

PERBANDINGAN KUAT LENTUR SATU ARAH PELAT BETON

**TULANGAN BAMBU DENGAN PELAT BETON TULANGAN BAMBU
ISI STYROFOAM**

SKRIPSI

TEKNIK SIPIL

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



RIFQI EKA FAUZI

NIM. 115060107111040

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
MALANG
2016**

LEMBAR PENGESAHAN

PERBANDINGAN KUAT LENTUR SATU ARAH PELAT BETON
TULANGAN BAMBU DENGAN PELAT BETON TULANGAN BAMBU

ISI STYROFOAM

SKRIPSI

TEKNIK SIPIL

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan

memperoleh gelar Sarjana Teknik



RIFQI EKA FAUZI

NIM. 115060107111040

Skripsi ini telah direvisi dan disetujui oleh dosen pembimbing
pada tanggal 25 Juli 2016

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Prof.Dr.Ir.Sri Murni Dewi, Ms.

NIP. 19511211 198103 2 001

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

NIP. 19810220 200604 1 002

Mengetahui
Ketua Program Studi

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

NIP. 19810220 200604 1 002

LEMBAR IDENTITAS TIM PENGUJI SKRIPSI

JUDUL SKRIPSI

Perbandingan Kuat Lentur Satu Arah Pelat Beton Tulangan Bambu Dengan Pelat Beton Tulangan Bambu isi Styrofoam

Nama Mahasiswa : Rifqi eka fauzi

NIM : 115060107111040

Program Studi : Teknik Sipil

Minat : Struktur

TIM DOSEN PENGUJI

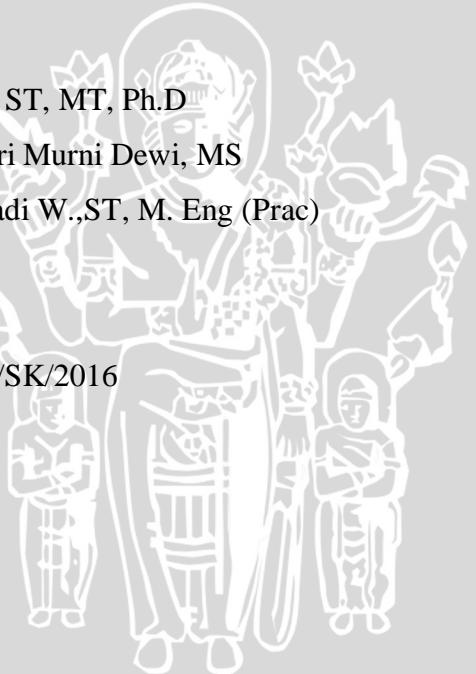
Dosen Penguji 1 : Ari Wibowo ST, MT, Ph.D

Dosen Penguji 2 : Prof.Dr.Ir. Sri Murni Dewi, MS

Dosen Penguji 3 : Dr.Eng Indradi W.,ST, M. Eng (Prac)

Tanggal Ujian : 30 Juni 2016

SK Penguji : 790/UN10.6/SK/2016



PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya dan berdasarkan hasil penelurusan berbagai karya ilmiah gagasan dan masalah ilmiah yang diteliti dan diulas dalam naskah skripsi ini adalah asli dari pemikiran saya. Tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu Perguruan Tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka. Apabila ternyata di dalam naskah Skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur jiplakan, saya bersedia Skripsi dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No 20 Tahun 2003, pasal 25 ayat 2 dan pasal 70).

Malang, 22 Juni 2016

Mahasiswa,

Rifqi Eka Fauzi

NIM. 115060107111040



RIWAYAT HIDUP

Rifqi Eka Fauzi, lahir di Malang, 29 Agustus 1993. Anak dari pasangan Bapak Kadarianto dan Ibu Sunis Praptiningsih. Menyelesaikan pendidikan di SDN 2 Gedog Kulon pada tahun 2005, lalu melanjutkan pendidikan di SMPN 1 Turen pada tahun 2005-2008, dan melanjutkan pendidikan di SMAN 1 Turen pada tahun 2008-2011, lalu pada tahun 2011-2016 menempuh pendidikan di Jurusan Teknik Sipil Universitas Brawijaya Malang.

Malang, Juni 2016

Penulis





KATA PENGANTAR

Puji dan syukur saya panjatkan kehadirat Allah SWT atas berkat, rahmat, dan karunia-Nya sehingga dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Perbandingan Kuat lentur Satu Arah Pelat Beton Tulangan Bambu dengan Pelat Beton Tulangan Bambu isi Styrofoam”. Shalawat dan salam saya tujuhan kepada junjungan umat Islam, Nabi Besar Muhammad SAW yang telah memberikan jalan pencerahan bagi umat manusia.

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

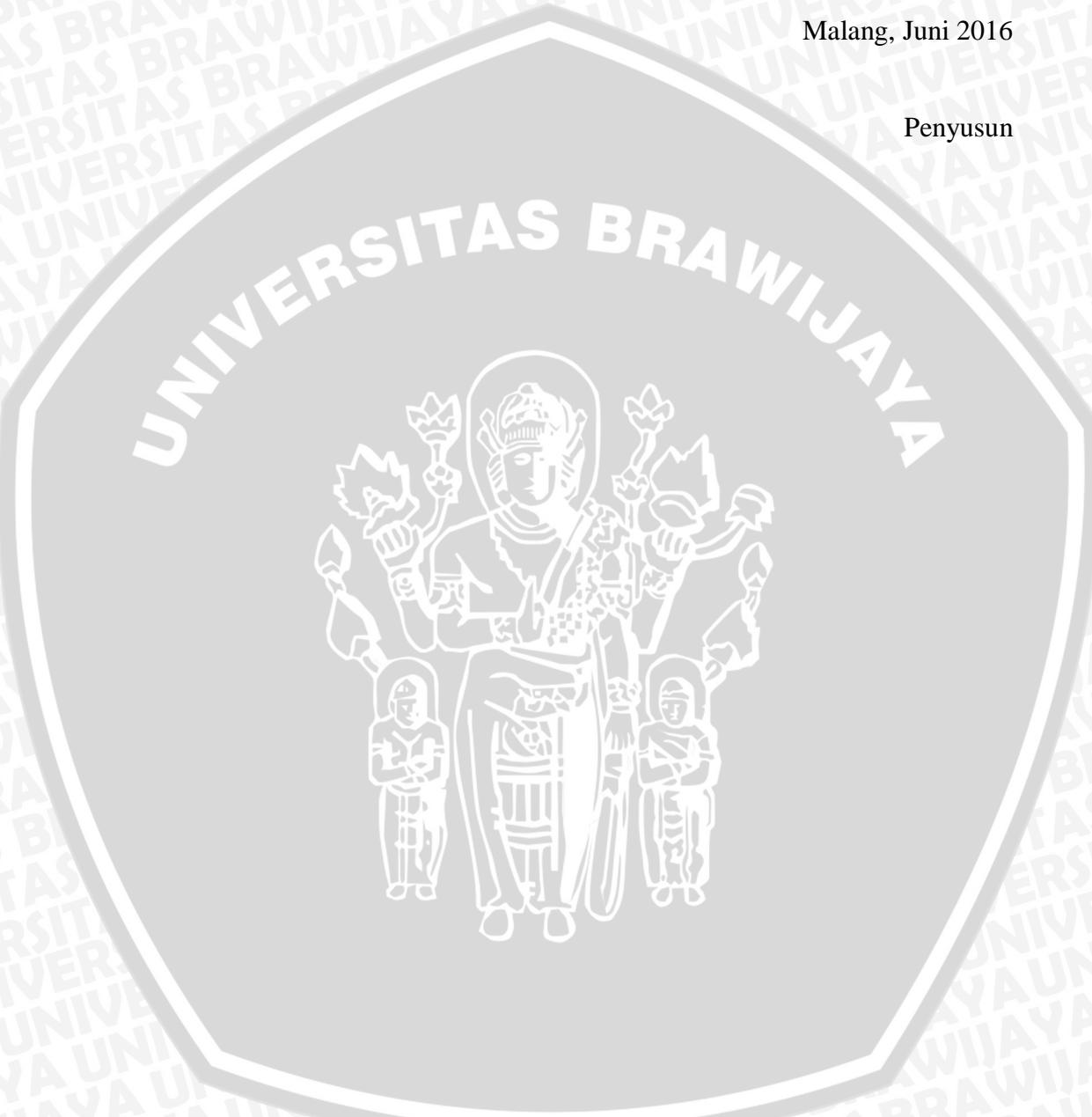
1. Ir. Sugeng P. Budio, MS. selaku Ketua Jurusan yang telah membimbing dari awal perkuliahan hingga tugas akhir ini.
2. Prof. Dr. Ir. Sri Murni Dewi, MS. dan Dr. Eng. Indradi W, ST. M.Eng (Prac) sebagai dosen pembimbing yang telah memberikan arahan, masukan, dan bimbingan dalam penulisan skripsi ini.
3. Bapak Sugeng dan Mas Dino selaku laboran laboratorium Struktur dan Bahan Konstruksi yang telah membantu penelitian kami di Laboratorium.
4. Ibu, Ayah, adik, dan segenap keluarga yang telah memberi dukungan moral dan materi dalam menyelesaikan skripsi ini.
5. Rekan Tim Penelitian dan Skripsi Desinta Nur L, Candra Ramadhan., Lutfi Pakusadewo, dan Alfina Mahya yang telah bekerja sama dan berjuang bersama dalam penelitian skripsi ini.
6. Hadi, Aceng, Mamen, Paulus, Billy, Singgih, dan KBSM lainnya yang telah membantu dan mendukung penelitian ini.
7. Segenap keluarga besar Teknik Sipil Universitas Brawijaya khususnya angkatan 2011 yang membantu selama proses penelitian skripsi ini.
8. Keluarga AmerA, yang telah banyak membantu dan mendukung memberi semangat dalam proses penelitian skripsi ini.



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

Malang, Juni 2016

Penyusun



DAFTAR ISI

KATA PENGHANTAR	i
DAFTAR ISI.....	iii
DAFTAR GAMBAR	v
DAFTAR TABEL.....	vi
DAFTAR GRAFIK	vii
DAFTAR LAMPIRAN.....	ix
RINGKASAN	x
SUMMARY	xi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penulisan	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
BAB II TINJAUAN PUSATAKA	5
2.1 Beton Ringan.....	5
2.2 Struktur Komposit Beton Bertulang.....	5
2.3 Material Struktur Komposit	6
2.3.4 FAS	8
2.3.5 <i>Slump Test</i>	9
2.4 Pelat	10
2.5 Bambu.....	10
2.5.1 Karakteristik bambu	11
2.5.1.1 Sifat fisik dan mekanis.....	11
2.5.1.2 Kuat tekan bambu	11
2.5.1.3 Kuat tarik bambu	12
2.5.1.4 Modulus elastisitas.....	12
2.6 <i>Styrofoam</i>	12
2.7 Kapasitas Pelat	13
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	15
3.1 Rancangan penelitian.....	15
3.2 Tempat dan Waktu Penelitian	15



3.3	Alat dan bahan Penelitian	15
3.4	Diagram Alir Penelitian.....	17
3.5	Prosedur Penelitian.....	19
3.6	Variabel Penelitian	19
3.7	Benda Uji dan <i>Setting up</i>	19
3.8	Metode Analisi Data.....	25
3.9	Metode Analisi P _{teoritis}	25
3.10	Hipotesis Penelitian.....	25
	BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	26
4.1	Analisis Meterial Penyusun Pelat.....	26
4.1.1	Beton	26
4.1.2	<i>Styrofoam</i>	26
4.2	Analisis Perhitungan Perkiraan Beban Maksimum(P_u).....	27
4.3	Berat Satuan Pelat	28
4.4	Pengujian pelat	28
4.5	Hasil Pengujian Lentur	29
4.6	Perbandingan Kuat Lentur Teoritis dan Eksperimen	35
	BAB V PENUTUP	39
	DAFTAR PUSTAKA.....	41
	LAMPIRAN	42



DAFTAR GAMBAR

No.	Judul	Halaman
	Gambar 1.1 Peta Zona Gempa Indonesia.....	1
	Gambar 2.1 Slump shear	9
	Gambar 2.2 Diagram regangan, tegangan, gaya-gaya dalam penampang pelat	13
	Gambar 3.1 Tahap pembuatan benda uji	20
	Gambar 3.2 Tampak dan potongan benda uji	20
	Gambar 3.3 Potongan pelat	20
	Gambar 3.4 Detail tampak atas	21
	Gambar 3.5 Detail tampak samping	21
	Gambar 3.6 <i>Setting up</i> benda uji	22
	Gambar 3.7 Metode Pengujian dan Profil Alat Bantu Pembeban	23
	Gambar 3.8 Rencana Grafik Hubungan Beban (P) dan Deformasi (Δ).....	25
	Gambar 4.1 Pelat satu arah.....	28
	Gambar 4.2 Penampang pelat.....	28
	Gambar 4.3 Pengujian pelat	30
	Gambar 4.4 Setting up benda uji	30
	Gambar 4.5 Garis leleh pada pengujian lentur satu arah : (a) pelat lapis <i>styrofoam</i> , dan (b) pelat tanpa lapis <i>styrofoam</i>	37



DAFTAR TABEL

No.	Judul	Halaman
	Tabel 2.1 Petunjuk awal penetapan nilai slump	10
	Tabel 2.2 Kekuatan bambu	12
	Tabel 2.2 Kekuatan bambu	12
	Tabel 3.1 Rencana form data lendutan total pelat	12
	Tabel 4.1 Hasil uji beton silinder	27
	Tabel 4.2 Hasil pengukuran berat satuan pelat	29
	Tabel 4.3 Beban maksimum dan lendutan.....	34
	Tabel 4.4 Rata-rata beban maksimum dan lendutan.....	34



DAFTAR GRAFIK

No.	Judul	Halaman
	Grafik 4.1 Hubungan lendutan titik 1 pelat beton tulangan bambu isi <i>styrofoam</i>	31
	Grafik 4.2 Hubungan lendutan titik 2 pelat beton tulangan bambu isi <i>styrofoam</i>	31
	Grafik 4.3 Hubungan lendutan titik 1 pelat beton tulangan bambu	32
	Grafik 4.4 Hubungan lendutan titik 2 pelat beton tulangan bambu	32
	Grafik 4.5 Hubungan lendutan titik 1 pelat beton tulangan bambu isi <i>styrofoam</i> dan pelat beton tulangan bambu	33
	Grafik 4.6 Hubungan lendutan titik 2 pelat beton tulangan bambu isi <i>styrofoam</i> dan pelat beton tulangan bambu	33



DAFTAR DIAGRAM

No.	Judul	Halaman
Diagram 4.1	Hubungan lendutan titik 1 pelat beton tulangan bambu isi <i>styrofoam</i>	31
Diagram 4.1	Beban maksimum rata-rata pada kondisi retak pertama dan kondisi maksimum pada pengujian lentur satu arah.....	34
Diagram 4.2	Lendutan maksimum rata-rata pada kondisi retak pertama dan kondisi maksimum pada pengujian lentur satu arah.....	35
Diagram 4.1	Beban maksimum rata-rata teoritis dan eksperimen pada pengujian lentur satu Arah.....	36



DAFTAR LAMPIRAN

No.	Judul	Halaman
	Lampiran 1 Mutu beton	43
	Lampiran 2 Perhitungan P teoritis	45
	Lampiran 3 Perhitungan shear connector	47
	Lampiran 4 Tabel hasil pengujian lentur	48
	Lampiran 5 Grafik hubungan lendutan dan beban pada pelat	59
	Lampiran 6 Dokumentasi penelitian	64



RINGKASAN

Rifqi Eka Fauzi, Jurusan Teknik sipil, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Juni 2016, *Perbandingan Kuat Lentur Satu Arah Pelat Beton Tulangan Bambu dengan Pelat Beton Tulangan Bambu isi Styrofoam*, Dosen pembimbing : Prof.Dr.Ir. Sri Murni Dewi, Ms. dan Dr.Eng. Indradi W., ST., M.Eng.(Prac.).

Beton ringan merupakan teknologi inovasi bahan dalam dunia konstruksi dimana struktur tersebut memiliki kekuatan yang hampir sama namun berat strukturnya jauh lebih ringan. Dalam pembuatannya beton ringan dapat dilakukan dengan penggantian material agregat maupun dengan bantuan reaksi bahan kimia, misalnya penggantian tulangan baja dengan bambu. Penggunaan bambu sebagai material pengganti tulangan baja merupakan inovasi yang harus dikembangkan, mengingat material baja yang tidak bisa diperbarui. Penambahan material *styrofoam* kedalam elemen struktur juga bisa mengurangi berat sendiri. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penambahan material *styrofoam* terhadap pelat satu arah beton tulangan bambu dengan beban lentur metode pelat satu arah.

Pada percobaan digunakan benda uji pelat beton bertulangan bambu dengan isi *styrofoam* sebanyak 3 benda uji lalu di bandingkan dengan pelat beton bertulangan bambu tanpa menggunakan *styrofoam* yang berjumlah 2 benda uji. Jenis bambu yang digunakan adalah bambu petung dengan dimensi 6 x 6 mm dan panjang 750 mm untuk arah memanjang, sedangkan arah melintang berdimensi 6 x 6 mm dengan panjang 360 mm. Dimensi *styrofoam* yang digunakan adalah 360 x 750 x 10 mm. Pengujian dilakukan dengan beban garis pada tengah bentang dengan 2 tumpuan pada ujung pelat setelah umur 28 hari beton. Benda uji dibebani hingga mencapai keruntuhan kemudian diambil data beban, lendutan, dan berat.

Hasil dari eksperimen didapatkan bahwa pelat beton isi *styrofoam* menurunkan kekuatan $P_{maksimal}$ sebesar 15,6 % dari pelat yang tidak menggunakan *styrofoam*, namun berat yang terjadi berkurang 9,72 %. Pelat beton bertulangan bambu yang diberi isi *styrofoam* memiliki lendutan lebih besar 77 % dari pelat yang tidak menggunakan *styrofoam* pada kondisi retak pertama, sedangkan pada kondisi runtuh pelat yang diberi isi material *styrofoam* hanya mengalami penambahan lendutan sebesar 16 % dibandinkan pelat yang tidak diberi *styrofoam*. Perhitungan $P_{teoritis}$ plat beton tulangan bambu didapatkan sebesar 394,09 kg, sedangkan pada uji laboratorium di dapatkan P_u sebesar 650 kg.

Kata kunci : plat beton, tulangan bambu, *styrofoam*, kuat lentur

SUMMARY

Rifqi Eka Fauzi, Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, University of Brawijaya, in June 2016, Comparison Bending Test Of One Way Bamboo Reinforced Concrete Slab with One Way Bamboo Reinforced Concrete Slab Filled Styrofoam, Supervisor: Prof.Dr.Ir. Sri Murni Dewi, Ms. dan Dr.Eng. Indradi W., ST., M.Eng.(Prac.).

Lightweight concrete is innovation construction materials, it have equal strength and less weight than normal concrete. Lightweight concrete created by replace with lighter material or add chemicals. For example : replace steel reinforced with bamboo reinforced. Innovation of Bamboo reinforced should be developed, which the steel material can not be renewed. The filled of styrofoam material into the structural elements can also reduce the weight of its own. The purpose of this study was to find out the impact of a styrofoam material against the bamboo reinforced concrete one way slab with bending load.

In experiment used bamboo reinforced concrete slab filled styrofoam 3 specimens then compared with bamboo reinforced concrete slab without styrofoam 2 specimens. The variant of bamboo used *petung* with dimension 6x6 mm and lenght 750 mm for slab lenght, while slab width have dimension 6x6 mm with width 360 mm. Styrofoam dimension is 360x750x10 mm. Test of concrete slab will be executed with line load on middle span with one way slab system after concrete age 28 days. It loaded until collapse then record the data of load, deflection, and weight.

The result of the experiments showed that concrete slab filled styrofoam reduce the strength maximum load 15.6% than concrete slab without filled styrofoam but weight reduced by 9,72%. Bamboo reinforced filled styrofoam concrete slab has 77% more deflection in first crack, while bamboo reinforced filled styrofoam concrete slab has 16% more deflection in collapse form. The result of analysis maximum load is 394.09 kg while the result of test is 650 kg.

Keyword : Concrete slab, bamboo reinforce, styrofoam, bending shear





BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan salah satu negara didunia yang rawan terhadap gempa. Hal ini disebabkan karena letak geografis negara indonesia di kepung oleh tiga lempeng tektonik dunia yang aktif bergerak. Sampai saat ini masih belum ada teknologi yang dapat memprediksikan waktu dan tempat terjadinya gempa secara pasti, oleh sebab itu bangunan tahan gempa harus diterapkan dalam pembangunan di indonesia. Teknologi beton ringan yang sedang berkembang dalam dunia konstruksi muncul untuk memenuhi standart bangunan tahan gempa. Penggunaan beton ringan pada struktur bangunan dapat mengurangi berat struktur yang dapat mengurangi simpangan bangunan saat terjadi gempa.



Gambar 1.1 Peta Zona Gempa Indonesia

Beton ringan merupakan teknologi inovasi bahan dalam dunia konstruksi dimana struktur tersebut memiliki kekuatan yang hampir sama namun berat strukturnya jauh lebih ringan. Dalam pembuatannya beton ringan dapat dilakukan dengan penggantian material agregat maupun dengan bantuan reaksi bahan kimia. Misalnya penggantian tulangan baja dengan bambu dan pengisian material styrofoam pada strukrur.

Pelat lantai merupakan salah satu elemen konstruksi struktur bangunan yang selain berfungsi sebagai tempat menahan beban lentur juga dapat berfungsi sebagai penahan beban geser. Beban geser tersebut biasanya berupa beban akibat getaran gempa.

Bambu merupakan tanaman yang tumbuh subur di indonesia. Pertumbuhan tanaman ini tergolong sangat cepat, karena tanaman ini memiliki sistem rhizoma-dependen yang baik dan dapat tumbuh sepanjang 100 cm dalam 24 jam.

Styrofoam adalah suatu bahan yang terbuat dari polistirin yang dikembangkan dan memiliki berat satuan yang ringan yaitu 13 kg/m^3 sampai 16 kg/m^3 .

Seperti yang telah diketahui Indonesia adalah negara yang sebagian besar wilayahnya merupakan daerah rawan gempa. Indonesia juga dalam *ring of fire*, sehingga Indonesia adalah negara yang rawan bencana baik itu gempa tektonik ataupun akibat vulkanik gunung meletus. Sehingga akan lebih baik jika bangunan di Indonesia didesain tahan gempa.

Pelat beton bertulangan bambu isi styrofoam merupakan salah satu konsep penyelesaian masalah gempa dalam bidang Teknik Sipil. Selain itu metode ini juga ramah lingkungan memngingat sumber daya bambu yang melimpah diindonesia dan dapat di perbarui. Hal yang perlu di tinjau dalam dalam pembuatan beton bertulangan bambu adalah ikatan antara tulangan dan beton. Jika dibandingkan dengan baja, bambu memiliki ikatan yang lebih rendah dengan beton yang dikarenakan bambu mudah menyerap dan melepas air (higrokospis). Maka perlu dilakukan penanganan khusus pada bambu untuk menngantisipasi malaalah tersebut. Pada penelitian yang dilakukan Ghavami, perlakuan khusus dapat dilakukan dengan cara pemberian lapisan *impermiable* pada bambu untuk meminimalkan sifat higrokospis.(Ghavami,2004)

Berdasarkan semua uraian di atas, diperlukan penelitian untuk meneliti lebih lanjut mengenai pelat beton satu arah bertulangan bambu isi styrofoam.

1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah:

1. Berapa perbandingan beban maksimum lentur yang mampu ditahan oleh pelat beton tulangan bambu dengan pelat beton tulangan bambu isi styrofoam ?
2. Berapa perbandingan lendutan yg terjadi pada pelat beton tulangan bambu isi styrofoam terhadap pelat beton tulangan bambu ?



1.3 Batasan Masalah

Pembatasan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Pengaruh lingkungan luar diabaikan
2. Pelat menggunakan tipe satu arah
3. Pelat menggunakan dimensi 80 x 40 x 5 cm
4. Profil bambu 0,6 x 0,6 cm
5. Tebal styrofoam 1 cm
6. Komposisi campuran beton yang digunakan pada pelat PC : Pasir : kerikil yaitu 1:3:1.
7. Semen yang digunakan adalah PPC.
8. Pengujian dilakukan pada saat beton pada dinding telah berumur 28 hari atau lebih.

1.4 Tujuan Penulisan

Beberapa tujuan yang dapat diharapkan dalam penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui perbandian beban maksimum lentur yang dapat ditahan oleh pelat beton tulangan bambu dengan pelat beton tulangan bambu isi styrofoam.
2. Untuk mengetahui perbandingan lendutan antara pelat beton tulangan bambu dengan pelat beton tulangan bambu isi styrofoam.

1.5 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini dapat menjadi pengetahuan dan wawasan dalam dunia kontruksi pada umumnya, dan menjadi bahan pembelajaran serta penelitian lanjut untuk mahasiswa ataupun para peneliti lainnya. Penelitian ini memberikan perbandingan mengenai beban maksimal lentur pelat beton satu arah tulangan bambu isi styrofoam dengan pelat beton normal satu arah. Serta melalui penelitian ini dapat diketahui bagaimana lendutan serta kegagalan struktur dalam pelat beton tulangan bambu isi styrofoam . Sehingga nantinya dapat menjadi pilihan dalam desain kontruksi bangunan yang aman untuk diterapkan di masyarakat dan ramah lingkungan.





UNIVERSITAS BRAWIJAYA



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Beton Ringan

Beton ringan total merupakan beton ringan yang agregat halusnya bukan pasir alami, sedangkan beton ringan berpasir adalah beton ringan dengan agregat halusnya dari pasir alami. Beton ringan struktur adalah beton yang mempunyai berat isi kering maksimum sebesar 1900 kg/m^3 , dan diperoleh dengan mengantikan agregat normal dengan agregat ringan yang mempunyai berat isi kering gembur maksimum 1100 kg/m^3 . Agregat ringan ini dapat berupa agregat ringan alami ataupun buatan seperti yang telah disampaikan di atas. (SNI,1991)

Secara ekonomi harga beton ringan per m^3 akan lebih mahal dan harga ini bisa mencapai sekitar 20% lebih mahal bila dibandingkan dengan harga beton normal. Hal ini disebabkan oleh konsumsi semen Portland yang lebih banyak untuk mencapai kekuatan yang sama selain harga agregat ringan buatan yang memerlukan teknologi pembuatan yang lebih mahal. Namun bila ditinjau dari harga keseluruhan konstruksi, penggunaan beton ringan ini akan lebih murah karena dengan lebih rendahnya berat isi, maka beban mati akan kecil sehingga akan mengurangi dimensi penampang maupun pemberian begitu pula harga pengerjaan maupun pencetakan akan lebih murah dan tentunya sampai pada dimensi kolom maupun pondasi yang juga menjadi lebih kecil.

2.2 Struktur Komposit Beton Bertulang

Bahan beton memiliki sifat kuat menahan gaya tekan tetapi lemah terhadap gaya tarik, sehingga untuk penggunaan dalam bidang struktur dipakai bersama-sama dengan baja tulangan.

Beton bertulang adalah gabungan logis dari dua jenis bahan, yaitu beton polos yang memiliki kekuatan tekan tinggi akan tetapi kuat tariknya lemah, dengan batangan-batangan baja ditanamkan di dalam beton agar dapat memberikan kekuatan tarik yang diperlukan. Baja tulangan memiliki kekuatan Tarik dan kekuatan tekan yang sama tingginya, sehingga sering dipakai baja tulangan selain untuk menahan kekuatan Tarik juga menahan kekuatan tekan bersama-sama dengan beton.



Baja dan beton dapat bekerjasama atas dasar beberapa alasan yaitu :

- Lekatan (bond, atau interaksi antara batangan baja dengan beton keras sekelilingnya) yang mencegah selip dari baja relative terhadap beton.
- Campuran beton yang memadai memberikan sifat anti resap yang cukup dari beton untuk mencegah karat pada baja.
- Angka kecepatan muai yang hampir serupa, yaitu 0,0000055 – 0,0000075 untuk baja perderajat Fahrenheit, atau 0,000010 – 0,000013 untuk beton dan 0,000012 untuk baja per derajat Celcius, sehingga menimbulkan tegangan antara baja dan beton yang dapat diabaikan dibawah perubahan suhu udara.

Hasil kombinasi dari material beton dan batangan baja sebagai tulangan dalam bentuk beton bertulang, mengkombinasikan banyak keuntungan dari masing-masing material seperti harga yang relative murah, daya tahan yang baik terhadap api dan cuaca, kekuatan tekan yang baik, serta kemampuan yang istimewa dari beton untuk dibentuk dan kekuatan Tarik yang tinggi serta daktilitas dan keliatan yang jauh lebih besar dari baja. Kombinasi inilah yang memungkinkan jangkauan penggunaan dan kemungkinan yang hampir tidak terbatas dari beton bertulang dalam pembangunan gedung, jembatan, bendungan, tanki, reservoir dan sejumlah besar struktur lainnya.

2.3 Material Struktur Komposit

Beton komposit terbuat dari bahan semen Portland, agregat dan perkuatan tulangan dalam proporsi perbandingan tertentu dengan atau tanpa bahan tambah pembentuk massa padat. Bahan – bahan tersebut memiliki sifat dan karakteristik yang bervariasi. Berikut adalah penjelasan karakteristik bahan bahan penyusun beton tersebut :

2.3.1 Semen

Semen adalah suatu jenis bahan yang memiliki sifat adhesif (adhesive) dan kohesif (cohesive) yang memungkinkan melekatnya fragmen – fragmen mineral menjadi suatu massa yang padat. Meskipun definisi ini dapat diterapkan untuk banyak jenis bahan, semen yang dimaksudkan untuk konstruksi beton bertulang adalah bahan yang jadi dan



mengeras dengan adanya air – yang dinamakan semen hidraulik (hydraulic cements). (Wang & Salmon,1985).

Semen semacam ini terutama terdiri dari silikat (silicates) dan lime yang terbuat dari batu kapur dan tanah liat (batu tulis) yang digerinda, dicampur, dibakar di dalam pembakaran kapur (kiln), dan kemudian dihancurkan menjadi tepung. Semen semacam ini secara kimia dicampur dengan air (hydration) untuk membentuk massa yang mengeras. Semen hidrolik biasa yang dipakai untuk beton bertulang dinamakan *semen portland* (*Portland cement*), karena setelah mengeras mirip dengan batu Portland yang diketemukan di dekat Dorset, Inggris. Nama ini diawali dengan sebuah hak paten yang diperoleh oleh Joseph Aspdin dari Leeds, Inggris, pada tahun 1824. (Wang & Salmon,1985)

Berdasarkan tujuan pemakaianya semen sebagai bahan bangunan dapat diklasifikasikan menjadi lima, yaitu :

- Jenis I adalah semen untuk pemakaian konstruksi secara umum dan diproduksi paling banyak pada saat ini
- Jenis II adalah semen untuk pemakaian konstruksi secara umum namun dengan persyaratan agak tahan terhadap sulfat dan panas hidrasi sedang.
- Jenis III adalah semen untuk pemakaian kekuatan awal tinggi dan digunakan pada struktur beton yang segera dioperasikan.
- Jenis IV adalah semen untuk pemakaian panas hidrasi rendah dan digunakan pada beton masif dalam volume yang besar.
- Jenis V adalah semen untuk pemakaian tahan sulfat dan digunakan pada beton di lingkungan sulfat ganas.

2.3.2 Agregat

Agregat merupakan komponen beton yang paling berperan dalam menentukan besarnya beton. Pada beton biasanya terdapat sekitar 60%-80% volume agregat. Agregat ini harus bergradasi sedemikian rupa sehingga seluruh masa beton dapat berfungsi sehingga benda yang utuh, homogen dan rapat, dimana agregat yang berukuran kecil berfungsi sebagai pengisi celah yang ada diantara agregat berukuran besar. Adapun jenis agragat dibagi menjadi dua yaitu:

- Agregat kasar, disebut agregat kasar apabila ukurannya sudah melebihi $\frac{1}{4}$ in (6 mm). Sifat agregat kasar mempengaruhi kekuatan akhir beton keras dan daya

tahannya terdapat disintegrasi beton, cuaca dan efek-efek perusak lainnya. Agregat kasar ini harus bersih dari bahan-bahan organik, dan harus mempunyai ikatan yang baik dengan gel semen. jenis agregat kasar yang umum antara lain: batu pecah alami, agregat kasar buatan dan sebagainya.

- Agregat halus, merupakan pengisi yang berupa pasir. Ukurannya bervariasi antara ukuran no.4 dan no.100 saringan standar ASTM. Agregat halus yang baik harus bebas dari bahan-bahan lain yang dapat merusak campuran beton. Variasi ukuran dalam suatu campuran harus mempunyai gradasi yang baik, yang sesuai dengan saringan dari ASTM (Nawy,1990).

2.3.3 Air

Air diperlukan pada pembuatan beton agar terjadi reaksi kimiawi dengan semen untuk membasahi agregat dan untuk melumas campuran agar mudah pengjerjaannya. Pada umumnya air minum dapat dipakai untuk campuran beton.

Karena pasta semen merupakan hasil reaksi kimiawi antara semen dengan air, maka yang menentukan adalah perbandingan antara air dan semen. Air yang berlebihan akan menyebabkan banyaknya gelembung air setelah proses hidrasi selesai, sedangkan air yang terlalu sedikit akan menyebabkan proses hidrasi seluruhnya tidak selesai. Sebagai akibatnya beton yang dihasilkan akan kurang kekuatannya.

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

2.3.4 FAS

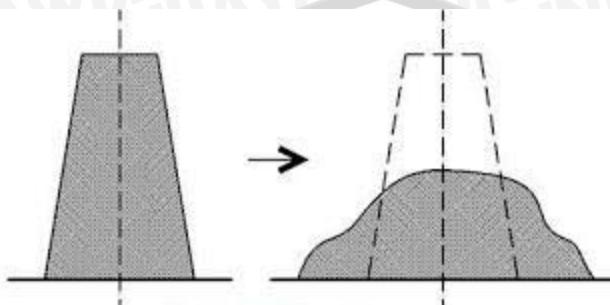
Faktor air semen atau *Water Cement Ratio* (W.C.R) sangat mempengaruhi kekuatan beton. Faktor air semen (FAS) merupakan perbandingan antara jumlah air terhadap jumlah semen dalam suatu campuran beton. Fungsi FAS yaitu :

- Untuk memungkinkan reaksi kimia yang menyebabkan pengikatan dan berlangsungnya pengerasan.
- Memberikan kemudahan dalam pengeraaan beton (*Workability*)



Semakin tinggi nilai FAS, mengakibatkan penurunan mutu kekuatan beton. Namun nilai FAS yang semakin rendah tidak selalu berarti bahwa kekuatan beton semakin tinggi. Umumnya nilai FAS yang diberikan minimum 0,4 dan maksimum 0,65 (Mulyono,2004)

2.3.5 Slump Test



Gambar 2.1 Slump shear

Nilai slump adalah nilai yang diperoleh dari hasil uji slump dengan cara beton segar diisikan ke dalam suatu corong baja berupa kerucut terpancung, kemudian bejana ditarik ke atas sehingga beton segar meleleh ke bawah.

Besarnya penurunan permukaan beton segar diukur, dan disebut nilai slump. Semakin besar nilai slump, maka beton segar semakin encer dan ini berarti semakin mudah untuk dikerjakan. Penetapan nilai slump memperhatikan beberapa faktor berikut :

- Cara pengangkutan adukan beton.
- Cara penuangan adukan beton.
- Cara pemanasan beton segar.
- Jenis struktur yang dibuat.

Cara pengangkutan adukan beton dengan aliran dalam pipa yang dipompa dengan tekanan membutuhkan nilai slump yang besar, adapun pemanasan adukan dengan alat getar (triller) dapat dilakukan dengan nilai slump yang sedikit lebih kecil.

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

Tabel 2.1 Petunjuk awal penetapan nilai slump

Pemakaian beton (berdasarkan jenis struktur yang dibuat)	Maks (cm)	Min (cm)
Dinding, Plat pondasi dan Pondasi telapak bertulang	12,5	5,0
Pondasi telapak tidak bertulang, Caisson dan struktur dibawah tanah	9,0	2,5
Pelat, Balok, Kolom dan dinding	15,0	7,5
Pengerasan Jalan	7,5	5,0
Pembetonn massa	7,5	2,5

2.4 Pelat

Pelat merupakan salah satu tipe konstruksi yang paling banyak digunakan. Pelat pada umumnya dianalisis sebagai pelat-pelat yang rata dan tipis dan dibuat dari bahan yang homogen dan elastis yang mempunyai kekuatan dan kekakuan yang sama dalam setiap arah, yaitu suatu bahan isotropik. (Phil M. Ferguson, Dasar-dasr beton bertulang versi S1,1986)

2.5 Bambu

Bambu merupakan jenis kaya yang tumbuh subur di Indonesia. Bahan ini banyak dipakai masyarakat sebagai struktur bangunan karena harganya relatif murah dan mudah didapat. Jika dibandingkan dengan bahan lainnya bambu lebih memiliki keunggulan seperti batangnya kuat, ulet, lurus, rata, dan keras. Bambu juga mudah untuk dibelah dan dibentuk serta memiliki berat yang lebih ringan.

Beberapa jenis bambu :

- Bambu tali (apus)

Bambu ini amat liat, ruasnya panjang, mempunyai garis tengah 4-8 cm dan panjang 6-13 m

- Bambu petung

Bambu ini amat kuat, ruasnya pendek, tidak begitu liat, mempunyai garis tengah 8-13cm dan panjang 10-18 m

- Bambu duri (ori)



Bambu ini relatif kuat dan besar seperti bambu petung, ruasnya juga pendek.

Bagian luar halus dan licin daripada bambu lainnya, serta lebih keras.

➤ **Bambu wulung (hitam)**

Bambu ini ruasnya panjang seperti bambu tali, tidak liat, mempunyai garis tengah 4-8 cm dan panjang 7-15 m.

2.5.1 Krakteristik bambu

2.5.1.1 Sifat fisik dan mekanis

Anatomi bambu terdapat banyak serat dan pembuluh dengan arah sejajar arah memanjang bambu. Pada umumnya terdapat 40% - 70% serat yang terkonsentrasi pada bagian luar dan 15% - 30% terdapat pada sisi dalam. Serat – serat ini yang berpengaruh besar terhadap tahanan gaya normalnya. Sehingga bambu memiliki kekuatan tekan dan tarik sejajar serat yang cukup tinggi.

Dari hasil penilitian untuk density bambu diperoleh $500-800 \text{ kg/m}^3$ dan maksimum terdapat pada bambu yang berumur kurang lebuh 3 tahun. Besar nilai density tersebut dipengaruhi oleh jumlah dan distribusi serat yang mengelilingi pembungkus vaskuler. Berat isi bertambah dari bagian (Sekar dan Bhartari 1960; Sharma dan Mehra 1970)

Kadar air yang terdapat dalam bambu dipengaruhi oleh usia bambu, jenis bambu, dan musim tebang (Kumar et al. 1994).

2.5.1.2 Kuat tekan bambu

Kekuatan pada bambu bervariasi tiap bagianya, Tegangan tertinggi terjadi pada bagian ujung sedangkan tegangan terendah terjadi pada pangkal. Pada penelitian didapatkan kekuatan bambu tidak banyak berubah pada pangkal sampai kurang lebih setengah tinggi bambu. Akan tetapi kekuatan bambu bertambah pada 30% - 40% dari tinggi bambu dari ujung (Duff, 1994)

Sedangkan penelitian kuat tekan bambu yang dilakukan oleh janssen dan arce didapatkan kuat tekan karakteristik pada beban sejajar serat sebesar 58 N/mm^2 (Janssen, 1981;108).

2.5.1.3 Kuat tarik bambu

Dalam penelitian yang dilakukan oleh Meyer dan Ekuland mendapatkan bahwa bambu memiliki kuat mekanis yang baik terhadap gaya tarik dan gaya tekan namun lemah terhadap gaya geser. Bambu memiliki serat-serat yang kuat dan sangat rapat serta menjadi satu secara homogen, hal ini yang membuat bambu memiliki kuat tarik yang tinggi.

Pengujian tarik pada bambu dilakukan oleh Anwar Rofik pada tahun 2004 dengan bambu petung didapatkan kuat tarik sebesar 583,33 Mpa (Anwar Rofik, 2004).

2.5.1.4 Modulus elastisitas bambu

Beberapa penelitian yang sudah dilakukan didapatkan modulus elastisitas bambu pada keadaan kering udara didapat 17000-20000 N/mm². Pada kondisi basah diperoleh 9000-10100 N/mm².

Tabel 2.2 Kekuatan bambu

Keterangan	Tegangan (Mpa)	Modulus elastisitas (Mpa)	Poisson Rasio
Kuat tekan bambu tegak lurus serat	58,257	1759,833	0,0207
Kuat geser bambu	12,104	3156,144	0,1029
Kuat tarik bambu	58,333	16843	-
Kuat tekan bambu sejajar serat	54,684	70225	0,1699

2.6 Styrofoam

Styrofoam atau polysterene terbentuk dari styrene ($C_6H_5CH_9$) dengan ikatan gugus phenyl (enam cincin karbon), Struktur ikatan ini tersusun secara tidak beraturan sepanjang garis karbon dari setiap molekul. Pembentukan secara tidak teratur dari bensena mencegah molekul membentuk ikatan yang lurus sehingga polyester transparan, dan mempunyai bentuk yang tidak tetap. Styrofoam memiliki berat jenis sampai 1050 kg/m^3 , Kuat tarik

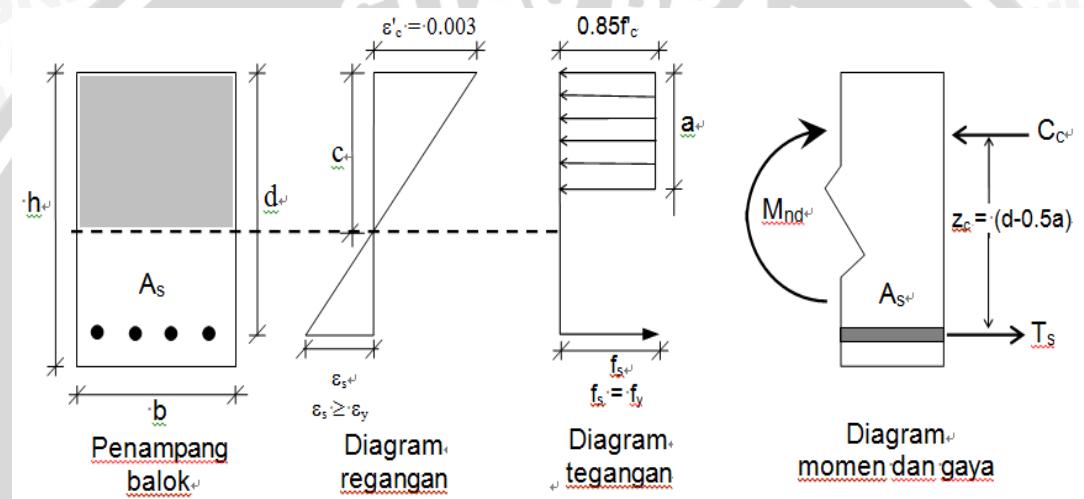


sampai 40 MN/m^2 , modulus lentur sampai $0,99 \text{ GN/m}^2$, angka poison 0,33. Dalam bentuk butiran yang sangat kecil, styrofoam memiliki berat yang kecil yaitu antara $13\text{-}22 \text{ kg/m}^3$.

2.7 Kapasitas Pelat

Perhitungan kapasitas Pelat dengan menggunakan perhitungan momen nominal kapasitas penampang(M_n) dari analisis penampang persegi bertulangan rangkap. Dari perhitungan M_n akan didapatkan besar momen yang bisa ditahan oleh pelat.

Pemeriksaan kekuatan nominal lentur penampang dapat ditetapkan dari analisis penampang yang sesuai dengan gambar 2.5



Gambar 2.2 Diagram regangan, tegangan, gaya-gaya dalam penampang pelat

Keterangan gambar :

- b = lebar penampang balok beton
- h = tinggi penampang balok beton
- d = tinggi efekif penampang
- As = luas tulangan tarik
- fc' = Kekuatan tekan rencana beton
- fy = Tegangan leleh baja tulangan
- c = letak garis netral dari serat tekan beton
- a = kedalaman blok tekan persegi ekivalen = $\beta_1.c$
- Cc = gaya tekan beton
- Ts = gaya tarik tulangan baja



Momen nominal penampang M_n dihitung dengan prosedur sebagai berikut :

- Dari keseimbangan gaya :

$$\sum \text{Gaya horizontal} = 0; C_c - T_s = 0$$

$$0.85 f_c' ab - A_s f_y = 0, \text{ sehingga } a = \frac{A_s f_y}{0.85 f_c' b} \quad \dots\dots\dots (2.1)$$

$$M_n = T_a \left(d - \frac{a}{2} \right) \quad \dots\dots\dots (2.2)$$

atau

$$M_n = 0.85 \cdot f_c' \cdot a \cdot b \left(d - \frac{a}{2} \right) \quad \dots\dots\dots (2.3)$$



BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Rancangan Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental yang dilakukan di laboratorium. Objek dalam penelitian ini adalah pelat beton satu arah tulangan bambu isi styrofoam. Sedangkan pengujian pelat terhadap beban vertikal yang dilakukan setelah beton berumur 28 hari. Pelaksanaan penelitian adalah meliputi 2 analisis sebagai berikut:

1. Analisis teori atau studi literatur yakni dengan menggunakan teori yang ada untuk memprediksi perilaku dinding sehingga analisis ini nantinya menghasilkan nilai-nilai teoritis berdasarkan tinjauan pustaka. Seperti halnya analisis dalam memprediksi beban vertikal maksimum yang dapat diterima oleh pelat beton satu arah tulangan bambu isi styrofoam.
2. Analisis data eksperimental, dimana dari data teknis pada benda uji pelat beton satu arah tulangan bambu isi styrofoam yang digunakan untuk mendapatkan hasil penelitian yaitu poa lentur terhadap beban vertikal.

3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan di Laboratorium Struktur Teknik Sipil Universitas Brawijaya Malang dan dilaksanakan pada semester ganjil yakni april sampai juni tahun 2015.

3.3 Alat dan Bahan Penelitian

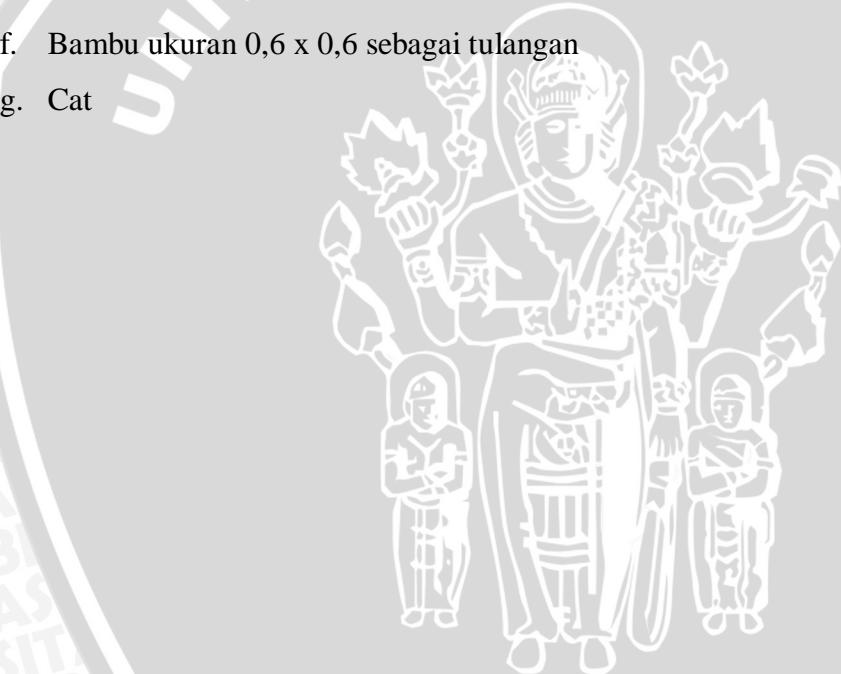
Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian adalah:

1. Peralatan
 - a. Timbangan
 - b. *LVDT* digunakan untuk mengukur besarnya lendutan yang terjadi pada pelat.
 - c. *Loading frame* atau rangka penguji berfungsi untuk menempatkan benda uji pada saat pengujian.
 - d. *Hydraulic jack* atau dongkrak hidrolik kapasitas 5 ton serta *Load Cell* digunakan untuk memberikan beban *in plane* secara bertahap pada dinding.
 - e. Alat tulis dan Mistar digunakan untuk menandai pola retak yang terjadi
 - f. *Molen* untuk membuat mix desain beton.

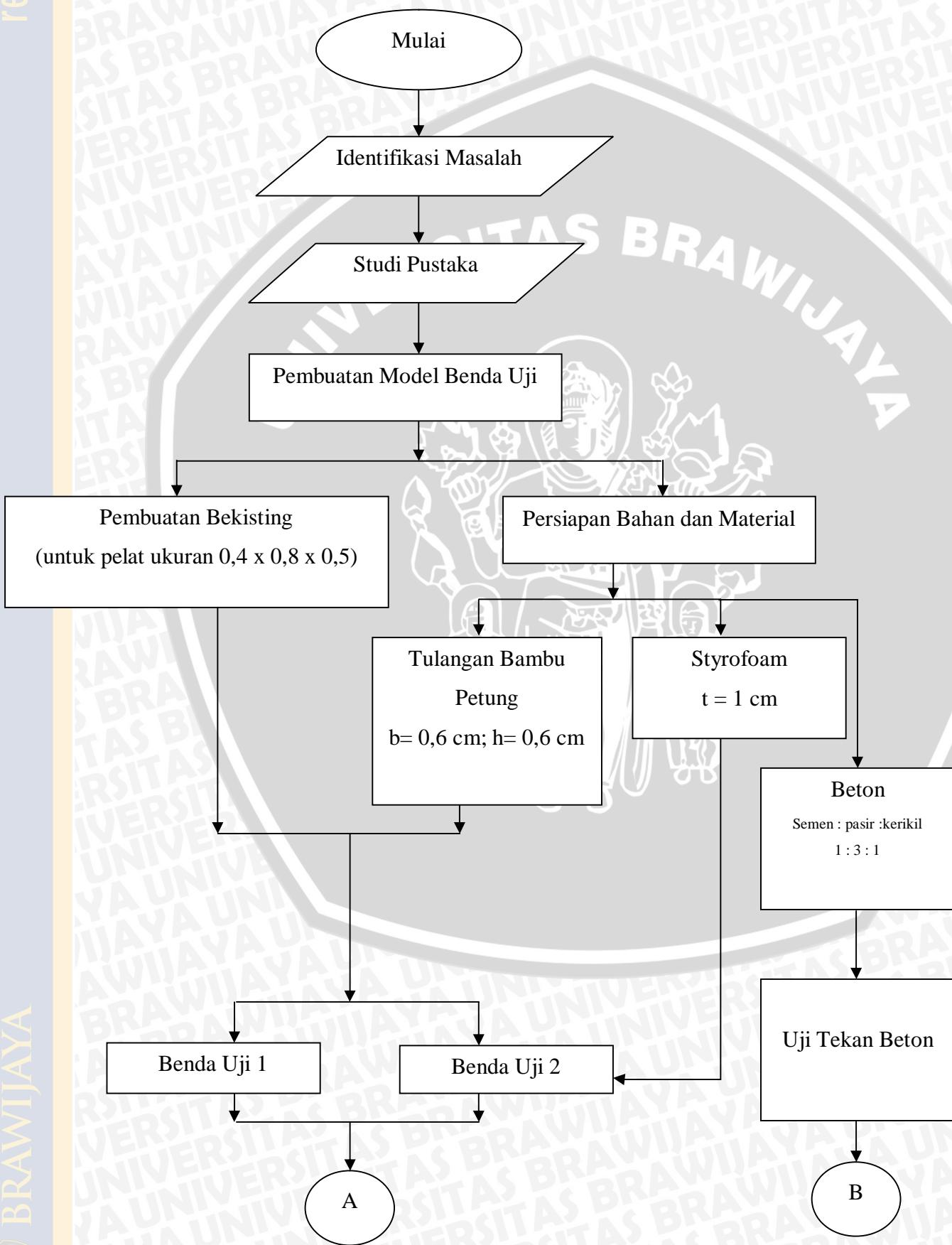
- g. *Bekisting* sebagai tempat pencetakan pelat.
- h. *Styrofoam electric cutter* untuk memotong styrofoam.
- i. *Meteran* sebagai alat ukur selama pembuatan benda uji
- j. *Gergaji kayu* dan *tang potong* sebagai alat pembuatan tulangan bambu
- k. Kamera untuk dokumentasi video maupun gambar dalam proses pengujian.

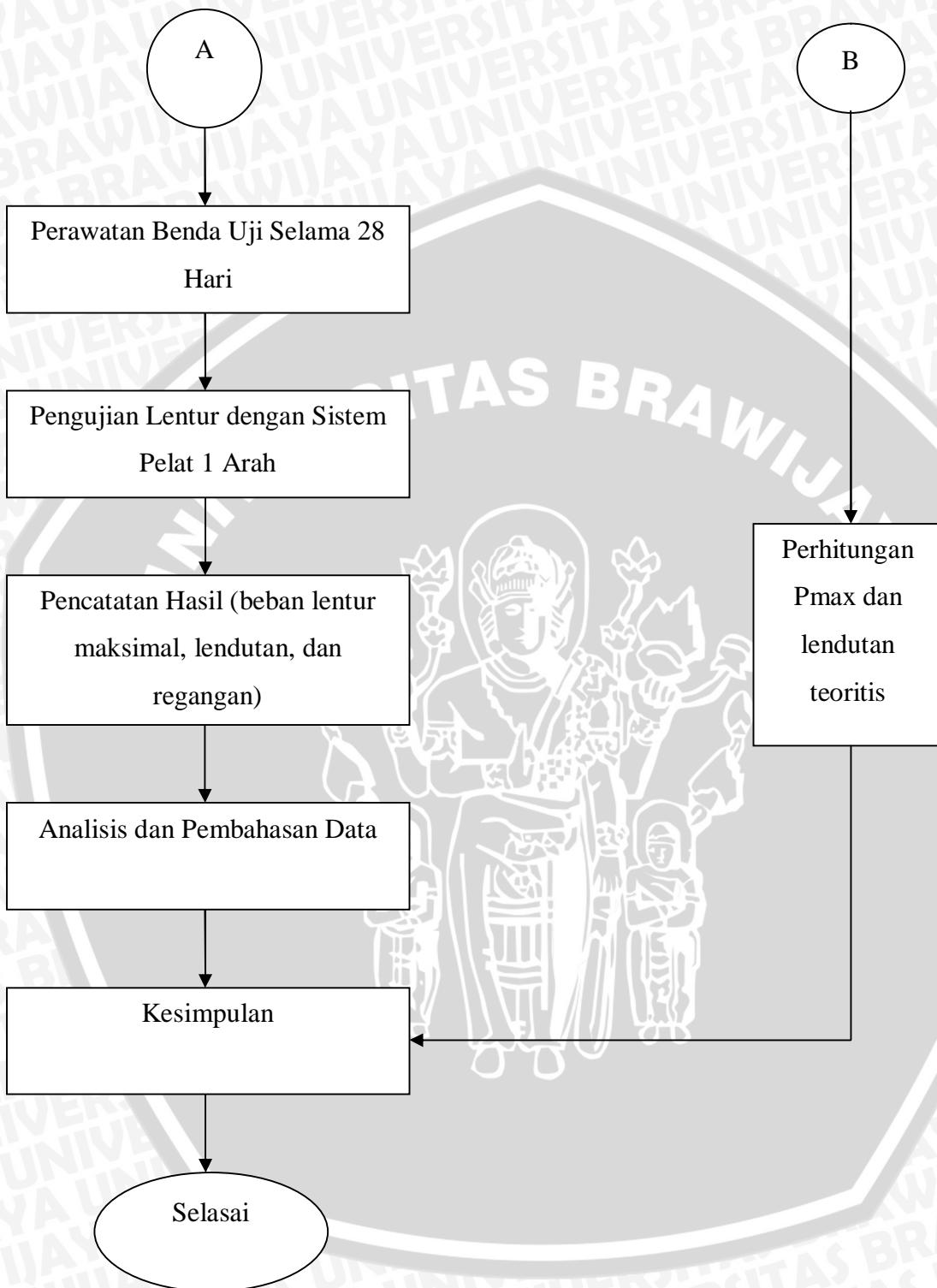
2. Bahan

- a. Styrofoam
- b. Semen Portland (PC)
- c. Agregat halus berupa pasir
- d. Agregat Kasar berupa kerikil
- e. Air
- f. Bambu ukuran $0,6 \times 0,6$ sebagai tulangan
- g. Cat



3.4 Diagram Alir Penelitian





3.5 Prosedur Penelitian

1. Studi literatur dan analisis perencanaan beban maksimum lentur (P_u) teoritis yang dapat ditahan oleh pelat.
2. Persiapan benda uji 1 berupa pelat beton bertulangan bambu dengan ukuran $40 \times 80 \times 5$ cm yang akan diuji lentur dengan sistem pelat satu arah.
3. Persiapan benda uji 2 berupa pelat beton bertulangan bambu isi styrofoam dengan ukuran $40 \times 80 \times 5$ cm yang akan diuji lentur dengan sistem pelat satu arah.
4. Perawatan benda uji pelat selama 7 hari.
5. Pengujian lentur pelat setelah 28 hari dengan beban vertikal statik dengan sebelumnya melakukan perhitungan analisis beban maksimum.
6. Tahap pembebanan dilakukan sampai menemukan beban maksimal (P_u).
7. Pengamatan dan pencatatan data berupa lendutan pada *dial gauge* setiap tahap pembebanan.
8. Pengolahan dan analisis data.
9. Pembahasan data.
10. Penarikan kesimpulan.

3.6 Variabel Penelitian

Variabel yang diukur dalam penelitian ini adalah :

- a. Variabel bebas

Variabel bebas dalam penelitian adalah beban yang diberikan secara bertahap dan tipe material plat berdasarkan variasi penambahan styrofoam.

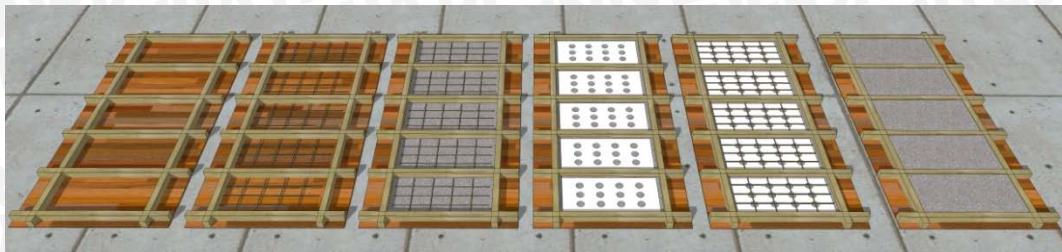
- b. Variabel terikat

Variabel terikat adalah variabel yang nilainya telah ditentukan dari variabel bebas, yaitu besarnya lendutan dan kuat lentur

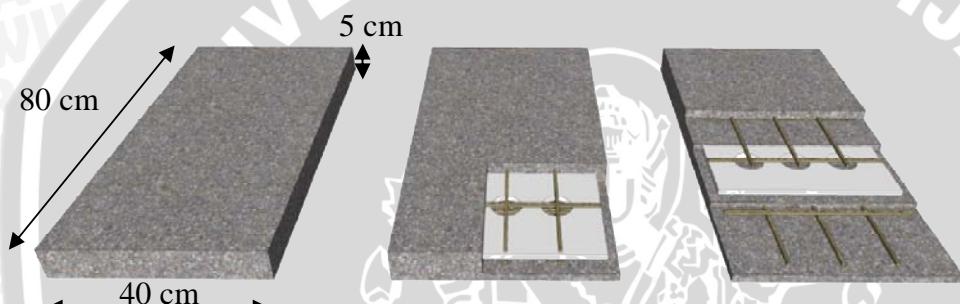
3.7 Benda Uji dan *Setting Up*

Benda uji berupa pelat beton bertulangan bambu isi styrofoam berukuran $40 \times 80 \times 5$ cm dan benda uji pembanding berupa pelat beton bertulangan bambu berukuran $40 \times 80 \times 5$ cm. Jumlah benda uji masing-masing variabel berjumlah 3 buah, sehingga total benda uji berjumlah 6 buah. Tahap pembuatan pelat tersebut diawali dengan pembuatan bekisting

sebagai cetakan pelat dan pemasangan tulangan bambu beserta styrofoam kemudian dilakukan proses pengecoran.

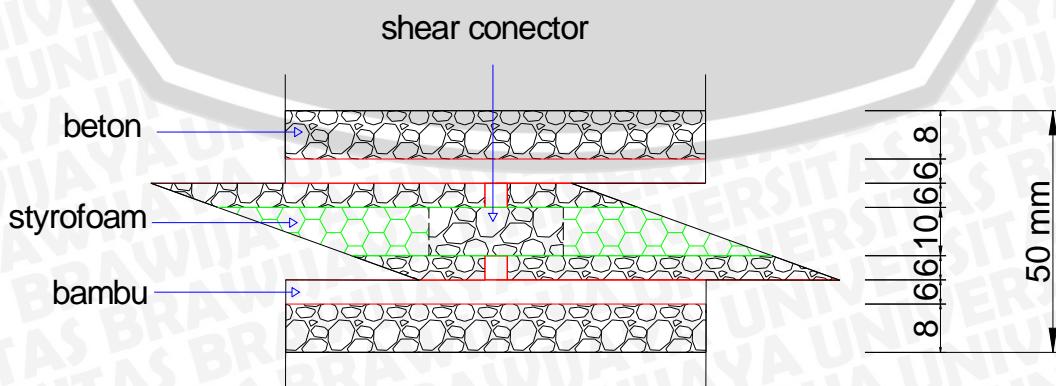


Gambar 3.1 Tahap pembuatan benda uji

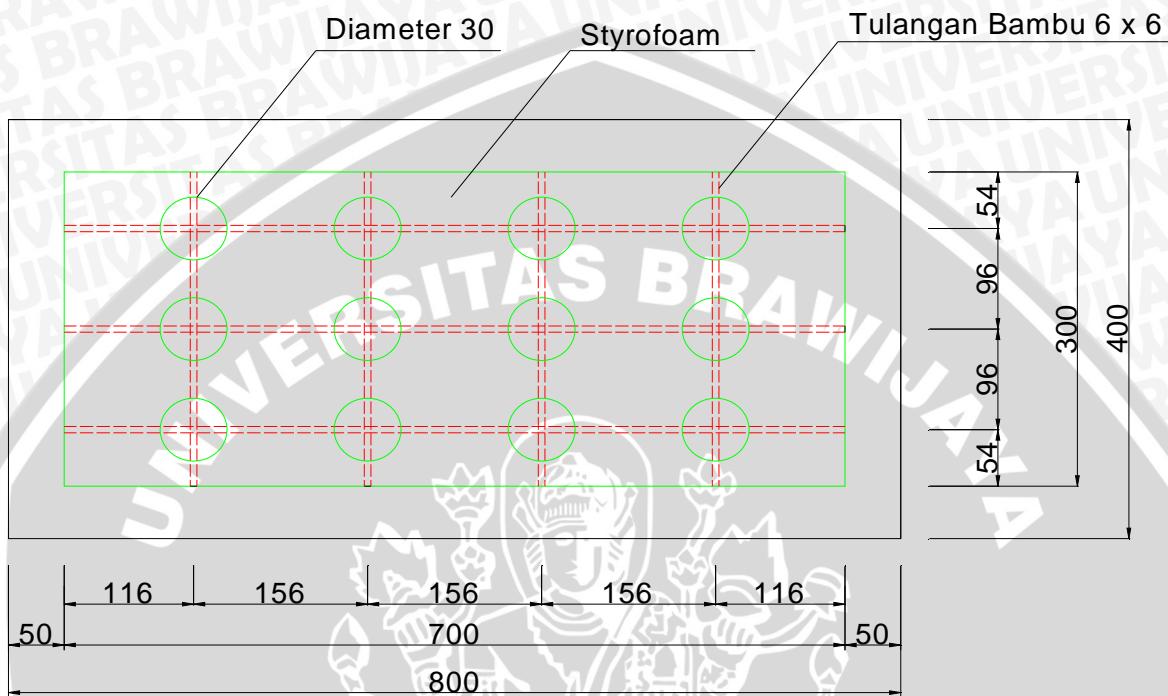


Gambar 3.2 Tampak dan potongan benda uji

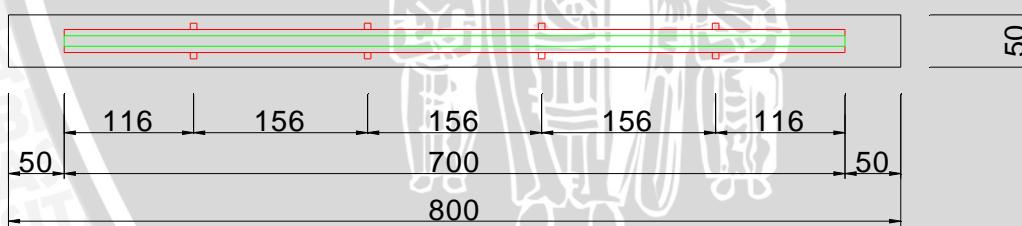
Setelah benda uji mencapai umur 28 hari kemudian dilakukan *setting up* pengujian pada pelat. Pengujian pembebanan (*Static Load Test*) pada pelat dilakukan dengan arah pembebanan *in plane*. Benda uji diberikan beban hingga mencapai keretakan lentur. Kemudian diadakan pengambilan data berupa pencatatan beban, dan lendutan.



Gambar 3.3 Potongan pelat

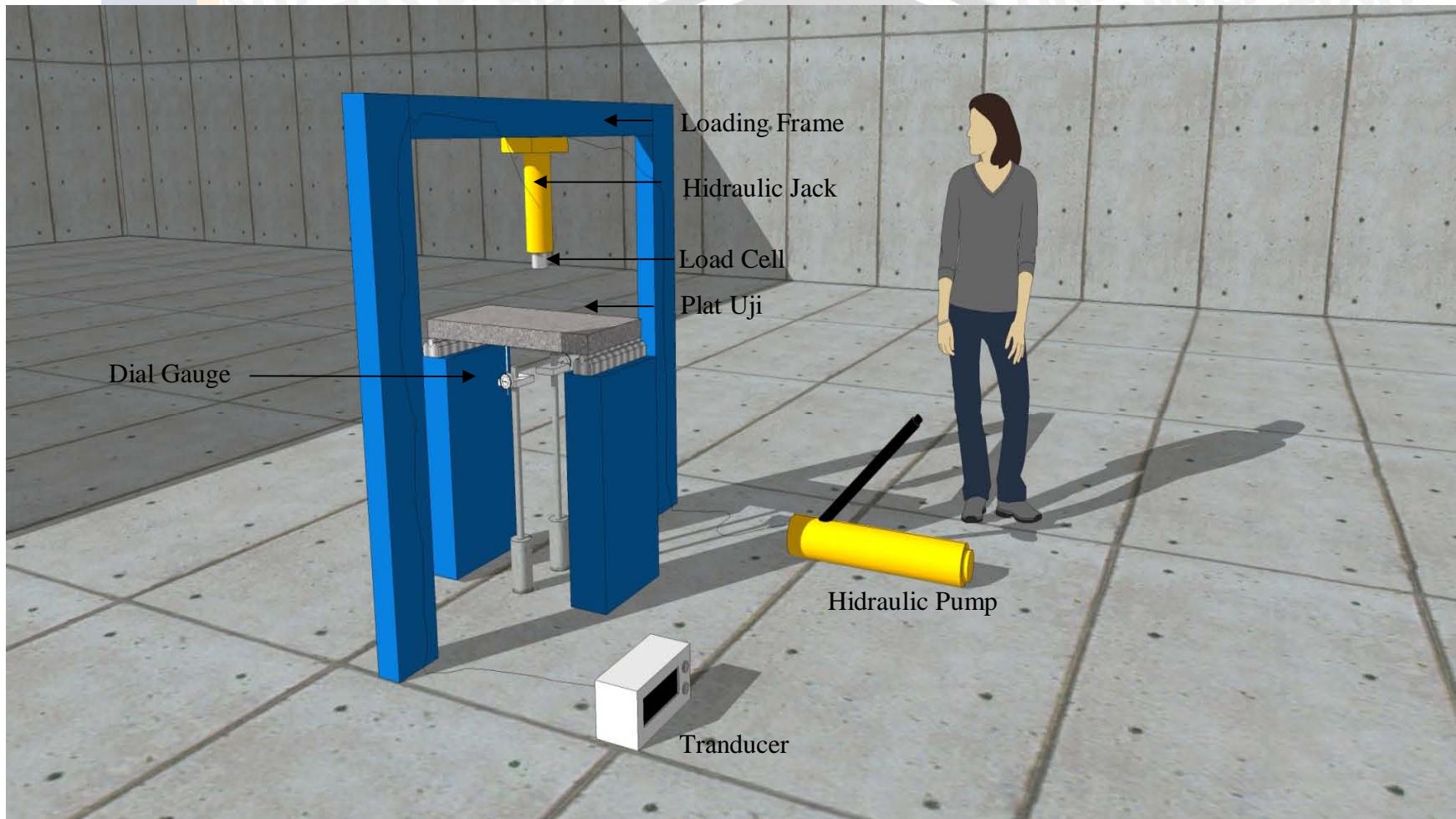


Gambar 3.4 Detail Tampak Atas

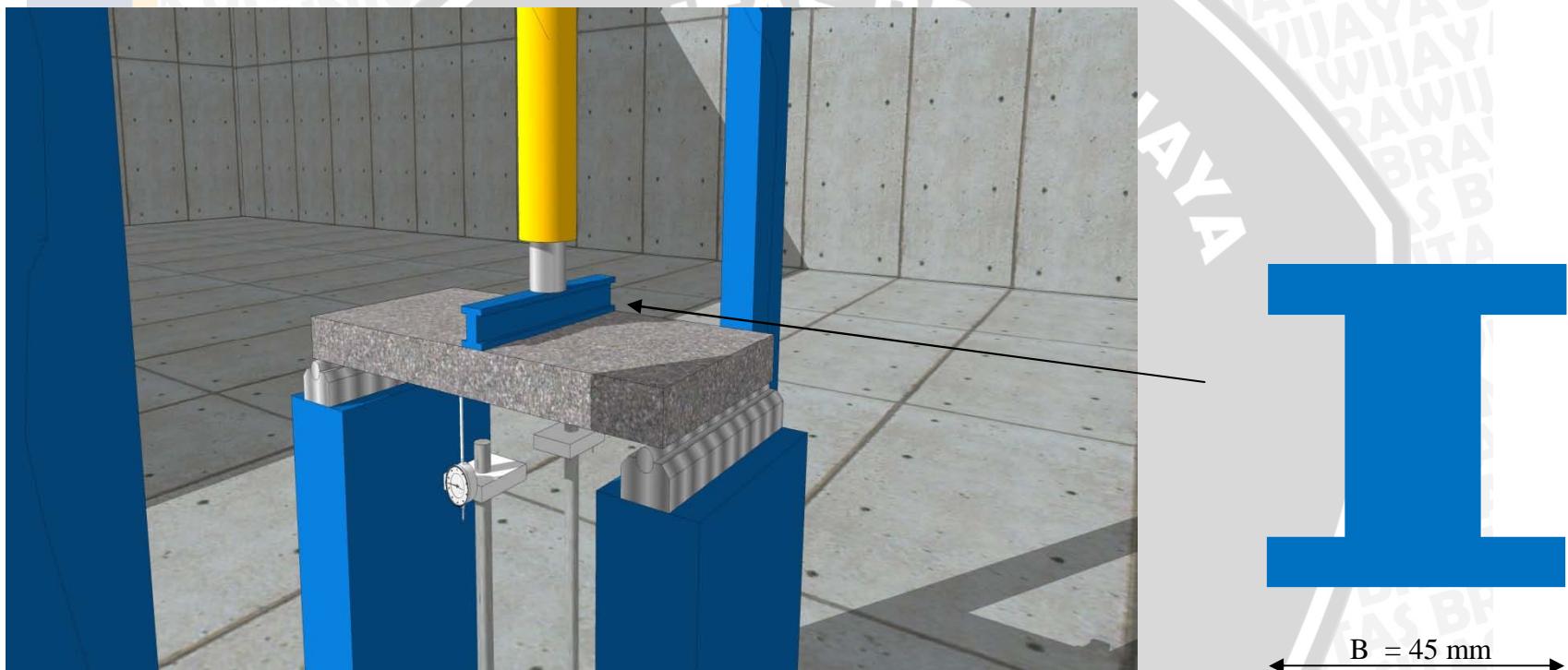


Gambar 3.5 Detail Tampak Samping

Keterangan :
➤ Satuan dalam mm



Gambar 3.6 Setting up benda uji



Gambar 3.7 Metode Pengujian dan Profil Alat Bantu Pembeban

3.8 Metode Analisis Data

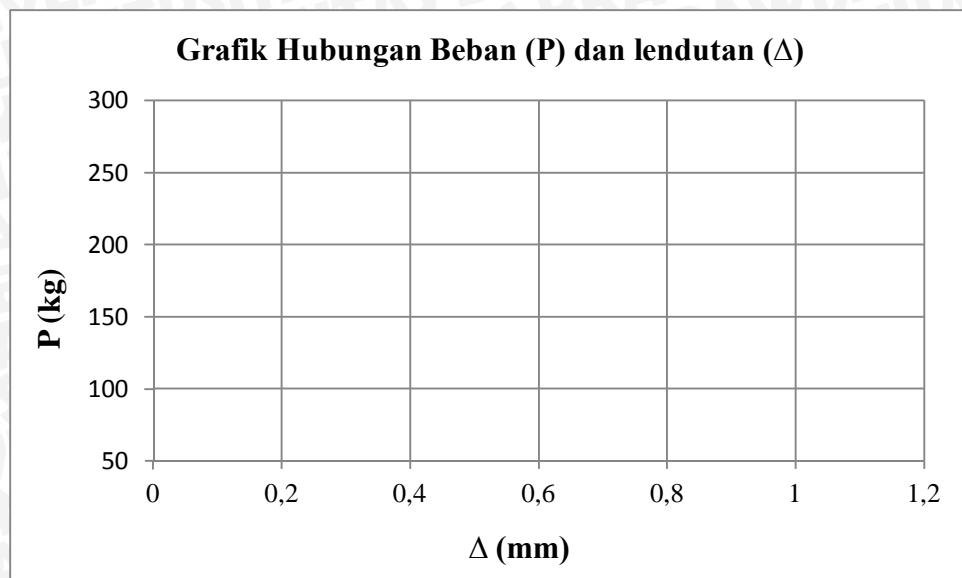
Pengambilan data dilakukan dengan 2 cara yaitu data hasil studi literatur dan data hasil pengujian benda uji berupa pelat beton yang telah berusia 28 hari terhadap beban vertikal statik. Data hasil studi literatur yaitu data beban maksimum yang dapat diterima dinding yang dihitung secara teoritis yaitu dengan menggunakan perhitungan beton bertulang. Dalam analisisnya perlu diperhitungkan tegangan pull out pada tulangan bambu untuk memperkirakan faktor selip antara bambu dengan beton dan faktor komposit pada styrofoam. Sehingga dari analisis ini didapatkan berapa beban maksimum (P_u) teoritis yang dapat ditahan oleh plat tersebut.

Analisis data diperoleh dari hasil pengujian pelat di laboratorium, analisisnya dilakukan dengan melihat grafik hubungan beban dan lendutan total pada pelat sehingga didapatkan beban lentur maksimal yang dapat ditahan pelat tersebut.

Tabel 3.1 Rencana form data lendutan total pelat

Pengujian	Beban (kg)	Lendutan (mm)		Lendutan rata-rata (mm)
		Titik 1	Titik 2	





Gambar 3.8 Rencana Grafik Hubungan Beban (P) dan Deformasi (Δ)

3.9 Metode analisis P teoritis

Perhitungan P teoritis menggunakan rumus pada balok sederhana karena pengujian pelat tipe satu arah.

Momen nominal penampang M_n dihitung dengan prosedur sebagai berikut :

Dari keseimbangan gaya :

$$\sum \text{Gaya horizontal} = 0; C_c - T_s = 0 \\ 0.85 f_c' ab - A_s f_y = 0, \text{ sehingga } a = \frac{A_s f_y}{0.85 f_c' b} \quad \dots\dots\dots (3.1)$$

$$M_n = T_a \left(d - \frac{a}{2} \right) \quad \dots\dots\dots (3.2)$$

$$\text{atau} \quad \dots\dots\dots (3.3)$$

$$M_n = 0.85 \cdot f_c' \cdot a \cdot b \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

kemudian

$$M_n = \frac{1}{4} P_u \cdot L$$

$$P_u = (M_n \cdot 4) / L \quad \dots\dots\dots (3.4)$$

3.10 Hipotesis Penelitian

Hipotesis penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Pelat beton tulangan bambu isi styrofoam memiliki kapasitas lentur lebih kecil dibandingkan Pelat beton tulangan bambu
2. Terjadi selip antara tulangan bambu dengan beton sebelum terjadi leleh pada tulangan





UNIVERSITAS BRAWIJAYA



BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisa Material Penyusun Pelat

Material penyusun pelat yang digunakan adalah beton dan tulangan bambu. Sebelum melakukan pengujian pembebanan pada pelat, dilakukan pengujian pendahuluan yaitu uji kuat tekan beton dan uji tarik pada tulangan bambu.

4.1.1 Beton

Beton yang digunakan pada pelat menggunakan perbandingan semen:Pasir:kerikil yaitu 1:3:1. Pembuatan benda uji dan setiap kali pengecoran diambil 3 sampel beton berbentuk silinder diameter 8 cm dan tinggi 16. Sampel beton tersebut diuji tekan sehingga didapatkan kuat tekan beton seperti pada tabel berikut ini:

Tabel 4.1 Hasil uji beton silinder

Tanggal Pengujian	Benda Uji	Luas Penampang (cm ²)	Berat (kg)	Umur	Beban Maksimum		Kuat Tekan (28 hari)	
					kN	kg	(kg/cm ²)	Mpa
08/06/2015	A	50,265	1,70	28	107	10700	212,87	21,29
08/06/2015	B	50,265	1,70	28	136	13600	270,56	27,06
08/06/2015	I	50,265	1,72	28	110	11000	218,84	21,88
Kuat Tekan Beton Rata-Rata (<i>f'c</i>)							234,09	23,41

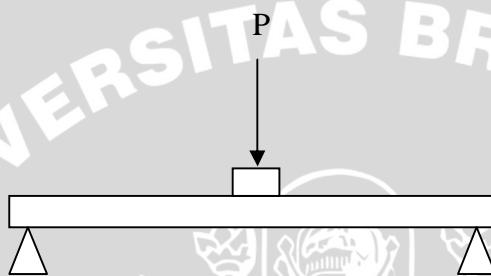
Hasil yang didapat pada uji tekan beton yaitu kuat tekan rata-rata (*f'c*) sebesar 234,09 kg/cm² atau 23,41 MPa. Serta berat jenis *styrofoam* rata-rata sebesar 1413 kg/m³.

4.1.2 Styrofoam

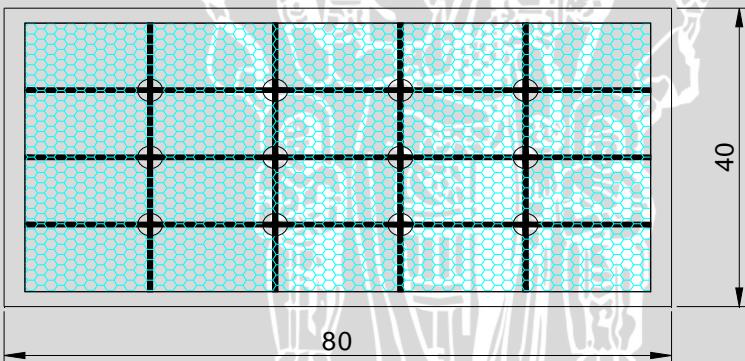
Penambahan material pengisi beton dengan menggunakan *styrofoam* digunakan untuk memberikan penampang hollow pada plat. *Styrofoam* yang digunakan pada benda uji memiliki dimensi 15 x 9 x 1 cm dengan berat 1 gram, sehingga diperoleh berat jenis 7,41 kg/m³. Untuk mengetahui tingkat penyusutan *styrofoam* terhadap beton dilakukan percobaan pendahuluan dengan pembebanan mortar setebal 2 cm selama 24 jam. Kemudian didapatkan terjadi penyusutan 0,1 mm. Karena nilai penyusutan kecil sehingga penyusutan yang terjadi dianggap tidak ada.

4.2 Analisa Perhitungan Perkiraan Beban Maksimum (Pu)

Perhitungan beban maksimum dihitung dengan mengasumsikan pelat sebagai balok sehingga dilakukan analisis penampang persegi balok beton bertulang. pelat diasumsikan bertulangan rangkap (tulang tekan dan tarik). Perhitungan beban maksimum yang bekerja pada dinding dihitung dari kapasitas lentur. Pelat menggunakan sistem satu arah dengan beban garis pada tengah bentang. Perhitungan berdasarkan kapasitas lentur pelat dengan tulangan rangkap. Dengan perumpamman plat sebagai balok.



Gambar 4. 1 Pelat satu arah



Gambar 4.2 Penampang pelat

Dari gambar tersebut diasumsikan bahwa jumlah tulangan tarik 3 buah dengan dimensi 6×6 mm dan tulangan tekan 3 buah dengan dimensi 6×6 mm. Untuk lebar penampang (b) diambil sejumlah tebal beton yaitu 5 cm. Untuk kuat tekan beton (f'_c) = 23,41 Mpa dan f_y bambu digunakan sebesar 180 Mpa diambil dari kuat tarik rata-rata bambu. Berdasarkan perhitungan pelat didapatkan kapasitas beban maksimum (Pu) sebesar 394,09 kg.

4.3 Berat Satuan Pelat

Penimbangan berat satuan dilakukan untuk membandingkan pengurangan berat dengan diberikan *styrofoam* pada pelat. Berikut adalah hasil dari penimbangan pelat :

Tabel 4.2 Hasil pengukuran berat satuan pelat

Benda uji	Berat (kg)	Berat Rata -Rata (kg)
Pelat Lapis Styrofoam	S-H1 34,86	34,81
	S-H2 34,76	
	S-H3 34,82	
Pelat Kontrol	TS-B2 39,06	38,56
	TS-B3 38,06	

Dari tabel diatas didapatkan bahwa berat satuan pelat yang menggunakan *styrofoam* lebih kecil dibandingkan pelat kontrol. Pengurangan berat rata-rata dari pelat normal 38,56 kg menjadi 34,81. Jadi berat pelat berkurang sebesar 3,75 kg atau 9,72%.

4.4 Pengujian Pelat

Pengujian plat dengan beban lateral statik dilaksanakan berdasarkan prosedur yang telah di jelaskan pada bab III. Pelat yang sudah berumur 28 hari atau lebih disiapkan kemudian melakukan setting up peralatan pengujian seperti pada perencanaan. Data yang akan diambil dalam pengujian ini yaitu data lendutan yang didapat dari bacaan LVDT dan beban maksimal.

Pada benda uji 1 berupa pelat beton bertulangan bambu isi *styrofoam* dengan ukuran 40 x 80 x 5 cm terdapat 2 buah LVDT, untuk mengukur lendutan pada plat. Pada benda uji 2 berupa pelat beton bertulangan bambu isi *styrofoam* dengan ukuran 40 x 80 x 5 cm terdapat 2 buah LVDT, untuk mengukur lendutan.

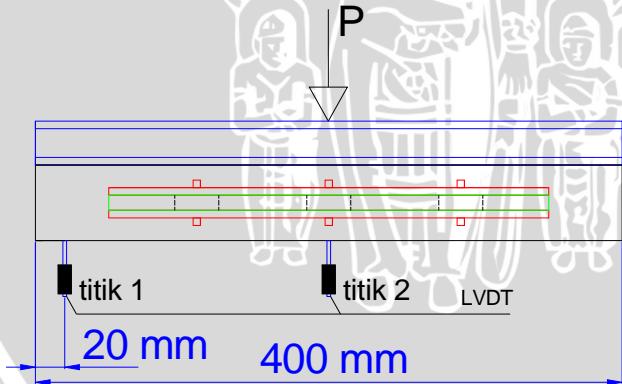




Gambar 4.3 Pengujian pelat

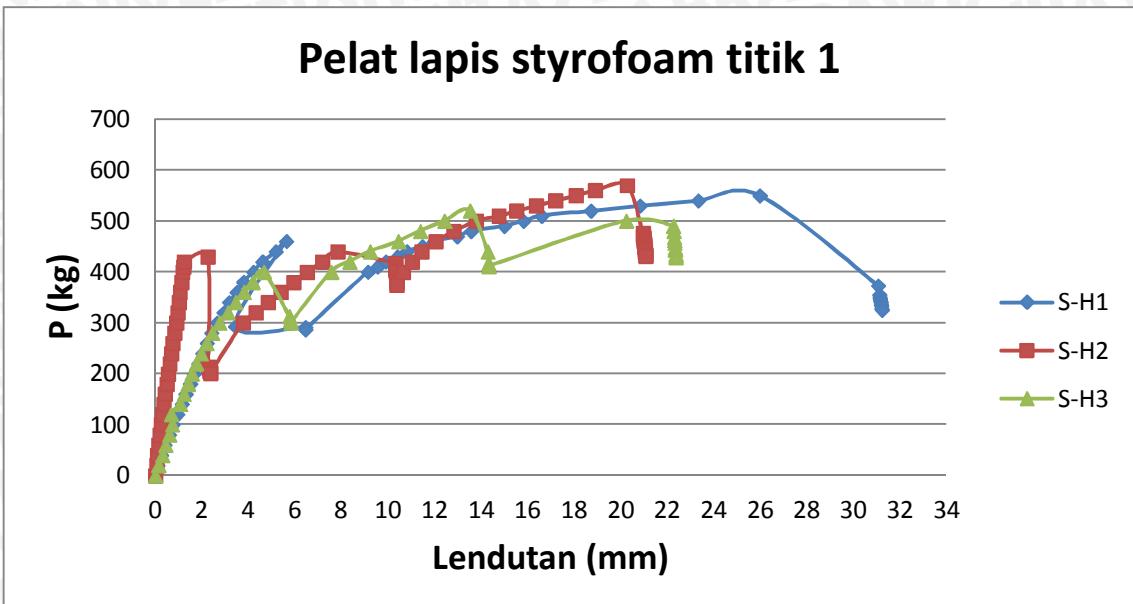
4.5 Hasil Pengujian Lentur

Setelah pelat berusia 28 hari dilakukan pengujian lentur dengan sistem satu arah di Laboratorium Struktur Teknik Sipil Universitas Brawijaya. Benda uji diberikan beban garis pada tengah bentang. Kemudian diberikan LVDT pada dua titik untuk pembacaan lendutan dari pelat.

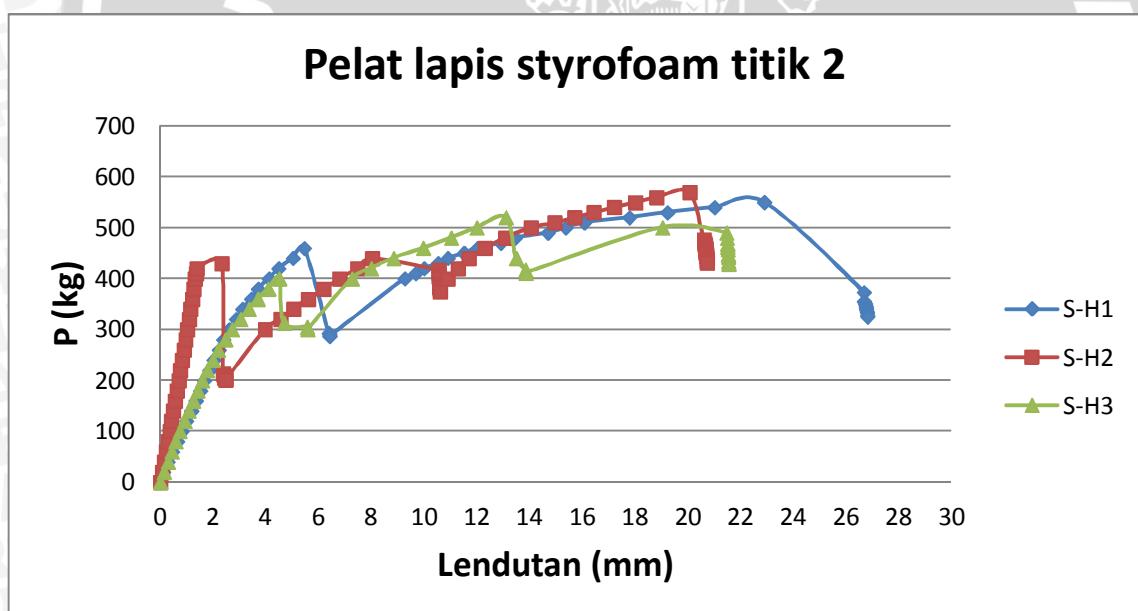


Gambar 4.4 Setting Up Benda Uji



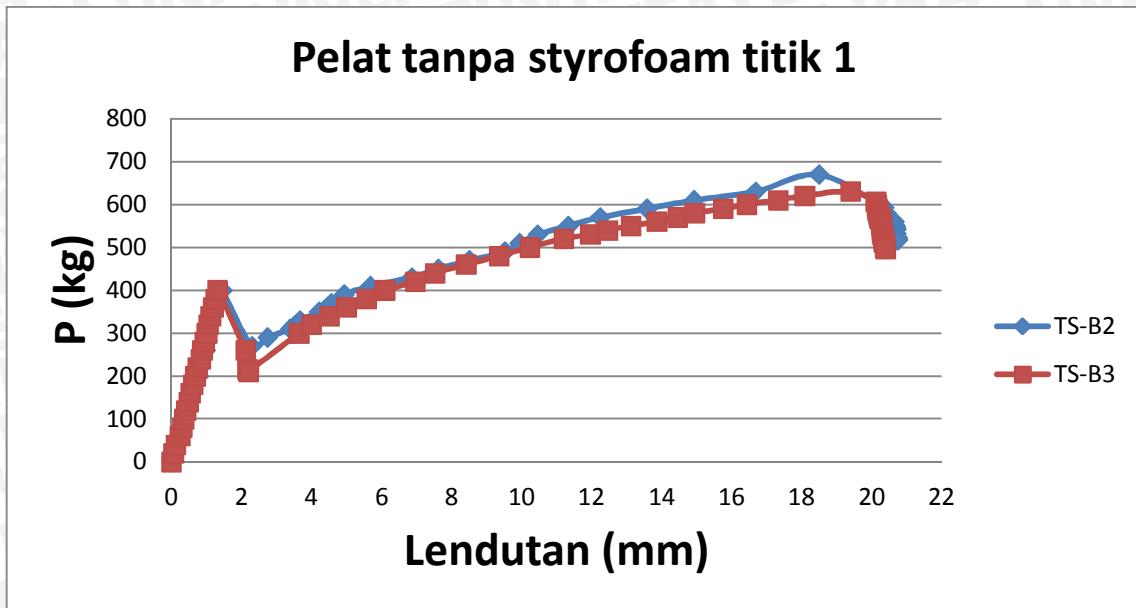


Grafik 4.1 Hubungan lendutan titik 1 pelat beton tulangan bambu isi *styrofoam*

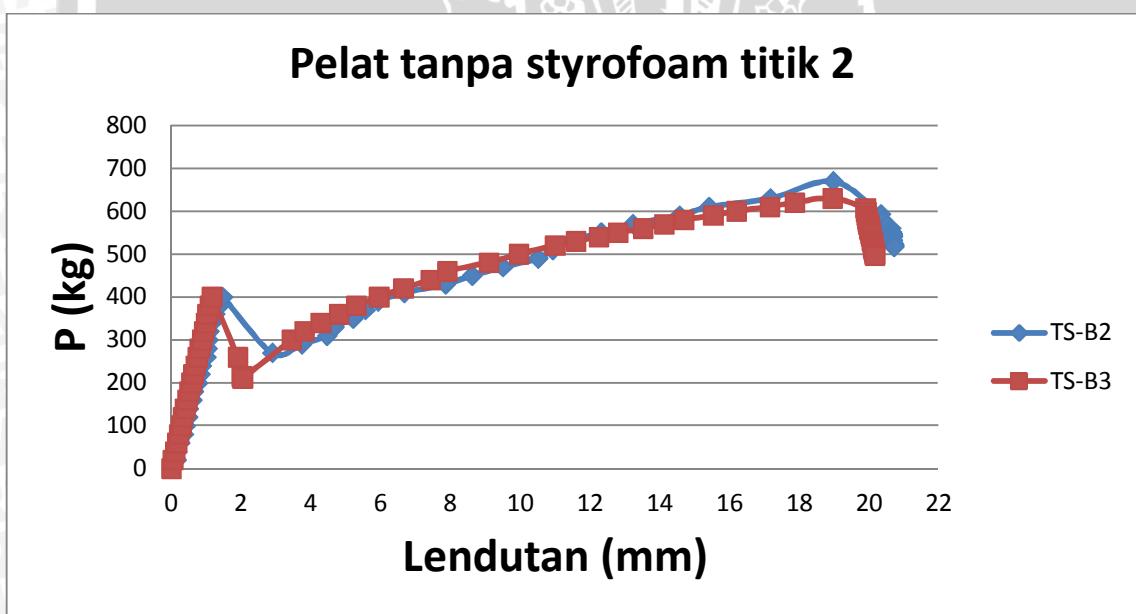


Grafik 4.2 Hubungan lendutan titik 2 pelat beton tulangan bambu isi *styrofoam*

Pada percobaan pelat beton tulangan bambu isi *styrofoam* didapatkan grafik hubungan lendutan dan beban yang menunjukkan bahwa benda uji S-H2 memiliki lendutan yang lebih kecil pada saat retak pertama (P_{cr}) maupun pada kondisi beban maksimal (P_u) dibandingkan dengan S-H1 dan S-H2. Namun pada benda uji S-H1 dan S-H3 memiliki pola kurva yang hampir sama.

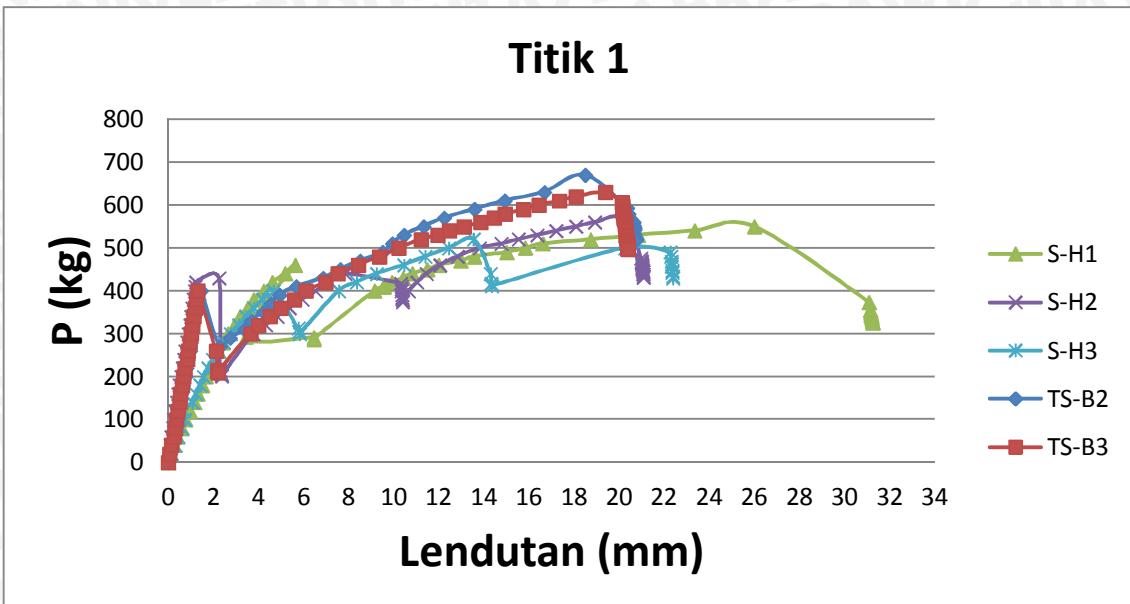


Grafik 4.3 Hubungan lendutan titik 1 pelat beton tulangan bambu

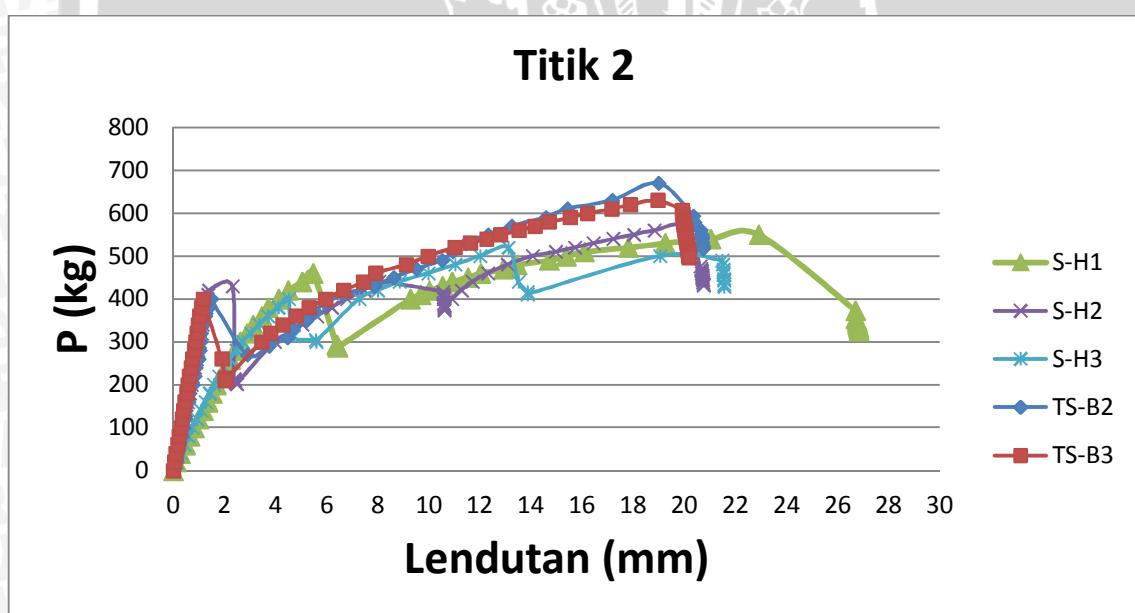


Grafik 4.4 Hubungan lendutan titik 2 pelat beton tulangan bambu

Dari pengujian pelat kontrol diperoleh grafik hubungan lendutan dan beban yang memiliki pola kurva yang hampir sama pada kedua benda uji. Pelat beton tulangan bambu tanpa *styrofoam* mengalami retak setelah mencapai beban rata-rata 400 kg, keruntuhan yang terjadi pada pengujian setelah pelat mencapai beban 670 kg untuk TS-B2 dan 630 kg untuk TS-B3.



Grafik 4.5 Hubungan lendutan titik 1 pelat beton tulangan bambu isi *styrofoam* dan pelat beton tulangan bambu



Grafik 4.6 Hubungan lendutan titik 2 pelat beton tulangan bambu isi *styrofoam* dan pelat beton tulangan bambu

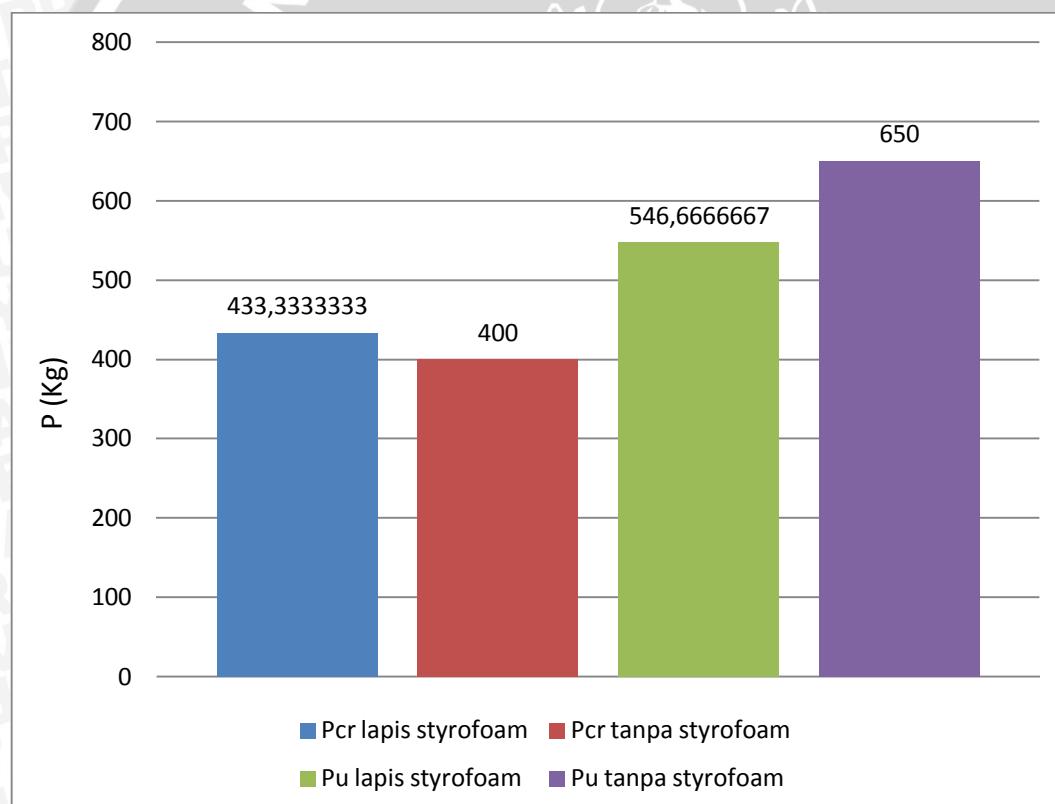
Dari kedua grafik diatas diperoleh penambahan *styrofoam* sebagai pengisi lapisan tengah pelat mengurangi beban maksimum dankekakuan pelat. Berikut merupakan beban maksimum dan lendutan yang didapatkan pada pengujian kuat lentur satu arah :

Tabel 4.3 Beban maksimum dan lendutan

Kode	Pcr (kg)	Pu (kg)	Lendutan-Cr (mm)	Lendutan (mm)
S-H1	460	550	5,63	25,98
S-H2	440	570	7,83	20,28
S-H3	400	520	4,67	22,37
TS-B2	400	670	1,45	18,98
TS-B3	400	630	1,31	19,38

Tabel 4.4 Rata-rata beban maksimum dan lendutan

Pelat bambu	tulangan	Rata-rata			
		P _{cr} (kg)	Pu (kg)	Lendutan-Cr (mm)	Lendutan (mm)
Lapis styrofoam		433,33	546,66	6,04	22,87
Tanpa styrofoam		400	650	1,38	19,18

**Diagram 4.1** Beban maksimum rata-rata pada kondisi retak pertama dan kondisi maksimum pada pengujian lentur satu arah.

Dari diagram diatas diperoleh beban maksimum pelat beton tulangan bambu yang menggunakan *styrofoam* lebih kecil dibandingkan dengan pelat kontrol yang tidak

menggunakan *styrofoam*. Pada hasil pengujian juga didapatkan beban saat retak pertama pelat lapis *styrofoam* lebih besar dari pada plat kontrol.

Pada kondisi ultimit penurunan kekuatan dengan menambahkan *styrofoam* sebagai pengisi pelat sebesar 103,33 kg atau pelat mengalami penurunan kekuatan sebesar 15,9 %.

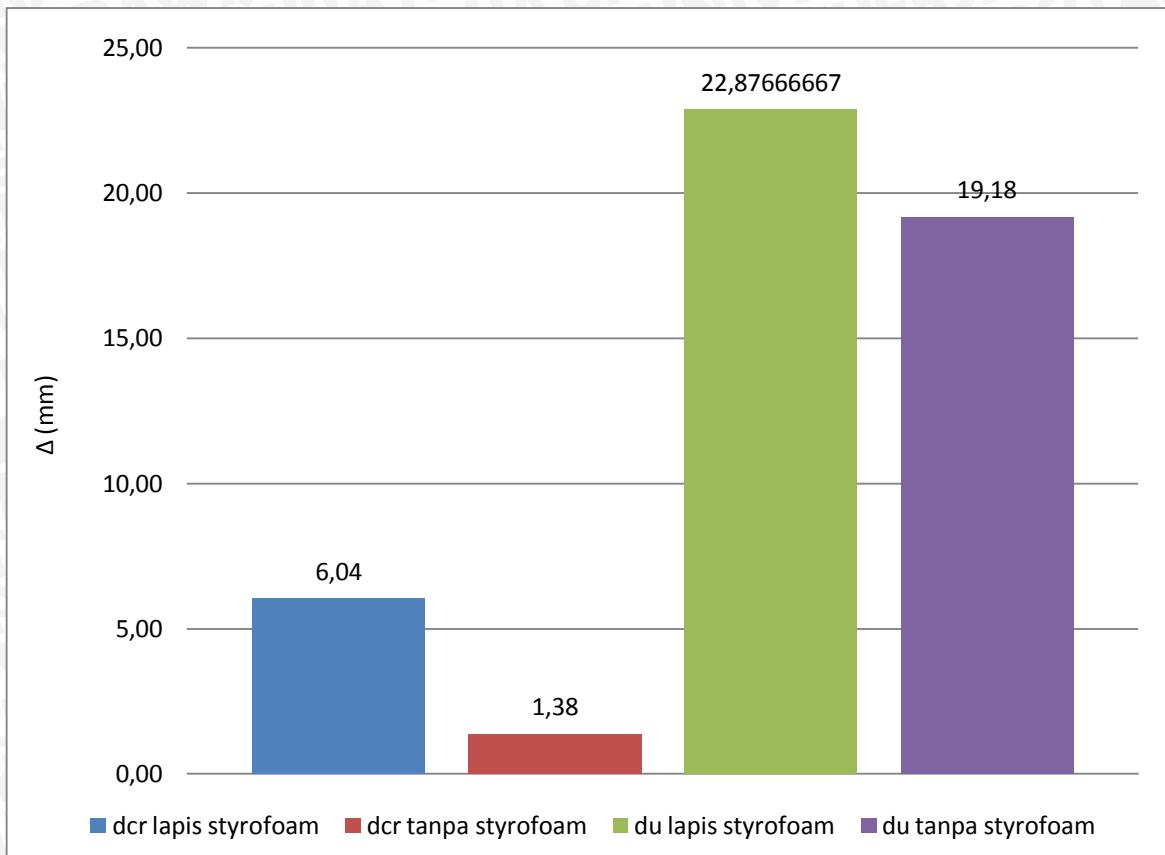


Diagram 4.2 Lendutan maksimum rata-rata pada kondisi retak pertama dan kondisi maksimum pada pengujian lentur satu arah

Pada pengujian didapatkan pelat lapis *styrofoam* memiliki lendutan yang lebih besar pada saat retak pertama dengan selisih 4,66 mm atau mengalami tambahan lendutan sebesar 77 %. Perbandingan lendutan pada retak pertama yang besar terjadi karena berkurangnya nilai kekakuan pelat pada konsisi elastis akibat penambahan *styrofoam*. Sedangkan pada kondisi maksimum lendutan yang terjadi memiliki selisih 3,69 mm atau mengalami tambahan lendutan sebesar 16%.



4.6 Perbandingan Kuat Lentur Teoritis dan Eksperimen

Pada perhitungan teoritis dihasilkan beban maksimum yang direncanakan sebesar 394,09 kg. Sedangkan pada eksperimen beban maksimum yang dihasilkan sebesar 549,6 kg. Pada pelat kontrol yang tidak menggunakan *styrofoam* beban maksimum yang didapatkan sebesar 650 kg.

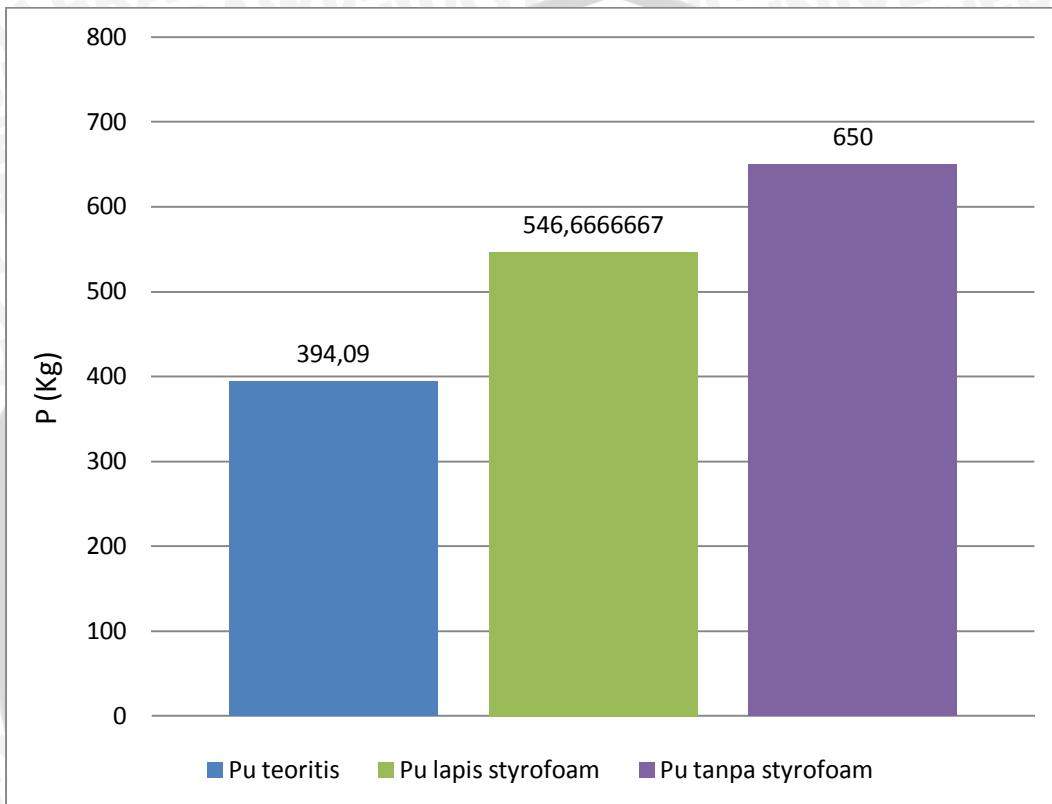
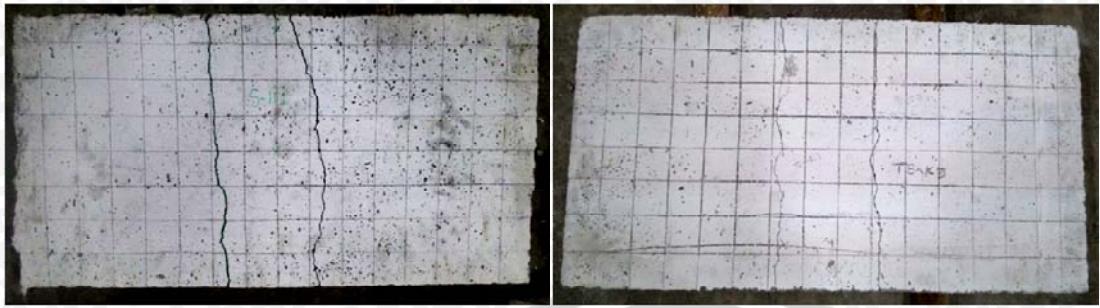


Diagram 4.3 Beban maksimum rata-rata teoritis dan eksperimen pada pengujian lentur satu arah

Dari diagram diatas disimpulkan penambahan *styrofoam* sebagai pengisi pelat mengurangi kuat lentur pelat. Kuat lentur satu arah pada pengujian lebih besar dibanding hasil teoritis. Perbandingan P_U teoritis dan aktual bisa disebabkan terjadi karena metode yang dilakukan saat pengujian eksperimen belum sempurna menyerupai pada teoritis. Sehingga hasil penelitian yang didapat berbeda dengan perhitungan teoritis. Salah satunya disebabkan penambahan dimensi pelat akibat keluarnya tulangan dari dimesi pelat karena tulangan melengkung.

Pada eksperimen ini pelat beton tulangan bambu isi *styrofoam* jika di bandingkan dengan pelat kontrol yang tidak menggunakan *styrofoam* megalami penurunan berat 9,7 %, Sedangkan penurunan P_U yang terjadi sebesar 15,9%.



(a)

(b)

Gambar 4.5 Garis leleh pada pengujian lentur satu arah : (a) pelat lapis *styrofoam*, dan (b) pelat tanpa lapis *styrofoam*

Gambar diatas merupakan pola retak yang terjadi pada saat pengujian lentur. Retak yang terjadi berada pada daerah *shear connector*. Kedua variasi benda uji memiliki hasil pola retak yang sama yaitu searah dengan beban garis yang diberikan. pola retak ini sesuai dengan teori pada garis leleh akibat beban garis atau keruntuhan yang terjadi akibat momen maksimum pada tengah bentang.



UNIVERSITAS BRAWIJAYA



BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan data yang diperoleh dari penelitian dan analisa yang telah dilakukan untuk mengetahui perbandingan kuat lentur satu arah pelat beton tulangan bambu dengan pelat beton tulangan bambu isi styrofoam, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Pelat tulangan bambu yang diberi material pengisi berupa *styrofoam* mengalami penurunan tahanan maksimal pelat sebesar 15,6% dibandingkan dengan Pelat tulangan bambu tanpa *styrofoam* namun, berat sendiri dari pelat berkurang sebesar 9,72%.
2. Pelat beton bertulangan bambu yang diberi isi material *styrofoam* memiliki lendutan lebih besar 77% dari pelat yang tidak menggunakan *styrofoam* pada saat retak pertama, sedangkan pada kondisi runtuh pelat yang diberi isi material *styrofoam* mengalami penambahan lendutan sebesar 16% dibandingkan pelat yang tidak diberi *styrofoam*.
3. Perhitungan $P_{teoritis}$ plat bertulangan bambu didapatkan sebesar 394,09 kg, Sedangkan pada uji laboratorium didapatkan rata-rata P_u yang didapatkan sebesar 650 kg.

5.2 Saran

Dari penelitian yang dilakukan mengenai perbandingan kuat lentur satu arah pelat beton tulangan bambu dengan pelat beton tulangan bambu isi styrofoam, terdapat beberapa saran sebagai berikut:

1. Perawatan tulangan bambu harus lebih diperhatikan. Proses pengecatan tulangan harus lebih merata agar air pada mix design beton tidak masuk ke pori-pori bambu yang dapat mengurang kekuatan tulangan. Perlu diperhatikan juga pemilihan bambu yang akan dijadikan tulangan agar tidak terlalu melengkung karena bisa keluar dari dimensi pelat.

2. Kontrol mix design dan slump test harus dilakukan dengan teliti agar hasil dari variasi benda uji tidak terlalu jauh.
3. Untuk mempermudah saat proses pengujian daerah yang akan di pasang alat uji maupun yang akan ditumpu sebisa mungkin datar agar penyebaran beban yang terjadi merata.
4. Periksa kalibrasi alat yang akan digunakan pada proses pengujian untuk menghindari kesalahan pembacaan.



DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standar Nasional. SNI-1726-2002 *Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung*
- Frick, H. 2004. *Ilmu Konstruksi Bangunan Bambu*. Yogyakarta Kanisius.
- Ghavami, K. 2004. *Bamboo as Reinforcement in Structural Concrete Elements*, Journal, science and Direct Elsevier, 2005
- Karyadi, dkk. 2010. *Uji Kapasitas Tekan Kolom Laminasi dari Bahan Kayu Sengon dan Bambu Petung Sebagai Alternatif Pengganti Kayu Komersial*. Proseding Seminar Nasional Teknik Sipil VI-2010 ISBN 978-979-99327-5-4.
- Nindyawati, Sri Murni Dewi, Agoes Soehardjono, 2014. *The Comparison Between Pull-Out Test And Beam Bending Test To The Bond Strength Of Bamboo Reinforcement In Light Weight Concrete*. International Journal of Engineering Research and Applications (IJERA) ISSN: 2248-9622.
- Nawy, E., G., dan Suryoatmono, B. (Penerjemah). 1998. *Beton Bertulang Suatu Pendekatan Dasar*. Bandung : PT. Refika Aditama.
- Nurlina, Siti. 2008. *Struktur Beton*. Malang : Bargie Media Press
- Wang, C.K. dan Salmon.C.1994. *Desain Beton Bertulang*. Jakarta: Pradya Paramita.





UNIVERSITAS BRAWIJAYA



Lampiran 1. Mutu beton

**Pengujian Tekan
Beton**

Komposisi benda uji : 1 : 3 : 1
 Ukuran Benda Uji : Silinder diameter 8 cm, tinggi 16 cm
 Umur
 Benda Uji : 28 hari

Tanggal Pengujian	Benda Uji	Luas Penampang (cm^2)	Berat (kg)	Umur	Beban Maksimum		Kuat Tekan (28 hari)	
					kN	kg	(kg/cm^2)	MPa
08/06/2015	A	50,265	1,70	28	107	10700	212,87	21,29
08/06/2015	B	50,265	1,70	28	136	13600	270,56	27,06
08/06/2015	I	50,265	1,72	28	110	11000	218,84	21,88
Kuat Tekan Beton Rata-Rata ($f'c$)						234,09	23,41	

Diketahui :

$$As = 6 \times 6 \times 3 = 108 \text{ mm}^2$$

$$As' = 6 \times 6 \times 3 = 108 \text{ mm}^2$$

$$f'c = 23,41 \text{ Mpa}$$

$$fy = 180 \text{ Mpa}$$

$$d = 42 \text{ mm}$$

$$b = 400 \text{ mm}$$

$$E_c = 4700\sqrt{f'c} = 4700\sqrt{23,41} = 22740 \text{ Mpa}$$

$$T = C_c$$

$$As.fy = 0,85.f'c.a.b$$

$$As.fy = 0,85.23,41.a.400$$

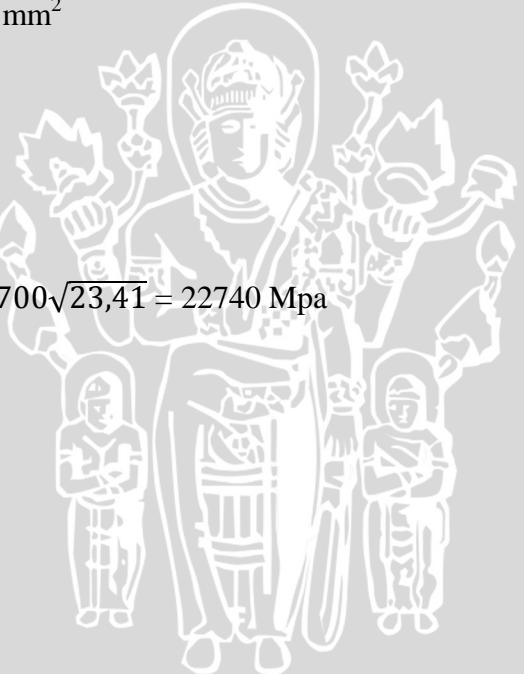
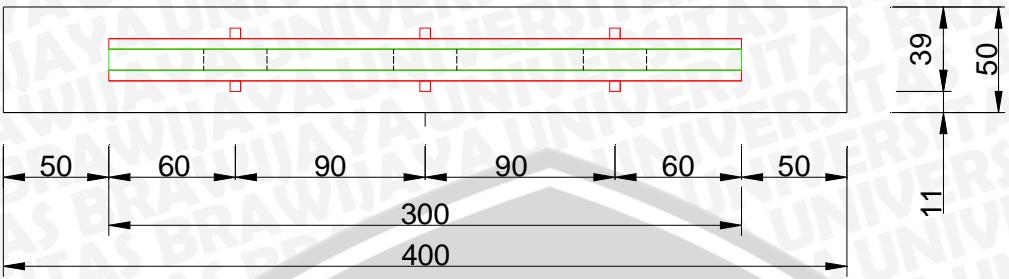
$$108.180 = 7956,4 a$$

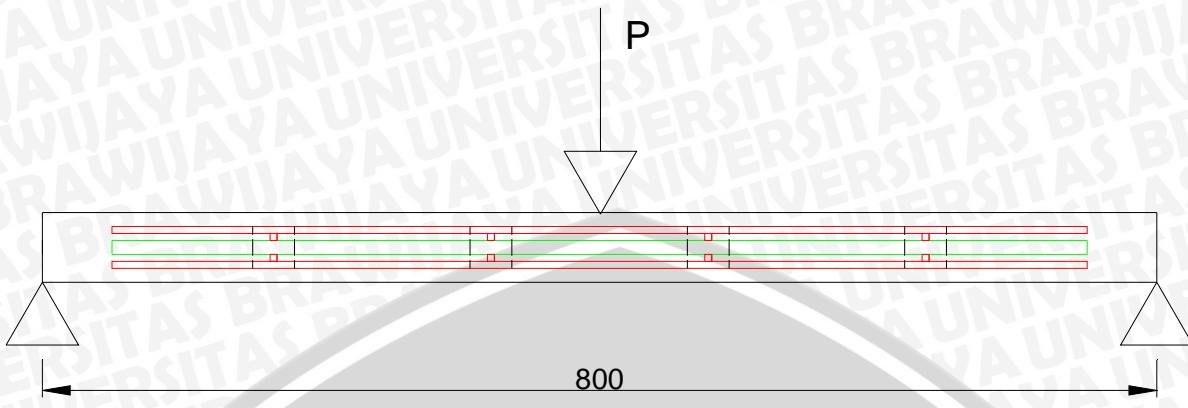
$$2,44 = a$$

$$M_n = T(d - \frac{a}{2})$$

$$= 19440 (39 - \frac{2,44}{2})$$

$$= 738918,8 \text{ Nmm}$$





$$Mu = Mn = \frac{1}{4} \cdot Pu \cdot L$$

$$Pu = \frac{738918,8 \cdot 4}{750}$$

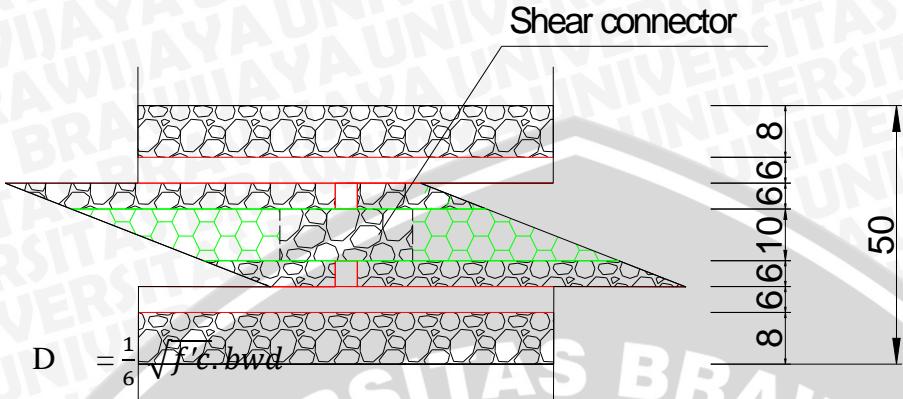
$$= 3940,9 \text{ N}$$

$$= 394,09 \text{ kg}$$

***Catatan :** fy bambu diambil dari data sekunder dari penelitian kompetisi jembatan beton indonesia 2014



Lampiran 3. Perhitungan shear connector



$$P_u = 2.D = 2 \times 1354,75 = 2709,5 \text{ kg}$$

Shear connector memanjang ada 6, sehingga :

$$V_{sc'} = \frac{V_c}{6} = \frac{1354,75}{6} = 225,79 \text{ kg}$$

Shear connector melintang ada 5, sehingga :

$$V_{sc} = \frac{V_{sc'}}{6} = \frac{225,79}{6} = 45,16 \text{ kg}$$

Jarak antar shear connector (sv) = 15 cm, sehingga :

$$V_s = \frac{V_{sc} \cdot S}{I} \cdot sv = \frac{45,16 \times 120,5}{305,667} \cdot 15 = 267,044 \text{ kg}$$

Diameter minimum shear connector :

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

$$13,234 \times A_{\min} > 267,044$$

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

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

$$r > 2,523 \text{ cm} \rightarrow D > 5,046 \text{ cm}$$

Lampiran 4. Perhitungan lendutan teoritis

$$\begin{aligned}
 I_x &= \sum \left(\frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3 + A \cdot s^2 \right) \\
 &= \left(\frac{1}{12} \cdot 40.5^3 + 200.0^2 \right) - \left(\frac{1}{12} \cdot 30.1^3 + 30.0^2 \right) \\
 &= 414,16 \text{ cm}^4
 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
 P_{U\text{-teoritis}} &= 394,09 \text{ kg} \\
 E_c &= 4700 \sqrt{f'c} = 4700 \cdot \sqrt{23,41} = 22740,42 \text{ MPa} \\
 \Delta_{\text{teoritis}} &= \frac{P_u \cdot L}{48 \cdot E_c \cdot I_x} \\
 &= \frac{394,09 \cdot 80}{48 \cdot 22740,4 \cdot 414,16} \\
 &= 6,97 \times 10^{-5} \text{ cm} \\
 &= 6,97 \times 10^{-6} \text{ mm}
 \end{aligned}$$

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



Lampiran 5. Tabel hasil pengujian lentur

➤ Hasil pengujian pelat S-H1

Pengujian Pelat Lentur Satu

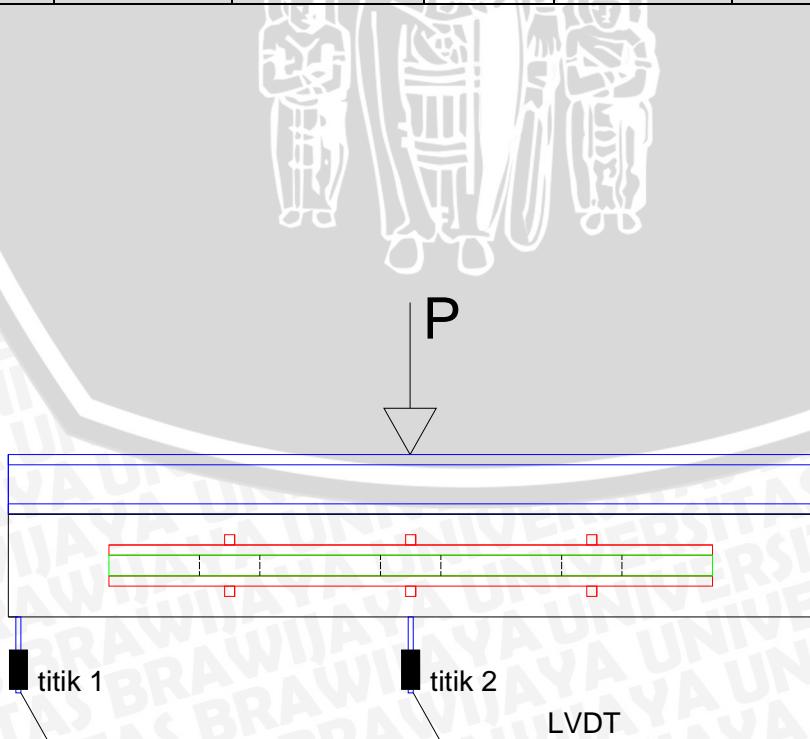
Arah

Tanggal pengujian : 09/06/2015
 Nama Benda Uji : **S-H1**
 Komposisi benda uji : 1 : 3 : 1 (beton-Styrofoam)
 Ukuran Benda Uji : 81.4 x 39.5 x 5.5 cm
 Umur Benda Uji : 28 hari
 Berat Benda Uji : 34,86 kg

Tahap Beban	Beban Uji (kg)	Beban Aktual (kg)	Data Lendutan (mm)		Lendutan Aktual (mm)	
			Titik 1	Titik 2	Titik 1	Titik 2
0	0	10,06	12,14	10,32	0	0
1	20	30,06	12,25	10,43	0,11	0,11
2	40	50,06	12,39	10,6	0,25	0,28
3	60	70,06	12,54	10,78	0,4	0,46
4	80	90,06	12,73	10,97	0,59	0,65
5	100	110,06	12,89	11,14	0,75	0,82
6	120	130,06	13,09	11,31	0,95	0,99
7	140	150,06	13,29	11,5	1,15	1,18
8	160	170,06	13,45	11,67	1,31	1,35
9	180	190,06	13,64	11,84	1,5	1,52
10	200	210,06	13,8	11,99	1,66	1,67
11	220	230,06	14	12,19	1,86	1,87
12	240	250,06	14,17	12,35	2,03	2,03
13	260	270,06	14,36	12,55	2,22	2,23
14	280	290,06	14,56	12,71	2,42	2,39
15	300	310,06	14,79	12,93	2,65	2,61
16	320	330,06	15,08	13,19	2,94	2,87
17	340	350,06	15,31	13,44	3,17	3,12
18	360	370,06	15,65	13,77	3,51	3,45
19	380	390,06	15,93	14,03	3,79	3,71
20	400	410,06	16,36	14,44	4,22	4,12
21	420	430,06	16,75	14,81	4,61	4,49
22	440	450,06	17,32	15,35	5,18	5,03
23	460	470,06	17,77	15,78	5,63	5,46
24	293	303,06	15,58	16,71	3,44	6,39
25	291	301,06	18,59	16,73	6,45	6,41
26	287	297,06	18,59	16,74	6,45	6,42
27	400	410,06	21,28	19,59	9,14	9,27
28	410	420,06	21,69	20	9,55	9,68



Tahap Beban	Beban Uji (kg)	Beban Aktual (kg)	Data Lendutan (mm)		Lendutan Aktual (mm)	
			Titik 1	Titik 2	Titik 1	Titik 2
29	420	430,06	22,04	20,33	9,9	10,01
30	430	440,06	22,55	20,85	10,41	10,53
31	440	450,06	22,95	21,22	10,81	10,9
32	450	460,06	23,62	21,84	11,48	11,52
33	460	470,06	24,13	22,34	11,99	12,02
34	470	480,06	25,11	23,23	12,97	12,91
35	480	490,06	25,71	23,77	13,57	13,45
36	490	500,06	27,14	25,02	15	14,7
37	500	510,06	27,96	25,69	15,82	15,37
38	510	520,06	28,74	26,4	16,6	16,08
39	520	530,06	30,86	28,11	18,72	17,79
40	530	540,06	32,97	29,55	20,83	19,23
41	540	550,06	35,47	31,34	23,33	21,02
42	550	560,06	38,12	33,22	25,98	22,9
43	373	383,06	43,2	37	31,06	26,68
44	355	365,06	43,26	37,01	31,12	26,69
45	350	360,06	43,28	37,05	31,14	26,73
46	346	356,06	43,29	37,07	31,15	26,75
47	343	353,06	43,3	37,08	31,16	26,76
48	340	350,06	43,32	37,09	31,18	26,77
49	336	346,06	43,33	37,11	31,19	26,79
50	333	343,06	43,34	37,12	31,2	26,8
51	328	338,06	43,35	37,13	31,21	26,81
52	325	335,06	43,37	37,14	31,23	26,82



➤ Hasil pegujian pelat S-H2

Pengujian Pelat Lentur Satu Arah

Tanggal pengujian	:	09/06/2015
Nama Benda Uji	:	S-H2
Komposisi benda uji	:	1 : 3 : 1 (beton-Styrofoam)
Ukuran Benda Uji	:	80.9 x 40 x 5.6 cm
Umur Benda Uji	:	28 hari
Berat Benda Uji	:	34,76 kg

Tahap Beban	Beban Uji (kg)	Beban Aktual (kg)	Data Lendutan (mm)		Lendutan Aktual (mm)	
			Titik 1	Titik 2	Titik 1	Titik 2
0	0	10,06	8,82	7,28	0	0
1	20	30,06	8,87	7,35	0,05	0,07
2	40	50,06	8,9	7,42	0,08	0,14
3	60	70,06	8,95	7,49	0,13	0,21
4	80	90,06	9,02	7,56	0,2	0,28
5	100	110,06	9,06	7,64	0,24	0,36
6	120	130,06	9,12	7,7	0,3	0,42
7	140	150,06	9,19	7,77	0,37	0,49
8	160	170,06	9,24	7,84	0,42	0,56
9	180	190,06	9,31	7,91	0,49	0,63
10	200	210,06	9,38	7,98	0,56	0,7
11	220	230,06	9,44	8,04	0,62	0,76
12	240	250,06	9,52	8,11	0,7	0,83
13	260	270,06	9,57	8,18	0,75	0,9
14	280	290,06	9,64	8,24	0,82	0,96
15	300	310,06	9,72	8,3	0,9	1,02
16	320	330,06	9,79	8,38	0,97	1,1
17	340	350,06	9,83	8,42	1,01	1,14
18	360	370,06	9,88	8,49	1,06	1,21
19	380	390,06	9,94	8,55	1,12	1,27
20	400	410,06	9,99	8,6	1,17	1,32
21	410	420,06	10,02	8,63	1,2	1,35
22	420	430,06	10,05	8,67	1,23	1,39
23	430	440,06	11,07	9,6	2,25	2,32
24	214	224,06	11,11	9,66	2,29	2,38
25	211	221,06	11,13	9,68	2,31	2,4
26	207	217,06	11,15	9,7	2,33	2,42
27	205	215,06	11,17	9,72	2,35	2,44
28	203	213,06	11,18	9,75	2,36	2,47
29	201	211,06	11,19	9,76	2,37	2,48
30	300	310,06	12,59	11,25	3,77	3,97
31	320	330,06	13,14	11,84	4,32	4,56

Tahap Beban	Beban Uji (kg)	Beban Aktual (kg)	Data Lendutan (mm)		Lendutan Aktual (mm)	
			Titik 1	Titik 2	Titik 1	Titik 2
32	340	350,06	13,66	12,33	4,84	5,05
33	360	370,06	14,2	12,89	5,38	5,61
34	380	390,06	14,76	13,48	5,94	6,2
35	400	410,06	15,35	14,07	6,53	6,79
36	420	430,06	16	14,75	7,18	7,47
37	440	450,06	16,65	15,32	7,83	8,04
38	417	427,06	19,13	17,83	10,31	10,55
39	410	420,06	19,15	17,84	10,33	10,56
40	404	414,06	19,15	17,85	10,33	10,57
41	400	410,06	19,16	17,86	10,34	10,58
42	390	400,06	19,18	17,86	10,36	10,58
43	385	395,06	19,18	17,87	10,36	10,59
44	382	392,06	19,19	17,87	10,37	10,59
45	378	388,06	19,2	17,88	10,38	10,6
46	374	384,06	19,2	17,88	10,38	10,6
47	400	410,06	19,48	18,18	10,66	10,9
48	420	430,06	19,85	18,56	11,03	11,28
49	440	450,06	20,26	18,98	11,44	11,7
50	460	470,06	20,87	19,59	12,05	12,31
51	480	490,06	21,64	20,36	12,82	13,08
52	500	510,06	22,61	21,33	13,79	14,05
53	510	520,06	23,58	22,23	14,76	14,95
54	520	530,06	24,34	22,98	15,52	15,7
55	530	540,06	25,18	23,72	16,36	16,44
56	540	550,06	26,01	24,48	17,19	17,2
57	550	560,06	26,89	25,3	18,07	18,02
58	560	570,06	27,72	26,1	18,9	18,82
59	570	580,06	29,1	27,35	20,28	20,07
60	476	486,06	29,77	27,9	20,95	20,62
61	470	480,06	29,79	27,92	20,97	20,64
62	467	477,06	29,8	27,93	20,98	20,65
63	464	474,06	29,81	27,94	20,99	20,66
64	460	470,06	29,82	27,95	21	20,67
65	456	466,06	29,83	27,96	21,01	20,68
66	453	463,06	29,84	27,96	21,02	20,68
67	450	460,06	29,84	27,97	21,02	20,69
68	448	458,06	29,85	27,98	21,03	20,7
69	444	454,06	29,87	27,99	21,05	20,71
70	439	449,06	29,87	28	21,05	20,72
71	434	444,06	29,88	28,01	21,06	20,73
72	431	441,06	29,89	28,02	21,07	20,74

➤ Hasil pegujian pelat S-H3

Pengujian Pelat Lentur Satu Arah

Tanggal pengujian	:	08/06/2015
Nama Benda Uji	:	S-H3
Komposisi benda uji	:	1 : 3 : 1 (beton-Styrofoam)
Ukuran Benda Uji	:	80.5 x 39.9 x 5.7 cm
Umur Benda Uji	:	28 hari
Berat Benda Uji	:	34,82 kg

Tahap Beban	Beban (kg)	Beban Aktual (kg)	Data Lendutan (mm)		Lendutan Aktual (mm)	
			Titik 1	Titik 2	Titik 1	Titik 2
0	0	10,06	10,34	9,32	0	0
1	20	30,06	10,48	9,46	0,14	0,14
2	40	50,06	10,65	9,62	0,31	0,3
3	60	70,06	10,78	9,76	0,44	0,44
4	80	90,06	10,94	9,9	0,6	0,58
5	100	110,06	11,07	10,06	0,73	0,74
6	120	130,06	11,024	10,24	0,684	0,92
7	140	150,06	11,41	10,4	1,07	1,08
8	160	170,06	11,57	10,57	1,23	1,25
9	180	190,06	11,75	10,74	1,41	1,42
10	200	210,06	11,91	10,91	1,57	1,59
11	220	230,06	12,1	11,1	1,76	1,78
12	240	250,06	12,31	11,31	1,97	1,99
13	260	270,06	12,55	11,52	2,21	2,2
14	280	290,06	12,79	11,79	2,45	2,47
15	300	310,06	13,1	12,04	2,76	2,72
16	320	330,06	13,46	12,36	3,12	3,04
17	340	350,06	13,79	12,68	3,45	3,36
18	360	370,06	14,15	13,02	3,81	3,7
19	380	390,06	14,53	13,42	4,19	4,1
20	400	410,06	15,01	13,83	4,67	4,51
21	313	323,06	16,1	14,02	5,76	4,7
22	305	315,06	16,14	14,89	5,8	5,57
23	300	310,06	16,17	14,91	5,83	5,59
24	400	410,06	17,9	16,59	7,56	7,27
25	420	430,06	18,69	17,32	8,35	8
26	440	450,06	19,58	18,17	9,24	8,85
27	460	470,06	20,79	19,29	10,45	9,97
28	480	490,06	21,73	20,35	11,39	11,03
29	500	510,06	22,77	21,32	12,43	12
30	520	530,06	23,87	22,43	13,53	13,11



Tahap Beban	Beban Uji (kg)	Beban Aktual (kg)	Data Lendutan (mm)		Lendutan Aktual (mm)	
			Titik 1	Titik 2	Titik 1	Titik 2
31	440	450,06	24,63	22,82	14,29	13,5
32	417	427,06	24,66	23,17	14,32	13,85
33	411	421,06	24,67	23,18	14,33	13,86
34	500	510,06	30,58	28,36	20,24	19,04
35	490	500,06	32,6	30,79	22,26	21,47
36	480	490,06	32,62	30,81	22,28	21,49
37	468	478,06	32,64	30,83	22,3	21,51
38	462	472,06	32,65	30,83	22,31	21,51
39	457	467,06	32,66	30,84	22,32	21,52
40	447	457,06	32,68	30,85	22,34	21,53
41	443	453,06	32,68	30,86	22,34	21,54
42	434	444,06	32,71	30,86	22,37	21,54
43	429	439,06	32,71	30,87	22,37	21,55



➤ Hasil pegujian pelat TS-B2

Pengujian Pelat Lentur Satu Arah

Tanggal pengujian : 09/06/2015
 Nama Benda Uji : **TS-B2**
 Komposisi benda uji : 1 : 3 : 1 (beton)
 Ukuran Benda Uji : 80.6 x 40.3 x 5.3 cm
 Umur Benda Uji : 28 hari
 Berat Benda Uji : 39,06 kg

Tahap Beban	Beban (kg)	Beban Aktual (kg)	Data Lendutan (mm)		Lendutan Aktual(mm)	
			Titik 1	Titik 2	Titik 1	Titik 2
0	0	10,06	6,83	5,42	0	0
1	20	30,06	6,91	5,56	0,08	0,14
2	40	50,06	6,98	5,58	0,15	0,16
3	60	70,06	7,1	5,66	0,27	0,24
4	80	90,06	7,16	5,77	0,33	0,35
5	100	110,06	7,21	5,82	0,38	0,40
6	120	130,06	7,28	5,89	0,45	0,47
7	140	150,06	7,35	5,91	0,52	0,49
8	160	170,06	7,41	6,01	0,58	0,59
9	180	190,06	7,48	6,06	0,65	0,64
10	200	210,06	7,6	6,18	0,77	0,76
11	220	230,06	7,64	6,25	0,81	0,83
12	240	250,06	7,69	6,29	0,86	0,87
13	260	270,06	7,8	6,41	0,97	0,99
14	280	290,06	7,84	6,45	1,01	1,03
15	300	310,06	7,86	6,47	1,03	1,05
16	320	330,06	7,9	6,51	1,07	1,09
17	340	350,06	7,96	6,57	1,13	1,15
18	360	370,06	8,03	6,67	1,2	1,25
19	380	390,06	8,18	6,79	1,35	1,37
20	400	410,06	8,28	6,89	1,45	1,47
21	270	280,06	9,12	8,31	2,29	2,89
22	290	300,06	9,57	9,16	2,74	3,74
23	310	320,06	10,21	9,88	3,38	4,46
24	330	340,06	10,5	10,09	3,67	4,67
25	350	360,06	11,04	10,63	4,21	5,21
26	370	380,06	11,39	10,98	4,56	5,56
27	390	400,06	11,76	11,35	4,93	5,93
28	410	420,06	12,5	12,09	5,67	6,67
29	430	440,06	13,69	13,28	6,86	7,86
30	450	460,06	14,45	14,04	7,62	8,62
31	470	480,06	15,33	14,92	8,5	9,50



Tahap Beban	Beban Uji (kg)	Beban Aktual (kg)	Data Lendutan (mm)		Lendutan Aktual (mm)	
			Titik 1	Titik 2	Titik 1	Titik 2
32	490	500,06	16,34	15,93	9,51	10,51
33	510	520,06	16,76	16,35	9,93	10,93
34	530	540,06	17,28	16,87	10,45	11,45
35	550	560,06	18,15	17,74	11,32	12,32
36	570	580,06	19,06	18,65	12,23	13,23
37	590	600,06	20,4	19,99	13,57	14,57
38	610	620,06	21,74	20,83	14,91	15,41
39	630	640,06	23,5	22,59	16,67	17,17
40	670	680,06	25,31	24,4	18,48	18,98
41	593	603,06	27,17	25,76	20,34	20,34
42	579	589,06	27,23	25,82	20,4	20,40
43	567	577,06	27,34	25,93	20,51	20,51
44	560	570,06	27,46	26,05	20,63	20,63
45	552	562,06	27,48	26,07	20,65	20,65
46	548	558,06	27,5	26,09	20,67	20,67
47	545	555,06	27,5	26,09	20,67	20,67
48	542	552,06	27,51	26,1	20,68	20,68
49	532	542,06	27,51	26,1	20,68	20,68
50	526	536,06	27,52	26,11	20,69	20,69
51	523	533,06	27,54	26,13	20,71	20,71
52	522	532,06	27,55	26,14	20,72	20,72
53	519	529,06	27,55	26,14	20,72	20,72
54	517	527,06	27,55	26,14	20,72	20,72



➤ Hasil pegujian pelat TS-B3

Pengujian Pelat Lentur Satu Arah

Tanggal pengujian : 09/06/2015
 Nama Benda Uji : **TS-B3**
 Komposisi benda uji : 1 : 3 : 1 (beton)
 Ukuran Benda Uji : 80.7 x 40.2 x 5.5 cm
 Umur Benda Uji : 28 hari
 Berat Benda Uji : 38,06 kg

Tahap Beban	Beban (kg)	Beban Aktual (kg)	Data Lendutan (mm)		Lendutan Aktual (mm)	
			Titik 1	Titik 2	Titik 1	Titik 2
0	0	10,06	9,21	10,15	0	0
1	20	30,06	9,27	10,19	0,06	0,04
2	40	50,06	9,33	10,25	0,12	0,1
3	60	70,06	9,45	10,31	0,24	0,16
4	80	90,06	9,51	10,37	0,3	0,22
5	100	110,06	9,57	10,43	0,36	0,28
6	120	130,06	9,63	10,48	0,42	0,33
7	140	150,06	9,7	10,54	0,49	0,39
8	160	170,06	9,75	10,6	0,54	0,45
9	180	190,06	9,82	10,66	0,61	0,51
10	200	210,06	9,89	10,72	0,68	0,57
11	220	230,06	9,95	10,78	0,74	0,63
12	240	250,06	10,05	10,84	0,84	0,69
13	260	270,06	10,09	10,9	0,88	0,75
14	280	290,06	10,16	10,96	0,95	0,81
15	300	310,06	10,22	11,02	1,01	0,87
16	320	330,06	10,27	11,08	1,06	0,93
17	340	350,06	10,33	11,13	1,12	0,98
18	360	370,06	10,4	11,18	1,19	1,03
19	380	390,06	10,46	11,24	1,25	1,09
20	400	410,06	10,52	11,31	1,31	1,16
21	260	270,06	11,33	12,05	2,12	1,9
22	216	226,06	11,39	12,16	2,18	2,01
23	214	224,06	11,39	12,17	2,18	2,02
24	212	222,06	11,4	12,18	2,19	2,03
25	210	220,06	11,41	12,19	2,2	2,04
26	300	310,06	12,85	13,6	3,64	3,45
27	320	330,06	13,21	13,96	4	3,81
28	340	350,06	13,72	14,43	4,51	4,28
29	360	370,06	14,2	14,95	4,99	4,8
30	380	390,06	14,78	15,45	5,57	5,3



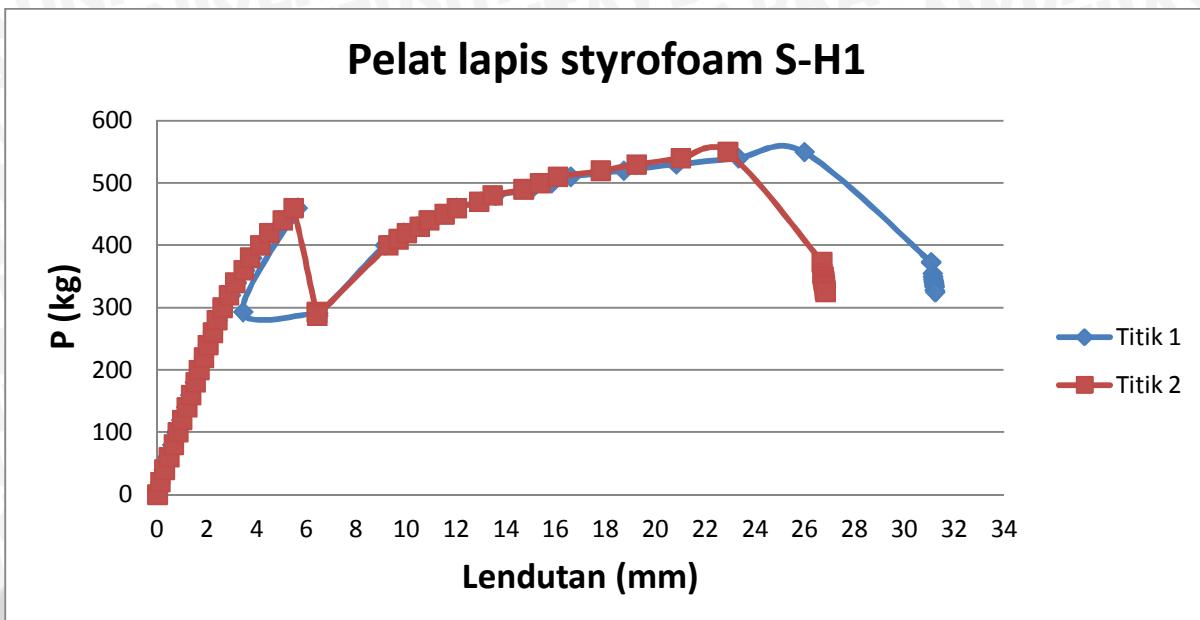
Tahap Beban	Beban Uji (kg)	Beban Aktual (kg)	Data Lendutan (mm)		Lendutan Aktual (mm)	
			Titik 1	Titik 2	Titik 1	Titik 2
31	400	410,06	15,3	16,1	6,09	5,95
32	420	430,06	16,17	16,8	6,96	6,65
33	440	450,06	16,73	17,58	7,52	7,43
34	460	470,06	17,62	18,06	8,41	7,91
35	480	490,06	18,56	19,25	9,35	9,1
36	500	510,06	19,43	20,11	10,22	9,96
37	520	530,06	20,41	21,15	11,2	11
38	530	540,06	21,16	21,75	11,95	11,6
39	540	550,06	21,67	22,4	12,46	12,25
40	550	560,06	22,32	22,95	13,11	12,8
41	560	570,06	23,06	23,67	13,85	13,52
42	570	580,06	23,65	24,28	14,44	14,13
43	580	590,06	24,14	24,85	14,93	14,7
44	590	600,06	24,95	25,68	15,74	15,53
45	600	610,06	25,63	26,35	16,42	16,2
46	610	620,06	26,53	27,3	17,32	17,15
47	620	630,06	27,28	28,02	18,07	17,87
48	630	640,06	28,59	29,1	19,38	18,95
49	607	617,06	29,31	30,05	20,1	19,9
50	598	608,06	29,34	30,07	20,13	19,92
51	590	600,06	29,35	30,08	20,14	19,93
52	586	596,06	29,36	30,09	20,15	19,94
53	582	592,06	29,38	30,1	20,17	19,95
54	578	588,06	29,39	30,11	20,18	19,96
55	574	584,06	29,4	30,12	20,19	19,97
56	570	580,06	29,41	30,13	20,2	19,98
57	568	578,06	29,42	30,14	20,21	19,99
58	565	575,06	29,44	30,15	20,23	20
59	559	569,06	29,46	30,16	20,25	20,01
60	557	567,06	29,46	30,17	20,25	20,02
61	555	565,06	29,47	30,18	20,26	20,03
62	553	563,06	29,47	30,19	20,26	20,04
63	548	558,06	29,48	30,19	20,27	20,04
64	545	555,06	29,48	30,2	20,27	20,05
65	541	551,06	29,49	30,21	20,28	20,06
66	533	543,06	29,49	30,22	20,28	20,07
67	529	539,06	29,5	30,24	20,29	20,09
68	527	537,06	29,52	30,26	20,31	20,11
69	521	531,06	29,53	30,26	20,32	20,11
70	515	525,06	29,54	30,27	20,33	20,12
71	511	521,06	29,55	30,28	20,34	20,13
72	510	520,06	29,56	30,29	20,35	20,14

Tahap Beban	Beban Uji (kg)	Beban Aktual (kg)	Data Lendutan (mm)		Lendutan Aktual (mm)	
			Titik 1	Titik 2	Titik 1	Titik 2
73	504	514,06	29,57	30,3	20,36	20,15
74	501	511,06	29,57	30,31	20,36	20,16
75	500	510,06	29,57	30,31	20,36	20,16
76	498	508,06	29,58	30,32	20,37	20,17
77	497	507,06	29,59	30,32	20,38	20,17

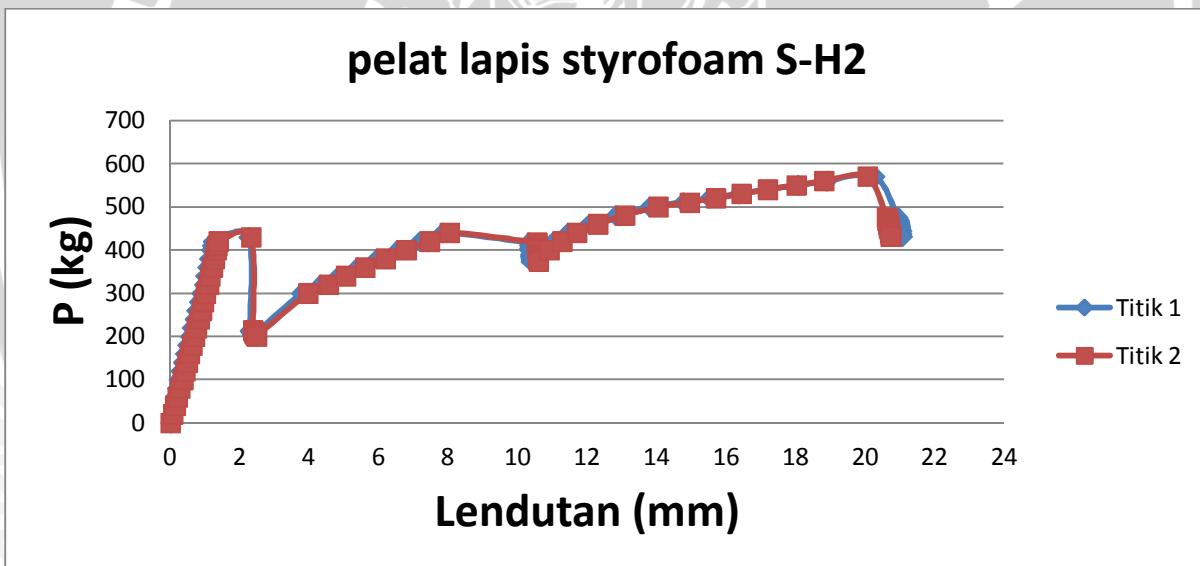
UNIVERSITAS BRAWIJAYA



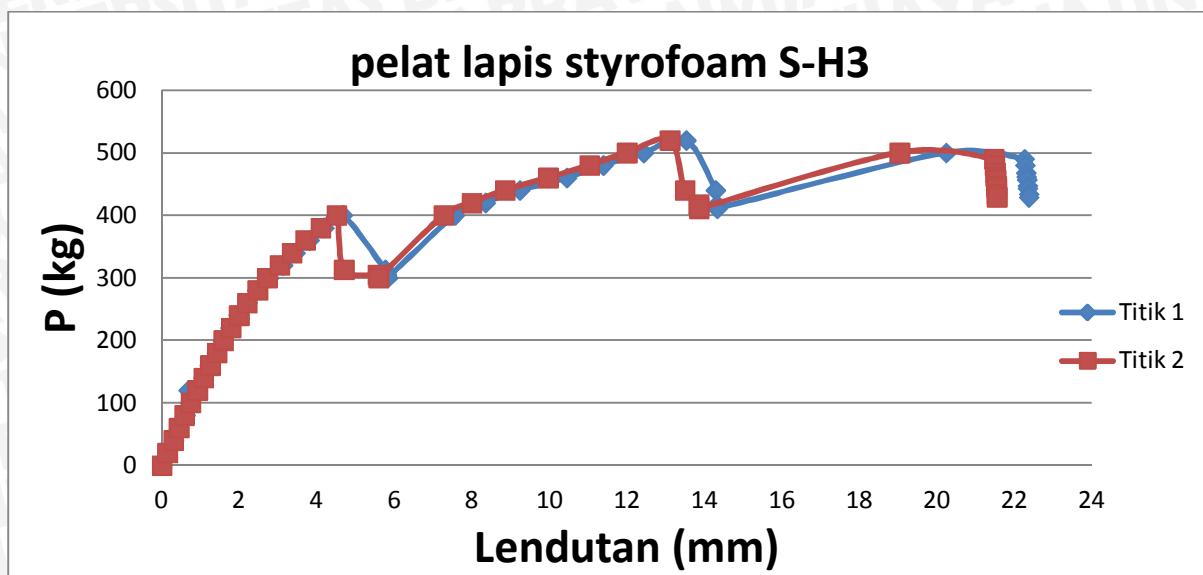
Lampiran 6. Grafik hubungan lendutan dan beban pada pelat



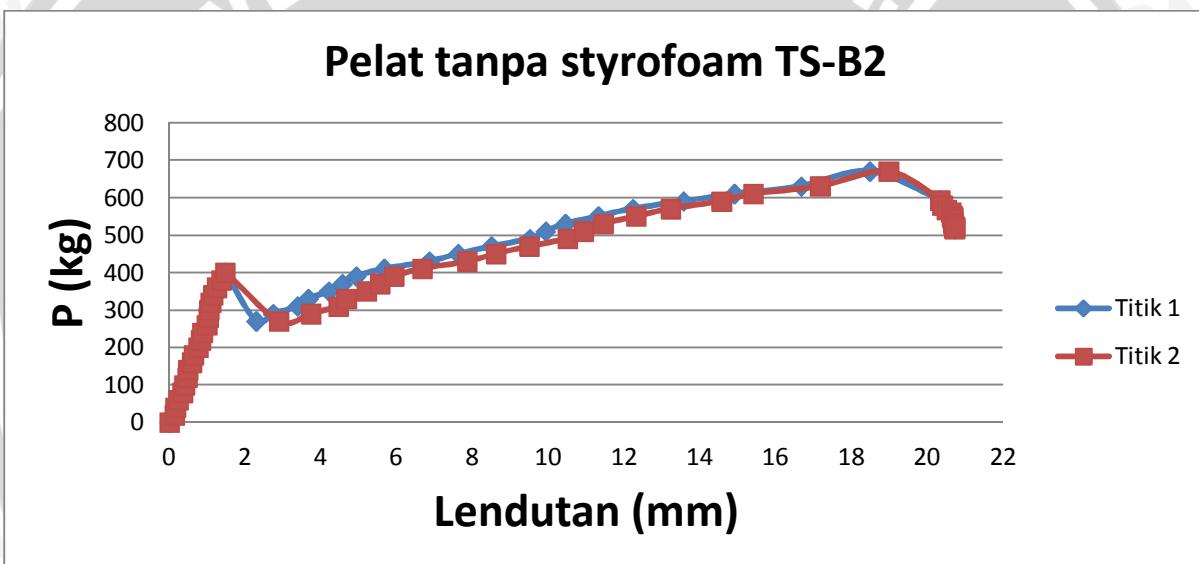
Grafik hubungan lendutan dan beban pada pegujian pelat S-H1



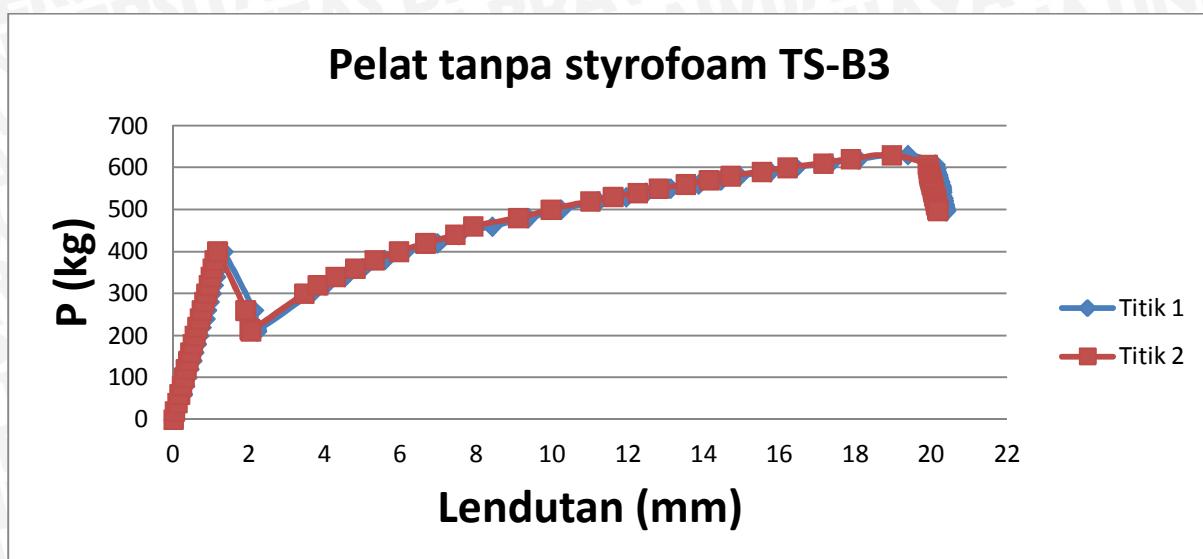
Grafik hubungan lendutan dan beban pada pegujian pelat S-H2



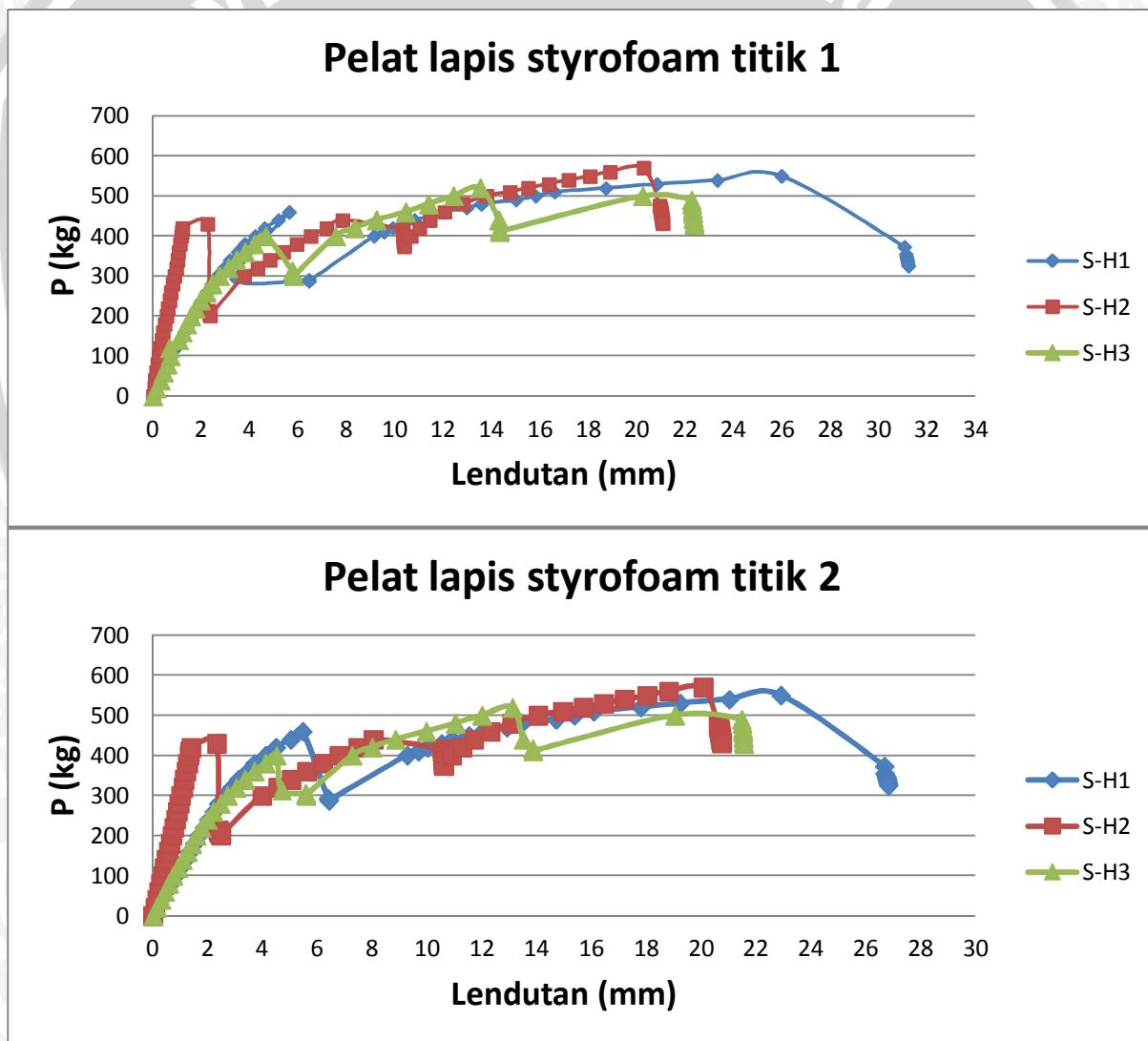
Grafik hubungan lendutan dan beban pada pegujian pelat S-H3



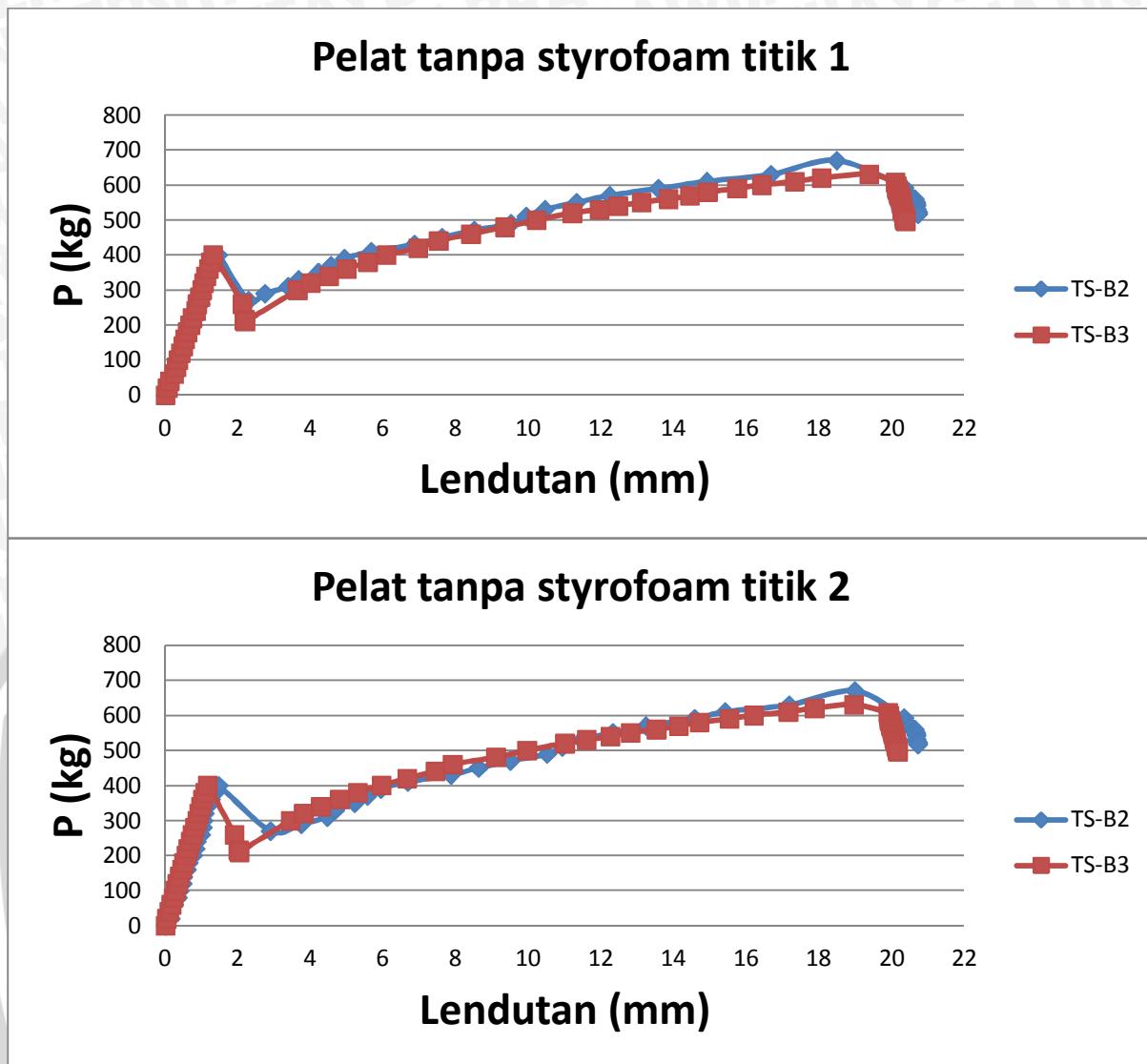
Grafik hubungan lendutan dan beban pada pegujian pelat TS-B2



Grafik hubungan lendutan dan beban pada pegujian pelat TS-B3

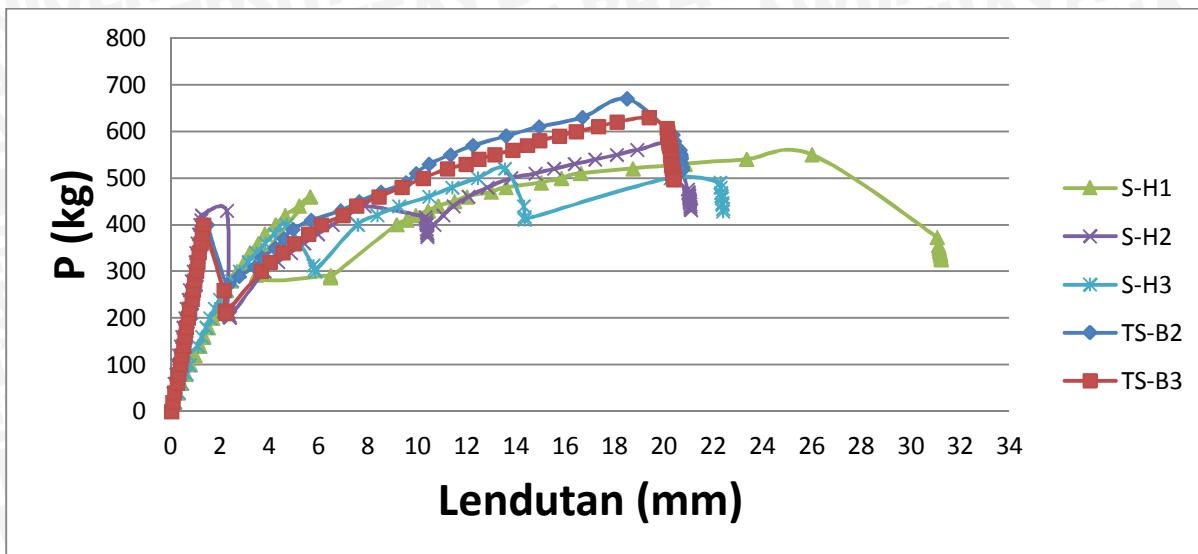


Grafik hubungan lendutan dan beban pada pegujian pelat lapis styrofoam



Grafik hubungan lendutan dan beban pada pegujian pelat tanpa styrofoam





Grafik hubungan lendutan dan beban pada pegujian pelat benda uji dan pelat kontrol

➤ Tabel hasil uji lentur

Kode	P _c (kg)	P _u (kg)	Lendutan-Cr (mm)	Lendutan (mm)
S-H1	460	550	5,63	25,98
S-H2	440	570	7,83	20,28
S-H3	400	520	4,67	22,37
TS-B2	400	670	1,45	18,98
TS-B3	400	630	1,31	19,38
P _{Teoritis}	394,09			

Lampiran 7. Dokumentasi penelitian



Persiapan benda uji



Proses pengecoran



Persiapan pengujian



Hasil pengujian plat lapis *styrofoam* SH-1



Hasil pengujian plat lapis *styrofoam* SH-2



Hasil pengujian plat lapis *styrofoam* SH-3



Hasil pengujian plat tanpa *styrofoam* TSB-2



Hasil pengujian plat tanpa *styrofoam* TSB-3

