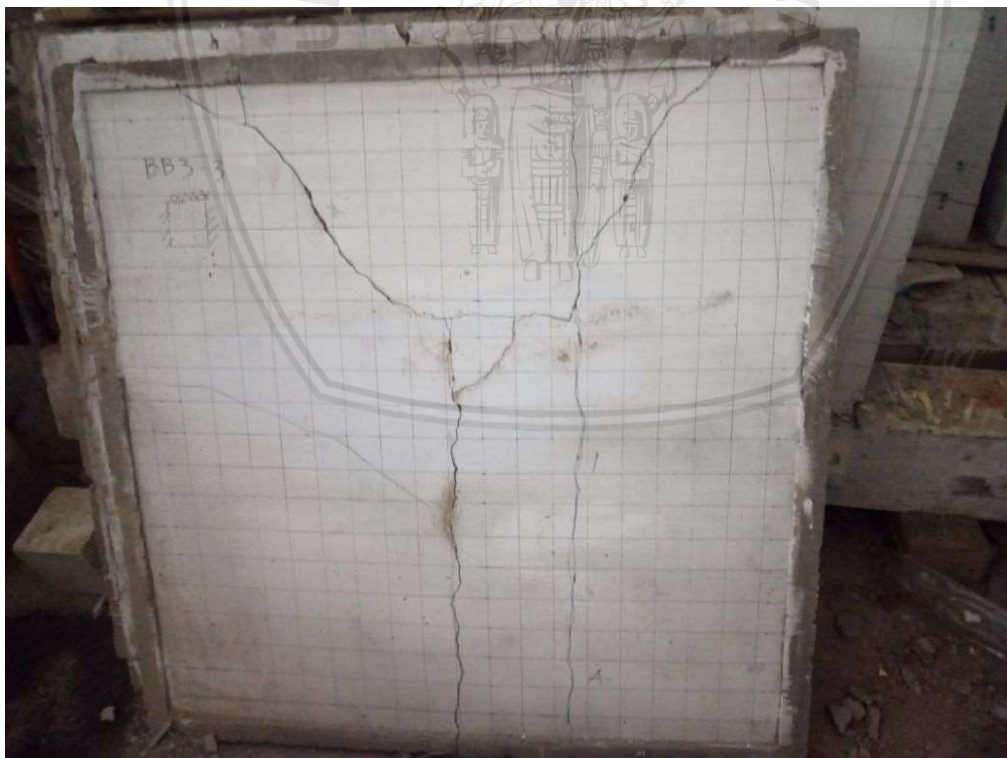
Gambar BB2-2



Gambar BB3-2



Gambar BB3-1



Gambar BB3-3



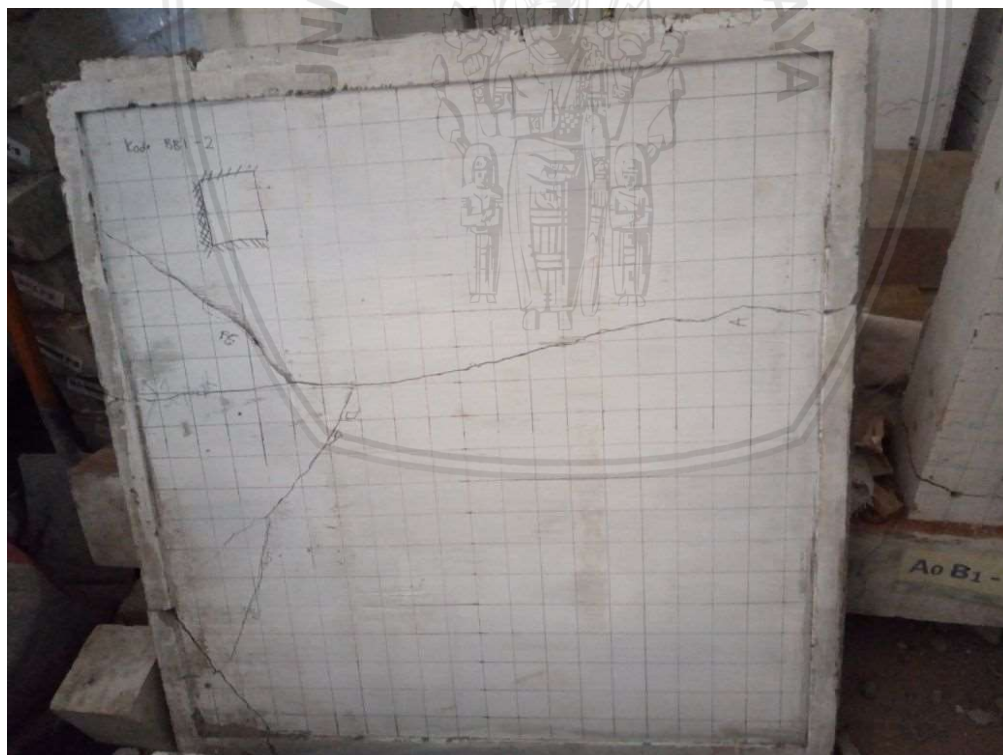
Gambar BB1-1



Gambar BB2-3



Gambar BJ3



Gambar BB1-1



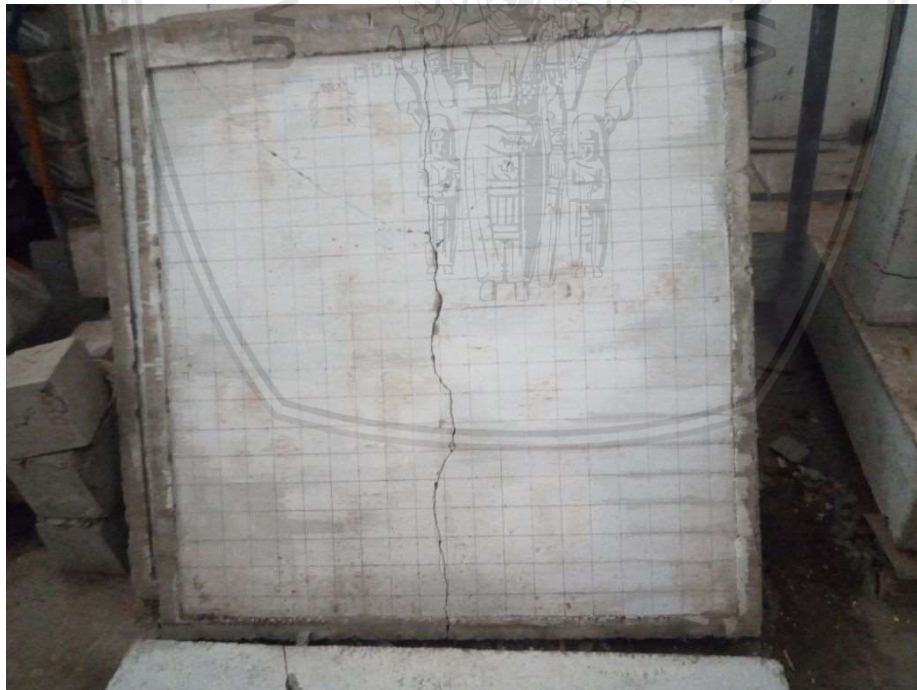
Gambar Pengujian tampak depan



Gambar Pengujian tampak atas



Pengujian tampak samping



Gambar BB1-2



Gambar BB2-3



Gambar BJ2



GambarBJ1



Gambar BB2-2



Gambar BB2-2



Gambar BB2-1