

**PERBANDINGAN KUAT LENTUR DUA ARAH PLAT BETON  
BERTULANGAN BAMBU RANGKAP LAPIS *STYROFOAM* DENGAN PLAT  
BETON BERTULANGAN BAMBU RANGKAP TANPA *STYROFOAM***

**SKRIPSI**

**Diajukan untuk memenuhi pesyaratan  
memperoleh gelar Sarjana Teknik**



**Disusun Oleh:**

**LUTFI PAKUSADEWO**

**NIM : 115060105111004 - 61**

**KEMENTERIAN RISET TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA**

**FAKULTAS TEKNIK**

**MALANG**

**2015**

## LEMBAR PERSETUJUAN

PERBANDINGAN KUAT LENTUR DUA ARAH PLAT BETON  
BERTULANGAN BAMBU RANGKAP LAPIS *STYROFOAM* DENGAN PLAT  
BETON BERTULANGAN BAMBU RANGKAP TANPA *STYROFOAM*

### SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi persyaratan  
memperoleh gelar Sarjana Teknik



Disusun Oleh :

**LUTFI PAKUSADEWO**

**NIM : 115060105111004 – 61**

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Dr. Ir. Wisnumurti, MT.

NIP.19641207 199002 1 001

Ari Wibowo, ST, MT, Ph.D

NIP.19740619 200012 1 002

# LEMBAR PENGESAHAN

PERBANDINGAN KUAT LENTUR DUA ARAH PLAT BETON  
BERTULANGAN BAMBU RANGKAP LAPIS *STYROFOAM* DENGAN PLAT  
BETON BERTULANGAN BAMBU RANGKAP TANPA *STYROFOAM*

## SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi persyaratan  
memperoleh gelar Sarjana Teknik

Disusun Oleh :

**LUTFI PAKUSADEWO**

**NIM : 115060105111004 – 61**

Skripsi ini telah diuji dan dinyatakan lulus pada  
18 Agustus 2015

Penguji

Penguji

Dr. Ir. Wisnumurti, MT.

NIP.19641207 199002 1 001

Ari Wibowo, ST, MT, Ph.D

NIP. 19740619 200012 1 002

Penguji

Dr. Eng. Indradi W., ST., M.Eng (prac)

NIP.19810220 200604 1 002

Mengetahui

Ketua Program Studi S1

Jurusan Teknik Sipil

Dr. Eng. Indradi W., ST., M.Eng (prac)

NIP.19810220 200604 1 002



## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur ke hadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayahNya kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini sebagai salah satu persyaratan untuk menyelesaikan studi di Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini dapat terselesaikan berkat bantuan, petunjuk, dan bimbingan dari berbagai pihak yang telah banyak membantu proses penyelesaian tugas akhir ini. Pada kesempatan kali ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Ir. Sugeng P. Budio, MS., selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya.
2. Ibu Ir. Siti Nurlina, MT., selaku Sekretaris Jurusan dan sebagai dosen pembimbing akademik.
3. Bapak Dr.Ir. wisnumurti, MT. dan Ari Wibowo, ST, MT, Ph.D selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan dan arahan untuk kesempurnaan penulisan tugas akhir ini.
4. Orang tua yang telah memberikan dukungan moril dan materil yang tidak ternilai selama melaksanakan penelitian.
5. Teman – teman seperjuangan skripsi, sahabat, dan Sipil angkatan 2011 yang telah membantu kelancaran penelitian dan menyelesaikan tugas akhir ini.

Semoga tugas akhir ini dapat memberikan manfaat untuk pembaca dan dapat dijadikan bahan acuan dalam penelitian selanjutnya.

Malang, Agustus 2015

Penulis

## DAFTAR ISI

<b>KATA PENGANTAR</b> .....	i
<b>DAFTAR ISI</b> .....	ii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	iv
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	v
<b>RINGKASAN</b> .....	vi
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Penelitian .....	3
1.5 Manfaat penelitian.....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	4
2.1 Beton .....	4
2.2 Bahan Penyusun Beton .....	4
2.2.1 Semen .....	5
2.2.2 Air.....	6
2.2.3 Agregat .....	6
2.3 Plat.....	7
2.4 Kuat Lentur .....	10
2.5 Bambu .....	10
2.6 <i>Styrofoam</i> .....	11
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b> .....	12
3.1 Rancangan Penelitian.....	12

3.2 Tempat dan Waktu Penelitian .....	12
3.3 Peralatan dan Bahan Penelitian .....	12
3.4 Diagram Alir Penelitian .....	14
3.5 Prosedur Penelitian.....	16
3.6 Variabel Penelitian .....	16
3.7 Benda Uji dan <i>Setting</i> .....	17
3.8 Metode Analisis Data .....	19
3.9 Hipotesis Penelitian.....	20
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>21</b>
4.1 Analisis Bahan Penyusun Plat .....	21
4.1.1 Beton.....	21
4.1.2 Tulangan Bambu .....	23
4.2 Analisa Teoritis .....	24
4.3 Pengujian Kuat Lentur Plat Beton Dua Arah.....	25
4.4 Pola Keruntuhan Plat Beton .....	41
<b>BAB V PENUTUP .....</b>	<b>45</b>
5.1 Kesimpulan .....	45
5.2 Saran.....	45
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>46</b>



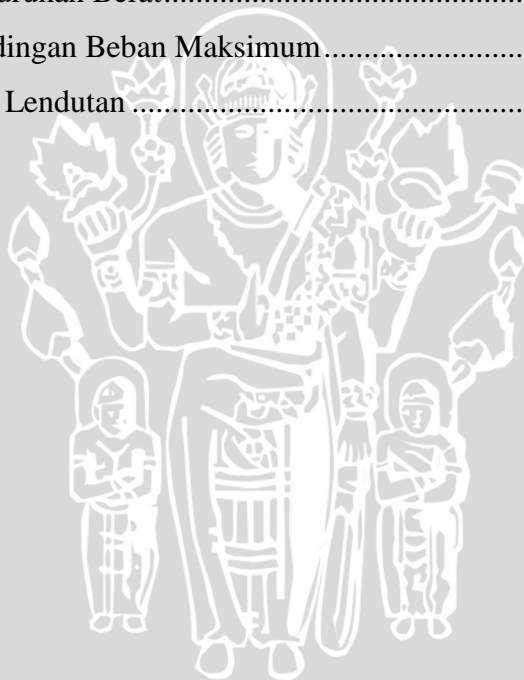


## DAFTAR GAMBAR

No	Judul	Halaman
Gambar 2. 1	(a) Plat lantai, (b) Plat Satu Arah, dan (c) Plat Dua Arah .....	8
Gambar 2. 2	Tumpuan Pada Plat .....	9
Gambar 3. 1	Diagram Alir Penelitian .....	15
Gambar 3. 2	Plat Bertulangan Bambu Rangkap Lapis <i>Styrofoam</i> .....	17
Gambar 3. 3	Benda Uji di Dalam Bekisting .....	17
Gambar 3. 4	Tampak Atas Plat dengan Lapis <i>Styrofoam</i> .....	18
Gambar 3. 5	Metode Pengujian Benda Uji .....	18
Gambar 3. 6	Rencana Grafik Hubungan Beban dan Lendutan.....	19
Gambar 4. 1	Sampel Beton .....	22
Gambar 4. 2	Pengujian Kuat Tekan Sampel Beton .....	22
Gambar 4. 3	Detail Tampak Atas Plat Beton Lapis <i>Styrofoam</i> .....	25
Gambar 4. 4	Pembebanan Pada Plat .....	26
Gambar 4. 5	Grafik Hubungan Beban dan Lendutan Plat S-I1 .....	28
Gambar 4. 6	Grafik Hubungan Beban dan Lendutan Plat S-I2 .....	30
Gambar 4. 7	Grafik Hubungan Beban dan Lendutan Plat S-I3 .....	32
Gambar 4. 8	Grafik Gabungan Plat Beton Lapis <i>Styrofoam</i> .....	33
Gambar 4. 9	Grafik Hubungan Beban dan Lendutan Plat TS-A3 .....	35
Gambar 4. 10	Grafik Hubungan Beban dan Lendutan Plat TS-B1 .....	37
Gambar 4. 11	Grafik Gabungan Plat Beton Tanpa Lapis <i>Styrofoam</i> .....	37
Gambar 4. 12	Tulangan Lepas Dari Beton .....	41
Gambar 4. 13	Pola Retak Bagian Bawah Pada Plat S-I1 .....	42
Gambar 4. 14	Pola Retak Bagian Bawah Pada Plat S-I2.....	42
Gambar 4. 15	Pola Retak Bagian Bawah Pada Plat S-I3 .....	43
Gambar 4. 16	Pola Retak Bagian Bawah Plat TS-A3.....	43
Gambar 4. 17	Pola Retak Bagian Bawah Plat TS-B1 .....	44

**DAFTAR TABEL**

No	Judul	Halaman
Tabel 3. 1	Rencana Form Data Beban Ultimate dan Lendutan .....	20
Tabel 4. 1	Hasil Pengujian Kuat Tekan Sampel Beton.....	21
Tabel 4. 2	Spesifikasi Plat Beton Lapis <i>Styrofoam</i> .....	25
Tabel 4. 3	Hasil Pengujian Plat Beton Lapis <i>Styrofoam</i> S-I1 .....	27
Tabel 4. 4	Hasil Pengujian Plat Beton Lapis <i>Styrofoam</i> S-I2.....	29
Tabel 4. 5	Hasil Pengujian Plat Beton Lapis <i>Styrofoam</i> S-I3 .....	31
Tabel 4. 6	Spesifikasi Plat Beton Tanpa Lapis <i>Styrofoam</i> .....	33
Tabel 4. 7	Hasil Pengujian Plat Beton Tanpa Lapis <i>Styrofoam</i> TS-A3.....	34
Tabel 4. 8	Hasil Pengujian Plat Beton Tanpa Lapis <i>Styrofoam</i> TS-B1.....	36
Tabel 4. 9	Persentase Penurunan Berat.....	39
Tabel 4. 10	Tabel Perbandingan Beban Maksimum.....	40
Tabel 4. 11	Perbandingan Lendutan .....	40





## RINGKASAN

**Lutfi Pakusadewo**, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Agustus 2015, *Perbandingan Kuat Lentur Dua Arah Plat Beton Bertulangan Bambu Rangkap Lapis Styrofoam Dengan Plat Beton Bertulangan Bambu Rangkap Tanpa Styrofoam*, Dosen Pembimbing : Wisnumurti dan Ari Wibowo.

Beton merupakan material yang sangat banyak digunakan sebagai material untuk struktur utama dalam konstruksi. Banyak keuntungan menggunakan beton sebagai material struktur utama. Selain itu, beton yang mampu dipadukan dengan tulangan baja, atau biasa yang disebut dengan beton bertulang. Pada konstruksi pembangunan, hampir seluruhnya menggunakan beton bertulang. Seiring perkembangan zaman, muncul inovasi-inovasi untuk membuat beton ringan namun juga kokoh, awet, dan murah. Salah satunya dengan cara membuat plat beton dengan lapis *styrofoam* bertulangan bambu.

Pada penelitian ini dilakukan dengan membuat sebuah plat dimana terdapat *Styrofoam* yang dilapisi dengan beton, tulangan plat diganti dengan bambu yang telah dilapisi dengan cat. Plat nantinya dibandingkan dengan plat bertulangan bambu tanpa *styrofoam*. Kedua plat diuji lentur dengan beban terpusat dan hasil pengujian keduanya dibandingkan.

Dari penelitian laboratorium diperoleh beban maksimum dari dua jenis plat tersebut, dimana beban maksimum plat beton lapis *styrofoam* sebesar 1779,4 kg dan untuk plat beton tanpa *styrofoam* 2079,4 kg. Selain itu lendutan pada kedua plat juga berbeda, dimana rata-rata lendutan yang terjadi pada plat beton tanpa *styrofoam* 9,715mm, sementara plat beton dengan *styrofoam* yang rata-ratanya sebesar 12,67mm. Keruntuhan yang dihasilkan oleh kedua panel merupakan jenis keruntuhan lentur. Hasil penelitian menunjukkan bahwa panel yang didalamnya diletakkan *styrofoam* memiliki kekuatan yang hampir sama dengan panel tanpa *styrofoam*.

Kata kunci : plat, kuat lentur, bambu, *styrofoam*.

## BAB I PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang Masalah

Seiring dengan perkembangan zaman dan ilmu pengetahuan dan teknologi, tumbuhlah ide-ide baru dalam teknologi konstruksi bangunan yang bertujuan dapat membuat bangunan menjadi ringan, kokoh, ekonomis, dan mudah dalam proses pembuatannya. Dalam penelitian ini, akan diteliti kekuatan lentur dari plat beton dua arah bertulangan bambu lapis *styrofoam*. Dengan adanya inovasi-inovasi seperti ini, semoga dapat memicu untuk tumbuhnya inovasi lainnya yang dapat bermanfaat untuk pembangunan di Indonesia.

Plat merupakan struktur utama bangunan yang dimana semua bangunan bertingkat pasti menggunakan plat. Plat lantai beton bertulang umumnya dicor ditempat, bersama – sama balok penumpu dan kolom pendukungnya. Dengan demikian akan diperoleh hubungan kuat yang menjadi satu kesatuan. Dalam pembuatan plat, tentu diperhatikan kuat tarik dan tekan. Beton yang memiliki kekuatan yang tinggi pada tekan tidak dapat menahan tarik dengan baik, sehingga kelemahan beton akan tarik diatasi dengan pemasangan tulangan baja sebagai penahan tarik pada plat beton. Pada plat lantai beton dipasang tulangan baja pada kedua arah, tulangan silang, untuk menahan momen tarik dan lenturan. Oleh karena itu, pada penelitian ini dicoba menggunakan bambu sebagai tulangan yang menahan tarik. Tulangan bambu akan disusun menyerupai rangkaian tulangan baja, sehingga fungsinya akan bekerja sesuai dengan fungsi tulangan baja.

Bambu merupakan kekayaan alam yang sangat mudah ditemukan di Indonesia. Selain itu bambu juga banyak digunakan di desa sebagai bahan alternatif pengganti kayu. Dengan banyaknya jenis bambu yang ada di Indonesia, perlu diperhatikan kembali jenis bambu yang bisa digunakan dalam pembangunan. Tidak semua jenis bambu bisa langsung digunakan untuk pembangunan, masih diperlukan perilaku khusus untuk membuat bambu bisa digunakan dalam pembangunan. Begitu juga dalam penggunaan bambu pada plat beton. Penggunaan alternatif bambu sebagai tulangan pada plat beton diharapkan dapat menggantikan peran tulangan baja sebagai penahan





tegangannya tarik. Kemudian dengan adanya *styrofoam* diharapkan dapat membuat plat beton tersebut menjadi lebih ringan dibandingkan dengan plat beton umumnya. Dengan digabungkan bambu dan *styrofoam*, diharap bisa membuat plat beton kuat, ringan, dan ekonomis.

Untuk mengetahui pengaruh *styrofoam* dan tulangan bambu terhadap lentur pada plat dua arah, maka dilakukan perbandingan kuat lentur plat bertulangan bambu rangkap tanpa *styrofoam* dengan plat bertulangan bambu rangkap dilapisi *styrofoam*.

### 1.2 Rumusan Masalah

Dari uraian yang disampaikan maka dapat disusun rumusan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana perbandingan kekuatan lentur plat beton dua arah bertulangan bambu rangkap lapis *styrofoam* yang ditinjau dari beban maksimum yang dipikul plat jika dibandingkan dengan plat beton dua arah bertulangan bambu rangkap tanpa *styrofoam* ?
2. Bagaimana perbandingan lendutan plat beton dua arah bertulangan bambu rangkap lapis *styrofoam* dengan plat beton dua arah bertulangan bambu rangkap tanpa *styrofoam* ?

### 1.3 Batasan Masalah

Agar tidak terjadi pelebaran pembahasan dalam penelitian, serta agar penelitian yang lebih mengerucut, maka diberikan batasan-batasan masalah seperti berikut :

- Pengaruh lingkungan diabaikan.
- Plat beton dua arah.
- Plat dengan dimensi (40x80x5)cm.
- Dimensi *styrofoam* (36x75x1)cm.
- Dimensi tulangan (0,6x0,6)cm.
- Jarak dan diameter *shear connector* telah ditentukan.
- Pembahasan terfokus pada kuat lentur plat.
- Kuat tarik bambu dianggap sama pada setiap benda uji.



- Perilaku lentur dianalisis berdasarkan deformasi lentur.
- Reaksi kimia campuran tidak dibahas.
- Plat beton diasumsikan terletak bebas dengan tumpuan di keempat sisi plat.
- Beban yang diuji beban terpusat.

#### 1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan melakukan penelitian ini yaitu, mengetahui perbandingan kekuatan plat beton dua arah bertulangan bambu rangkap lapis *styrofoam* dengan plat beton dua arah bertulangan bambu rangkap tanpa *styrofoam* yang ditinjau dari segi lendutan plat dan beban maksimum yang mampu dipikul oleh plat.

#### 1.5 Manfaat penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat antara lain :

- Dapat menjadi inovasi di dalam dunia pembangunan.
- Menjadi plat yang ramah lingkungan, ringan, ekonomis, dan memiliki kekuatan yang sama dengan plat bertulangan baja.
- Mengetahui perilaku lentur yang terjadi pada plat beton bertulangan bambu lapis *styrofoam* dan tanpa *styrofoam*.
- Menjadi pengetahuan untuk siapapun yang membaca.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Beton

Beton merupakan material yang berupa seperti batu, diperoleh dari membuat suatu campuran dengan proporsi tertentu dari semen, pasir, dan kerikil, serta air yang membuat campuran tersebut bisa menjadi keras dalam cetakan dengan sesuai dimensi dan kebutuhan.

Beton selalu menjadi bahan utama untuk pekerjaan konstruksi. Bila kita lihat pada pekerjaan konstruksi, semua menggunakan beton sebagai material utama. Beton banyak digunakan karena beton mudah dibentuk sesuai dengan kebutuhan konstruksi, beton juga sangat kuat terhadap beban yang berat serta memiliki ketahanan terhadap temperatur tinggi.

Meski demikian, beton yang digunakan selalu dipadukan dengan tulangan baja, hal ini dikarenakan beton hanya kuat menahan tekan tetapi lemah terhadap tarik. Sehingga penggunaan baja dapat mengatasi kelemahan beton akan tarik.

Untuk mencapai kekuatan beton yang sesuai dengan kebutuhan, harus mengikuti peraturan-peraturan yang ada. Perancangan beton yang baik bertujuan untuk mendapatkan kekuatan beton yang sesuai dengan kebutuhan serta mudah di dalam proses pembuatan.

Saat beton sudah mengeras, beton harus tetap dijaga dan dirawat. Beton yang mengeras dapat dirawat dengan cara membasahi dengan air, perawatan dengan penguapan, dan lainnya.

#### 2.2 Bahan Penyusun Beton

Dalam perencanaan beton, hal-hal yang paling penting adalah bahan-bahan penyusun beton. Beton yang merupakan campuran semen, agregat dan air haruslah benar-benar sesuai dengan peraturan yang telah ada.



Setiap bahan yang digunakan memiliki sifat dan karakteristik yang berbeda, sehingga nantinya dapat mempengaruhi kekuatan beton. Berikut akan menjelaskan bahan-bahan penyusun beton tersebut :

### 2.2.1 Semen

Semen merupakan bahan yang memiliki sifat hidrolis (perekat), dimana semen akan mengalami ikatan kimia bila dicampurkan dengan air. Semen yang telah bercampur dengan air, disebut pasta. Pasta akan sangat bagus apabila dapat menyelimuti semua agregat.

Di dalam konstruksi, semen sendiri memiliki berbagai macam jenis dengan fungsi yang berbeda-beda juga. Karena semen akan bereaksi bila bercampur air, maka dari itu semen harus disimpan pada ruangan yang terhindar dari air dan lembab.

Setiap jenis semen, memiliki sifat, bahan baku yang berbeda, serta cara pembuatan yang berbeda pula, sehingga dapat membuat setiap jenis semen memiliki kehalusan butir, kekuatan tekan, dan waktu pengikatan yang berbeda pula.

Ketika semen bereaksi dengan air, akan ada proses hidrasi, dan akan terjadi proses pengikatan. Dengan semakin halus buiran semen, akan mempercepat proses hidrasi, sehingga memiliki kekuatan awal yang tinggi, tetapi kekuatan akhir akan berkurang. Untuk mengetahui kekuatan semen bisa dilakukan dengan membuat mortar berbentuk kubus ukuran 5x5x5 cm, yang diujin ketika sudah menacapai umur 28 hari.

Waktu pengikatan adalah waktu yang diperlukan semen untuk mengeras, terhitung dari mulai bereaksi dengan air dan menjadi pasta semen hingga pasta semen cukup kaku untuk menahan tekanan (Tri Mulyono,2003). Waktu pengikatan terbagi dua, waktu penikatan awal dan waktu ikatan akhir. Waktu pengikatan sangat penting dalam pembuatan beton, karena hal ini berkaitan hingga beton mengeras. Waktu pengikatan dapat dipengaruhi oleh temperatur, jumlah air yang digunakan serta kondisi lingkungan sekitarnya.



### 2.2.2 Air

Penggunaan air untuk dicampurkan dengan semen yang membentuk pasta. Karena reaksi antara air dan semen merupakan reaksi kimia, maka air yang digunakan juga harus bersih dari zat-zat kimia dan bahan organik yang dapat merusak beton serta tulangnya.

Air yang berlebihan dapat menimbulkan gelembung air saat proses pencampuran air dan semen selesai, begitu juga sebaliknya, bila air terlalu sedikit dapat membuat air dan semen tidak tercampur seluruhnya.

Banyaknya jumlah air yang digunakan untuk membuat campuran pasta dapat mempengaruhi karakteristik kekuatan beton. Perbandingan jumlah air dengan jumlah berat semen diartikan sebagai faktor air semen. Faktor air semen juga mempengaruhi dalam pengerjaan beton.

Pada umumnya makin besar nilai FAS, makin besar pula jumlah air yang digunakan pada campuran beton, berarti adukan beton makin encer dan mutu beton akan makin turun/rendah (H. Ali Asroni,2010). FAS yang rendah juga dapat menyebabkan kesulitan saat proses pemadatan. Bagus tidaknya pengerjaan diukur dari hasil pengujian *slump*, dimana kita dapat menilai campuran adukan semen apakah terlalu encer atau tidak.

### 2.2.3 Agregat

Agregat yang digunakan sebagai bahan penyusun beton adalah agregat kasar (kerikil) dan agregat halus (pasir). Agregat yang digunakan juga berbagai macam sifat dan karakteristiknya. Sehingga perlu ada penyeleksian dari agregat kasar dan agregat halus.

Agregat kasar sangat berpengaruh pada beton, karena sebagian besar kekuatan beton berasal dari agregat kasar. Agregat kasar sendiri berguna untuk mengisi rongga-rongga yang ada pada beton, kemudian rongga yang tidak bisa ditutup oleh agregat kasar akan ditutup oleh agregat halus dan yang lebih kecil lagi akan ditutup oleh pasta semen. Maka dari itu pasta semen juga harus dapat menyelimuti seluruh agregat yang ada agar dapat saling melekat.

Agregat kasar memiliki kekuatan yang lebih tinggi dibandingkan pastanya, oleh karena itu untuk membentuk beton dengan kekuatan tekan tinggi harus menggunakan agregat kasar yang kuat dan tidak boleh lebih lemah dari kekuatan pasta (H. Ali Asroni,2010).

Untuk dapat mengetahui perbedaan agregat kasar dan agregat halus, dapat menggunakan analisa ayakan. Agregat halus yang biasa digunakan untuk campuran beton adalah pasir. Pasir yang digunakan harus bersih dari segala kotoran dan butir agregat halus harus memiliki sifat yang kuat terhadap temperatur dan cuaca.

Pada agregat kasar dan halus ada istilah gradasi. Gradasi agregat merupakan proporsi distribusi dari butir agregat, gabungan agregat kasar dan halus. Agregat kasar dan agregat halus memiliki tingkat keseragaman butir yang berbeda-beda.

Dalam pembuatan beton, agregat merupakan bahan yang penting, sehingga sangat diperlukan pemilihan agregat yang benar-benar sesuai dengan peraturan. Beton yang terlalu sedikit menggunakan pasir akan membuat beton menjadi keropos, penggunaan yang berlebihan juga dapat membuat beton memiliki kepadatan yang rendah serta membutuhkan air yang banyak dalam pencampuran. Menurut Tri Mulyono (2003) menyebutkan faktor-faktor yang dapat mempengaruhi kekuatan beton terhadap agregat : perbandingan agregat dan semen campuran, kekuatan agregat, bentuk dan ukuran agregat, tekstur permukaan agregat, gradasi agregat, reaksi kimia, dan ketahanan terhadap panas. Maka dari itu agregat harus dapat saling mengisi dan mengikat rongga-rongga yang ada di beton, sehingga peranan pasta semen sebagai perekat harus menyelimuti semua agregat.

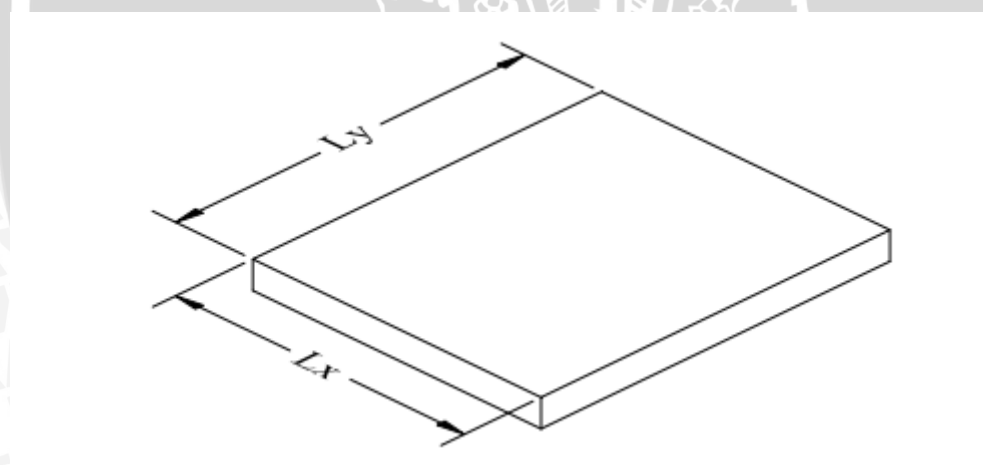
### 2.3 Plat

Plat dua arah adalah sistem lantai yang secara umum terbuat dari beton, dimana perbandingan bentang panjang dan bentang pendek kurang dari 2. Karena plat dua arah didukung pada keempat sisinya, sehingga lenturan terjadi dalam dua arah. Plat dapat ditumpu pada keseluruhan tepinya atau bisa juga di titik-titik tertentu. Dengan adanya berbagai macam kondisi tumpuan membuat plat dapat digunakan untuk segala kondisi keadaan. Plat dengan kondisi ditumpu pada seluruh tepinya lebih kaku dibandingkan dengan plat yang hanya ditumpu oleh dua tumpuan sederhana. Sistem plat seluruhnya

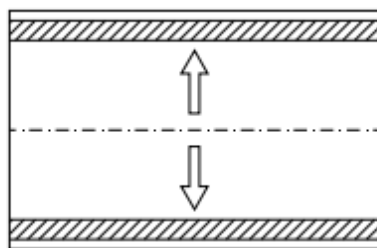


akan menjadi suatu kesatuan yang membentuk sistem rangka struktur kaku statis tak tertentu. Dengan adanya berbagai kondisi jenis tumpuan pada plat, maka akan memberikan akibat yang berbeda pula menurut jenis tumpuannya.

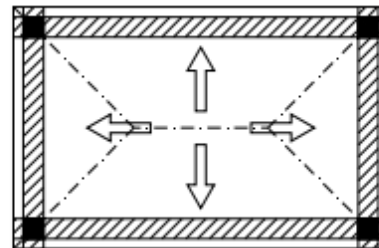
Seperti yang diketahui, plat beton bertulang banyak digunakan pada bangunan sipil baik sebagai lantai bangunan, lantai atap dari suatu gedung, lantai jembatan maupun lantai pada dermaga. Beban tidak hanya menimbulkan momen, gaya geser, atau lendutan yang langsung pada komponen sebuah struktur yang menahan. Akan tetapi, komponen struktur lain yang saling berhubungan menjadi ikut berinteraksi akibat hubungan yang kaku antar komponen. Beban yang bekerja pada plat umumnya diperhitungkan terhadap beban gravitasi (beban mati dan/atau beban hidup). Beban tersebut mengakibatkan terjadi momen lentur, oleh karena itu plat juga direncanakan terhadap beban lentur. Sebuah perencanaan plat harus dapat menahan beban-beban gravitasi. Secara umum, beban-beban eksternal tidak dapat dianggap hanya dipikul oleh tumpuan hanya dalam satu arah.



(a)



(b)

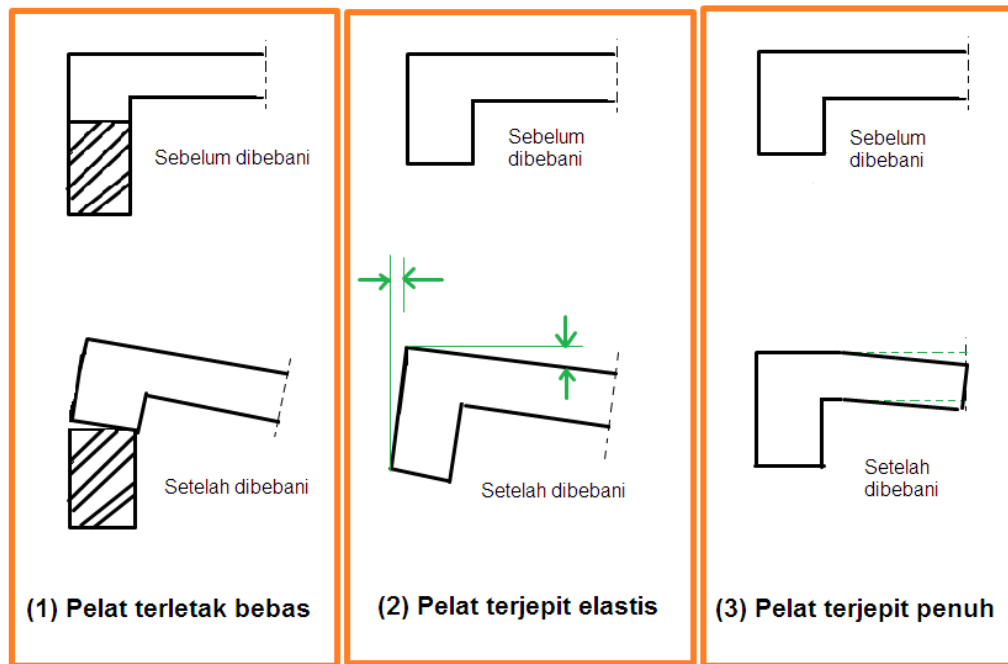


(c)

Gambar 2. 1 (a) Plat lantai, (b) Plat Satu Arah, dan (c) Plat Dua Arah



Dalam perencanaan suatu plat, perlu dipertimbangkan juga jenis tumpuan yang digunakan untuk menumpu plat tersebut. Syarat tumpuan menentukan jenis perletakan dan jenis penghubung di tempat tumpuan. Plat dua arah yang mendapatkan beban di tengah bidang akan mengalirkan pembebanan menuju tumpuan-tumpuan.



Gambar 2. 2 Tumpuan Pada Plat

Dari ketiga jenis tumpuan memberikan akibat yang berbeda pula pada perlakuan plat. Plat ditumbu bebas mengakibatkan plat tersebut dapat mengalami rotasi bebas pada tumpuan. Kemudian untuk plat terjepit elastis akan membuat balok tepi tidak kuat untuk mencegah rotasi dan plat terjepit relatif sangat kaku terhadap momen puntir dan mampu mencegah plat berotasi.

Plat pada bangunan merupakan bagian pusat massa, karena plat menerima beban paling berat. Umumnya suatu plat direncanakan agar dapat menahan beban merata pada seluruh permukaannya. Apabila suatu plat menerima beban di seluruh permukaannya, maka plat tersebut akan mengalami lendutan. Kasus pada plat dua arah, lendutan akan terjadi di kedua arah, yaitu sisi terpanjang plat ( $L_y$ ) dan sisi terpendek plat ( $L_x$ ). Lendutan maksimal pada plat akan terjadi di tengah bentang, yang nantinya secara berangsur lendutan tersebut akan semakin mengecil menuju tumpuan. Plat dua arah

merupakan plat ortotropis dimana memiliki kapasitas momen yang tidak sama dalam dua arah tegak lurus. Saat terjadi lendutan pada plat dua arah di kedua sisinya, maka penggunaan tulangan difungsikan untuk meminimalisir lendutan yang terjadi. Plat ditulangi dalam dua arah dengan tulangan berlapis.

#### **2.4 Kuat Lentur**

Kuat lentur merupakan kemampuan dari suatu bahan untuk menahan beban lentur. Nilai tegangan tarik yang dihasilkan dari momen lentur dibagi dengan momen penahan penampang balok uji. Ketika suatu batang dibebani beban lentur, maka batang tersebut dapat mengalami lenturan, geser, dan lendutan. Lendutan yang terjadi pada suatu batang lentur dapat ditentukan dari gaya luar, panjang bentang, momen inersia penampang, dan modulus elastisitas.

#### **2.5 Bambu**

Bambu merupakan salah satu jenis bahan alternatif sebagai bahan pengganti tulangan baja pada beton. Selain mudah didapatkan, bambu juga sangat murah, ramah lingkungan, dan kuat. Tulangan pada beton berfungsi untuk mengatasi kelemahan beton terhadap tarik. Seluruh komponen struktur bangunan membutuhkan tulangan untuk mengatasi kelemahan beton tersebut, salah satunya plat beton. Meski demikian, penggunaan tulangan bambu juga memiliki kelemahan.

Kuat tarik bambu untuk menahan gaya tarik berbeda-beda pada bagian dinding batang dalam atau bagian luar, garis tengah batang (batang yang langsing memiliki ketahanan terhadap gaya tarik yang lebih tinggi), serta pada bagian batang mana yang digunakan karena bagian kepala memiliki kekuatan terhadap gaya tarik yang 12% lebih rendah dibandingkan dengan bagian batang kaki (Heinz Frick,2004).

Pada beton bertulangan bambu, beton ketika masa pengeringan akan mengalami penyusutan. Penyusutan tersebut dapat mengakibatkan semacam pratekan pada tulangan. Ketika digunakan tulangan bambu, bambu dapat menyusut empat kali lebih banyak daripada beton (Roland Stulz,1981).



Karena bambu memiliki banyak jenisnya, untuk digunakan sebagai bahan konstruksi harus benar-benar dipilih sesuai kebutuhan. Sebelum digunakan sebagai tulangan, bambu harus terlebih dahulu diawetkan. Bambu adalah material alami organik. Di iklim tropis yang dengan kelembaban tinggi seperti di Indonesia, tanpa pengawetan bambu hanya dapat bertahan kurang dari tiga tahun. Tidak seperti kebanyakan kayu keras, bambu memiliki kandungan gula yang tinggi yang merupakan makanan alami kumbang bubuk dan serangga bor lainnya. Kerusakan biologis bambu dapat mengurangi nilai estetis, kekuatan dan daya guna bambu, bahkan bubuk yang keluar dari bambu yang terserang dapat mengganggu kesehatan. Kerusakan dapat menyebabkan pelapukan, retak, pecah dan yang paling buruk dapat menyebabkan bangunan bambu menjadi rubuh.

Pengawetan menjadi sangat penting jika bambu digunakan untuk keperluan struktur bangunan karena berkaitan dengan keamanan dan kekuatan bambu. Bambu yang telah diawetkan dapat bertahan lebih lama dibandingkan dengan bambu yang belum diawetkan.

## 2.6 Styrofoam

*Styrofoam* banyak diketahui oleh orang sebagai tempat untuk membungkus makanan. *Styrofoam* termasuk ke dalam jenis plastik, dimana *styrofoam* sendiri banyak mengandung bahan-bahan kimia. Akan tetapi, *styrofoam* dapat digunakan dalam inovasi bahan pembangunan. Zaman modern sekarang, makin banyak yang mencoba menggunakan *styrofoam* sebagai bahan konstruksi.

*Styrofoam* pada bahan bangunan diharapkan dapat mengurangi berat dari bahan. Dengan mengurangi berat pada bahan bangunan, secara tidak langsung mengurangi beban gravitasi dan beban sendiri yang dipikul oleh bahan tersebut. Apabila beton digabungkan dengan *styrofoam*, maka dapat dibuat beton ringan, pada beton ringan memiliki rongga udara sehingga membuat beton menjadi ringan. Dengan bertambahnya rongga udara di beton, maka dapat mempengaruhi kekuatan dari beton.



## BAB III

### METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Rancangan Penelitian

Penelitian ini tergolong penelitian eksperimental yang dilakukan di laboratorium. Objek dalam penelitian ini adalah plat beton dua arah bertulangan bambu rangkap lapis *styrofoam* dengan hasil lenturnya dibandingkan dengan plat beton dua arah bertulangan bambu rangkap tanpa *styrofoam*. Pelaksanaan penelitian adalah meliputi 2 analisis sebagai berikut:

1. Analisis teori atau studi literatur yakni dengan menggunakan teori yang ada untuk memprediksi perilaku plat yang diuji sehingga analisis ini nantinya menghasilkan nilai-nilai teoritis berdasarkan tinjauan pustaka. Seperti halnya analisis dalam memprediksi beban aksial maksimum yang dapat diterima oleh plat beton dua arah bertulangan bambu rangkap lapis *styrofoam* dan tanpa *styrofoam*.
2. Analisis data eksperimental, dimana dari data teknis plat beton dua arah bertulangan bambu rangkap lapis *styrofoam* digunakan untuk mendapatkan hasil penelitian yaitu perilaku lentur plat beton dua arah bertulangan bambu rangkap lapis *styrofoam* dan tanpa *styrofoam* terhadap beban aksial.

#### 3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Struktur Teknik Sipil Universitas Brawijaya Malang. Waktu penelitian yang dilakukan adalah pada semester genap bulan April sampai Juli tahun 2015.

#### 3.3 Peralatan dan Bahan Penelitian

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian adalah:

1. Peralatan
  - a. Timbangan
  - b. *Dial gauge*
  - c. *LVDT*
  - d. *Loading frame*

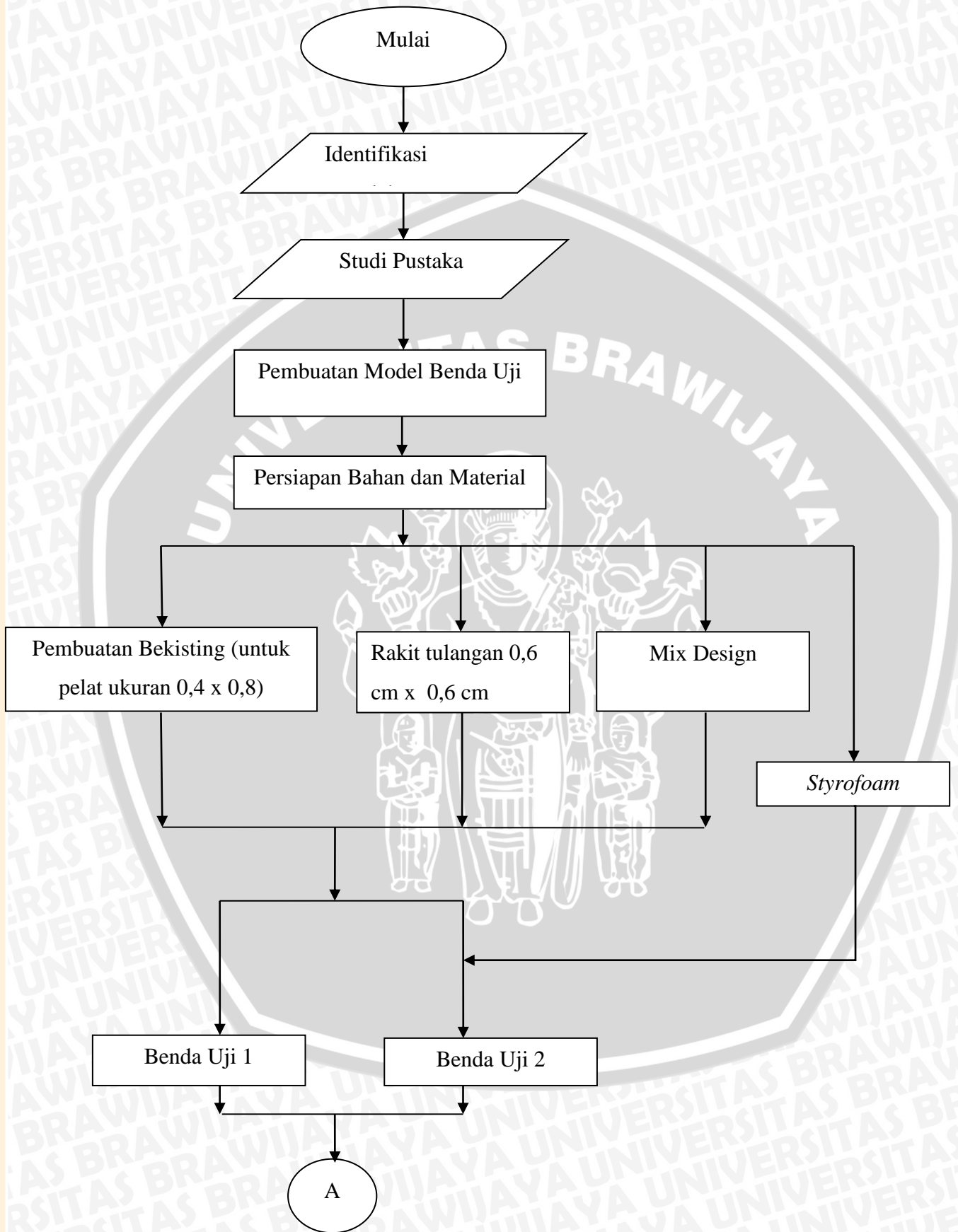
- e. *Hydraulic jack*
- f. Alat tulis dan Mistar
- g. Meteran
- h. Bekisting
- i. Tang
- j. Cutter
- k. Molen
- l. Gergaji

2. Bahan

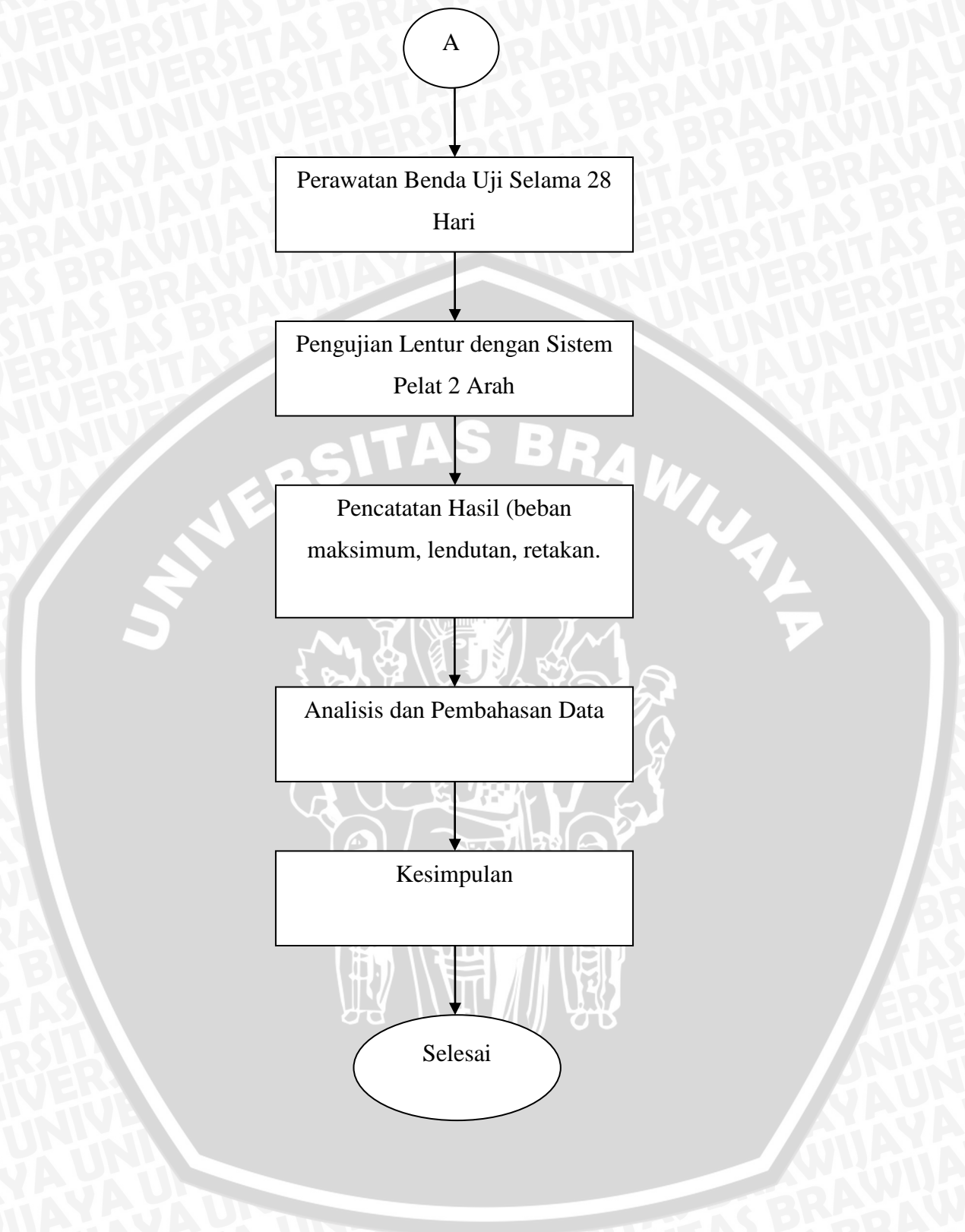
- a. Semen Portland (PC)
- b. Agregat halus berupa pasir
- c. Agregat Kasar berupa kerikil
- d. Air
- e. Tulangan bambu dengan dimensi penampang 6x6 mm
- f. Cat kayu
- g. *Styrofoam*
- h. Kawat



### 3.4 Diagram Alir Penelitian







Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian

### 3.5 Prosedur Penelitian

1. Pembuatan bekisting plat ukuran 40x80x5 cm.
2. Perakitan tulangan bambu dengan dimensi 6x6 mm.
3. Pembuatan mix design dengan rasio sesuai dengan yang direncanakan.
4. Pengecoran mix design ke dalam cetakan plat untuk membuat benda uji.
5. Perawatan benda uji selama 7 hari.
6. Pengujian kuat tekan beton dari sampel plat setelah berumur 28 hari.
7. Pengujian plat dilakukan dengan beban statik dengan interval 50 kg hingga mencapai beban maksimum aktual. Kemudian dilanjutkan ke tahap *displacement control* hingga mencapai keruntuhan plat.
8. Rekap dan analisis data.
9. Pembahasan hasil pengolahan data.
10. Kesimpulan.

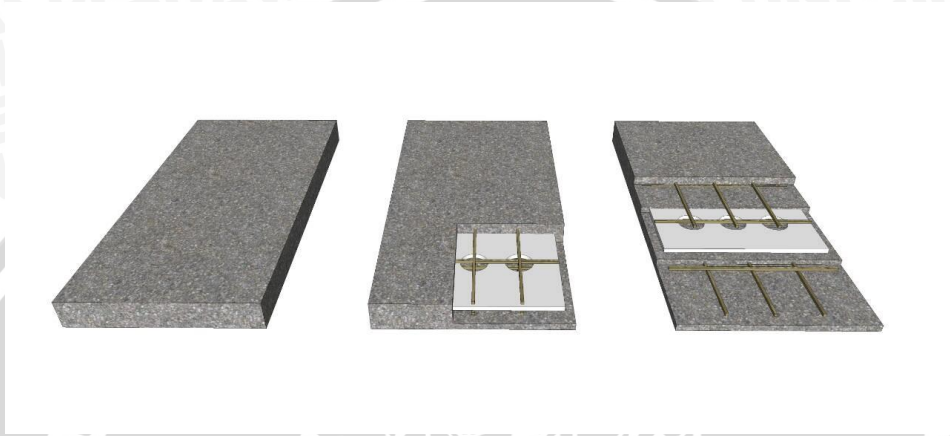
### 3.6 Variabel Penelitian

Variabel yang diukur dalam penelitian ini adalah :

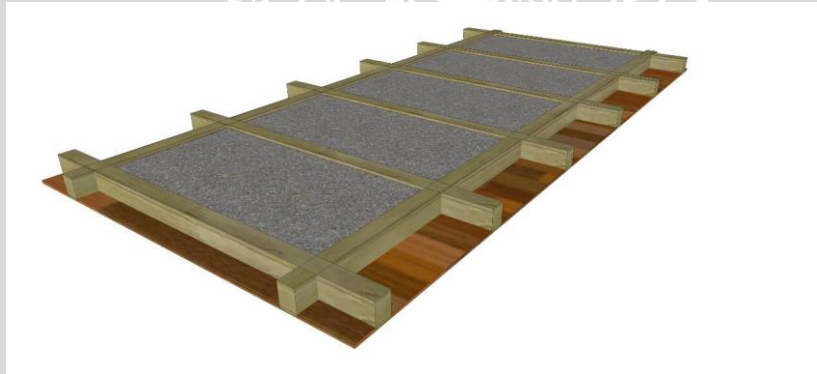
- Variabel bebas  
Variabel bebas dalam penelitian ini adalah beban yang diberikan pada saat pengujian, dimensi plat dan material penyusun beton, dan jumlah benda uji sebagai pembanding.
- Variabel Kontrol  
Variabel kontrol pada penelitian ini adalah, lama waktu perawatan (curing) dan usia pengujian.
- Variabel Terikat  
Variabel terikat pada penelitian ini adalah besarnya beban maksimum yang mampu diterima plat hingga plat mengalami runtuh dan besarnya deformasi yang terjadi pada plat.

### 3.7 Benda Uji dan Setting

Benda uji berupa plat beton dua arah bertulangan bambu rangkap lapis *styrofoam* dan plat beton dua arah bertulangan bambu rangkap tanpa *styrofoam* dengan dimensi yang sama yaitu 40x80x5 cm dan dimensi tulangan 0,6x0,6 cm dengan jumlah benda uji ada 5 benda uji. Kemudian *styrofoam* dengan dimensi 36x75x1 cm untuk benda uji yang menggunakan *styrofoam*.



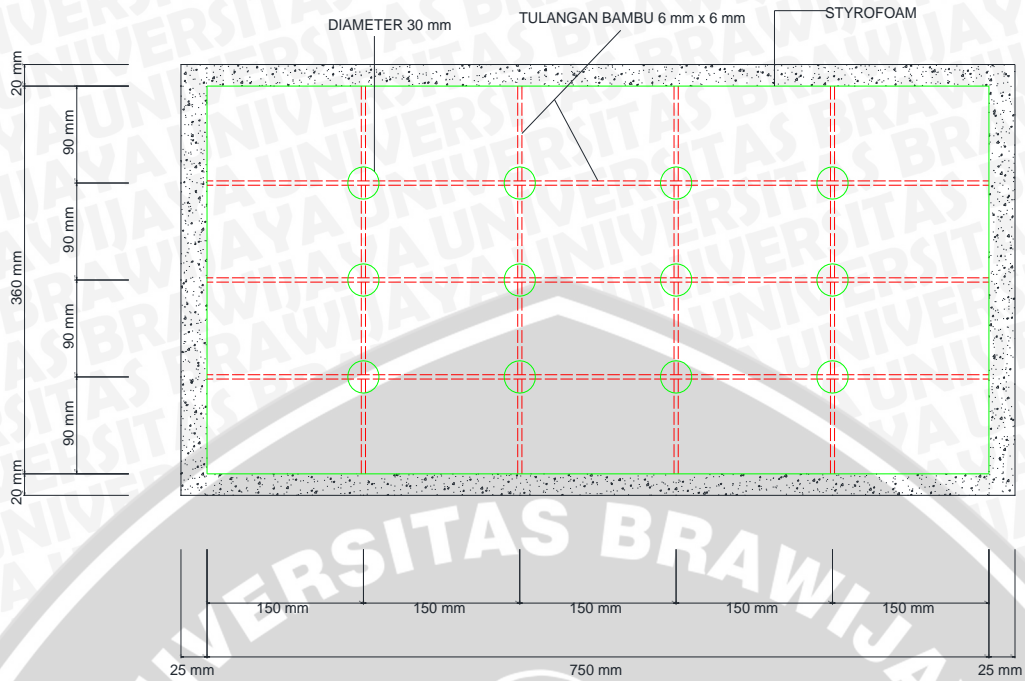
Gambar 3. 2 Plat Bertulangan Bambu Rangkap Lapis *Styrofoam*



Gambar 3. 3 Benda Uji di Dalam Bekisting

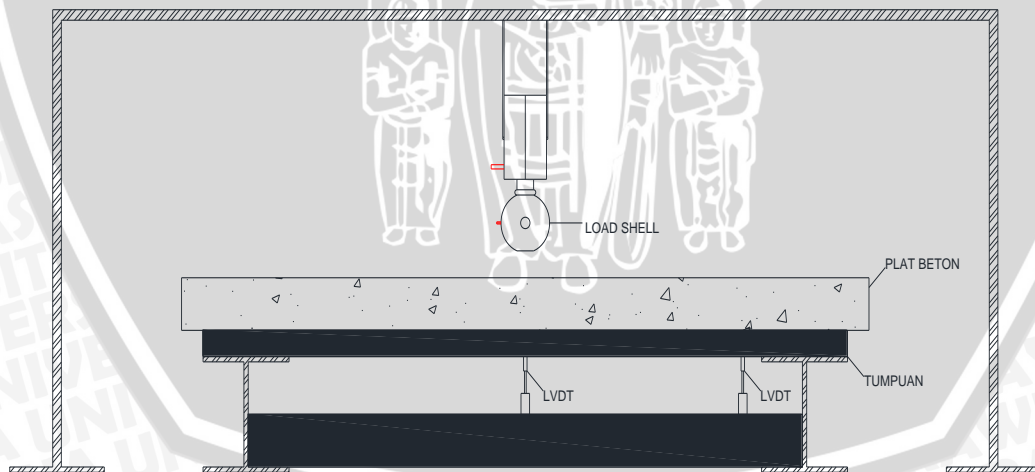
Tahap pembuatan benda uji dimulai dari pembuatan bekisting, kemudian perakitan tulangan bambu yang dicat dengan cat kayu dan dilapisi dengan pasir. Tulangan bambu dilapisi oleh pasir harapannya dapat membuat tulangan menyatu dengan beton. Kemudian campuran beton dengan komposisi 1:3:1 (semen:pasir:kerikil) dicor ke dalam bekisting secara manual. Kemudian perawatan benda uji selama 28 hari dan pengujian benda uji dilakukan setelah benda uji tersebut berumur 28 hari.





Gambar 3. 4 Tampak Atas Plat dengan Lapis Styrofoam

Kemudian dilakukan pengujian pembebanan pada plat dua arah dengan beban terpusat. Pembebanan dilakukan hingga plat mengalami lendutan dan timbul keretakan.



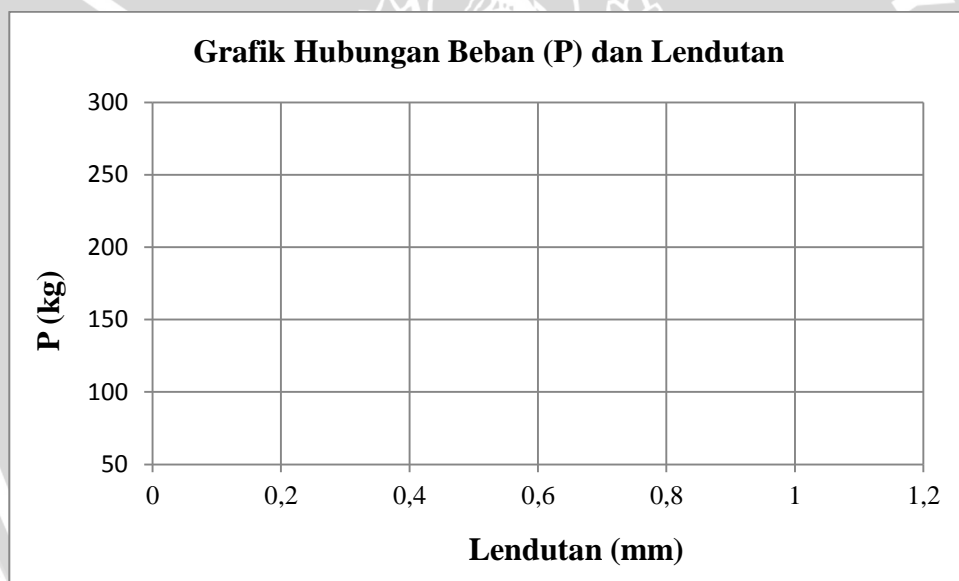
Gambar 3. 5 Metode Pengujian Benda Uji

### 3.8 Metode Analisis Data

Metode analisis yang digunakan ada 2, pertama, pengumpulan data dari sumber-sumber yang ada seperti buku dan jurnal-jurnal mengenai pengujian benda uji plat beton dua arah, dari sumber-sumber yang diperoleh, akan diketahui perilaku yang terjadi pada palt beton dua arah ketika dibebani.

Metode analisis kedua adalah hasil pengujian laboratorium. Dimana pada metode ini akan diperoleh perilaku sesungguhnya pada benda uji plat beton dua arah yang dibuat. Dengan mengamati besarnya beban maksimum yang diterima plat, deformasi yang terjadi pada plat, serta pola retak dari plat maka dapat dilihat jenis keruntuhan yang terjadi pada plat beton.

Setelah dilakukan pengujian terhadap benda uji plat, maka akan dicatat data-data yang diperlukan pada proses analisis.



Gambar 3. 6 Rencana Grafik Hubungan Beban dan Lendutan





## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Analisis Bahan Penyusun Plat

##### 4.1.1 Beton

Sebelum melakukan pembebanan pada plat, dilakukan terlebih dahulu pada sampel beton untuk mengetahui kekuatan beton. Sampel pengujian beton menggunakan beton berbentuk silinder dengan dimensi diameter 8 cm dan tinggi 16 cm. Dari hasil uji kuat tekan beton, diperoleh kekuatan runtuh rata-rata pada saat beton hancur dengan perbandingan berat campuran 1:3:1 (semen:pasir:kerikil) adalah sebesar 23,4 Mpa. Seperti yang ditunjukkan pada tabel 4.1.

Tabel 4. 1 Hasil Pengujian Kuat Tekan Sampel Beton

Benda Uji	Berat (kg)	Pmax (kN)	Pmax (kg)	Kuat Tekan Runtuh (kg/cm <sup>2</sup> )	Rata-rata F <sub>cr</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	Rata-rata F <sub>cr</sub> (MPa)
A	1,70	107	10700	213	234	23,4
B	1,70	136	13600	271		
I	1,72	110	11000	219		



Gambar 4. 1 Sampel Beton



Gambar 4. 2 Pengujian Kuat Tekan Sampel Beton

Beton yang umumnya memiliki komposisi agregat kasar yang lebih banyak dibandingkan dengan agregat halus. Akan tetapi pada penelitian ini digunakan campuran perbandingan 1:3:1 (semen:pasir:kerikil), dimana komposisi agregat halus lebih banyak dibandingkan agregat kasar. Kekuatan beton sangat tergantung dari agregat yang digunakan, umumnya kekuatan beton terletak pada agregat kasar dan ikatan antar agregat kasar. Dimana ikatan-ikatan tersebut dapat menutup rongga-rongga yang terbentuk pada beton. Semakin banyak agregat kasar yang digunakan maka kekuatan beton juga menjadi tinggi bila sesuai dengan batasan tertentu. Selain itu rongga-rongga juga akan semakin tertutupi oleh agregat kasar yang saling mengikat, dan untuk celah-celah yang tidak dapat ditutup oleh agregat kasar akan ditutup dengan



material penyusun beton yang kecil, hal ini dilakukan oleh agregat halus, dan digunakan faktor air semen sebesar 0,6.

Dalam proses pembuatan benda uji plat beton dilakukan pengecoran dengan mesin pengaduk bahan penyusun beton. Dalam sekali pengadukan dapat menghasilkan 3 benda uji plat, dengan perbandingan berat semen : pasir : kerikil sebesar 1:3:1, dibutuhkan masing-masing berat semen : pasir : kerikil yaitu 22 kg : 66 kg : 22 kg. Kerikil dimasukkan terlebih dahulu ke dalam mesin pengaduk, kemudian pasir dan yang terakhir adalah semen beserta air. Adukan bahan penyusun beton yang telah tercampur rata dituangkan ke dalam bekisting. Untuk plat tanpa *styrofoam*, setelah rangkaian tulangan diletakkan dalam bekisting, adukan beton langsung dituangkan dalam bekisting. Untuk plat dengan *styrofoam*, adukan beton dituangkan dalam bekisting setebal 0,8 cm kemudian dipasang rangkaian tulangan bawah, setelah itu lapisan *styrofoam* dipasang dan kemudian tulangan atas dipasang dan ditutup dengan adukan beton hingga bekisting tertutup seluruhnya dengan adukan beton.

Selama masa perawatan beton menuju umur 28 hari, lingkungan disekitar beton harus diperhatikan kebersihannya, karena jika terdapat bahan-bahan kimia akan mempengaruhi kualitas beton. Masa *curing* beton dilakukan selama 7 hari mulai dari beton selesai dituangkan dalam bekisting, *curing* dilakukan dengan menutup permukaan plat dengan menggunakan karung basah. Setelah 7 hari karung basah dapat dilepas dan plat akan diuji pada usia 28 hari.

#### 4.1.2 Tulangan Bambu

Tulangan yang digunakan adalah bambu petung, dengan dimensi 6x6 mm<sup>2</sup>. Tulangan dibuat dengan panjang menyesuaikan dimensi pada plat. Dengan tulangan untuk sisi panjang 75 cm dan untuk tulangan sisi pendek 36 cm.

Bambu dengan bentuk silinder awalnya kemudia dipotong kecil sesuai dengan ukuran yang ingin digunakan sebagai tulangan. Setelah bambu dipotong sesuai dengan kebutuhan, bambu-bambu dihaluskan. Sebelum digunakan bambu harus dipastikan benar-benar kering dari air. Karena bambu merupakan bahan alam yang bersifat higroskopis, dimana kelembaban pada bambu dapat berubah akibat adanya perubahan



suhu udara disekitarnya. Hal ini juga agar mengurangi penyusutan yang terjadi pada bambu.

Setelah bambu benar-benar kering dan halus, kemudian bambu dilapisi dengan cat dan pasir. Karena nantinya bambu akan dikombinasikan dengan beton, dimana pada beton sendiri terdapat air, maka bambu yang dilapisi dengan cat setidaknya dapat mengurai bambu untuk meresap air pada beton. Setelah bambu dilapisi dengan cat, bambu dilumuri dengan pasir. Bambu yang telah dilapisi cat dan pasir agar dapat memperkasar bidang kontak bambu dengan beton ketika bambu sudah dipasang sebagai tulangan, sehingga bambu dan beton dapat menyatu secara sempurna.

Pengujian *pull-out* menggunakan sampel beton silinder dengan dimensi diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Beton silinder diberikan tulangan bambu. Kemudian sampel diuji tarik untuk mengetahui kekuatan lekatan bambu, dan diperoleh hasilnya sebesar 1,5 kN. Tulangan bambu tidak sama dengan tulangan baja, pada beton bertulang baja, keruntuhan beton terjadi karena tulangan baja telah mencapai titik leleh. Namun, pada beton bertulang bambu, keruntuhan pada beton terjadi karena lepasnya lekatan antara beton dan bambu.

#### 4.2 Analisa Teoritis

Pada analisa yang digunakan adalah membandingkan antara hasil teoritis dan hasil pengujian pada laboratorium, yaitu membandingkan beban maksimum yang dapat bekerja pada plat. Dari perhitungan teoritis diperoleh beban maksimum yang dapat bekerja pada plat dengan beban terpusat adalah sebesar 2300 kg dengan momen kapasitas sebesar 17436,16 kgcm.

Pembebanan dilakukan dengan pemberian beban aksial pada tengah bentang. Sehingga bila diberi beban terpusat, perlu diberikan bidang kontak agar plat tidak mengalami kerusakan hanya pada bagian tengah plat. Penambahan beban bisa menggunakan plat baja agar distribusi beban hampir menyerupai beban merata dan dapat menghindari geser pons yang terjadi pada plat.

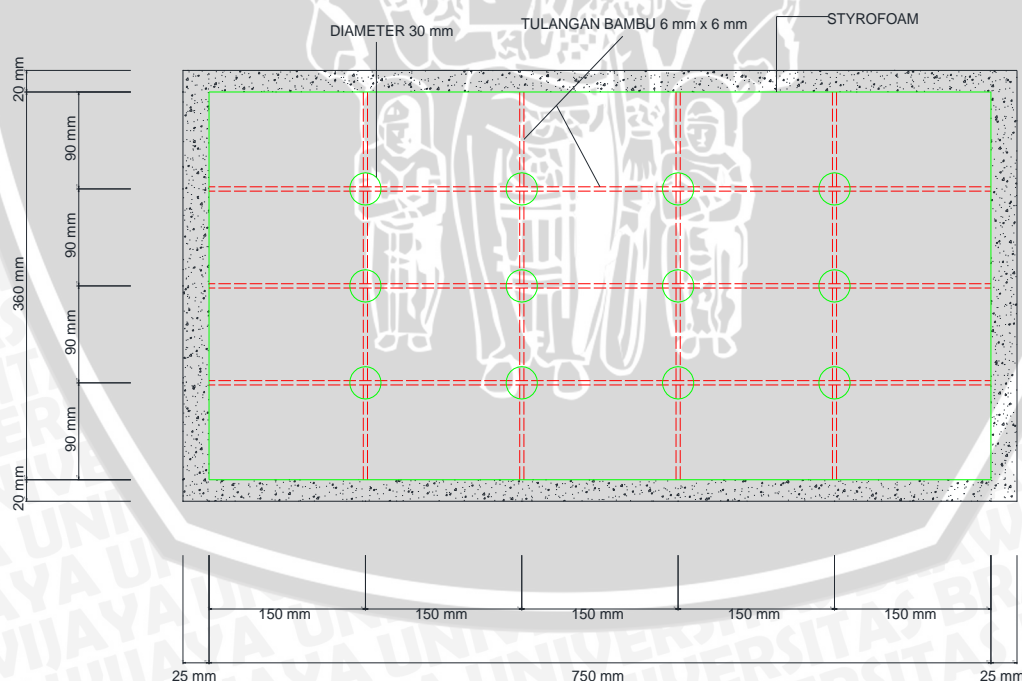
### 4.3 Pengujian Kuat Lentur Plat Beton Dua Arah

Pengujian kuat lentur plat beton dengan lapis *styrofoam* dilakukan terhadap 3 plat beton lapis *styrofoam* dengan dimensi seperti di Tabel 4.2.

Tabel 4. 2 Spesifikasi Plat Beton Lapis *Styrofoam*

Benda Uji	Berat (kg)	Panjang (cm)	Lebar (cm)	Tebal (cm)
S-I1	34,1	80,5	40,1	5,7
S-I2	34,2	81,0	40,0	5,8
S-I3	33,5	80,0	40,0	6,0

Dengan menggunakan campuran 1:3:1 (semen:pasir:kerikil), dimana sebelumnya beton dengan campuran yang sama telah dilakukan pengujian tekan. Semua plat beton menggunakan bahan dasar semen, agregat halus, dan agregat kasar yang sama. Kemudian pada plat beton terdapat *styrofoam* dengan diameter shear connector dengan diameter 30 mm seperti gambar 12, agar *styrofoam* juga ikut terlapis dengan beton dan menggunakan tulangan bambu dengan dimensi 6 mm x 6 mm. Tulangan bambu dikaitkan dengan kawat bendrat agar tulangan tersebut saling terikat kuat.



Gambar 4. 3 Detail Tampak Atas Plat Beton Lapis *Styrofoam*

Kemudian plat beton diuji setelah umur 28 hari dan telah melewati masa *curing*. Beban yang diujikan ke plat adalah beban terpusat dan menggunakan tumpuan terletak



bebas. Agar tidak terjadi geser pons pada plat, maka ditambahkan plat baja dengan dimensi 45 cm x 20 cm x 3 cm. Besar beban maksimum yang dapat diterima pada plat dibandingkan dengan hasil perhitungan analisis.



Gambar 4. 4 Pembebanan Pada Plat

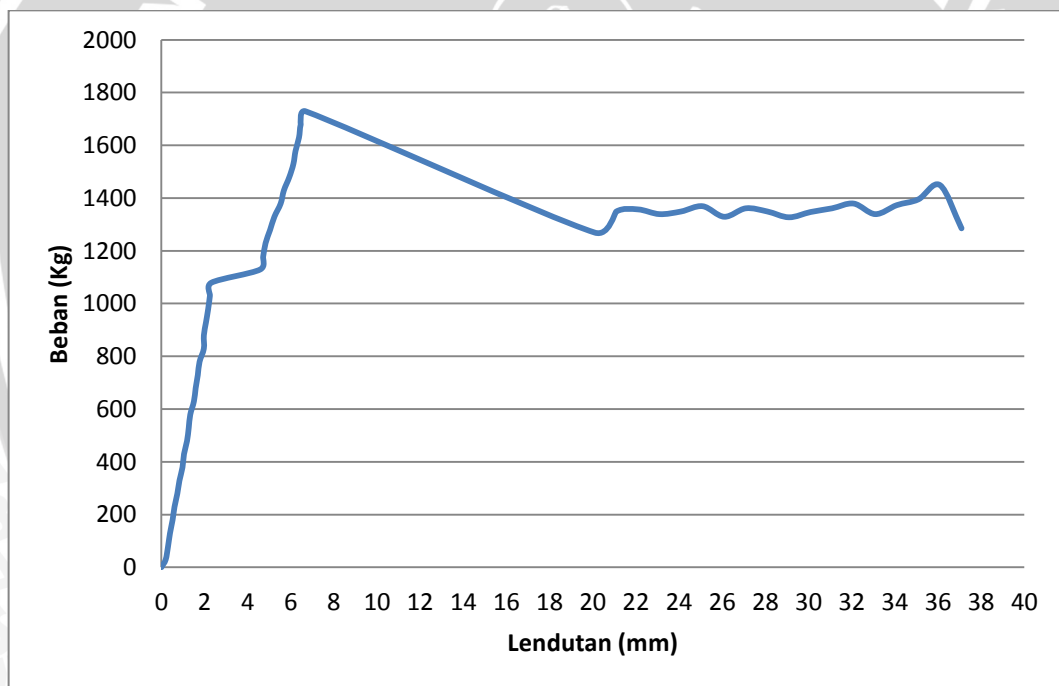
Pada pengujian dilakukan dengan dua metode, pembacaan pertama menggunakan metode *load control* dimana pembacaan berdasarkan beban yang diterima oleh plat. Metode kedua menggunakan metode *displacement control*, dimana metode ini pembacaannya berdasarkan lendutan yang terjadi setelah beban maksimum tercapai. Untuk *load control* menggunakan penambahan beban secara konstan dengan interval setiap 50 kg. Sementara *displacement control* setelah mencapai beban maksimum dan beban mengalami penurunan hingga mmencapai plat runtuh. LVDT diletakkan di tengah bentang untuk pembacaan lendutan yang terjadi pada plat. Karena menggunakan tumpuan bebas, maka perlu diperhatikan kondisi plat saat diletakkan pada tumpuan. Hasil pengujian laboratorium plat beton lapis *styrofoam* tersaji pada tabel 4.3, 4.4, dan 4.5, dimana diperoleh beban maksimum dan lendutan pada plat.



Tabel 4. 3 Hasil Pengujian Plat Beton Lapis Styrofoam S-II

No	Beban (kg)	$\Delta$ Tengah (mm)	$\Delta$ Tepi (mm)	Keterangan
1	0	0	0	Tanpa Beban
2	29,10	0,20	0,24	
3	79,10	0,31	0,33	
4	129,10	0,40	0,40	
5	179,10	0,52	0,52	
6	229,10	0,61	0,59	
7	279,10	0,74	0,71	
8	329,10	0,84	0,80	
9	379,10	0,98	0,91	
10	429,10	1,05	1,01	
11	479,10	1,19	1,09	
12	529,10	1,27	1,19	
13	579,10	1,34	1,25	
14	629,10	1,51	1,36	
15	679,10	1,59	1,47	
16	729,10	1,69	1,51	
17	779,10	1,77	1,60	
18	829,10	1,97	1,65	
19	879,10	1,97	1,78	
20	929,10	2,07	1,83	
21	979,10	2,17	1,91	
22	1.029,10	2,25	1,95	
23	1.079,10	2,32	2,04	Retak 1A,2A
24	1.129,10	4,58	2,48	
25	1.179,10	4,72	2,53	Retak 3A
26	1.229,10	4,83	2,60	
27	1.279,10	5,04	2,71	
28	1.329,10	5,24	2,84	
29	1.379,10	5,53	2,97	Retak 4A
30	1.429,10	5,68	3,09	
31	1.479,10	5,93	2,99	
32	1.529,10	6,12	3,28	
33	1.579,10	6,22	3,34	Retak 5A
34	1.629,10	6,38	3,41	
35	1.679,10	6,46	3,46	
<b>36</b>	<b>1.729,10</b>	<b>6,68</b>	<b>3,60</b>	<b>Retak 3B,6A,7A,8A</b>
37	1.269,10	20,09	13,20	Retak 4B,9A
38	1.349,10	21,09	14,20	
39	1.357,10	22,09	14,20	
40	1.339,10	23,09	15,20	Retak 10A,11A

41	1.349,10	24,09	15,20	
42	1.369,10	25,09	16,20	
43	1.329,10	26,09	16,20	Retak 6B
44	1.361,10	27,09	17,20	Retak 6C
45	1.349,10	28,09	18,20	Retak 12A,6A,6B,6C,13A,3C
46	1.327,10	29,09	19,20	
47	1.347,10	30,09	19,20	
48	1.361,10	31,09	20,20	
49	1.379,10	32,09	20,20	
50	1.339,10	33,09	21,20	
51	1.373,10	34,09	21,20	Retak 8B,6B,6D
52	1.395,10	35,09	22,20	Retak 9B
53	1.449,10	36,09	22,20	Retak 9B,3D,13A
54	1.285,10	37,09	24,20	Retak 4C,6E,7B,7C,1B



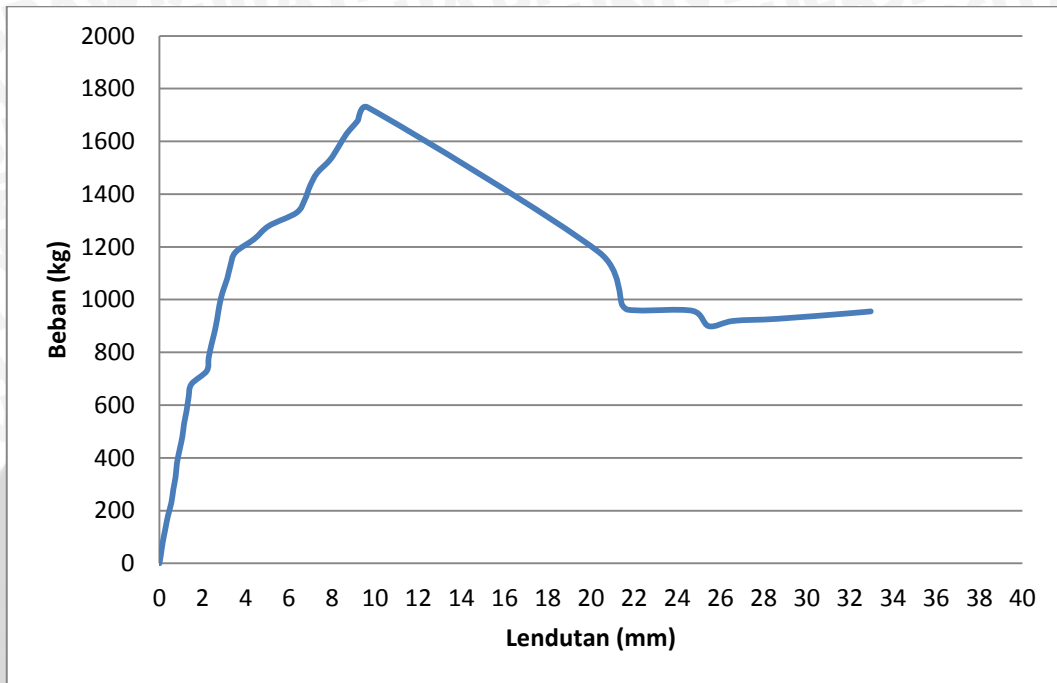
Gambar 4. 5 Grafik Hubungan Beban dan Lendutan Plat S-II

Tabel 4. 4 Hasil Pengujian Plat Beton Lapis Styrofoam S-12

No	Beban (kg)	$\Delta$ Tengah (mm)	$\Delta$ Tepi (mm)	Keterangan
1	0	0	0	Tanpa Beban
2	29,40	0,06	0,16	
3	79,40	0,15	0,34	
4	129,40	0,27	0,45	
5	179,40	0,39	0,55	
6	229,40	0,55	0,67	
7	279,40	0,64	0,78	
8	329,40	0,75	0,87	
9	379,40	0,81	0,90	
10	429,40	0,93	1,01	
11	479,40	1,06	1,09	
12	529,40	1,14	1,16	
13	579,40	1,26	1,28	
14	629,40	1,35	1,34	
15	679,40	1,48	1,48	Retak 1A
16	729,40	2,19	1,96	
17	779,40	2,28	2,03	
18	829,40	2,41	2,12	Retak 2A
19	879,40	2,56	2,24	
20	929,40	2,68	2,34	
21	979,40	2,78	2,41	
22	1.029,40	2,93	2,52	
23	1.079,40	3,14	2,67	
24	1.129,40	3,29	2,78	
25	1.179,40	3,52	2,92	Retak 2B,1B
26	1.229,40	4,39	3,36	Retak 3A
27	1.279,40	5,07	4,11	Retak 3B,4A
28	1.329,40	6,35	4,96	
29	1.379,40	6,74	5,17	Retak 2C
30	1.429,40	6,97	5,28	
31	1.479,40	7,30	5,42	Retak 4B
32	1.529,40	7,90	5,74	
33	1.579,40	8,30	5,98	Retak 5A
34	1.629,40	8,68	6,17	
35	1.679,40	9,20	6,48	
<b>36</b>	<b>1.729,40</b>	<b>9,64</b>	<b>6,65</b>	<b>Retak 1D,6A,7A,8A</b>
37	1.179,40	20,38	12,80	Retak 5B,4C,1E,9A,6B
38	979,40	21,45	14,75	Retak 10A,11A
39	959,40	22,13	15,19	Retak 11B
40	957,40	24,71	17,20	Retak 5C,8B,8C



41	899,40	25,46	18,50	Retak 7B
42	919,40	26,61	19,34	Retak 5D
43	927,40	28,68	21,44	Retak 13A
44	949,40	32,14	24,45	Retak 12B
45	955,40	32,97	25,62	Retak 14A

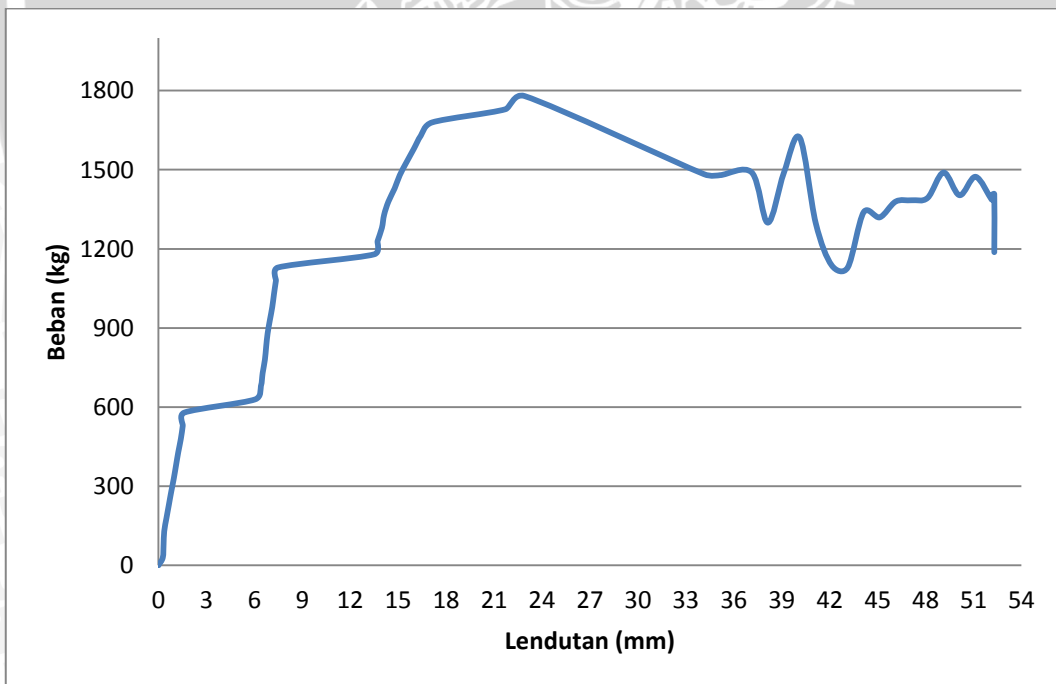


Gambar 4. 6 Grafik Hubungan Beban dan Lendutan Plat S-I2

Tabel 4. 5 Hasil Pengujian Plat Beton Lapis Styrofoam S-13

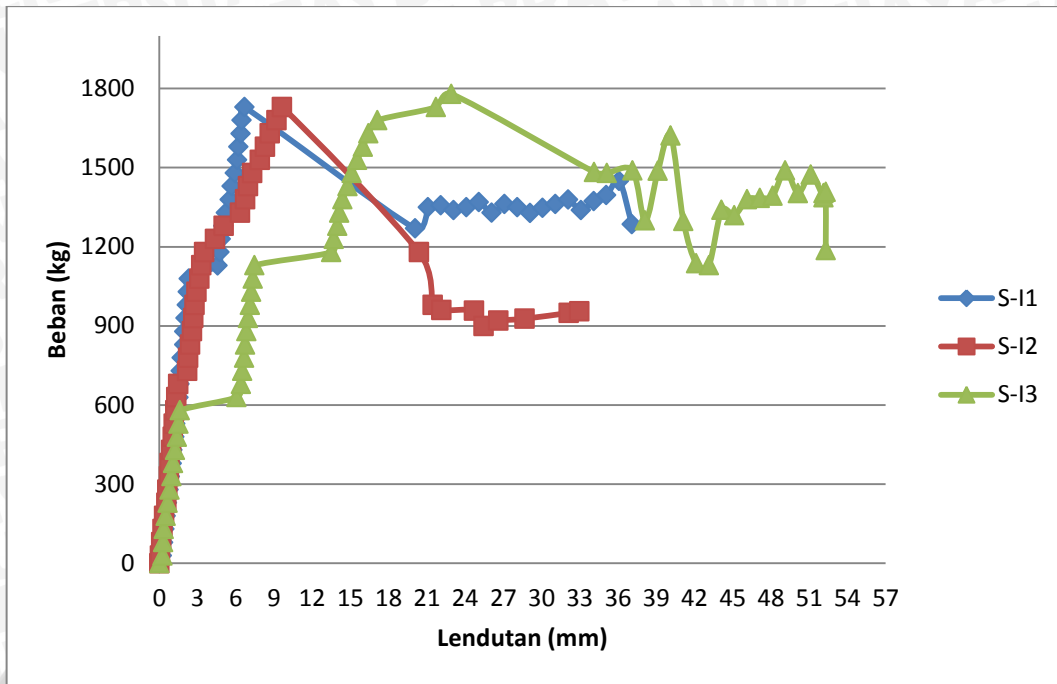
No	Beban (kg)	$\Delta$ Tengah (mm)	$\Delta$ Tepi (mm)	Keterangan
1	0	0	0	Tanpa Beban
2	29,40	0,27	0,27	
3	79,40	0,32	0,30	
4	129,40	0,36	0,34	
5	179,40	0,50	0,49	
6	229,40	0,65	0,60	
7	279,40	0,80	0,71	
8	329,40	0,96	0,82	
9	379,40	1,10	0,91	
10	429,40	1,24	1,00	
11	479,40	1,40	1,11	
12	529,40	1,52	1,18	
13	579,40	1,62	1,24	Retak 1A,2A
14	629,40	6,05	3,29	Retak 3A
15	679,40	6,41	3,40	
16	729,40	6,52	3,51	
17	779,40	6,66	3,62	
18	829,40	6,74	3,68	
19	879,40	6,83	3,73	Retak 4A
20	929,40	6,97	3,86	
21	979,40	7,12	4,00	
22	1.029,40	7,23	4,07	
23	1.079,40	7,35	4,14	
24	1.129,40	7,48	4,25	Retak 5A,6A,7A
25	1.179,40	13,50	9,42	
26	1.229,40	13,71	9,50	
27	1.279,40	13,98	9,67	
28	1.329,40	14,12	9,73	
29	1.379,40	14,39	9,87	
30	1.429,40	14,78	10,09	
31	1.479,40	15,10	10,26	
32	1.529,40	15,53	10,41	Retak 5B
33	1.579,40	15,98	10,68	
34	1.629,40	16,42	10,91	
35	1.679,40	17,12	11,39	Retak 6B
36	1.729,40	21,71	13,70	
37	1.779,40	22,91	14,25	Retak 7B
38	1.483,40	34,13	14,78	Retak 8A,9A,8B
39	1.479,40	35,13	15,88	
40	1.489,40	37,13	18,53	Retak 6C

41	1.299,40	38,13	19,68	
42	1.487,40	39,13	20,31	Retak 9B
43	1.621,40	40,13	20,78	
44	1.297,40	41,13	21,09	Retak 5B,5C
45	1.137,40	42,13	21,75	
46	1.129,40	43,13	22,06	Retak 10A,10B
47	1.339,40	44,13	22,42	Retak 10C
48	1.319,40	45,13	22,73	
49	1.379,40	46,13	23,17	
50	1.384,40	47,13	23,53	
51	1.393,40	48,13	24,53	Retak 5D
52	1.489,40	49,13	25,53	
53	1.403,40	50,13	28,53	Retak 8C
54	1.473,40	51,13	29,53	
55	1.387,40	52,13	32,53	
56	1.403,40	52,13	35,53	Retak 10D
57	1.407,40	52,30	38,53	Retak 8B,10E
58	1.187,40	52,30	41,53	Retak 9C,9D,10F



Gambar 4. 7 Grafik Hubungan Beban dan Lendutan Plat S-I3





Gambar 4. 8 Grafik Gabungan Plat Beton Lapis *Styrofoam*

Pada pengujian kuat lentur plat beton tanpa lapis *styrofoam* dilakukan pada 2 plat beton dengan dimesi seperti pada Tabel 4.6.

Tabel 4. 6 Spesifikasi Plat Beton Tanpa Lapis *Styrofoam*

Benda Uji	Berat (kg)	Panjang (cm)	Lebar (cm)	Tebal (cm)
TS-A3	39,2	81,0	40,4	6,0
TS-B1	36,7	80,5	40,0	5,4

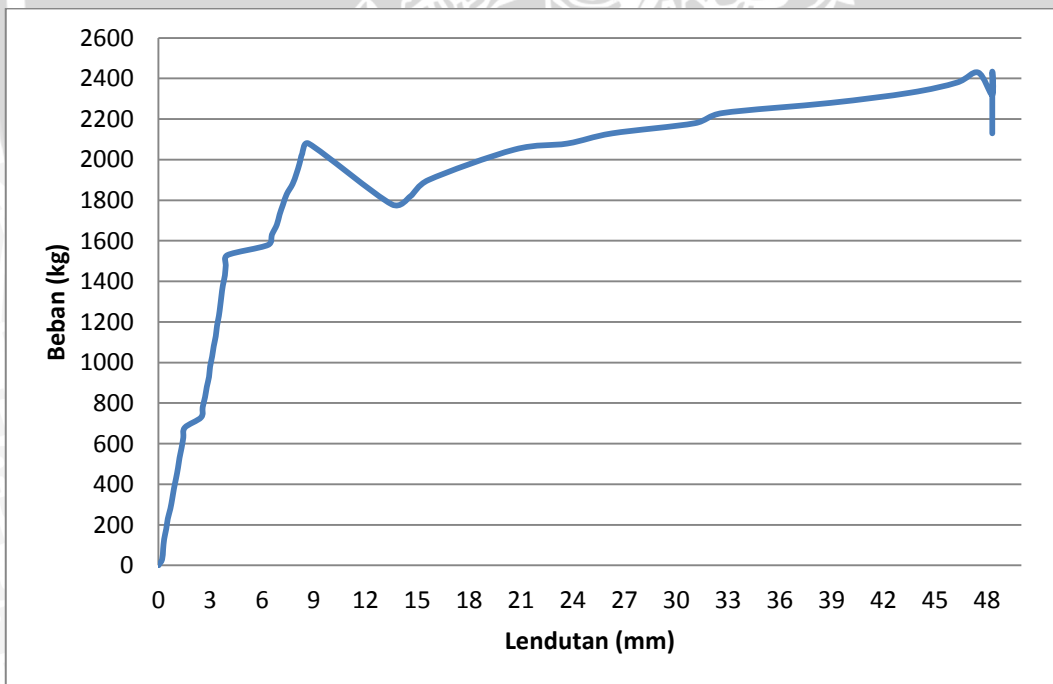
Perlakuan yang diberikan pada plat beton tanpa lapis *styrofoam* sama juga dengan plat beton lapis *styrofoam*. Dimana sama-sama menggunakan campuran, *styrofoam*, dan tulangan yang sama. Plat beton tanpa lapis *styrofoam* juga diuji setelah umur plat 28 hari dan diuji dengan beban terpusat interval setiap 50 kg.

Dari hasil pengujian 2 plat beton tanpa lapis *styrofoam* diperoleh data seperti pada tabel 4.7 dan 4.8.

Tabel 4. 7 Hasil Pengujian Plat Beton Tanpa Lapis Styrofoam TS-A3

No	Beban (kg)	$\Delta$ Tengah (mm)	$\Delta$ Tepi (mm)	Keterangan
1	0	0	0	Tanpa Beban
2	29,4	0,21	0,23	
3	79,4	0,27	0,26	
4	129,4	0,33	0,31	
5	179,4	0,45	0,41	
6	229,4	0,54	0,50	
7	279,4	0,69	0,64	
8	329,4	0,80	0,72	
9	379,4	0,90	0,79	
10	429,4	1,02	0,89	
11	479,4	1,13	0,96	
12	529,4	1,22	1,04	
13	579,4	1,34	1,14	
14	629,4	1,44	1,21	
15	679,4	1,53	1,30	
16	729,4	2,47	1,35	
17	779,4	2,56	1,39	
18	829,4	2,70	1,49	Retak 1A,2A
19	879,4	2,80	1,55	
20	929,4	2,93	1,65	
21	979,4	2,99	1,69	
22	1.029,4	3,11	1,78	
23	1.079,4	3,20	1,82	
24	1.129,4	3,32	1,93	
25	1.179,4	3,39	1,98	
26	1.229,4	3,50	2,05	
27	1.279,4	3,58	2,12	
28	1.329,4	3,65	2,18	
29	1.379,4	3,73	2,26	
30	1.429,4	3,85	2,36	
31	1.479,4	3,90	2,41	
32	1.529,4	4,00	2,49	Retak 3A,4A
33	1.579,4	6,35	4,87	
34	1.629,4	6,57	5,13	
35	1.679,4	6,86	5,27	
36	1.729,4	7,02	5,40	
37	1.779,4	7,22	5,56	Retak 2B
38	1.829,4	7,43	5,72	Retak 4B
39	1.879,4	7,77	5,97	Retak 3B
40	1.929,4	7,99	6,14	

41	1.979,4	8,17	6,26	
42	2.029,4	8,33	6,36	
<b>43</b>	<b>2.079,4</b>	<b>8,70</b>	<b>6,74</b>	<b>Retak 5A</b>
44	1.779,4	13,52	9,53	Retak 6A,7A
45	1.819,4	14,60	10,61	Retak 8A
46	1.899,4	15,64	11,32	
47	2.049,4	20,62	15,85	Retak 6B,9A
48	2.079,4	23,70	18,33	Retak 3C
49	2.129,4	26,29	20,65	Retak 10A,5B,5C
50	2.179,4	31,08	24,80	
51	2.229,4	32,67	26,18	Retak 9B,6C
52	2.279,4	38,92	31,28	Retak 10B
53	2.329,4	43,54	37,42	Retak 11A,3D
54	2.379,4	46,25	43,66	Retak 11B,4C
55	2.429,4	47,49	45,31	
56	2.319,4	48,30	45,30	
57	2.429,4	48,31	45,30	Retak 9C,11C,10C
58	2.129,4	48,31	45,30	Retak 12A,6D



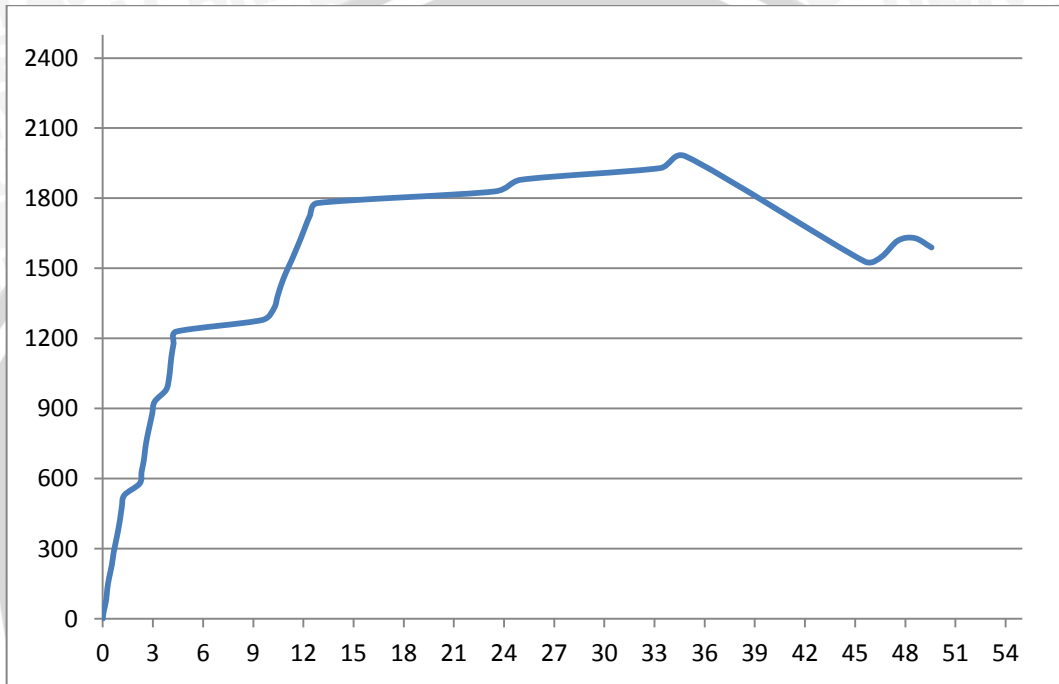
Gambar 4. 9 Grafik Hubungan Beban dan Lendutan Plat TS-A3



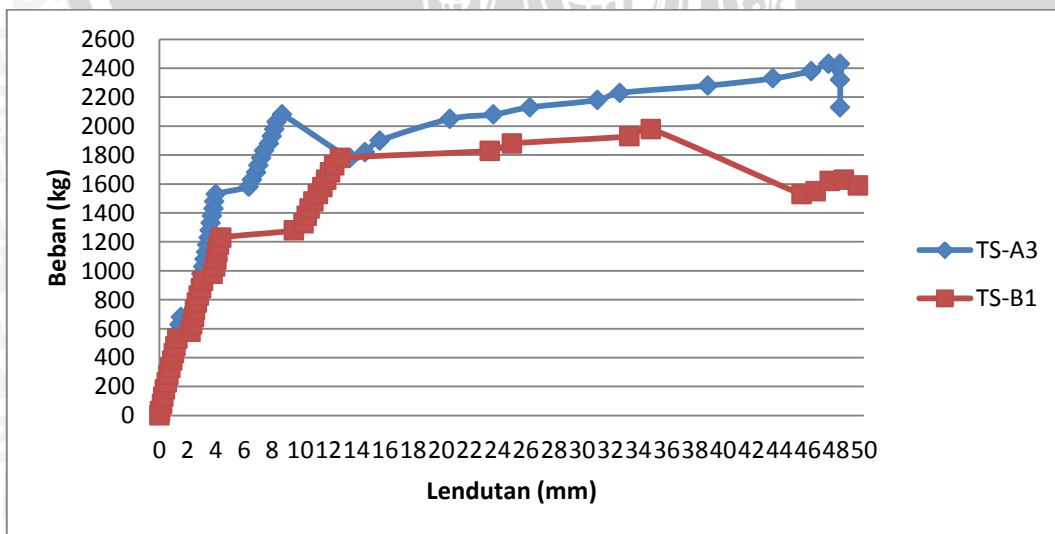
Tabel 4. 8 Hasil Pengujian Plat Beton Tanpa Lapis *Styrofoam* TS-B1

No	Beban (kg)	$\Delta$ Tengah (mm)	$\Delta$ Tepi (mm)	Keterangan
1	0	0	0	Tanpa Beban
2	29,10	0,05	0,04	
3	79,10	0,20	0,19	
4	129,10	0,27	0,31	
5	179,10	0,39	0,48	
6	229,10	0,54	0,60	
7	279,10	0,64	0,67	
8	329,10	0,78	0,80	
9	379,10	0,92	0,92	
10	429,10	1,04	1,04	
11	479,10	1,14	1,15	
12	529,10	1,29	1,25	
13	579,10	2,21	1,83	
14	629,10	2,32	1,94	
15	679,10	2,46	2,02	
16	729,10	2,54	2,11	
17	779,10	2,66	2,15	
18	829,10	2,81	2,34	Retak 1A
19	879,10	2,96	2,44	
20	929,10	3,10	2,57	
21	979,10	3,78	2,70	
22	1.029,10	3,96	2,92	Retak 2A
23	1.079,10	4,04	3,01	
24	1.129,10	4,12	3,11	
25	1.179,10	4,24	3,21	Retak 3A
26	1.229,10	4,39	3,35	Retak 4A
27	1.279,10	9,55	8,58	
28	1.329,10	10,24	8,91	
29	1.379,10	10,45	9,00	
30	1.429,10	10,67	9,15	
31	1.479,10	10,94	9,35	
32	1.529,10	11,26	9,62	
33	1.579,10	11,56	9,77	
34	1.629,10	11,85	9,96	
35	1.679,10	12,12	10,12	
36	1.729,10	12,41	10,33	
37	1.779,10	12,82	10,59	Retak 6A,7A,1B
38	1.829,10	23,44	15,81	
39	1.879,10	25,02	16,41	Retak 4B,8A,5B
40	1.929,10	33,35	20,56	

41	1.979,10	34,87	21,62	Retak 2B,3B,7B,8B
42	1.529,10	45,57	22,81	
43	1.549,10	46,57	24,82	
44	1.619,10	47,57	28,41	Retak 2C,6B
45	1.629,10	48,57	30,10	Retak 1C
46	1.589,10	49,57	30,71	



Gambar 4. 10 Grafik Hubungan Beban dan Lendutan Plat TS-B1



Gambar 4. 11 Grafik Gabungan Plat Beton Tanpa Lapis Styrofoam

Dari hasil pengujian plat beton lapis *styrofoam* terlihat hampir memiliki pola yang sama. Dari grafik 1, pada beban 0–1000 kg grafik masih linier, hal ini dikarenakan belum terjadi retakan. Ketika beban mencapai 1050 kg, barulah terjadi retakan pertama hingga beban ditambahkan, retakan lainnya juga bertambah. Begitu juga pada grafik 2, pada beban 0–600 kg grafik masih linier. Pada saat beban mencapai 650 kg, keretakan awal telah muncul, namun pada grafik hubungan antara beban dan lendutan masih bisa dikatakan linier. Pada tahap ini, penambahan nilai beban akan meningkatkan juga nilai lendutan secara seimbang. Ketika tahap retak awal telah dilewati, dengan penambahan beban maka akan tetap diikuti penambahan nilai lendutan secara seimbang.

Ketika sudah mencapai beban maksimum, secara drastis beban yang mampu bekerja pada plat turun. Kemudian retakan yang terjadi pada plat juga terus bertambah. Pada grafik tersebut dapat dilihat pula adanya penambahan lendutan yang besar dengan penambahan beban yang tidak terlalu besar. Seperti misalnya pada plat beton lapis *styrofoam* S-I3. Meskipun beban bertambah tidak terlalu besar, ada terjadi keretakan pada plat, sehingga lendutan pada plat menjadi bertambah. Terlihat pada beban mencapai 629,4 kg, terjadi keretakan 3A. Setelah itu pada beban 1129,4 juga terjadi keretakan 5A, 6A dan 7A.

Sama halnya seperti plat beton lapis *styrofoam*, plat beton tanpa lapis *styrofoam* juga mengalami hal yang serupa. Dimana adanya pertambahan lendutan ketika beban bertambah secara tidak signifikan. Akan tetapi memunculkan keretakan-keretakan yang baru.

Pada grafik tersebut dapat dilihat perbedaannya dengan beton bertulangan baja. Dimana setelah beton menerima beban maksimum, akan ada daerah plastis yang mana tulangan pada beton bertulangan mulai bekerja. Pada kondisi dimana tulangan mulai bekerja adalah ketika tegangan tarik penampang telah melebihi kuat tarik beton, sehingga gaya tarik dilawan oleh tulangan bambu. Akan tetapi pada beton bertulangan bambu, setelah beton menerima beban maksimum, beban akan turun namun plat beton masih mampu menahan beban, hal ini dikarenakan kondisi beton yang belum runtuh seluruhnya. Selain itu, tulangan bambu juga masih dapat bekerja, meski tulangan bambu sudah terlepas dari beton. Pada saat pengujian, plat baja tidak boleh langsung mengenai permukaan plat. Karena dapat menyebabkan konsentrasi tegangan yang sangat besar pada sisi plat baja. Untuk mengurangi pengaruh tersebut, maka pada bagian bawah plat



baja dipasang material tambahan agar plat beton tidak mengalami kerusakan karena plat baja tersebut. Kemudian pada setiap penambahan beban secara konstan dengan interval 50 kg, diperoleh beban maksimum dari masing-masing plat. Setelah mencapai beban maksimum maka yang dibaca adalah lendutan yang terjadi hingga beban mencapai 80% dari beban maksimal atau hingga plat mengalami keruntuhan.

Dari hasil pengujian laboratorium, diperoleh berat plat beton dengan lapis *styrofoam* lebih ringan dibandingkan dengan plat beton tanpa *styrofoam*. Dimana dapat dilihat pada tabel 4.9.

Tabel 4. 9 Persentase Penurunan Berat

Benda Uji	Berat	Rata-rata	Persentase Penurunan Berat
S-I1	34,1 kg	33,93 kg	10,59 %
S-I2	34,2 kg		
S-I3	33,5 kg		
TS-A3	39,2 kg	37,95 kg	
TS-B1	36,7 kg		

Masing-masing plat juga mampu menahan beban maksimum yang berbeda-beda. Dimana pada plat beton lapis *styrofoam* S-I1 sebesar 1729,1 kg, S-I2 sebesar 1729,4 kg, S-I3 sebesar 1779,4 kg. Pada plat beton tanpa lapis *styrofoam* TS-A3 sebesar 2079,4 kg dan TS-B1 sebesar 1979,1 kg. Dengan adanya penggunaan *styrofoam* pada plat beton lapis *styrofoam*, beban yang mampu bekerja pada plat mengalami penurunan dibandingkan dengan plat beton tanpa lapis *styrofoam*, dapat dilihat pada tabel 4.10.

Tabel 4. 10 Tabel Perbandingan Beban Maksimum

Benda Uji	Beban Maksimum	Rata-rata	Persentase Penurunan Kekuatan Plat
S-I1	1729,1 kg	1745,9 kg	13,97%
S-I2	1729,4 kg		
S-I3	1779,4 kg		
TS-A3	2079,4 kg	2029,25 kg	
TS-B1	1979,1 kg		

Sehingga dari tabel 4.9 dan tabel 4.10, diketahui bahwa dengan menggunakan *styrofoam* pada plat beton dapat mengurangi berat dan kekuatan plat beton. Dimana penurunan berat yang terjadi sebesar 10,59%, sedangkan untuk penurunan kekuatan plat sebesar 13,97%. Untuk dapat mengoptimalkan penggunaan *styrofoam* pada plat beton, dapat mengganti jenis *styrofoam* yang digunakan.

Selain itu dapat dilihat juga bahwa lendutan yang terjadi pada plat tanpa lapis *styrofoam* lebih kecil bila dibandingkan dengan plat beton lapis *styrofoam*, dapat dilihat pada tabel 4.11 dimana dengan menggunakan beban maksimum terkecil dari kelima benda uji.

Tabel 4. 11 Perbandingan Lendutan

Benda Uji	Beban (kg)	Lendutan (mm)	Rata-rata (mm)
S-I1	1729,1	6,68	12,67
S-I2	1729,1	9,64	
S-I3	1729,1	21,71	
TS-A3	1729,1	7,02	9,715
TS-B1	1729,1	12,41	

Hal ini dikarenakan beton tanpa lapis *styrofoam* lebih monolit dibandingkan dengan plat beton lapis *styrofoam*. Dimana pada plat beton tanpa lapis *styrofoam* memiliki kekuatan seutuhnya yang mampu ditahan oleh beton, sementara ketika pada plat beton lapis *styrofoam* akan mengalami pengurangan kekuatan karena adanya



*styrofoam* yang tidak mampu menahan beban dan juga momen. Sehingga ketika beton telah retak, lendutan yang terjadi akan lebih bertambah besar. Hal ini terlihat seperti plat beton tanpa *styrofoam*. Ketika telah mengalami retakan awal, lendutan pada plat tersebut bertambah semakin besar.

Pada penelitian diperlihatkan bambu masih dalam tetap keadaan utuh dan tidak rusak sama sekali. Pada beton bertulangan baja, baja akan mencapai titik lelehnya maka plat beton akan runtuh, tetapi pada plat bertulangan bambu yang terjadi bambu terlepas dari beton. Hal ini menunjukkan lekatan bambu pada beton tidak bagus, sehingga bambu terlepas. Ketika tulangan bambu pada plat beton terlepas dari beton, maka ketika plat beton mengalami tarik akan ditahan oleh beton itu sendiri. Sehingga plat beton tersebut mengalami keretakan akibat beton tersebut tidak mampu lagi menahan tegangan tarik yang terjadi pada plat tersebut. Ketika tulangan tidak bekerja secara maksimal, maka retakan akan terjadi yang membuat lendutan bertambah.



Gambar 4. 12 Tulangan Lepas Dari Beton

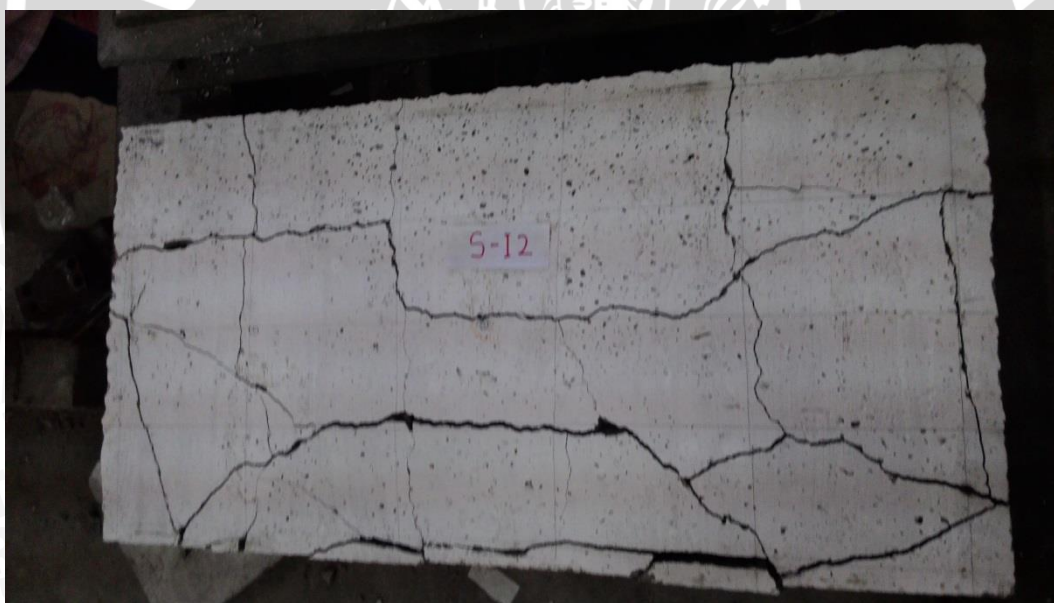
#### 4.4 Pola Keruntuhan Plat Beton

Retakan awal terjadi di bawah plat, dimana merupakan bagian tarik dari plat. Kemudian retakan merambat ke bagian atas plat sedikit demi sedikit. Sebelum terjadi retak, plat masih bertindak sebagai plat elastis. Akibat beban luar yang bekerja padanya, plat akan melendut dan bagian pojoknya akan terangkat bila tidak dicor secara monolit dengan tumpuannya, hal ini juga berlaku pada plat dengan tumpuan bebas seperti pada penelitian. Retakan yang terjadi lebih dominan pada bagian tengah, pada bentang pendek.





Gambar 4. 13 Pola Retak Bagian Bawah Pada Plat S-I1



Gambar 4. 14 Pola Retak Bagian Bawah Pada Plat S-I2

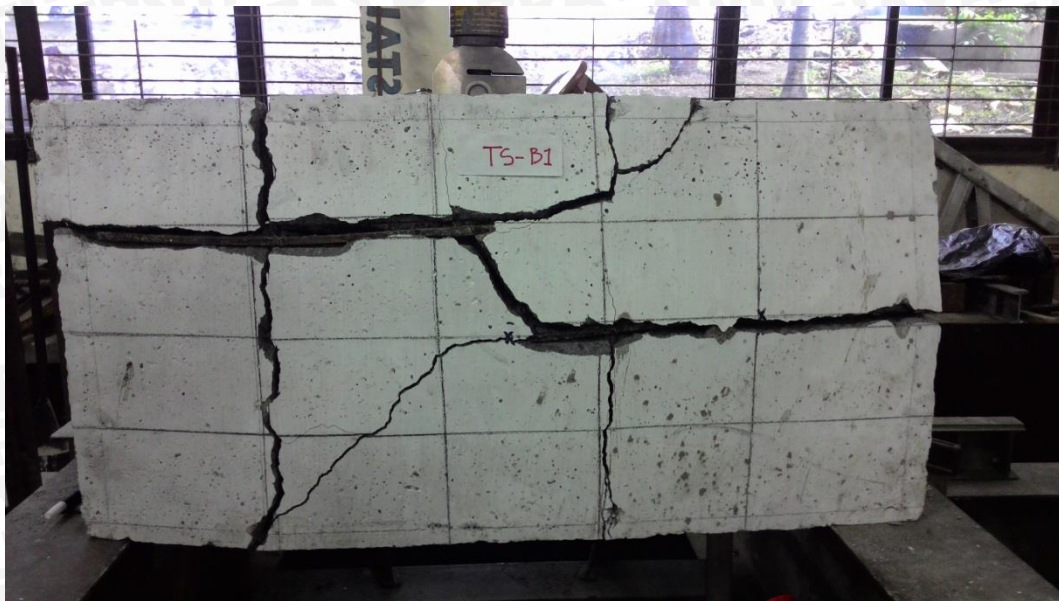


Gambar 4. 15 Pola Retak Bagian Bawah Pada Plat S-I3



Gambar 4. 16 Pola Retak Bagian Bawah Plat TS-A3





Gambar 4. 17 Pola Retak Bagian Bawah Plat TS-B1

Plat mengalami keretakan pada bagian tarik atau bagian bawah plat. Seperti umumnya beton, plat beton bertulangan bambu juga memiliki kekuatan terhadap tarik 10% dari kekuatan tekan beton. Sehingga penambahan tulangan bambu diharapkan dapat membuat plat beton kuat terhadap tarik. Bila dilihat dari pola retak bagian tarik plat, tulangan bambu terjadi slip pada beton. Pada bagian tarik plat terlihat memiliki keretakan pada bagian yang telah dipasang oleh tulangan. Retakan yang terjadi pada daerah tulangan disebabkan karena tulangan bambu yang terlepas dari plat beton. Tulangan bambu, meski telah dilapisi cat dan pasir masih saja tidak dapat menyatu secara utuh dengan bambu. Meski demikian, bambu masih tetap bisa menahan tarik yang terjadi. Setelah retak dan sebelum tulangan slip, pelat tidak lagi mempunyai kekakuan yang seragam, karena pada daerah retak kekakuan lenturnya (EI) lebih rendah dari pada daerah yang tidak retak. Slip pada tulangan segera terjadi pada satu atau lebih bagian dengan momen tinggi dan menyebar ke seluruh pelat sebagai redistribusi momen dari bagian yang terjadi slip ke area yang masih elastis.



## BAB V

### PENUTUP

#### 5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan berdasarkan data-data yang diperoleh, dapat ditarik kesimpulan yaitu :

1. Plat beton tanpa *styrofoam* mampu menahan beban maksimum yang paling besar. Dari semua benda uji yang diamati, kapasitas beban maksimum yang dapat ditahan oleh plat beton tanpa *styrofoam* sebesar 2079,4 kg. Bila dibandingkan dengan plat beton lapis *styrofoam* yang hanya mampu menahan beban maksimum sebesar 1779,4 kg.
2. Lendutan yang terjadi pada plat beton lapis *styrofoam* lebih dari plat beton tanpa *styrofoam*. Hal ini ditunjukkan oleh besarnya lendutan rata-rata untuk plat beton lapis *styrofoam* adalah 12,67 mm dan untuk plat beton tanpa *styrofoam* adalah 9,715 mm.

#### 5.2 Saran

Setelah dilakukan pengujian kuat lentur plat beton dua arah dengan lapis *styrofoam* dan tanpa lapis *styrofoam* dengan bertulangan bambu rangkap, maka ada beberapa saran antara lain :

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai tulangan bambu dan *styrofoam* pada beton.
2. Penelitian ini dapat dijadikan sebagai acuan untuk penelitian selanjutnya.



## DAFTAR PUSTAKA

- Asroni, A. 2010. *Balok dan Pelat Beton Bertulang*. Yogyakarta : Graha Ilmu.
- Dewi, S.M. 2009. *Pelat dan Rangka Beton*. Malang : Bargie Media.
- Dipohusodo, I. 1999. *Struktur Beton Bertulang*. Jakarta : Gramedia Pustaka Utama.
- Mulyono, T. 2009. *Teknologi Beton*. Yogyakarta : ANDI.
- Nawy, E.G. 1998. *Beton Bertulang Suatu Pendekatan Dasar*. Bandung : Refika Aditama.
- Nurlina, S. 2008. *Struktur Beton*. Malang : Srikandi.
- Park, R. & Paulay, T. 1975. *Reinforced Concrete Structures*. USA : John Wiley & Sons.Inc.
- Schodeck, D.L. 1998. *Struktur*. Bandung : Refika Aditama.
- SNI 03-2847-2002. *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung*. Bandung : Badan Standardisasi Nasional BSN.
- Winter, G. & Nilson, A. H.1993. *Perencanaan Struktur Beton Bertulang*. Jakarta : Pradya Paramita.



UNIVERSITAS BRAWIJAYA

# LAMPIRAN



### Lampiran 1, Perhitungan P teoritis

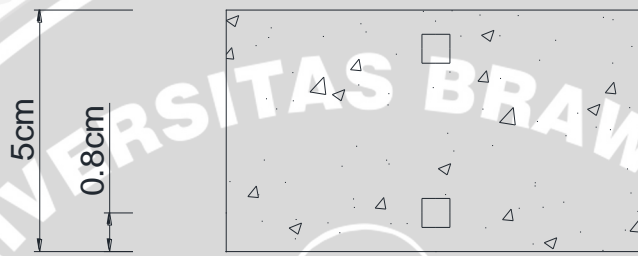
Pada perhitungan dilakukan dengan analisis penampang persegi bertulangan rangkap. Dimana digunakan keseimbangan gaya, yakni gaya tarik = gaya tekan

$$C_c = T$$

$$0,85.f_c'.b.a + A_s'.f_y = A_s.f_y$$

$$a = \frac{(A_s - A_s').f_y}{0,85.f_c'.b}$$

Pada perhitungan diambil perpias 9 cm.



$$A_s = 0,36 \text{ cm}^2$$

$$f_y = 29,4 \text{ MPa}$$

$$f_c' = 23 \text{ MPa}$$

$$C_c = T$$

$$0,85.f_c'.b.a = A_s.f_y$$

$$a = \frac{A_s.f_y}{0,85.f_c'.b} = \frac{0,36.294}{0,85.230.9} = 0,06 \text{ cm}$$

$$c = a/\beta = 0,06/0,85 = 0,07 \text{ cm}$$

$$M_n = A_s.f_y (d - a/2)$$

$$= 0,36.294 (4,2 - 0,06/2)$$

$$= 441,3528 \text{ kg.cm/9 cm}$$

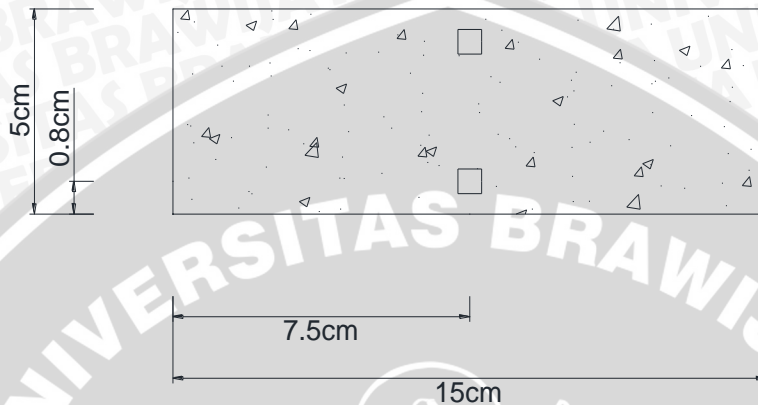
$$M_{n\text{total}} = \left(\frac{441,3528}{9}\right) \times 40$$

$$= 1961,568 \text{ kgcm/cm'}$$

$$A_s = 0,36 \text{ cm}^2$$

$$f_y = 29,4 \text{ MPa}$$

$$f_c' = 23 \text{ MPa}$$



$$C_c = T$$

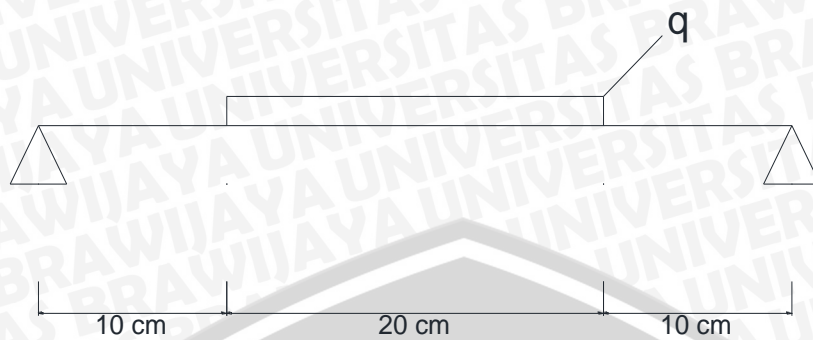
$$0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot a = A_s \cdot f_y$$

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} = \frac{0,36 \cdot 29,4}{0,85 \cdot 230 \cdot 15} = 0,036 \text{ cm}$$

$$c = a / \beta = 0,036 / 0,85 = 0,04$$

$$\begin{aligned} M_n &= A_s \cdot f_y \cdot (d - a/2) \\ &= 0,36 \cdot 29,4 \cdot (4,2 - 0,036/2) \\ &= 442,6229 \text{ kg.cm/15 cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{n_{\text{total}}} &= \left( \frac{442,6229}{15} \right) \times 80 \\ &= 2360,6554 \text{ kgcm/cm} \end{aligned}$$



Diperoleh dari perhitungannya :

$$M_n = 1961,568 \text{ kgcm/cm}^2$$

$$M_{n_{total}} = \frac{1961,568}{9} \times 80$$

$$= 17436,16 \text{ kgcm/cm}^2$$

Sehingga :

$$M_n = M_{max}$$

$$M_{max} = 20Ra - q \cdot 10 \cdot 5$$

$$= 20 \cdot 10q - q \cdot 10 \cdot 5$$

$$M_{max} = 200q - 50q$$

$$= 150q$$

$$q = M_{max} / 150$$

$$= 17436,16 / 150$$

$$= 116,24$$

$$P/20 = 116,24$$

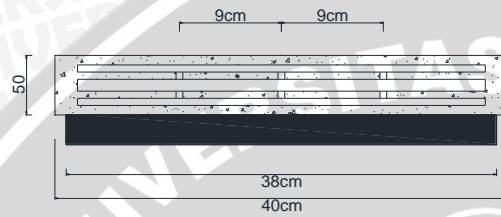
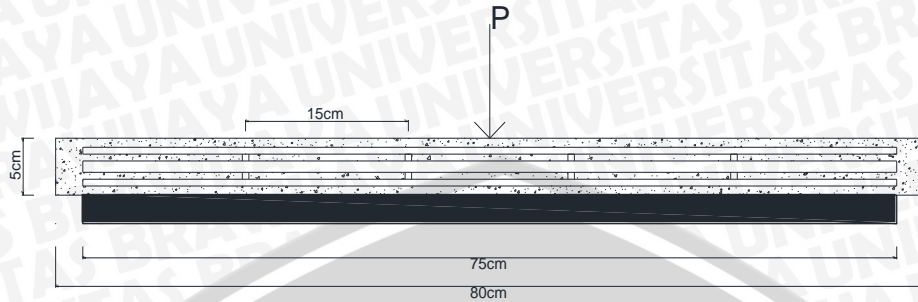
$$P = 116,24 \times 20$$

$$= 2324,82 \text{ kg}$$





## Perhitungan Shear Connector



$$\begin{aligned}
 D &= 1/6 \sqrt{f_c'} b w d \\
 &= 1/6 \sqrt{23} 400 4,2 \\
 &= 13428,3283 \text{ N} \\
 &= 1342,833 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$D = 1342,833 \text{ kg}$$

$$P \text{ geser} = 2.D = 2.1342,833 = 2685,666 \text{ kg}$$

Terdapat 6 shear connector pada bentang panjang.

$$V_{sc}' = \frac{D}{6} = \frac{1342,833}{6} = 223,806 \text{ kg}$$

Terdapat 5 shear connector pada bentang pendek

$$V_{sc} = \frac{V_{sc}'}{5} = \frac{223,806}{5} = 44,761 \text{ kg}$$

Jarak antar shear connector,  $s_v = 15 \text{ cm}$

$$V_s = \frac{V_{sc} \cdot S}{I} \cdot s_v = \frac{44,761 \cdot 120,5}{305.667} \cdot 15 = 264.686 \text{ kg}$$

Diameter minimum shear connector yang dibutuhkan :

$$\tau \cdot A_{\min} > V_s$$

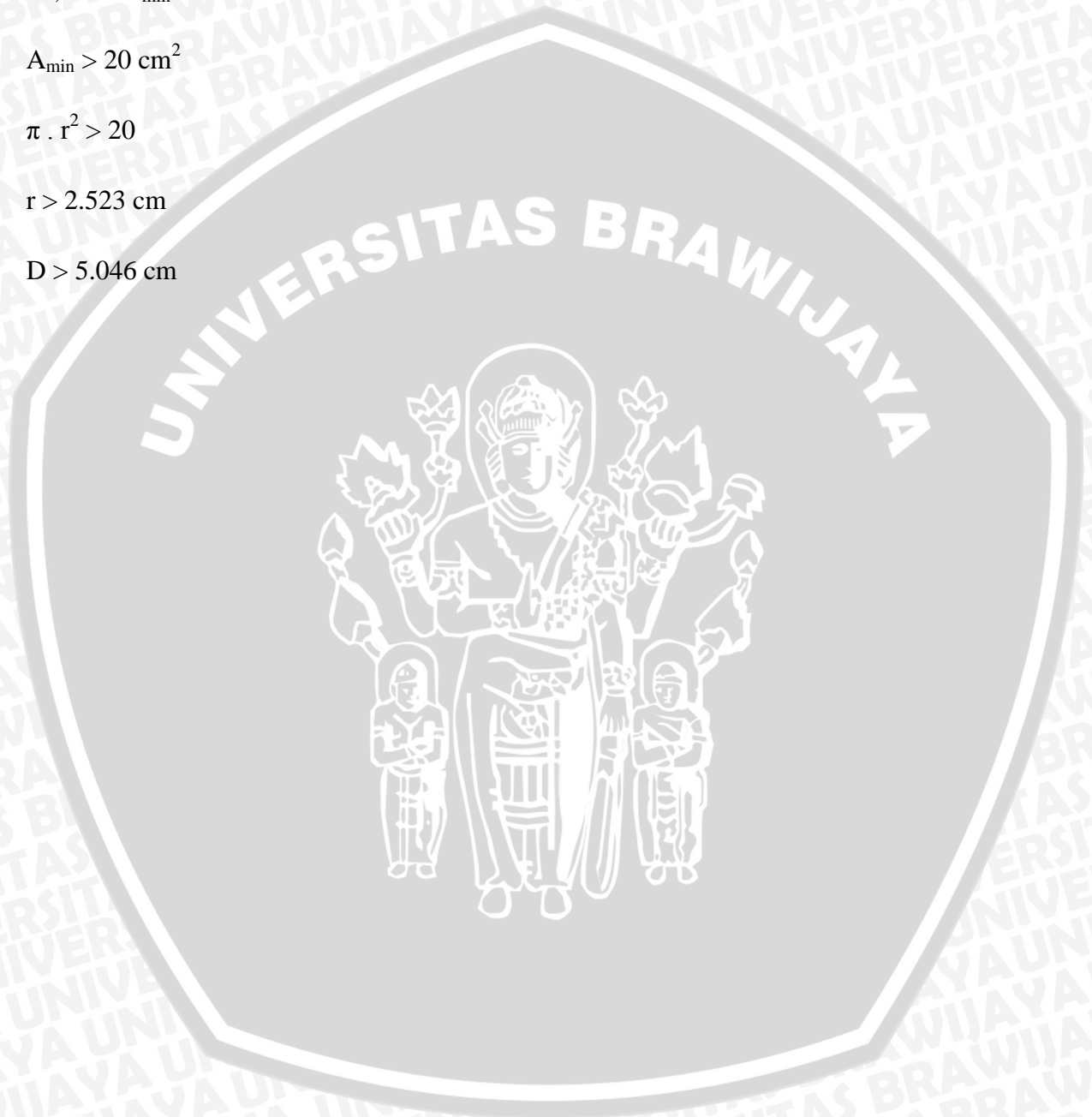
$$13,234 \cdot A_{\min} > 264.686$$

$$A_{\min} > 20 \text{ cm}^2$$

$$\pi \cdot r^2 > 20$$

$$r > 2.523 \text{ cm}$$

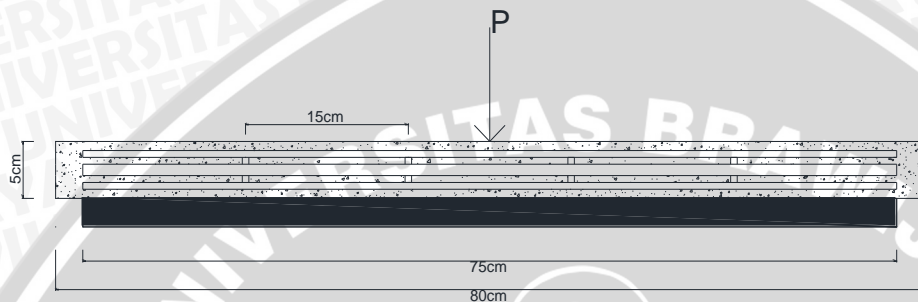
$$D > 5.046 \text{ cm}$$



## Perhitungan Momen Retak ( $M_r$ )

$$f_r = 0,7\sqrt{f_{c'}} = 0,7\sqrt{23,4} = 3,39 \text{ MPa} = 33,9 \text{ kg/cm}^2$$

Plat beton lapis *styrofoam*

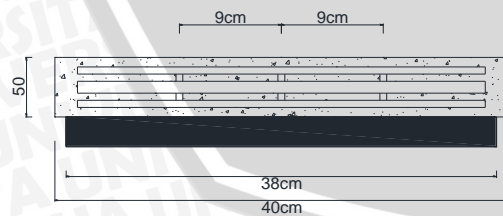


$$\begin{aligned} I &= \Sigma(1/12bh^3 + Ay^2) \\ &= ((1/12 \cdot 36 \cdot 2^3) + (36 \cdot 2 \cdot 1,5^2)) \cdot 2 + ((1/12 \cdot 2 \cdot 5^3) + (2 \cdot 5 \cdot 0)) \cdot 2 - (1/12 \cdot 36 \cdot 1^3) + (36 \cdot 1 \cdot 0) \\ &= 410,6667 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

$$M_r = \frac{f_r \cdot I}{y} = 5568,64$$

$$M_r = \frac{PL}{4}$$

$$P = \frac{4M_r}{L} = 278,432 \text{ kg}$$



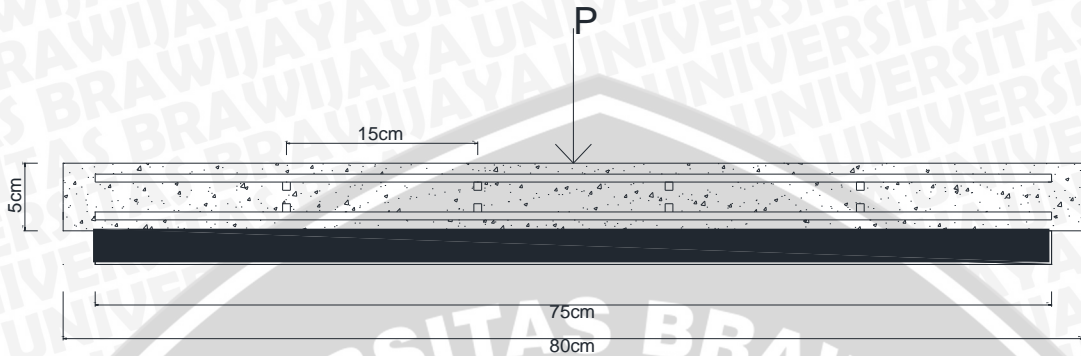
$$\begin{aligned} I &= \Sigma(1/12bh^3 + Ay^2) \\ &= ((1/12 \cdot 75 \cdot 2^3) + (75 \cdot 2 \cdot 1,5^2)) \cdot 2 + ((1/12 \cdot 2 \cdot 5^3) + (2 \cdot 5 \cdot 0)) \cdot 2 - (1/12 \cdot 75 \cdot 1^3) + (36 \cdot 1 \cdot 0) \\ &= 820,83 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$



$$Mr = \frac{fr.I}{y} = 11130,4548$$

$$Mr = \frac{PL}{4} \longrightarrow P = \frac{4Mr}{L} = 1113,045 \text{ kg}$$

Plat Beton Tanpa *Styrofoam*



$$I = \Sigma(1/12bh^3 + Ay^2)$$

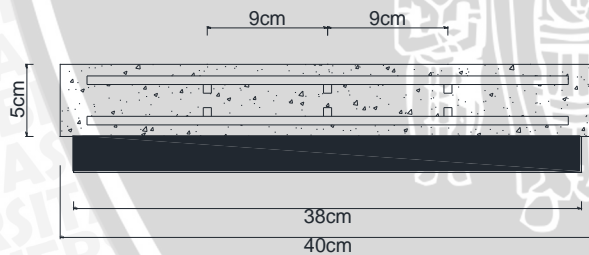
$$= 1/12 \cdot 40 \cdot 5^3 + 40 \cdot 5 \cdot 0^2$$

$$= 416,6667 \text{ cm}^4$$

$$Mr = \frac{fr.I}{y} = 5650$$

$$Mr = \frac{PL}{4}$$

$$P = \frac{4Mr}{L} = 282,5 \text{ kg}$$



$$I = 1/12bh^3 + Ay^2$$

$$= 1/12 \cdot 80 \cdot 5^3 + 80 \cdot 5 \cdot 0^2$$

$$= 833,3333 \text{ cm}^4$$

$$Mr = \frac{fr.I}{y} = 11300$$

$$Mr = \frac{PL}{4} \longrightarrow P = \frac{4Mr}{L} = 1130 \text{ kg}$$

## Lampiran 2

Data Hasil Laboratorium

## Hasil Kuat Tekan Pengujian Sampel Beton

Benda Uji	Berat (kg)	Pmax (kN)	Pmax (kg)	Kuat Tekan Runtuh (kg/cm <sup>2</sup> )	Rata-rata F <sub>cr</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	Rata-rata F <sub>cr</sub> (MPa)
A	1,70	107	10700	213	234	23,4
B	1,70	136	13600	271		
I	1,72	110	11000	219		

## Spesifikasi Dimensi Plat Beton Lapis Styrofoam

Benda Uji	Berat (kg)	Panjang (cm)	Lebar (cm)	Tebal (cm)
S-I1	34,1	80,5	40,1	5,7
S-I2	34,2	81,0	40,0	5,8
S-I3	33,5	80,0	40,0	6,0

## Spesifikasi Dimensi Plat Beton Tanpa Styrofoam

Benda Uji	Berat (kg)	Panjang (cm)	Lebar (cm)	Tebal (cm)
TS-A3	39,2	81,0	40,4	6,0
TS-B1	36,7	80,5	40,0	5,4

## Data Pengujian Benda Uji S-II

No	Beban (kg)	$\Delta$ Tengah (mm)	$\Delta$ Tepi (mm)	Keterangan
1	0,00	8,91	9,80	Tanpa Beban
2	29,10	9,11	10,04	
3	79,10	9,22	10,13	
4	129,10	9,31	10,20	
5	179,10	9,43	10,32	
6	229,10	9,52	10,39	
7	279,10	9,65	10,51	
8	329,10	9,75	10,60	
9	379,10	9,89	10,71	
10	429,10	9,96	10,81	
11	479,10	10,10	10,89	
12	529,10	10,18	10,99	
13	579,10	10,25	11,05	
14	629,10	10,42	11,16	
15	679,10	10,50	11,27	
16	729,10	10,60	11,31	
17	779,10	10,68	11,40	
18	829,10	10,88	11,45	
19	879,10	10,88	11,58	
20	929,10	10,98	11,63	
21	979,10	11,08	11,71	
22	1029,10	11,16	11,75	
23	1079,10	11,23	11,84	Retak 1A,2A
24	1129,10	13,49	12,28	
25	1179,10	13,63	12,33	Retak 3A
26	1229,10	13,74	12,40	
27	1279,10	13,95	12,51	
28	1329,10	14,15	12,64	
29	1379,10	14,44	12,77	Retak 4A
30	1429,10	14,59	12,89	
31	1479,10	14,84	12,79	
32	1529,10	15,03	13,08	
33	1579,10	15,13	13,14	Retak 5A
34	1629,10	15,29	13,21	
35	1679,10	15,37	13,26	
<b>36</b>	<b>1729,10</b>	<b>15,59</b>	<b>13,40</b>	<b>Retak 3B,6A,7A,8A</b>
37	1269,10	29,00	23,00	Retak 4B,9A
38	1349,10	30,00	24,00	
39	1357,10	31,00	24,00	
40	1339,10	32,00	25,00	Retak 10A,11A



41	1349,10	33,00	25,00	
42	1369,10	34,00	26,00	
43	1329,10	35,00	26,00	Retak 6B
44	1361,10	36,00	27,00	Retak 6C
45	1349,10	37,00	28,00	Retak 12A,6A,6B,6C,13A,3C
46	1327,10	38,00	29,00	
47	1347,10	39,00	29,00	
48	1361,10	40,00	30,00	
49	1379,10	41,00	30,00	
50	1339,10	42,00	31,00	
51	1373,10	43,00	31,00	Retak 8B,6B,6D
52	1395,10	44,00	32,00	Retak 9B
53	1449,10	45,00	32,00	Retak 9B,3D,13A
54	1285,10	46,00	34,00	Retak 4C,6E,7B,7C,1B



## Data Pengujian Benda Uji S-I2

No	Beban (kg)	$\Delta$ Tengah (mm)	$\Delta$ Tepi (mm)	Keterangan
1	0,00	6,79	7,47	Tanpa Beban
2	29,40	6,85	7,63	
3	79,40	6,94	7,81	
4	129,40	7,06	7,92	
5	179,40	7,18	8,02	
6	229,40	7,34	8,14	
7	279,40	7,43	8,25	
8	329,40	7,54	8,34	
9	379,40	7,60	8,37	
10	429,40	7,72	8,48	
11	479,40	7,85	8,56	
12	529,40	7,93	8,63	
13	579,40	8,05	8,75	
14	629,40	8,14	8,81	
15	679,40	8,27	8,95	Retak 1A
16	729,40	8,98	9,43	
17	779,40	9,07	9,50	
18	829,40	9,20	9,59	Retak 2A
19	879,40	9,35	9,71	
20	929,40	9,47	9,81	
21	979,40	9,57	9,88	
22	1029,40	9,72	9,99	
23	1079,40	9,93	10,14	
24	1129,40	10,08	10,25	
25	1179,40	10,31	10,39	Retak 2B,1B
26	1229,40	11,18	10,83	Retak 3A
27	1279,40	11,86	11,58	Retak 3B,4A
28	1329,40	13,14	12,43	
29	1379,40	13,53	12,64	Retak 2C
30	1429,40	13,76	12,75	
31	1479,40	14,09	12,89	Retak 4B
32	1529,40	14,69	13,21	
33	1579,40	15,09	13,45	Retak 5A
34	1629,40	15,47	13,64	
35	1679,40	15,99	13,95	
<b>36</b>	<b>1729,40</b>	<b>16,43</b>	<b>14,12</b>	<b>Retak 1D,6A,7A,8A</b>
37	1179,40	27,17	20,27	Retak 5B,4C,1E,9A,6B
38	979,40	28,24	22,22	Retak 10A,11A
39	959,40	28,92	22,66	Retak 11B
40	957,40	31,50	24,67	Retak 5C,8B,8C

41	899,40	32,25	25,97	Retak 7B
42	919,40	33,40	26,81	Retak 5D
43	927,40	35,47	28,91	Retak 13A
44	949,40	38,93	31,92	Retak 12B
45	955,40	39,76	33,09	Retak 14A





### Data Pengujian Benda Uji S-I3

No	Beban (kg)	$\Delta$ Tengah (mm)	$\Delta$ Tepi (mm)	Keterangan
1	0	2,87	2,47	Tanpa Beban
2	29,4	3,14	2,74	
3	79,4	3,19	2,77	
4	129,4	3,23	2,81	
5	179,4	3,37	2,96	
6	229,4	3,52	3,07	
7	279,4	3,67	3,18	
8	329,4	3,83	3,29	
9	379,4	3,97	3,38	
10	429,4	4,11	3,47	
11	479,4	4,27	3,58	
12	529,4	4,39	3,65	
13	579,4	4,49	3,71	Retak 1A,2A
14	629,4	8,92	5,76	Retak 3A
15	679,4	9,28	5,87	
16	729,4	9,39	5,98	
17	779,4	9,53	6,09	
18	829,4	9,61	6,15	
19	879,4	9,7	6,2	Retak 4A
20	929,4	9,84	6,33	
21	979,4	9,99	6,47	
22	1029,4	10,1	6,54	
23	1079,4	10,22	6,61	
24	1129,4	10,35	6,72	Retak 5A,6A,7A
25	1179,4	16,37	11,89	
26	1229,4	16,58	11,97	
27	1279,4	16,85	12,14	
28	1329,4	16,99	12,2	
29	1379,4	17,26	12,34	
30	1429,4	17,65	12,56	
31	1479,4	17,97	12,73	
32	1529,4	18,4	12,88	Retak 5B
33	1579,4	18,85	13,15	
34	1629,4	19,29	13,38	
35	1679,4	19,99	13,86	Retak 6B
36	1729,4	24,58	16,17	
<b>37</b>	<b>1779,4</b>	<b>25,78</b>	<b>16,72</b>	<b>Retak 7B</b>
38	1483,4	37	17,25	Retak 8A,9A,8B
39	1479,4	38	18,35	
40	1489,4	40	21	Retak 6C

41	1299,4	41	22,15	
42	1487,4	42	22,78	Retak 9B
43	1621,4	43	23,25	
44	1297,4	44	23,56	Retak 5B,5C
45	1137,4	45	24,22	
46	1129,4	46	24,53	Retak 10A,10B
47	1339,4	47	24,89	Retak 10C
48	1319,4	48	25,2	
49	1379,4	49	25,64	
50	1384,4	50	26	
51	1393,4	51	27	Retak 5D
52	1489,4	52	28	
53	1403,4	53	31	Retak 8C
54	1473,4	54	32	
55	1387,4	55	35	
56	1403,4	55	38	Retak 10D
57	1407,4	55,17	41	Retak 8B,10E
58	1187,4	55,17	44	Retak 9C,9D,10F



### Data Pengujian Benda Uji TS-A3

No	Beban (kg)	$\Delta$ Tengah (mm)	$\Delta$ Tepi (mm)	Keterangan
1	0,00	6,86	9,84	Tanpa Beban
2	29,40	7,07	10,07	
3	79,40	7,13	10,10	
4	129,40	7,19	10,15	
5	179,40	7,31	10,25	
6	229,40	7,40	10,34	
7	279,40	7,55	10,48	
8	329,40	7,66	10,56	
9	379,40	7,76	10,63	
10	429,40	7,88	10,73	
11	479,40	7,99	10,80	
12	529,40	8,08	10,88	
13	579,40	8,20	10,98	
14	629,40	8,30	11,05	
15	679,40	8,39	11,14	
16	729,40	9,33	11,19	
17	779,40	9,42	11,23	
18	829,40	9,56	11,33	Retak 1A,2A
19	879,40	9,66	11,39	
20	929,40	9,79	11,49	
21	979,40	9,85	11,53	
22	1029,40	9,97	11,62	
23	1079,40	10,06	11,66	
24	1129,40	10,18	11,77	
25	1179,40	10,25	11,82	
26	1229,40	10,36	11,89	
27	1279,40	10,44	11,96	
28	1329,40	10,51	12,02	
29	1379,40	10,59	12,10	
30	1429,40	10,71	12,20	
31	1479,40	10,76	12,25	
32	1529,40	10,86	12,33	Retak 3A,4A
33	1579,40	13,21	14,71	
34	1629,40	13,43	14,97	
35	1679,40	13,72	15,11	
36	1729,40	13,88	15,24	
37	1779,40	14,08	15,40	Retak 2B
38	1829,40	14,29	15,56	Retak 4B
39	1879,40	14,63	15,81	Retak 3B
40	1929,40	14,85	15,98	



41	1979,40	15,03	16,10	
42	2029,40	15,19	16,20	
<b>43</b>	<b>2079,40</b>	<b>15,56</b>	<b>16,58</b>	<b>Retak 5A</b>
44	1779,40	20,38	19,37	Retak 6A,7A
45	1819,40	21,46	20,45	Retak 8A
46	1899,40	22,50	21,16	
47	2049,40	27,48	25,69	Retak 6B,9A
48	2079,40	30,56	28,17	Retak 3C
49	2129,40	33,15	30,49	Retak 10A,5B,5C
50	2179,40	37,94	34,64	
51	2229,40	39,53	36,02	Retak 9B,6C
52	2279,40	45,78	41,12	Retak 10B
53	2329,40	50,40	47,26	Retak 11A,3D
54	2379,40	53,11	53,50	Retak 11B,4C
55	2429,40	54,35	55,15	
56	2319,40	55,16	55,14	
57	2429,40	55,17	55,14	Retak 9C,11C,10C
58	2129,40	55,17	55,14	Retak 12A,6D



## Data Pengujian Benda Uji TS-B1

No	Beban (kg)	$\Delta$ Tengah (mm)	$\Delta$ Tepi (mm)	Keterangan
1	0,00	5,43	5,00	Tanpa Beban
2	29,10	5,48	5,04	
3	79,10	5,63	5,19	
4	129,10	5,70	5,31	
5	179,10	5,82	5,48	
6	229,10	5,97	5,60	
7	279,10	6,07	5,67	
8	329,10	6,21	5,80	
9	379,10	6,35	5,92	
10	429,10	6,47	6,04	
11	479,10	6,57	6,15	
12	529,10	6,72	6,25	
13	579,10	7,64	6,83	
14	629,10	7,75	6,94	
15	679,10	7,89	7,02	
16	729,10	7,97	7,11	
17	779,10	8,09	7,15	
18	829,10	8,24	7,34	Retak 1A
19	879,10	8,39	7,44	
20	929,10	8,53	7,57	
21	979,10	9,21	7,70	
22	1029,10	9,39	7,92	Retak 2A
23	1079,10	9,47	8,01	
24	1129,10	9,55	8,11	
25	1179,10	9,67	8,21	Retak 3A
26	1229,10	9,82	8,35	Retak 4A
27	1279,10	14,98	13,58	
28	1329,10	15,67	13,91	
29	1379,10	15,88	14,00	
30	1429,10	16,10	14,15	
31	1479,10	16,37	14,35	
32	1529,10	16,69	14,62	
33	1579,10	16,99	14,77	
34	1629,10	17,28	14,96	
35	1679,10	17,55	15,12	
36	1729,10	17,84	15,33	
37	1779,10	18,25	15,59	Retak 6A,7A,1B
38	1829,10	28,87	20,81	
39	1879,10	30,45	21,41	Retak 4B,8A,5B
40	1929,10	38,78	25,56	

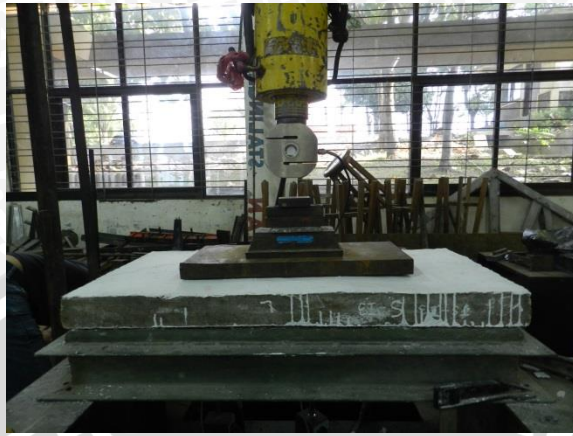
41	1979,10	40,30	26,62	Retak 2B,3B,7B,8B
42	1529,10	51,00	27,81	
43	1549,10	52,00	29,82	
44	1619,10	53,00	33,41	Retak 2C,6B
45	1629,10	54,00	35,10	Retak 1C
46	1589,10	55,00	35,71	





### Lampiran 3

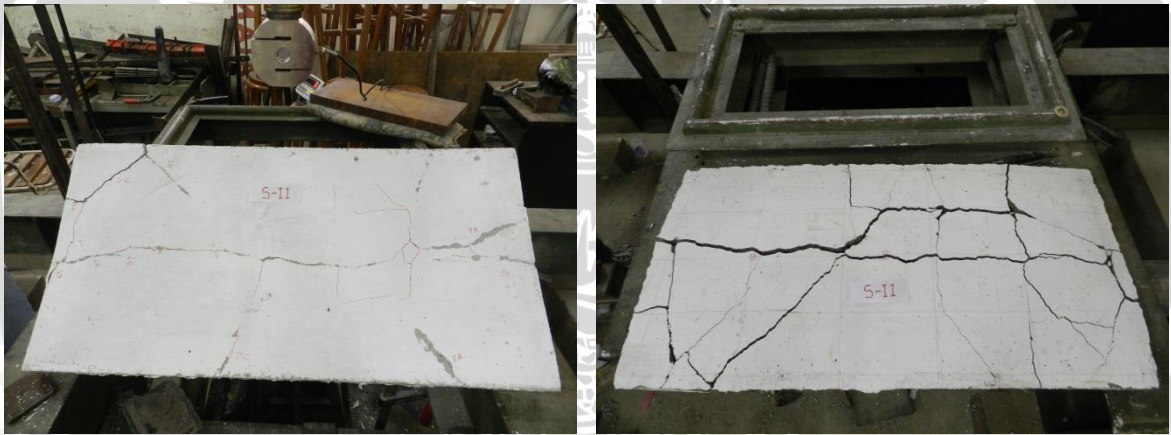
#### Dokumentasi Penelitian



Setting Alat dan Posisi LVDT



Pengujian Benda Uji S-11



Hasil Akhir Pengujian Benda Uji S-11

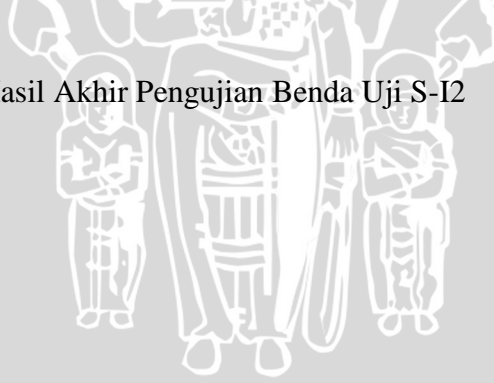




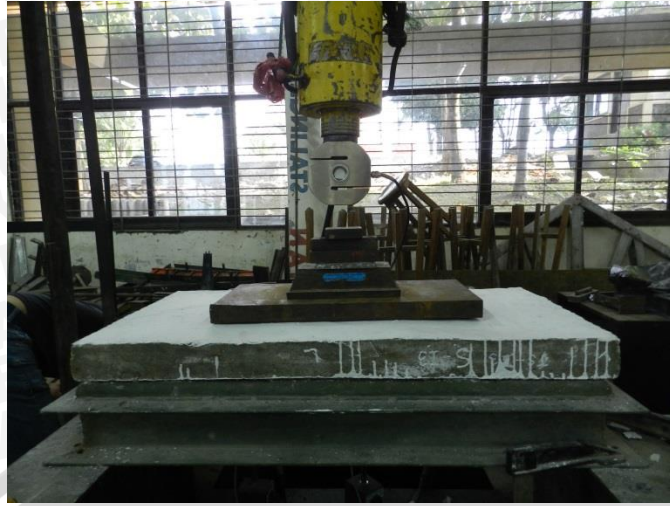
Pengujian Benda Uji S-12



Hasil Akhir Pengujian Benda Uji S-12





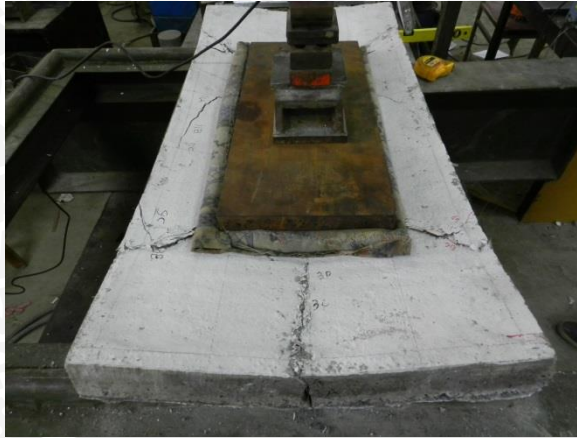


Pengujian Benda Uji S-I3



Hasil Akhir Pengujian Benda Uji S-I3





Pengujian Benda Uji TS-A3



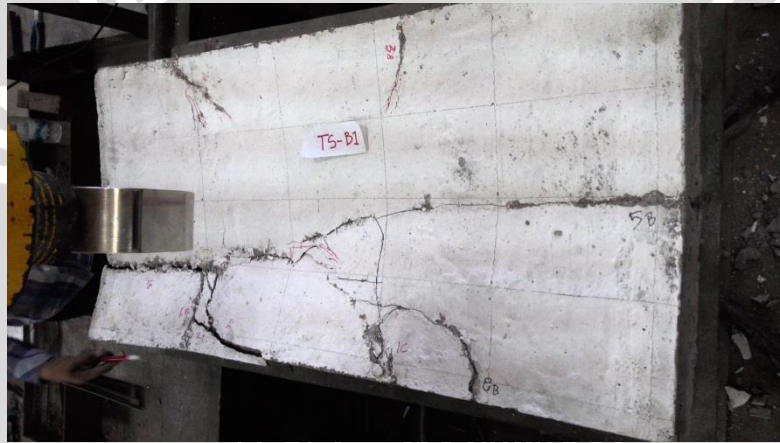
Hasil Akhir Pengujian Benda Uji TS-A3







Pengujian Benda Uji TS-B1



Hasil Akhir Pengujian Benda Uji TS-B1