

**KUAT GESER PANEL BETON BERTULANG BAMBU LAPIS STYROFOAM  
DENGAN BEBAN *IN-PLANE***

**JURNAL**

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



**Disusun Oleh:**

**ALFINNA MAHYA UMMATI**

**NIM : 115060107111047 - 61**

**KEMENTERIAN RISET TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA**

**FAKULTAS TEKNIK**

**MALANG**

**2015**

# KUAT GESER PANEL BETON BERTULANG BAMBU LAPIS STYROFOAM DENGAN BEBAN *IN-PLANE*

**Alfinna Mahya Ummati, Wisnumurti, Christin Remayanti Naingolan**

Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya

Jalan MT.Haryono 167, Malang 65145, Indonesia

E-mail : Alfinmahya@ymail.com

## ABSTRAK

Beton merupakan material penting dalam dunia konstruksi, penggunaannya lebih banyak digunakan untuk struktur utama seperti plat, balok, kolom, dan pondasi. Banyak sekali keuntungan dari beton untuk bahan konstruksi, namun massanya yang sangat besar menyebabkan beton memiliki bobot yang dapat mempengaruhi tanah dibawahnya. Inovasi untuk menciptakan beton ringan dilakukan dengan mengganti beberapa bagian beton dengan bahan lain yang lebih ringan, misalnya Styrofoam. Penelitian ini dilakukan dengan membuat sebuah panel dimana terdapat beberapa bagian beton yang diganti dengan Styrofoam, tulangan panel terbuat dari bambu yang dilapisi dengan cat. Panel ini akan dibandingkan dengan panel yang sama namun tanpa Styrofoam. Kedua panel diuji lentur dengan beban *in-plane* dan hasil pengujian keduanya dibandingkan. Beban maksimal yang dihasilkan oleh keduanya menunjukkan hasil yang hampir sama, yaitu untuk panel tanpa Styrofoam sebesar 5500 kg dan untuk panel dengan Styrofoam sebesar 5533 kg. Untuk panel tanpa Styrofoam memiliki kekuatan geser 2750 kg dan kekuatan geser untuk panel dengan Styrofoam 2766.667 kg. Perbedaan yang cukup signifikan ditunjukkan pada tegangan geser yang dihasilkan yaitu untuk tanpa Styrofoam  $20.625 \text{ kg/cm}^2$  dan untuk panel dengan Styrofoam  $26.673 \text{ kg/cm}^2$ . 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 : panel, dinding, bambu, Styrofoam, *in-plane*.

## 1. Pendahuluan

Struktur bangunan yang akan diteliti merupakan model berbentuk panel sebagai replika yang dapat berfungsi sebagai plat ataupun dinding pada bangunan yang sebenarnya, plat merupakan salah satu komponen bangunan yang sangat penting dan dalam pembuatannya harus dianalisis dengan teliti. Karena pada saat manusia memanfaatkan sebuah bangunan, manusia akan berpijak pada plat bangunan untuk melakukan aktivitasnya pada bangunan

tersebut, maka untuk menahan gaya geser yang pada umumnya terjadi karena gaya lateral bangunan yaitu gempa pada plat, maka diperlukan inovasi terbaru agar meminimalisir kemungkinan keruntuhan yang dialami plat akibat gempa. Dinding bukan merupakan struktur utama bangunan, namun dinding yang kuat akan menahan struktur utama menjadi kesatuan yang lebih kokoh.

Inovasi yang diteliti merupakan sebuah panel beton dengan lapisan styrofoam di tengahnya sebagai pengisi dan pengganti spesi dibagian dalam panel, dengan demikian, volume beton akan berkurang dan berat bangunan juga berkurang, selanjutnya diharapkan untuk menjadi inovasi yang baik untuk mengurangi potensi banjir di kota besar. Nilai ekonomis dari panel tersebut juga diperhitungkan. Karena bahan penyusun panel sangat berpengaruh terhadap kekuatan panel itu sendiri, maka dipilih alternatif bahan penyusun panel yang memiliki kekuatan yang identik dengan bahan penyusun panel yang sudah ada yaitu bambu. Panel disini dapat diaplikasikan sebagai plat dan dinding pada bangunan, untuk plat sendiri merupakan struktur paling berat pada bangunan, untuk meminimalisir kegagalan struktur pada bangunan akan lebih baik jika diciptakan inovasi pembuatan plat yang ringan, jika bahan penyusunnya dikurangi sedikit saja akan sangat berpengaruh pada berat plat, maka berat plat akan lebih berkurang.

Bambu mempunyai pertumbuhan yang sangat cepat. Jenis tertentu akan tumbuh 120 cm per hari, kemampuan bambu yang seperti ini sangat berbeda dengan kayu yang pertumbuhannya lebih lambat, sehingga keberadaan bambu pada saat ini sangatlah melimpah. Bambu memiliki struktur yang kuat, ulet, rata, keras, mudah dikerjakan, dan ringan, selain itu ruas-ruas bambu memberikan kekuatan yang besar sehingga baik untuk dijadikan bahan konstruksi.

Dengan ketiga aspek yang diperhitungkan yaitu kuat geser, lapisan styrofoam sebagai pengisi panel beton, dan tulangan yang terbuat dari bambu, diharapkan dapat mengurangi biaya pembangunan dan usaha pemakaian material yang ramah lingkungan, tulangan yang terbuat dari bambu dan lapisan Styrofoam

akan terlapsi oleh spesi beton untuk melindungi panel dari bahaya kebakaran.

Tujuan dari penelitian ini yaitu : untuk mengetahui perbandingan kuat geser panel tulangan bambu lapis Styrofoam dengan panel tulangan bambu tanpa Styrofoam, serta untuk mengetahui jenis retakan akibat beban *in-plane* yang diberikan pada kedua panel.

## **2. Tinjauan Pustaka**

### **2.1 Beton**

Beton merupakan campuran dari semen, agregat halus, agregat kasar, air, dan admixture jika diperlukan. Macam dan jenis beton menurut bahan pembentukannya adalah beton normal, bertulang, prategang, pracetak, pra-tekan, beton ringan, beton tanpa tulangan, beton fiber, dan lainnya. Penambahan material lain akan membedakan jenis beton, misalnya jika ditambahkan dengan tulangan bambu akan membentuk beton bertulang komposit. Beton terdiri dari filler (pengisi) dan binder (pengikat), filler merupakan bahan pengisi yang terdiri dari agregat kasar yang berasal dari batu pecah dan agregat halus yang berupa pasir, binder merupakan bahan pengikat filler agar menjadi satu kesatuan yang padat, binder ini merupakan campuran antara semen dan air. Proses pembentukan beton dimulai dari proses hidrasi antara semen dan air yang menghasilkan Faktor Air Semen (FAS), jika FAS tersebut ditambahkan dengan agregat halus maka campuran tersebut dinamakan mortar, dan apabila campuran mortar ditambahkan agregat kasar maka akan menjadi beton. Admixture merupakan bahan tambahan yang diperlukan untuk menambah nilai dari beton itu sendiri, seperti untuk mempercepat pengerasan beton atau untuk menyambungkan beton satu dengan beton yang lain.

Beton akan mencapai keadaan stabil saat mencapai umur 28 hari, pada saat awal pengecoran sampai umur 28 hari beton akan bertambah kekuatannya secara linier dengan cepat, setelah itu beton akan mencapai keadaan stabil dan kenaikan kekuatannya akan kecil. Pada konsisi tertentu kekuatan beton dapat bertambah sampai tahun pertama tergantung dari bahan-bahan tertentu yang ditambahkan dalam beton.

Sifat dan karakteristik campuran beton segar secara tidak langsung akan mempengaruhi beton yang telah mengeras. Pasta semen tidak bersifat elastic sempurna, tetapi merupakan *viscoelastic-solid*. Gaya gesek dalam, susut dan tegangan yang terjadi biasanya tergantung dari energi pemadatan dan tindakan preventif terhadap perhatiannya pada tegangan dalam beton. Hal ini tergantung dari jumlah dan distribusi air, kekentalan aliran pasta semen dan penanganan pada saat sebelum terjadi tegangan serta kristalin yang terjadi untuk pembentukan porinya.

Apabila ingin mendapatkan beton ringan, bahan penyusun beton dapat dikurangi dan diganti dengan material lain yang lebih ringan, atau bisa juga dengan mengganti agregat kasar dengan material yang lebih ringan seperti arang maupun batu apung dengan perlakuan khusus. Batu apung dan arang dipilih karena material tersebut memiliki banyak pori yang memungkinkan udara masuk dalam material tersebut, sehingga beratnya menjadi ringan, namun banyaknya pori akan menyebabkan air berlebih akan mengisi rongga tersebut dan menyebabkan mutu beton menjadi berkurang, maka dari itu diperlukan tindakan lebih lanjut seperti pengecatan untuk mencegah air masuk kedalam pori tersebut.

## 2.2 Panel

Panel pada bangunan dapat berfungsi sebagai plat maupun dinding. Plat

merupakan salah satu komponen pokok dalam bangunan, plat merupakan pusat massa bangunan dimana sebagian besar beban yang ada dalam bangunan berada. Plat dikatakan pusat massa bangunan karena pada struktur tersebut beban paling berat berasal, beban plat berasal dari berat sendiri plat, beban guna, beban gempa, beban hidup, dan beban beban lainnya. Beban pada plat selanjutnya akan disalurkan pada balok, kemudian beban balok disalurkan pada kolom selanjutnya ditransfer ke tanah keras melalui pondasi. Maka dapat dikatakan bahwa plat merupakan komponen struktur bangunan yang paling penting, apabila terdapat kesalahan dalam perencanaan akan berakibat sangat fatal pada bangunan.

Plat merupakan elemen bidang datar yang menahan beban transversal melalui aksi lentur ke masing-masing tumpuan (Ir.Siti Nurlina,MT. 2008: 131). Plat merupakan komponen struktur pertama yang menerima beban yang selanjutnya disalurkan oleh balok dan kolom. Beban yang diterima plat pada umumnya adalah manusia yang melakukan aktifitasnya dalam bangunan tersebut, sehingga konstruksi plat harus sangat diperhatikan keamanannya.

Penggunaan dinding sudah banyak dipakai karena sebagian besar bangunan memerlukannya untuk pemisah antar ruang, maupun sebagai dinding geser. Dinding dengan pasangan batu bata telah banyak digunakan karena biaya pemasangan yang rendah, kemudahan dalam pemasangan, dan kemampuannya dalam meredam panas lebih baik dari pada dinding dengan papan kayu. Dinding bukan merupakan struktur utama bangunan, namun termasuk bagian dari elemen structural yang berfungsi sebagai pengaku dan pemisah antar ruangan (Lilya Susanti, 2011). Dinding sangat kaku pada arah in-plane nya. Bila terkena getaran gempa yang tinggi, maka akan terjadi keretakan dengan arah diagonal yang disertai dengan reduksi kekuatan dan

kekakuannya (Key,1998 dalam jurnal Lilya Susanti, 2011).

### 2.3 Kuat Geser

Semua elemen struktur, baik struktur beton maupun baja, tidak terlepas dari masalah gaya geser. Gaya geser pada umumnya tidak bekerja sendirian tetapi merupakan gabungan dari lentur, torsi atau gaya normal. Percobaan-percobaan yang telah dipublikasikan menunjukkan bahwa sifat keruntuhan akibat gaya geser pada suatu elemen struktur beton bertulang adalah getas (*brittle*), tidak daktil, dan keruntuhannya terjadi secara tiba-tiba tanpa ada peringatan. Hal tersebut disebabkan kekuatan geser struktur beton bertulang terutama tergantung pada kekuatan tekan dan tarik beton. Keadaan ini sangat berbeda dengan tujuan perencanaan yang selalu menginginkan suatu struktur yang daktil. Sehingga meskipun prediksi keruntuhan geser cukup sulit, seorang perencana harus berupaya agar jenis keruntuhan geser tidak terjadi.

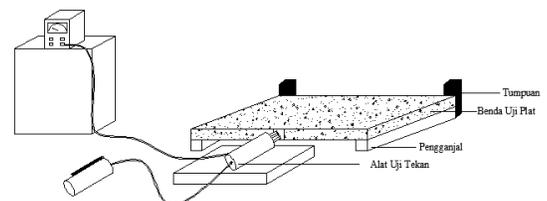
Jika terdapat sebuah plat yang ditumpu sederhana, kemudian diatas plat tersebut diberi beban yang cukup berat, pada plat tersebut akan terjadi retakan pada sisi tegaknya, yaitu retak vertikal dan retak miring. Retak vertikal terjadi akibat kegagalan plat dalam menahan beban lentur, sehingga biasanya terjadi pada daerah lapangan, karena pada daerah ini akan timbul momen yang paling besar. Sedangkan retak miring terjadi akibat kegagalan plat dalam menahan geser, sehingga biasanya terjadi pada daerah tumpuan, karena pada daerah ini akan timbul gaya geser/gaya lintang yang paling besar. Kekuatan geser lebih sulit diperoleh secara eksperimental dibandingkan dengan percobaan yang lainnya, seperti percobaan uji kuat tekan dan kuat tarik. Hal ini disebabkan karena sulitnya mengisolasi geser dari tegangan-tegangan lainnya.

Kondisi ini menyebabkan banyaknya variasi kekuatan geser mulai dari 20% sampai 85% dari kekuatan tekan pada pembebanan normal di berbagai literatur.

Ada dua jenis gaya geser yang mungkin merupakan faktor kritis dalam perencanaan plat-plat datar, lempengan plat datar, atau pondasi. Jenis gaya geser yang umum terjadi pada gelagar yang dapat menyebabkan terjadinya keruntuhan tarik diagonal. Jenis ini biasanya terjadi pada plat-plat atau pondasi yang bentuknya sempit memanjang, dan dalam analisis plat biasanya dianggap sebagai suatu gelagar yang lebar dengan bentang yang terletak diantara perletakan-perletakan dari jalur-jalur kolom yang tegak lurus. Retak diagonal yang dapat terjadi akan memanjang pada suatu bidang yang memotong seluruh lebar plat. Letak penampang kritis diambil pada suatu jarak  $d$  dari permukaan kolom atau permukaan kepala kolom.

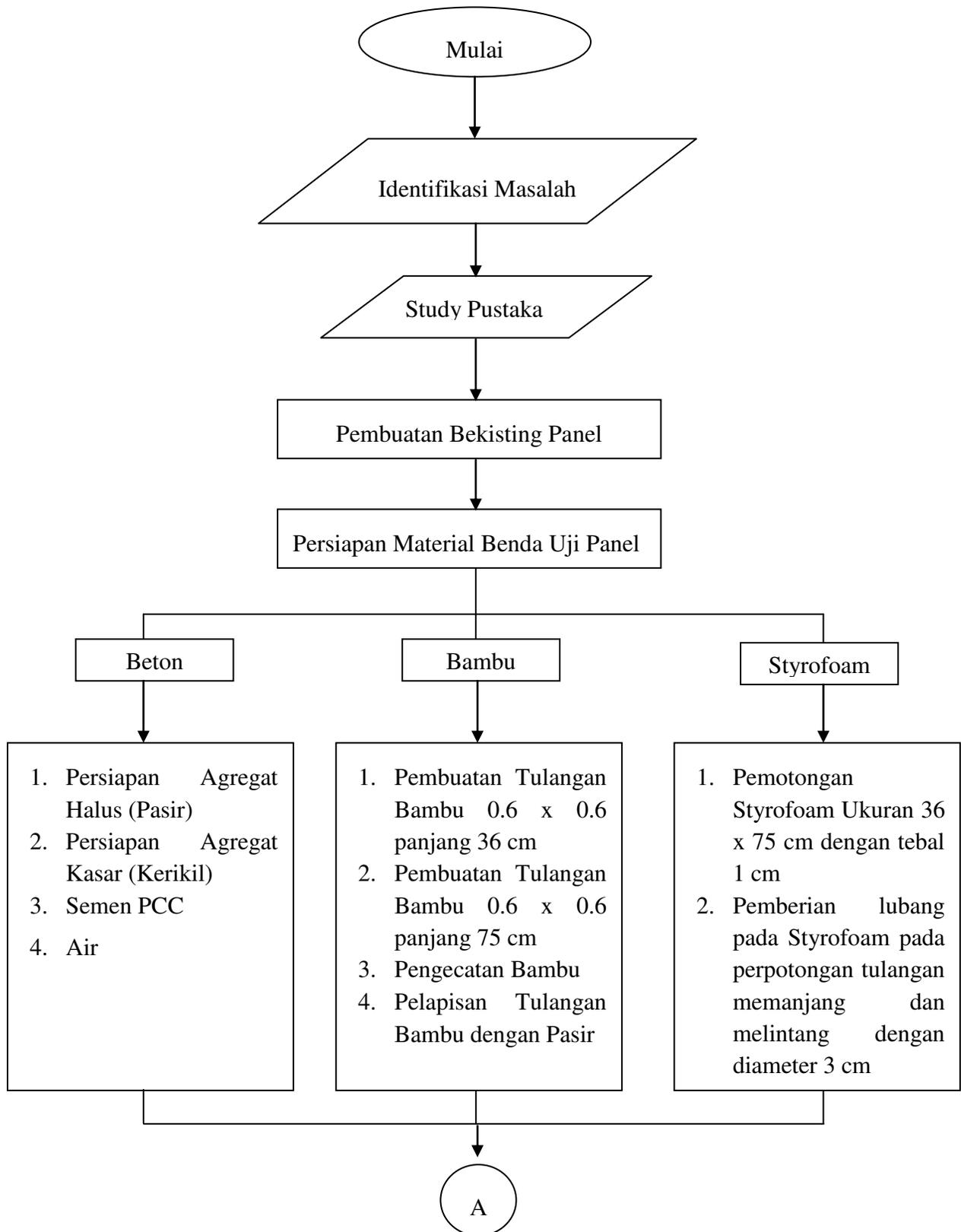
### 3. Metodologi Penelitian

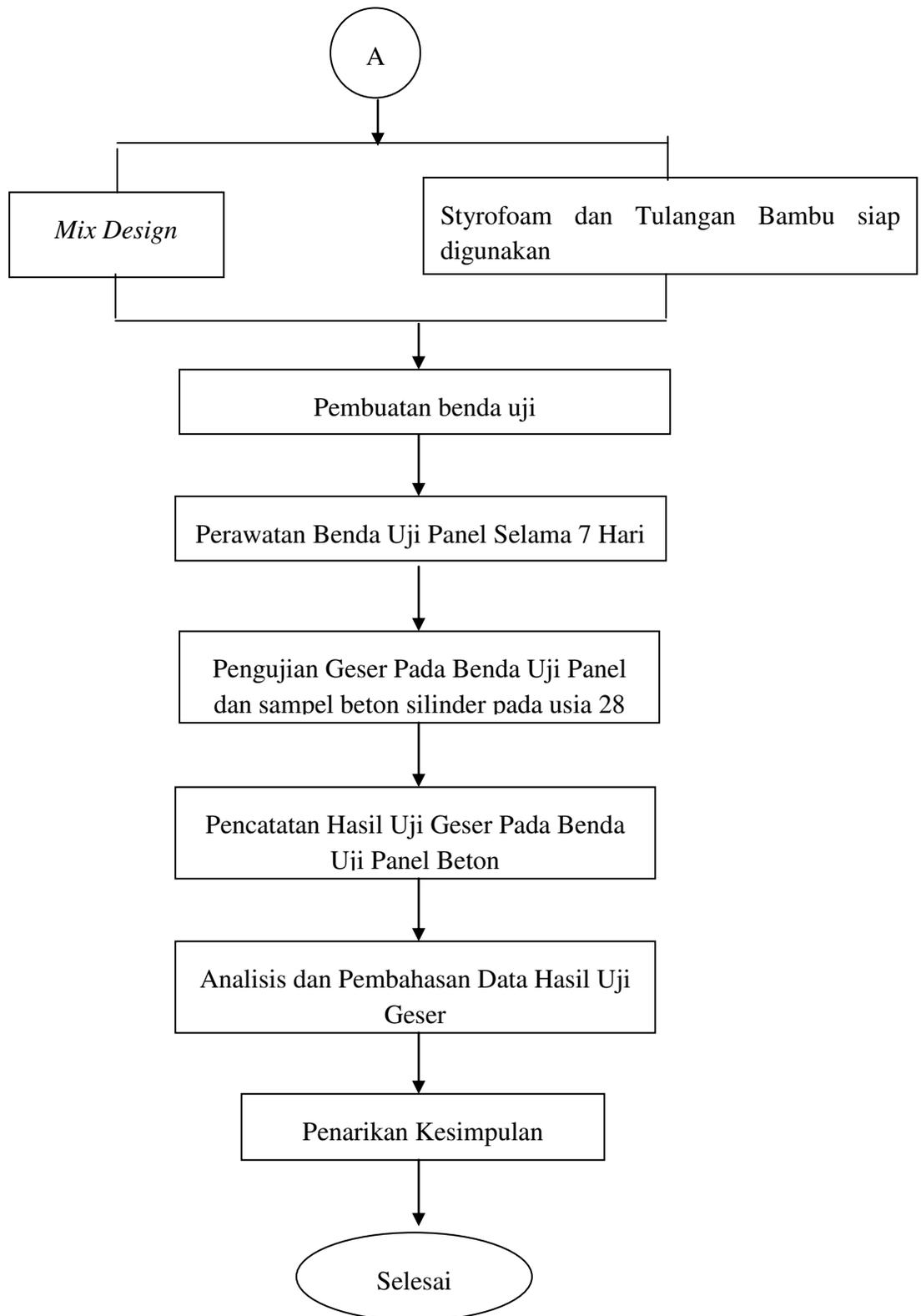
Penelitian secara eksperimental ini terdiri dari dua tahap : Tahap pertama merupakan penarikan hipotesis dari kajian literatur, pada tahapan ini dilakukan pengumpulan beberapa teori yang mendukung dari berbagai sumber. Setelah itu akan diperoleh dugaan sementara mengenai hasil uji panel. Tahap kedua adalah penelitian laboratorium, penelitian ini merupakan tindak lanjut dari tahap pertama, dimana hasil dugaan sementara pada tahap pertama akan dibuktikan dengan penelitian ini, apakah dugaan awal sesuai dengan hasil penelitian atau sebaliknya.



**Gambar 3.1 Model Pengujian**

### 3.1 Diagram Alir Pengujian





**Gambar 3.2 Diagram alir pengujian**

### 3.2 Hipotesis

Dari studi literatur yang telah dilakukan, maka dapat ditarik dugaan awal atau hipotesis dari penelitian, yaitu :

1. Beban yang dapat diterima hingga panel mencapai batas ultimit pada panel dengan Styrofoam maupun tanpa Styrofoam akan berbeda, panel tanpa Styrofoam akan menghasilkan beban ultimit yang lebih besar dari panel dengan Styrofoam.
2. Jenis keruntuhan panel merupakan keruntuhan geser, karena panel masih tergolong balok tinggi dengan keruntuhan shear compression.

## 4. Pembahasan

### 4.1 Analisa Teoritis

Terdapat beberapa prediksi dari data teoritis yang telah didapatkan, dari perhitungan yang telah dilakukan terhadap kekuatan geser dan kekuatan lentur panel, panel memiliki kekuatan lentur yang rendah yaitu sebesar 1128,667 kg untuk panel tanpa Styrofoam dan 1067,909 kg untuk panel dengan Styrofoam, dibandingkan kekuatan gesernya yaitu sebesar 4133,333 kg untuk panel tanpa Styrofoam dan 3215,483 kg untuk panel dengan Styrofoam. Hal ini menyebabkan keruntuhan lentur akan terjadi lebih dahulu sebelum terjadinya keruntuhan geser, maka diprediksikan panel akan mengalami keruntuhan lentur karena memiliki kekuatan geser yang lebih besar.

Tumpuan pada saat pembebanan harus diperhatikan dengan baik, karena kesalahan dalam pemasangan dan pemilihan jenis tumpuan akan menyebabkan beberapa kemungkinan, seperti terangkatnya panel pada saat pengujian karena terjadi reaksi berlebih pada tumpuan, untuk itu tumpuan bebas yang diberikan harus dijaga agar peran sendi-rol nya dapat bekerja dengan baik. Perletakan bebas yang ujung-ujungnya

terbuat dari tulangan hanya akan memunculkan efek sendi-sendi pada panel. Permasalahannya adalah bagaimana cara membuat tumpuan tersebut agar bekerja sesuai dengan prinsip kerja roll yang tidak memunculkan gaya horizontal. Dalam penelitian ini untuk memunculkan efek sendi dan rol pada tumpuan bebas yaitu dengan menempatkan plat baja ukuran 5x10 cm pada ujung tumpuan bebas, dimana salah satu plat baja akan diberikan lem agar bekerja sebagai sendi dan plat baja yang lain diletakkan begitu saja agar dapat bekerja sebagai rol.

### 4.2 Material Penyusun

Tulangan bambu yang digunakan terbuat dari bambu petung ukuran 0,6 x 0,6 cm, dengan panjang tulangan horizontal 75 cm dan tulangan vertikal/tulangan geser 36 cm. Kekuatan bambu yang digunakan untuk perhitungan teoritis digunakan kekuatan rata-rata bambu yang ada di Indonesia menurut Heins Frick (2004), hasil penelitian dari Heins Frick yaitu : Berat jenis bambu  $700 \text{ kg/m}^3$ , Kuat tarik  $29,4 \text{ N/mm}^2$ , Kuat tekan  $7,85 \text{ N/mm}^2$ , Kuat geser  $2,45 \text{ N/mm}^2$ , Kuat lentur  $9,80 \text{ N/mm}^2$ , dan Modulus elastisitas  $20 \text{ kN/mm}^2$ . Dalam analisa teoritis digunakan kuat tarik bambu sebesar  $29,4 \text{ N/mm}^2$ , karena dalam hal ini tulangan bambu berperan sebagai penahan tarik pada beton.

Styrofoam yang digunakan adalah Styrofoam yang biasanya dijual di toko alat tulis dengan ukuran 50 x 100 cm dengan tebal 1 cm. Styrofoam dalam panel hanya berfungsi sebagai pengisi bagian dalam beton, sehingga area yang dilapisi Styrofoam disini dianggap area kosong, dan Styrofoam juga dianggap tidak menyumbangkan kekuatan apapun pada beton. Untuk mencegah pemipihan Styrofoam pada saat penelitian, Styrofoam diuji coba dengan membebani dengan sejumlah pasir dan sejumlah campuran

beton dan diamati selama 24 jam, setelah 24 jam ternyata Styrofoam tidak mengalami penyusutan yang signifikan, oleh sebab itu Styrofoam diharapkan tidak menyusut pada saat digunakan.

Agregat kasar yang digunakan merupakan batu pecah/kerikil yang diperoleh dari pemecah batu di daerah Sengkaling Kabupaten Malang. Agregat kasar yang digunakan merupakan kerikil dengan diameter 5-10 mm, digunakan kerikil dengan ukuran tersebut disesuaikan dengan tebal panel yang cukup tipis sehingga diharapkan akan memudahkan dalam pemadatan beton. Agregat diperoleh dengan melakukan seleksi saringan dan yang dipakai adalah agregat kasar yang tertahan saringan no.3/8 0% dan tertahan pada saringan no.4 100%. Perlakuan lain yang dilakukan terhadap agregat kasar yaitu pencucian untuk menghilangkan pasir yang melekat pada butiran kerikil. Agregat halus yang digunakan merupakan pasir alam yang biasa digunakan dalam konstruksi bangunan, agregat yang digunakan merupakan agregat dengan saringan maksimum no.4 dan minimum saringan no.200. Pengujian terhadap pasir dilakukan dengan uji gradasi pada 1000 gram pasir yang kemudian diayak dengan serangkaian alat pengayak pasir. Hasil analisa pengujian gradasi agregat pasir ditunjukkan pada Lampiran 2, setelah itu persen kumulatif dan ukuran saringan diplotkan dalam suatu grafik untuk mengetahui zona pasir. Hasil pengeplotan ditunjukkan masing-masing grafik pada Lampiran 2. Setelah diamati hasil pengeplotan grafik, dapat diketahui bahwa pasir yang digunakan termasuk Zona 1 yang berarti termasuk golongan pasir kasar.

Semen yang digunakan adalah semen PPC (*Portland Pozzoland Cement*) yang dijual dipasaran. Semen PPC merupakan perpaduan antara semen Portland tipe 1 dengan pozzolan, dengan penggunaan semen ini akan diberikan waktu tambah

untuk proses curing dan pengujian beton. Pada umumnya proses curing dilakukan selama 7 hari dan proses pengujian dilakukan pada saat beton berumur 28 hari, namun waktu tersebut merupakan waktu standar untuk semen tipe 1 untuk bereaksi dengan beton, agar pozzolan pada semen dapat bereaksi dengan beton, maka waktu curing dan pengujian perlu ditambah, dalam penelitian ini waktu yang diberikan adalah selama 6 hari.

### **4.3 Mutu Beton**

Beton yang digunakan terdiri dari campuran semen, agregat halus/pasir, dan agregat kasar/kerikil, dengan perbandingan berat masing-masing panel sebesar 1:3:1. Mutu beton runtuh yang ditargetkan dalam setiap pengadukan adalah 20 Mpa. Sampel beton dituangkan dalam silinder baja dengan diameter 8 cm dan tinggi 16 cm, selanjutnya sampel diuji tekan pada usia yang sama dan dengan perlakuan yang sama dengan panel. Hasil kuat tekan sampel beton ditunjukkan oleh tabel 4.2, dari tabel tersebut dapat diketahui kuat tekan rata-rata pada saat beton hancur dengan perbandingan 1:3:1 yaitu 234 kg/cm<sup>2</sup> atau 23.4 MPa.

### **4.4 Pengujian Panel**

Panel yang telah melewati masa perawatan dan sudah mencapai usia 28 hari, berarti panel tersebut sudah siap untuk diuji. Namun dalam hal ini panel diuji pada hari ke 35 setelah pengecoran sampai benar-benar alat penguji dan panel siap untuk digunakan. Perlu diketahui seperti yang telah dijelaskan sebelumnya mengenai jenis semen yang digunakan, masa *curing* selama 7 hari dan pengujian pada usia 28 hari merupakan acuan untuk semen tipe I, sedangkan semen PPC merupakan semen tipe I yang telah ditambahkan dengan pozzolan. Kekuatan yang dihasilkan oleh semen ini sangat berbeda dengan semen tipe I murni, maka dari itu diberikan waktu

tambah yaitu 3 hari untuk curing, dan 7 hari untuk pengujian.

Tumpuan yang digunakan dalam pengujian geser yaitu dengan menggunakan besi profil yang telah diberikan tulangan-tulangan di kedua sisi perletakan dengan jarak antar tumpuan 70 cm, tulangan ini di las pada besi profil agar menjadi satu kesatuan. Sering kali tumpuan ini diabaikan oleh para penguji, salah satunya yaitu kinerja tumpuan sebagai sendi-rol ataupun yang sebagai tumpuan lain. Pada pengujian ini, tumpuan yang ditimbulkan merupakan tumpuan bebas, namun kerja sendi-rol pada tumpuan juga diperhatikan. Permasalahan apabila kerja sendi-rol tidak dimunculkan dalam tumpuan yaitu pada saat pengujian panel akan terangkat karena desakan dari *hydraulic jack*, perilaku ini wajar terjadi karena plat mengalami reaksi horizontal berlebih akibat tumpuan yang bekerja sebagai sendi-sendi. Untuk memunculkan efek rol pada tumpuan diletakkan plat baja dengan ukuran 5x10 cm pada kedua besi perletakan, salah satu plat besi tersebut direkatkan dengan lem untuk menjadikannya sendi, dan salah satu dibiarkan begitu saja untuk memunculkan sifat tumpuan rol sehingga pada saat dibebani panel dapat bergerak sesuai dengan cara kerja rol, dengan demikian plat besi yang diberikan selain untuk memunculkan kerja sendi-rol juga mengurangi hancur tumpu yang terjadi karena bidang kontak tumpuan dengan panel yang sangat kecil. Pemberian klem juga harus diperhatikan, kesalahan dalam penempatan klem dapat menghalangi efek beban pada panel, sehingga jika klem tidak diperlukan sebaiknya dihindari penggunaannya.



**Gambar 4.1 Rangkaian alat pengujian geser in-plane**

Terdapat dua metode pembacaan pada saat pengujian yaitu *Load Control* dan *Displacement Control*. *Load Control* merupakan pembacaan lendutan berdasarkan interval beban yang diberikan, sedangkan *Displacement Control* merupakan pembacaan beban berdasarkan interval lendutan. *Load control* dilakukan mulai dari beban nol dengan interval setiap 100 kg sampai beban yang terbaca oleh pembacaan *hydraulic jack* tidak dapat ditingkatkan lagi, artinya sudah mencapai beban ultimit ( $P_u$ ). Setelah  $P_u$  tercapai, pembacaan beralih dengan metode *displacement control* dan akan dihentikan sampai beban yang terbaca mencapai 80% dari  $P_u$  atau sampai panel hancur, tergantung mana dari keduanya yang terjadi terlebih dahulu.

#### 4.5 Hasil Pengujian

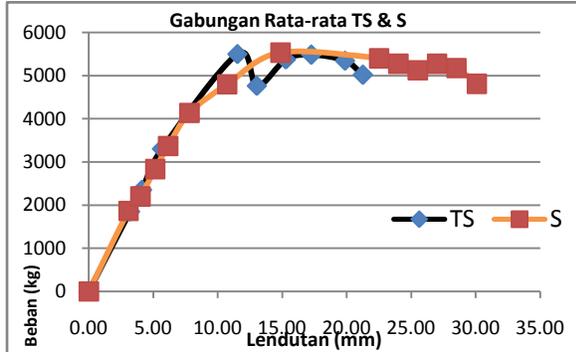
Pada beton bertulangan bambu, fungsi lekatan tidak sebaik pada beton bertulangan baja, hal ini mengakibatkan kegagalan tulangan bambu bukan disebabkan karena kondisinya yang sudah meleleh, namun karena fungsi lekatan yang sudah tidak bekerja dengan baik, hal ini lah yang dialami oleh beton bertulangan bambu pada keadaan setelah beban ultimit tercapai. Pada saat beban mencapai ultimit, bambu akan lepas dari beton yang mengakibatkan penurunan drastis pada grafik. Setelah terlepas dari beton, tulangan bambu masih dapat bekerja pada beton karena kondisinya yang masih belum rusak, hal ini dibuktikan dengan kenaikan kembali yang dialami oleh grafik,

namun kenaikannya tidak signifikan karena kondisi beton yang mulai hancur. Titik keruntuhan panel rata-rata disebabkan oleh beton yang hancur atau terputusnya kawat bendrat yang mengikat beton.



**Gambar 4.2 Kegagalan lekatan pada panel**

Hasil dari pengujian menghasilkan grafik untuk masing-masing jenis panel. Kemudian dari masing-masing panel ditarik grafik rata-rata yang mewakili benda uji panel. Grafik rata-rata ditunjukkan oleh gambar 4.3.



**Gambar 4.3 Gabungan grafik rata-rata**

Dengan menggunakan persamaan tegangan pada kondisi elastis yaitu :

Pers. 1

$$\tau = \frac{D \cdot S}{I_x \cdot b}$$

Pers. 2

$$Vu = D = \frac{1}{2} \cdot Pu$$

Maka diperoleh hasil aktual yaitu :

**Tabel 4.1 Hasil Aktual**

Besaran	Tanpa Styrofoam	Dengan Styrofoam
Pu (kg)	5500	5533
Momen Inersia (cm <sup>4</sup> )	26666.667	25231.167
Statis Momen (cm <sup>3</sup> )	1000	973
Kuat Geser (kg)	2750	2766.667
Tegangan Geser (kg/cm <sup>2</sup> )	20.625	26.673
Pr (kg)	5016	4809
Lendutan Maksimum (mm)	21.26	30.08
Jenis Keruntuhan	Lentur	Lentur

#### 4.6 Uji statistik sampel

Untuk mengetahui keterkaitan antar benda uji terhadap penambahan Styrofoam dalam panel dilakukan uji statistik terhadap kedua jenis panel. Pengujian dilakukan dengan uji *t – test one tailed two sample assuming equal variance*, dengan data seperti ditunjukkan pada tabel 4.2 :

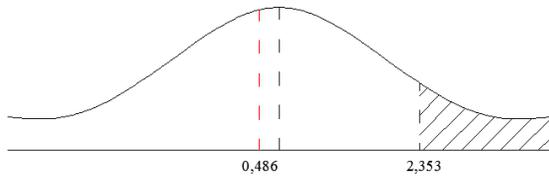
**Tabel 4. 2 Data Uji Statistik**

Variabel yang ditinjau	Panel				
	Tanpa Styrofoam		Dengan Styrofoam		
	TS 1	TS 2	S 1	S 2	S 3
Pu (kg)	5000	6000	6600	5500	4500

Data pada tabel 4.2 kemudian diuji dan didapatkan hasil pengujian seperti pada tabel 4.3, diagram *t – test* ditunjukkan pada gambar 4.4 :

**Tabel 4. 3 Hasil Pengujian Statistik**

	Variable 1	Variable 2
Mean	5500	5533.333333
Variance	500000	1103333.333
Observations	2	3
Pooled Variance	902222.2222	
Hypothesized Mean Diffi	0	
df	3	
t Stat	-0.038442587	
P(T<=t) one-tail	0.485874965	
t Critical one-tail	2.353363435	
P(T<=t) two-tail	0.971749931	
t Critical two-tail	3.182446305	



**Gambar 4. 4 Diagram *t*-test**

Dengan asumsi bahwa  $H_0$  : Penambahan Styrofoam dapat mengurangi atau tidak mempengaruhi kekuatan geser panel, dan  $H_1$  : Penambahan Styrofoam akan menambah kekuatan panel. Dari data hasil uji statistik yang menunjukkan batas nilai  $t$  teoritis agar asumsi awal diterima yaitu 2.535, dimana jika hasil  $t$  teoritis berada pada daerah arsiran berarti asumsi awal tidak diterima. Hasil analisa menunjukkan nilai  $t$  pengujian yaitu 0.486 dan berada diluar arsiran, hal ini menunjukkan bahwa asumsi awal diterima, yaitu benar adanya apabila penambahan Styrofoam akan mengurangi atau tidak mempengaruhi kekuatan panel dengan signifikansi 5%.

#### 4.7 Jenis Retakan

Panel masih termasuk dalam kategori balok tinggi dengan ragam keruntuhan Tekan Geser (SC), maksudnya keruntuhan yang terjadi merupakan keruntuhan geser di daerah tekan. Pada keruntuhan tekan geser (SC) keruntuhan akan dimulai dengan timbulnya retak lentur halus vertikal di tengah bentang, namun tidak menjangar. Karena terjadi kehilangan lekatan antara tulangan membujur (longitudinal) dengan beton disekitarnya pada daerah perletakan, setelah itu diikuti dengan retakan miring secara tiba-tiba dan menjangar menuju sumbu netral (Edward G. Nawy, 1998 : 155). Prediksi demikian terjadi pada balok dengan tulangan di daerah lentur atau balok yang memang didesain agar cukup untuk menahan lentur.

Panel termasuk kategori balok tinggi dengan tipe keruntuhan seperti yang telah

dijelaskan sebelumnya, namun yang terjadi pada panel pada saat pengujian berbeda dengan prediksi yang ada. Pada saat pengujian, keruntuhan yang terjadi pada panel adalah dominan runtuh karena lentur, setelah mencapai beban tertentu panel akan mengalami keruntuhan geser namun tidak dominan. Kenyataan yang terjadi pada saat pengujian panel berbeda dengan prediksi karena panel memang tidak didesain dengan perkuatan tertentu untuk menahan lentur, jadi kekuatan lentur yang dimiliki panel begitu lemah sehingga yang terjadi bukan retak geser namun retak lentur, dengan lebar retakan maksimum untuk panel tanpa Styrofoam adalah 20 mm dan panel dengan Styrofoam adalah 30 mm.

Bentuk Keruntuhan yang terjadi pada panel ditunjukkan pada gambar 4.5 dan 4.6 .



**Gambar 4.5 Model keruntuhan panel tanpa styrofoam**



**Gambar 4.6 Model keruntuhan panel dengan Styrofoam**

## 5. Penutup

### 5.1 Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian tentang kekuatan geser dengan pemberian beban *in-plane* pada panel bertulangan bambu lapis Styrofoam dan tanpa lapisan Styrofoam, yaitu :

1. Kedua jenis panel memiliki kekuatan geser yang hampir sama, yang ditunjukkan oleh besarnya beban ultimit dan kuat geser yang dapat di tahan oleh kedua panel. Namun, panel dengan Styrofoam memiliki kekuatan sedikit lebih besar dari pada panel tanpa Styrofoam, yaitu beban ultimit untuk panel dengan Styrofoam 5533 kg dan beban ultimit untuk panel tanpa Styrofoam 5500 kg, kuat geser untuk panel dengan Styrofoam 2766.667 kg dan kuat geser panel tanpa Styrofoam 2750 kg.
2. Karena panel memiliki kekuatan geser yang lebih besar dari kekuatan lentur, menyebabkan panel mengalami keruntuhan lentur sebelum mencapai keruntuhan gesernya.

### 5.2 Saran

Untuk penelitian yang lebih baik kedepannya terutama tentang panel dengan beban geser, terdapat beberapa hal yang perlu diperhatikan dan dapat dijadikan saran untuk penelitian selanjutnya yaitu :

- Perlu dilakukan pengujian yang lebih spesifik dari tulangan yang terbuat dari bambu.
- Untuk hasil yang lebih baik, perlu dilakukan modifikasi dari Styrofoam, karena jika Styrofoam yang digunakan mutunya lebih bagus, kemungkinan Styrofoam tersebut dapat menyumbangkan kekuatan pada panel.

### Daftar Pustaka

- Dewi, S.M., Nurlina, S. & Wonlele, T. 2013. Penerapan Bambu Sebagai Tulangan Dalam Struktur Rangka Batang Beton Bertulang, Jurnal Rekayasa Sipil.
- Bayu, B., Nuralinah, D., Nurlina, S., Suseno, H. & Wijatmiko, I. 1978. Pengaruh Jarak Tulangan Bambu Pada Struktur Cangkang Beton Bambu Komposit, Jurnal Rekayasa Sipil.
- Sudipta I.G.K.. & Sudarsana K. 2009. Permeabilitas Beton Dengan Penambahan Styrofoam, Jurnal Ilmiah Teknik Sipil.
- Dewi, S.M., Nurlina, S., Susanti, L. 2011. Pengaruh Penggunaan Pengekang (*Bracing*) Pada Dinding Pasangan Batu Bata Terhadap Respon Gempa, Jurnal Rekayasa Sipil.
- Avram, C., Facaoaru, I., Filimon, I., Mirsu, O., Tertera, I. 1981. *Development In Civil Engineering Concrete Strength and Strain*. Amsterdam-Oxford-Newyork : Elsevier.
- Nawy, E.G. 1998. *Beton Bertulang Suatu Pendekatan Dasar*. Bandung : Refika Aditama.
- Winter, G. & Nilson, A. H. 1993. *Perencanaan Struktur Beton Bertulang*. Jakarta : Pradya Paramita.
- Park R. & Paulay T. 1975. *Reinforced Concrete Structures*. USA : John Wiley & Sons. Inc.
- Schodeck, D.L. 1998. *Struktur*. Bandung : Refika Aditama.
- Frick, Heins. 2004. *Ilmu Konstruksi Bangunan Bambu*. Semarang : Kanisiun.