

PENGUJIAN GESER PANEL KOMPOSIT LAPIS ANYAMAN BAMBU MENGGUNAKAN LIMBAH BETON SEBAGAI BAHAN AGREGAT DENGAN VARIASI JARAK *SHEAR CONNECTOR* DAN AGREGAT CAMPURAN

M. Taufik Hidayat
Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya Malang
Jl. MT. Haryono 167, Malang 65145, Indonesia
E-mail : civil@brawijaya.ac.id

ABSTRAK

Panel lapis gedek merupakan komposit dengan jenis bahan yang berbeda yaitu lapis gedek dan lapis beton tanpa pasir. Panel lapis gedek terdiri dari tiga lapis gedek, ditengah-tengahnya diisi beton tanpa pasir. Dari penggunaan panel lapis gedek ini akan diperoleh keuntungan yaitu : ringan, murah, tahan gempa, tahan angin dan tahan api. Untuk menggabungkan antara lapis gedek dan beton tanpa pasir diperlukan adanya penghubung yaitu *shear connector*. Dalam panel lapis gedek ini agregat kasar diperoleh dari limbah beton yang dihancurkan. Adapun rumusan masalah dari penelitian ini adalah bagaimanakah pengaruh limbah beton dengan variasi jarak *shear connector* dan agregat campuran terhadap kuat geser panel lapis gedek pada saat retak pertama. Luaran yang diharapkan dengan digantikannya pasir dan kerikil dengan limbah beton, bisa mengurangi berat sendiri panel dengan kekuatan sama atau lebih bila dibandingkan dengan panel dengan komponen spesi yang terdiri dari semen, pasir, air. Selanjutnya juga akan dihitung kuat geser panel lapis gedek dengan variasi jarak *shear connector* 10 cm dan 15 cm dan agregat kasar dengan perbandingan campuran yaitu 1 : 3 dan 1 : 4. Benda uji yang digunakan adalah panel lapis gedek dengan ukuran (80x50) cm dan ketebalan 3 cm, yang diberi beban terpusat pada bentang tengah. Asumsi tumpuan adalah sendi-rol. Dalam analisis ini diasumsikan panel sebagai balok tinggi. Pada balok tinggi tegangan geser maksimum terjadi pada kondisi 0,4h dari serat bawah.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa pada pengujian pelat lapis anyaman bambu (gedek) dengan variasi jarak *shear connector* dan agregat campuran menunjukkan adanya pengaruh jarak *shear connector* terhadap kekuatan geser tetapi bernilai negatif, karena makin kecil jarak *shear connector* ternyata makin kecil beban yang ditahan. Jarak *shear connector* juga berpengaruh terhadap kerapatan agregat pada panel. Hal ini dibuktikan dengan analisa statistik dan memberikan kesimpulan bahwa variasi agregat tidak berpengaruh terhadap kekuatan geser pelat lapis gedek.

Kata kunci : anyaman bambu, limbah beton, panel komposit, *shear connector*

PENDAHULUAN

Seiring dengan pembangunan fisik (bidang konstruksi) tentunya sangat dibutuhkan pemenuhan bahan bangunan sesuai dengan yang diperlukan. Selain itu juga diperlukan konstruksi yang kuat, mengingat baru-baru ini banyak terjadi gempa di Indonesia.

Kebanyakan bangunan rumah penduduk yang terkena gempa menggunakan dinding pasangan batu bata. Oleh karena itu perlu adanya pengembangan teknologi bahan untuk mendapatkan alternatif bahan bangunan yang ada selain dinding pasangan batu

bata agar kita dapat membangun rumah. Salah satu alternatif bahan bangunan tersebut adalah bambu dimana bambu tahan terhadap gempa tapi tidak tahan terhadap air, angin dan bahaya kebakaran.

Dalam pelaksanaan pembangunan, bambu banyak digunakan karena sifatnya yang ringan sehingga mudah pemakaiannya dan mudah untuk dipindahkan. Namun karena sifatnya yang ringan ini bambu mempunyai kelebihan dan kekurangan sehingga bambu harus dipadukan dengan bahan bangunan lain untuk menutupi

kekurangan yang ada. Salah satunya adalah dengan membuat panel yang terdiri dari bambu dan beton. Dalam prakteknya bambu yang digunakan untuk panel berupa anyaman bambu (gedek) sehingga disebut panel lapis gedek. Panel lapis gedek terdiri dari tiga lapis gedek, ditengah-tengahnya diisi beton agar kedap suara, tahan api dan tidak tembus pandang. Dari penggunaan panel lapis gedek ini akan diperoleh beberapa keuntungan yaitu : ringan, murah, tahan gempa, tahan angin, dan tahan api.

Pengaruh gempa terhadap suatu bangunan tergantung pada berat total bangunan itu sendiri. Meskipun berat sendiri panel lapis gedek sudah ringan namun lebih bagus lagi apabila ada bahan tambahan yang bisa lebih memperingan panel lapis gedek tersebut. Oleh karena itu perlu adanya pengembangan teknologi bahan untuk mendapatkan alternatif bahan bangunan baru yang dapat mengurangi berat sendiri dengan tidak mengurangi kekuatan nominal dari bangunan tersebut. Dalam hal ini alternatif yang akan dicoba adalah mengganti pasir dan kerikil sebagai bahan beton dengan limbah beton yang telah dihancurkan untuk panel lapis gedek. Panel lapis gedek yang terdiri dari campuran limbah beton yang dihancurkan, semen dan air ini bukan hanya bertujuan untuk mengurangi berat sendiri panel tersebut namun juga diharapkan mempunyai kekuatan yang sama atau bahkan lebih bila dibandingkan dengan panel lapis gedek yang terdiri dari campuran pasir, kerikil, semen dan air. Oleh karena itu untuk mengetahui kekuatan dari panel lapis gedek dengan bahan limbah beton ini maka dilakukan penelitian agar didapat data-data yang menyangkut kekuatan panel lapis gedek.

Perumusan Masalah

1. Apakah variabel *shear connector* dan variabel agregat-semen berpengaruh terhadap variabel kuat geser ?

2. Apakah variabel *shear connector* dan variabel agregat-semen berpengaruh terhadap variabel lendutan ?
3. Apakah variabel *shear connector* dan variabel agregat-semen berpengaruh terhadap variabel beban batas ?
4. Apakah variabel *shear connector* dan variabel agregat-semen berpengaruh terhadap variabel beban retak ?

Tujuan Penelitian

1. Untuk mengetahui pengaruh variabel *shear connector* dan variabel agregat-semen terhadap variabel kuat geser.
2. Untuk mengetahui pengaruh variabel *shear connector* dan variabel agregat-semen terhadap variabel lendutan.
3. Untuk mengetahui pengaruh variabel *shear connector* dan variabel agregat-semen terhadap variabel beban batas.
4. Untuk mengetahui pengaruh variabel *shear connector* dan variabel agregat-semen terhadap variabel beban retak.

Batasan Masalah

1. Penelitian hanya dilakukan di laboratorium.
2. Pengujian dilakukan pada pelat satu arah.
3. Tidak dilakukan pengujian khusus terhadap bambu.
4. Semen yang digunakan adalah Semen Gresik Tipe I.
5. Benda uji berupa pelat dengan perbandingan ukuran $l_y : l_x = 0,5 \text{ m} : 0,8 \text{ m}$.
6. Campuran beton tanpa pasir yang digunakan 1(semen) : 3(agregat) dan 1(semen) : 4(agregat)
7. Pelat tidak menggunakan tulangan baja tetapi menggunakan kawat No.18 dengan diameter 1 mm sebagai *shear connector*.
8. Untuk kawat tidak dibahas dalam perhitungan.
9. Jarak kawat penghubung geser 10 cm dan 15 cm.
10. Jumlah benda uji untuk tiap variasi masing-masing 5 buah.

11. Agregat kasar yang digunakan adalah limbah beton yang didapat dari hasil praktikum beton mahasiswa Teknik Sipil Universitas Brawijaya dengan ukuran agregat lolos saringan 1/2" sebesar 50% dan agregat lolos saringan 3/8" sebesar 50%.
12. Air yang digunakan berasal dari air bersih Perusahaan Air Minum (PDAM), Kodya Malang.
13. Jenis tumpuan adalah sendi-rol.
14. Letak beban berada ditengah bentang.
15. Pengujian dilakukan dengan menggunakan beban terpusat sejajar bidang dinding.
16. Beban yang ditinjau hanya beban geser.
17. Kuat geser yang ditinjau hanya kuat geser pada beban retak pertama.

TINJAUAN PUSTAKA

Bambu sudah dikenal oleh masyarakat sebagai bahan bangunan sejak lama. Menurut Dransfield dan Widjaja (1995) batang bambu yang terdiri atas sekitar 50% parenkim, 40% serat, 10% sel penghubung (pembuluh dan *sieve tubes*) dan susunan serat pada ruas penghubung antar buku memiliki kecenderungan bertambah besar dari bawah ke atas sementara parenkimnya berkurang, banyak digunakan dalam pembangunan. Selain itu bambu juga relatif lebih mudah didapat bila dibandingkan dengan bahan bangunan lain.

Batang bambu banyak digunakan sebagai bahan konstruksi antara lain dalam bentuk dinding, rangka kuda-kuda, tiang kasau atau kaso, lantai, pintu dan lain-lain. Selain itu muncul gagasan tentang penggunaan bambu sebagai alternatif tulangan atau kerangka pada beton untuk menggantikan besi baja. Hal ini didorong oleh suatu hasil pengujian tentang sifat mekanis bambu memiliki nilai kekuatan tarik (tegangan patah untuk tarikan) sebesar 1000-4000 kg/cm²

yang setara dengan besi baja berkualitas sedang. Dari beberapa penelitian mengenai bambu diketahui hal-hal sebagai berikut (Rudi Prasetyo, 2002 : 15):

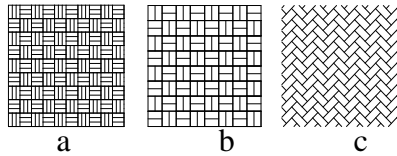
- Modulus elastisitas bambu pada kondisi kering udara adalah berkisar antara 17000-20000 N/mm². Sedangkan pada kondisi basah antara 9000-10000 N/mm².
- Kuat tekan searah serat pada bambu bagian pangkal adalah 21.6 N/mm², pada bagian tengah 26.6-41.4 N/mm² dan pada bagian ujung adalah 31-49.9 N/mm².
- Kuat geser pada bambu bagian pangkal adalah 6-9.5 N/mm², pada bagian tengah 6.1-11.3 N/mm² dan pada bagian ujung adalah 7.6-12.6 N/mm².

Selain hal-hal tersebut ada beberapa keuntungan dan kerugian yang diperoleh bila kita memilih bambu sebagai bahan konstruksi. Keuntungan yang diperoleh bila menggunakan bambu sebagai bahan konstruksi yaitu bambu memiliki bentuk bulat, padat dan kuat, tekstur bambu elastis dan jarang rusak, bambu ringan menyebabkan tahan terhadap gempa bumi. Sedangkan kerugiannya, antara lain rayap dan cepat terbakar. (Rudi Prasetyo, 2002 : 15).

Anyaman Bambu

Anyaman bambu (gedek) diperoleh dari bambu yang sudah dibelah dan dianyam. Ukuran dari serat bambu berkisar antara 2 hingga 3 cm. Pemotongan serat bambu ini disesuaikan dengan lingkaran atau keliling batang bambu juga ketebalan dari bambu bagian luar hingga bagian dalam. Semakin besar keliling batang bambu dan semakin tebal batang bambu itu maka serat bambu yang dihasilkan akan semakin dapat divariasikan (Dransfield dan Widjaja, 1995).

Jenis anyaman bambu dapat digambarkan seperti **Gambar 1** berikut ini (Rudi Prasetyo, 2002 : 16)



Gambar 1. Jenis-jenis anyaman bambu

Dalam penelitian ini digunakan anyaman bambu jenis (b).

Gedeg

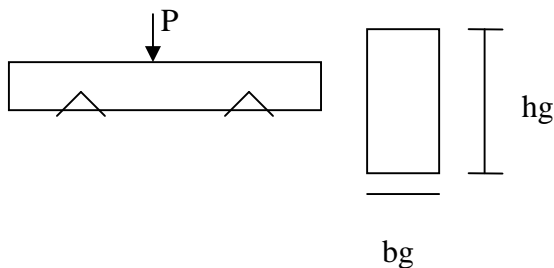
Dari uji lentur dihitung tegangan lentur bambu dengan persamaan.

$$\sigma_{\text{bambu}} = \frac{Mg \cdot yg}{I_g}$$

dengan:

- σ_{bambu} = tegangan lentur bambu (kg/cm²)
- Mg = momen lentur bambu (kg.cm)
- I_g = momen inersia bambu (cm²)
- Y_g = jarak dari garis netral ke serat tarik bambu (cm)

Sedangkan dari tegangan lentur bambu, nilai geser dapat dihitung dengan menurunkan persamaan sebagai berikut:



Gambar 2. Model Pengujian Bambu

Dari penurunan rumus diperoleh

$$\tau_{\text{bambu}} = \frac{\sigma_{\text{bambu}} \cdot h_g}{2L_g}$$

dengan :

- τ_{bambu} = tegangan geser bambu(kg/cm²)
- h_g = tinggi benda uji bambu (cm)
- L_g = panjang bentang benda uji bambu (cm)

Beton Tanpa Pasir

Kekuatan geser beton tanpa pasir hasil analitis lebih sulit diperoleh secara eksperimental dibandingkan dengan percobaan-percobaan lainnya, karena sulit mengisolasi geser dari kekuatan – kekuatan lainnya, oleh karena itu kekuatan geser beton siklop ditentukan antara 20-30% dari kekuatan tekannya (Canstantin Avram,1981 : 322)

$$\tau_{\text{beton tanpa pasir}} = (0,2 - 0,3) f'c$$

dengan :

- f'c = kuat tekan hancur hancur beton tanpa pasir (MPa)
- τ = kuat geser (kg/cm²)

Untuk mendapatkan kuat tekan beton tanpa pasir dilakukan uji tekan silinder berukuran 15 x 30 cm dengan variasi perbandingan campuran semen-agregat kasar.

$$f'c = \frac{\text{beban_hancur}}{\text{luas_penampang}}$$

Material Pengisi Panel

Beton tanpa pasir adalah beton yang mempunyai bahan pembentuk utama berupa semen dan agregat kasar. Semen dicampurkan pada saat agregat kasar dalam kondisi jenuh dan dibiarkan selama 28 hari dengan perawatan di dalam ruangan. Perbandingan air-semen

dapat diambil berdasarkan kualitas dan kemudahan pengerjaan beton tanpa pasir. Pada umumnya fas dapat diambil sekitar 0.4 pencampuran sebaiknya dilakukan dengan memakai mesin pengaduk (molen).

Agregat Kasar (Limbah Beton)

Agregat ialah butiran mineral alami yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran mortar atau beton. Agregat ini kira-kira menempati sebanyak 70 % volume beton.

Sebagai bahan untuk campuran beton, kerikil harus memenuhi beberapa syarat yaitu :

- Terdiri dari butir keras tidak berpori.
- Bersifat kekal, artinya tahan terhadap pengaruh cuaca.
- Tidak mudah pecah.
- Tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1 % (dari berat kering), bila lebih maka kerikil harus dicuci.

Bentuk ideal dari batu pecah adalah mendekati kubus atau balok, bentuk tajam dan kasar akan membuat beton tidak ekonomis lagi sebab pemakaian semen akan besar untuk tercapainya sifat *workability*.

Shear Connector

Peranan penghubung geser (*shear connector*) tersebut berfungsi untuk memindahkan gaya geser dari elemen satu ke elemen lainnya. Dalam hal ini yang dimaksud adalah lapisan gedek dan lapisan beton siklop. Pada umumnya tahanan geser horizontal (*horizontal shear transfer*) merupakan kriteria yang menentukan dari suatu *shear connector* sehingga *shear connector* harus cukup kuat untuk menahan baik gaya vertikal

maupun horizontal (Rudy Prasetyo, 2002 :15).

Struktur Komposit

Dalam suatu struktur yang terdiri dari dua material pada masa dahulu selalu direncanakan secara terpisah karena dianggap keduanya bekerja sendiri-sendiri dalam menahan gaya yang bekerja. Hal ini terjadi karena lekatan antara dua material tersebut tidak dapat diandalkan. Tetapi dengan perkembangan dunia konstruksi, adanya penghubung geser baik dengan pengelasan maupun mekanis menjadi praktis untuk menahan gaya geser yang timbul diantara dua material saat struktur tersebut dibebani. (Salmon, 1991 : 345)

Dalam sistem komposit, perbedaan elemen struktur menyebabkan perbedaan modulus elastisitas. Sehingga untuk menghitung tegangan-tegangan yang terjadi diperlukan suatu cara yang disebut dengan Metode Transformasi (Metode Luas Pengganti).

Pada penampang komposit, terbentuk satu kesatuan untuk menerima beban, dalam hal ini antara gedek dengan beton tanpa pasir. Akibat beban dari luar, maka pada panel tersebut terjadi lenturan sehingga akan terjadi gesekan antara permukaan gedek dengan permukaan beton yang akan ditahan oleh *shear connector*.

Nilai M_g dan M_s dicari sebagai berikut :

$$M_{\text{Total}} / I_{\text{Ekivalen}} = M_g / (I_g / n)$$

$$M_{\text{Total}} / I_{\text{Ekivalen}} = M_s / I_s$$

Nilai inersia penampang, I dicari sebagai berikut :

Inersia penampang beton :

$$I_s = 1/12 \cdot B \cdot (t_s)^3$$

Inersia penampang gedek :

$$I_g = 2 \cdot \{ 1/12 \cdot B \cdot (t_g)^3 + t_g \cdot B \cdot (0,5t_s + 0,5t_g)^2 \}$$

$$I_{\text{Ekivalen}} = n \cdot I_g + I_s$$

$$n = E_s / E_g$$

dengan :

n = perbandingan antara modulus elastisitas beton tanpa pasir dan anyaman bambu

E_s = modulus elastisitas beton tanpa pasir(kg/cm²)

E_g = modulus elastisitas gedek (kg/cm²)

Modulus elastisitas beton dapat diperoleh menggunakan rumus pendekatan beton ringan untuk modulus elastisitas, berdasarkan (SK SNI T-15-1991-03) yaitu :

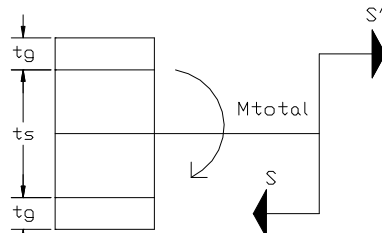
$$E_s = (WC)^{1,5} \times 0,043 \sqrt{f'_c} \quad (\text{Mpa})$$

dengan :

WC = Unit massa pada beton (kg/m³)

F_c = Kuat tekan beton (MPa)

Momen yang terjadi dapat digunakan dengan kopel yang bekerja pada kedua penampang gedek



Gambar 3. Gaya tranformasi

Modulus elastisitas gedeg disamakan dengan modulus elastis bambu, dihitung berdasarkan rumus pendekatan modulus

elastisitas kayu yaitu sesuai SK SNI M-29-1991-03

$$E_g = \frac{P \cdot L_g^3}{4y \cdot b_g \cdot h_g^3}$$

dengan :

P = selisih pembebanan dari suatu tahap pembebanan ke tahap pembebanan berikutnya (kg)

L_g = panjang bentang pada uji lentur bambu (cm)

y = selisih lendutan dari satu tahap pembebanan ke tahap pembebanan sebelumnya (cm)

b_g = lebar benda uji bambu (cm)

h_g = tinggi benda uji bambu (cm)

E_g = modulus elastisitas lentur bambu (kg/cm²)

Karena merupakan sistem komposit maka tebal yang dipakai adalah gedeg yang ditransformasikan ke beton tanpa pasir.

$$t = (t_s + 2 \cdot \frac{t_g}{n})$$

dengan :

t_g = tebal gedeg (cm)

t_s = tebal beton tanpa pasir (cm)

t = tebal tranformasi (cm)

untuk mengkompositkan anyaman dan beton tanpa pasir diperlukan penghubung geser (*shear connector*).

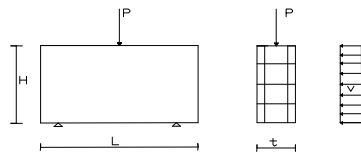
Tegangan Geser Panel

Kuat geser panel lapis gedek

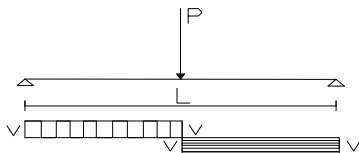
Kuat geser yang dimaksudkan adalah kuat geser hasil pengamatan, yaitu

kuat geser yang diperoleh dari hasil pengujian benda uji yang telah dipersiapkan. Pengujian dimaksudkan untuk menentukan apakah penampang dengan variasi jarak *shear connector* menahan beban pusat yang bekerja. Benda uji yang dipakai adalah panel lapis gedek dengan ukuran panjang 80 cm dan lebar 50 cm serta tebal panel ± 3 cm. Pada penelitian ini akan diuji kuat geser panel lapis gedek dengan variasi jarak *shear connector*, yaitu: 10 cm dan 15 cm dengan memakai campuran 1 : 3 dan 1 : 4 pada setiap jarak *shear connector* untuk beton pengisi. Beban batas atau beban kritis adalah beban maksimum yang mampu ditahan sampai benda uji mengalami keruntuhan.

Tegangan geser (τ) dari panel lapis gedek adalah sebagai berikut:

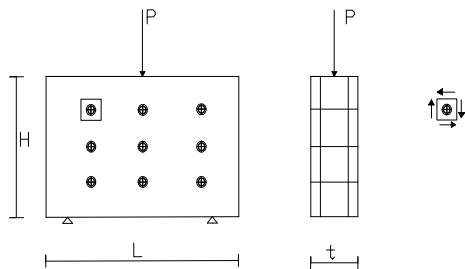


Gambar 4. Diagram tegangan



Gambar 5. Diagram gaya lintang

1. Analisis kekuatan *shear connector*



Gambar 6. Tegangan geser dalam sebuah balok empat persegi panjang

Jarak *shear connector* memiliki pengaruh terhadap kekuatan dinding. Hal ini dapat dilihat pada **Gambar 5**. Bila *shear connector* dipasang dengan jarak yang sama pada sisi vertikal dan horisontal maka : $a = b$

Jarak antara *shear connector* = $0,5 a + 0,5 b$ dimana $a = b$ maka jarak antara *shear connector* juga akan sama dengan b .

Sehingga dapat diperoleh rumus

(Daryanto,1996:68) =

$$P_{\text{tumpu}} > \tau \cdot a \cdot b$$

Bila $a = b$, maka :

$$P_{\text{tumpu}} > \tau \cdot b^2$$

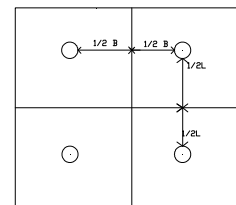
dengan :

τ = friksi antara gedek dengan beton tanpa pasir

a = jarak *shear connector* pada sisi vertikal

b = jarak *shear connector* pada sisi horisontal

Dalam kondisi lebih renggang maka jumlah *shear connector* yang terpasang akan semakin sedikit, tegangan geser antara luas bidang kontak *shear connector* semakin besar, tegangan tumpu *shear connector* semakin besar sehingga kekuatan dinding juga akan semakin kecil. Demikian pula sebaliknya.



Gambar 7. Posisi *shear connector* pada sisi vertikal dan horisontal (sumber: Rudi Prasetyo:28)

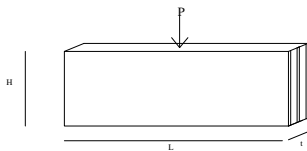
Untuk menghitung pengaruh *shear connector* digunakan rumus:

$$Q = A_s \cdot \tau_s + A_b \cdot \tau_b$$

dengan :

- Q = Kapasitas penghubung geser (kg)
- A_s = Luas beton tanpa pasir (cm²)
- A_b = Luas SC (cm²)
- τ_s = Tegangan geser (kg/cm²)
- τ_b = Tegangan geser SC (kg/cm²)

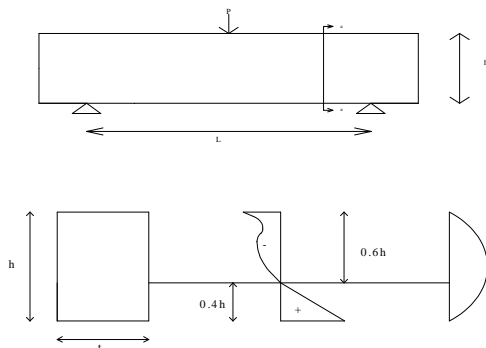
2. Analisis kekuatan penampang



Gambar 8. Benda uji dan pembebanan

Berdasarkan ukuran panel lapis gedek untuk $L/h = 75/50 = 1,5$ dan $h = 80/2 = 40$, maka tegangan panel lapis gedek dapat dimasukkan seperti pada kondisi 2 dan analisa kuat gesernya dapat dijelaskan seperti pada kondisi 2 dan analisa kuat gesernya dapat dijelaskan sebagai berikut :

- Analisa kuat geser pada panel lapis gedek



Gambar 9. Tegangan balok tinggi (panel lapis gedek)

Tegangan geser dapat dihitung dengan penurunan persamaan sebagai berikut :

$$\tau = \frac{0,4287 P}{th}$$

Dengan :

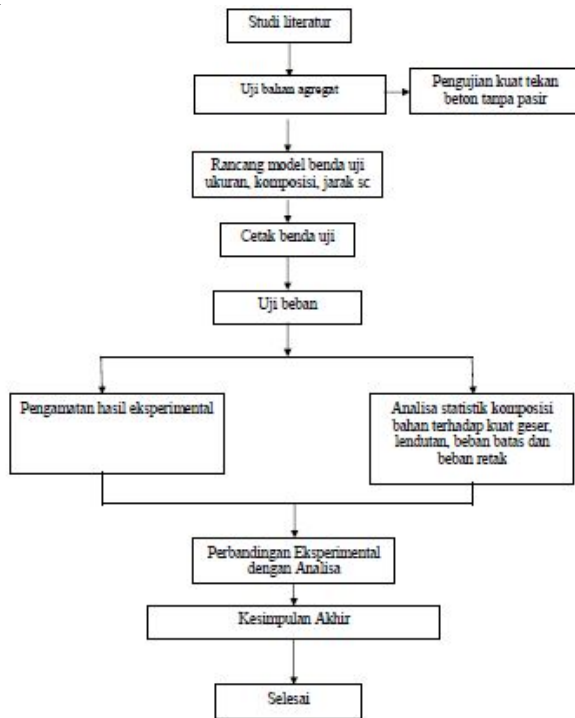
- τ = tegangan geser maksimum (kg/cm²)
- P = beban maksimum panel (kg)
- L = panjang bentang bersih panel (cm)
- h = tinggi panel (cm)
- t = tebal transformasi panel (cm)

METODE

Prosedur Penelitian

1. Analisis agregat kasar meliputi analisis gradasi, analisis kadar air, analisis berat jenis dalam keadaan SSD, analisis berat isi dan penyerapan agregat.
2. Rancangan campuran dibuat berdasarkan penelitian yang sudah ada 1 : 3 dan 1 : 4. Untuk mengetahui kuat tekan beton (f_{c'}) maka dibuat 2 buah benda uji beton bentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm.
3. Pembuatan benda uji pelat berukuran 80 cm x 50 cm.
4. Perawatan (*curing*) pelat komposit bambu-beton tanpa pasir di dalam ruangan.
5. Pengujian silinder uji beton pada umur 28 hari untuk mengetahui besar kekuatan tekan dari campuran beton tanpa pasir.
6. Pengujian benda uji pelat setelah umur 28 hari.
7. Panel lapis gedek ditimbang beratnya setelah itu diletakkan horizontal, ditumpu pada kedua sudutnya dan diberi beban terpusat. Diamati hubungan beban dengan penurunan vertikal dan penyimpangan horisontal dari panel lapis gedek.

Berikut digambarkan diagram alir penelitian.



Gambar 10. Diagram Alir Penelitian

Variabel Penelitian

1. Variabel Bebas (*independent variable*) : variabel yang berubahannya bebas ditentukan peneliti. Dalam penelitian ini, variabel bebas adalah jarak *shear connector* dan perbandingan campuran semen-agregat .
2. Variabel Terikat (*dependent variable*): variabel yang tergantung pada variabel bebas. Dalam penelitian ini, variabel terikat adalah kuat geser, lendutan, beban batas dan beban retak.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian Panel

Tabel 1. Pembebanan panel retak pertama.

VARIASI		DEFLEKSI	BEBAN	RATA-RATA PEMBEBANAN RETAK PERTAMA	
SC 10 cm	1:03	3.75	34.5	34.5	
		4.65	46		
		2.75	34.5		
		2.15	23		
		3.4	34.5		
SC 10 cm	1:04	2.2	34.5	34.5	
		4.25	34.5		
		2.05	34.5		
		1.6	34.5		
SC 15cm	1:03	1.6	34.5	48.3	
		2.9	57.5		
		3.8	57.5		
		2.05	46		
		2.65	46		
	SC 15cm	1:04	2.25	34.5	43.7
			2.15	46	
			3.75	69	
			2.1	46	
		1.7	23		

Beban yang diperoleh dari hasil pengujian merupakan beban batas hingga panel komposit anyaman bambu-beton tanpa pasir mengalami kehancuran, dalam hal ini yang hancur adalah agregat. Pada saat mengalami pembebanan pertama, panel komposit anyaman bambu-beton tanpa pasir masih memikul beban secara bersama-sama, karena beban semakin bertambah maka panel komposit akan mengalami deformasi yang ditandai oleh adanya lendutan yang semakin besar. Akibat adanya lendutan tersebut, akan mengakibatkan terjadinya retak awal panel. Retak pertama kali pada panel komposit anyaman bambu-beton tanpa pasir ini terjadi pada bagian bawah beton tanpa pasir yang mengalami tarik. Retak pertama kali tersebut terjadi ketika tegangan tarik beton tanpa pasir mencapai kekuatan modulus retaknya. Apabila hal ini sudah terjadi maka beton tanpa pasir di daerah tarik tidak lagi

memberikan kontribusi kekuatannya dalam menahan tarik sehingga yang bekerja menahan beban hanya anyaman bambu dan beton tanpa pasir bagian tekan.

Akibat adanya beban yang semakin lama semakin besar, dimana lendutan yang terjadi juga semakin besar maka agregat akan dengan cepat mengalami retak pada daerah tarik hingga tidak mampu menahan beban sehingga menyebabkan timbulnya keretakan

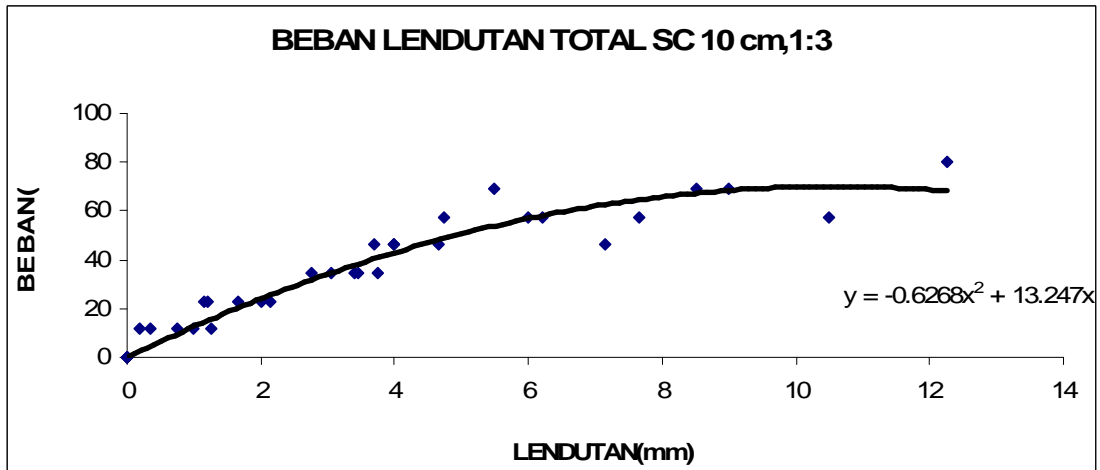
sampai bagian atas agregat. Kehancuran pada bagian ini menandakan bahwa panel komposit anyaman bambu-beton tanpa pasir sudah tidak lagi menahan beban secara bersama-sama. Hal ini ditandai dengan retak yang semakin terbuka pada panel yang terus melendut seiring dengan waktu. Beban hasil penelitian yang mengakibatkan beban batas pada panel komposit bambu-beton tanpa pasir dapat ditunjukkan pada **Tabel 2**.

Tabel 2. Rekapitulasi Beban Batas Hasil Pengujian Panel Komposit

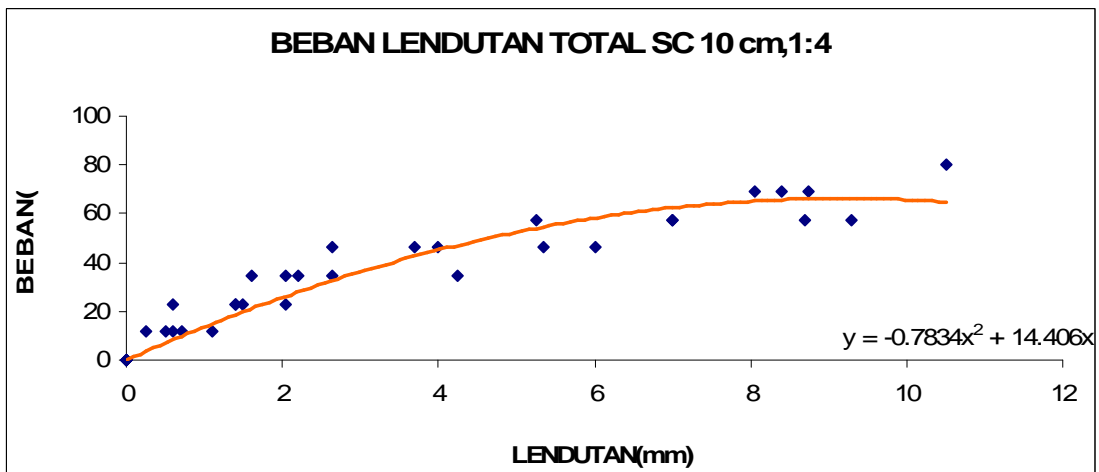
VARIASI		Jenis Panel	Berat Panel (kg)	Beban Batas(Pcr)	
				Pengujian (mm)	Rata-rata (mm)
SC 10 cm	1: 3	1	17	57.5	66.7
		2	15.3	80.5	
		3	15	57.5	
		4	14.7	69	
		5	18	69	
	1: 4	1	14	57.5	66.7
		2	14.2	57.5	
		3	13.2	80.5	
		4	13.2	69	
		5	14.2	69	
SC 15 cm	1: 3	1	14.8	126.5	103.8
		2	13.8	103.5	
		3	21	103.5	
		4	15.9	80.5	
		5	16	105	
	1: 4	1	16.7	92	94.3
		2	14.5	92	
		3	14	126.5	
		4	15.8	92	
		5	16	69	

Dari hasil pengujian yang telah dilakukan didapatkan grafik hubungan antara beban dan lendutan pada titik

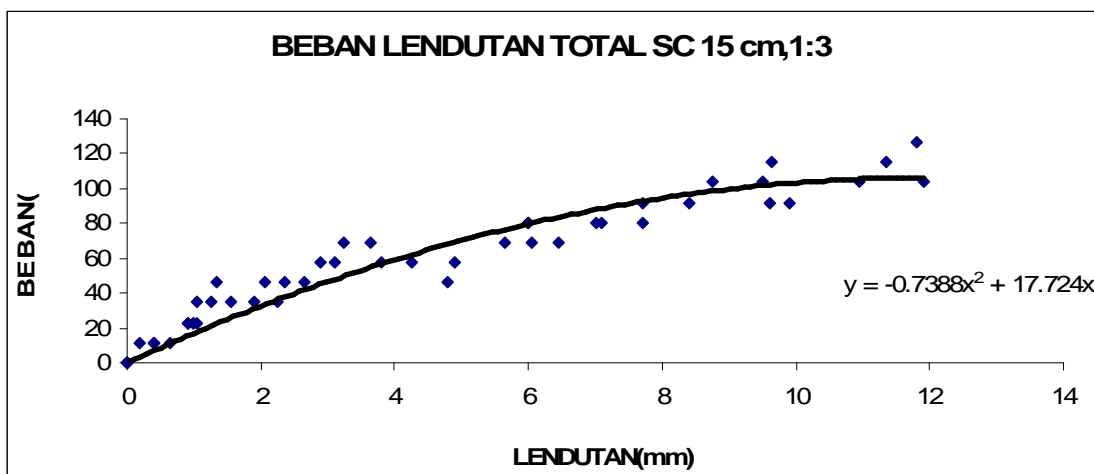
pembebanan dimana hasilnya dapat dilihat pada **Gambar 11** s/d **Gambar 16**



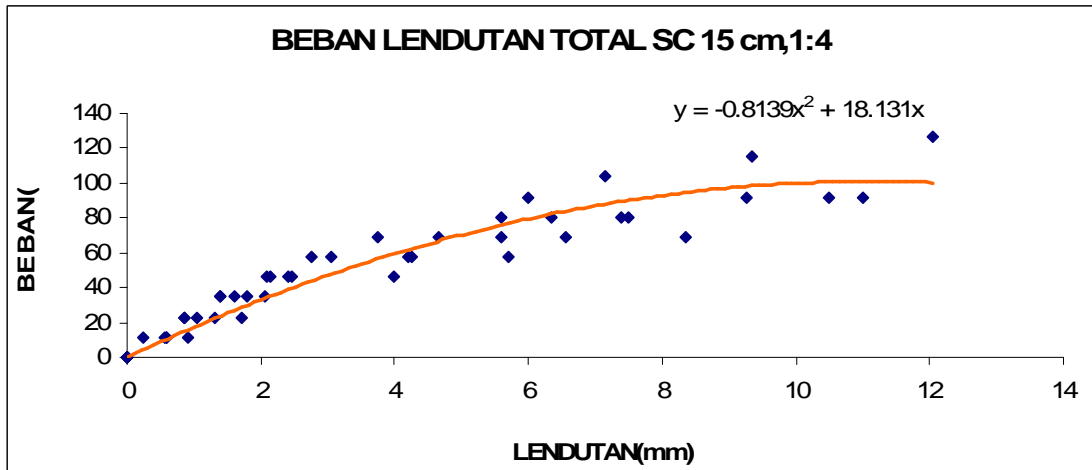
Gambar 11. Hubungan Regresi Beban dan Lendutan Total Panel Komposit Anyaman Bambu-Beton Tanpa Pasir untuk Variasi SC 10 cm dan Campuran 1 (semen) : 3(agregat)



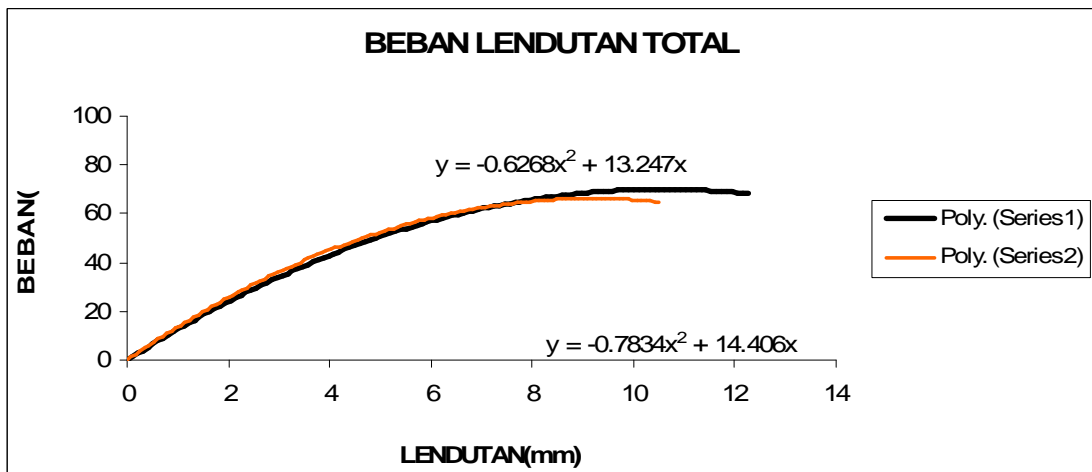
Gambar 12. Hubungan Regresi Beban dan Lendutan Total Panel Komposit Anyaman Bambu-Beton Tanpa Pasir untuk Variasi SC 10 cm dan Campuran 1 (semen) : 4 (agregat)



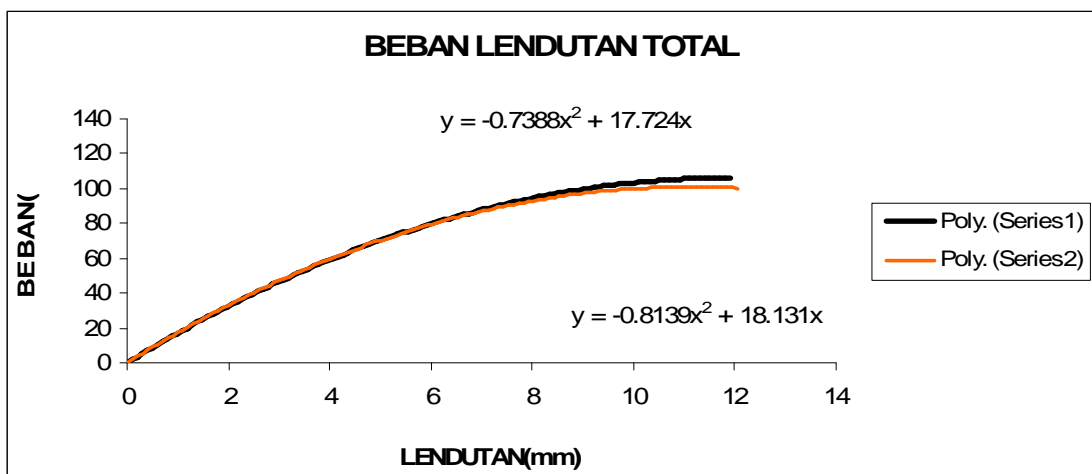
Gambar 13. Hubungan Regresi Beban dan Lendutan Total Panel Komposit Anyaman Bambu-Beton Tanpa Pasir untuk Variasi SC 15 cm dan Campuran 1 (semen) : 3 (agregat)



Gambar 14. Hubungan Regresi Beban dan Lendutan Total Panel Komposit Anyaman Bambu-Beton Tanpa Pasir untuk Variasi SC 15 cm dan Campuran 1 (semen) : 4 (agregat)



Gambar 15. Hubungan Regresi Beban dan Lendutan Total Panel Komposit Anyaman Bambu-Beton Tanpa Pasir untuk Variasi SC 10 cm



Gambar 16. Hubungan Regresi Beban dan Lendutan Total Panel Komposit Anyaman Bambu-Beton Tanpa Pasir untuk Variasi SC 15 cm

Dari **Tabel 3** berikut ini terlihat bahwa lendutan rata-rata panel komposit akibat beban untuk variasi *shear connector* dan campuran agregat yaitu *shear connector* 10 cm dengan variasi yang sama dibanding *shear conenector* 15 cm mempunyai lendutan yang kecil dan antara perbandingan campuran agregat dengan *shear connector* yang sama, lendutan dengan campuran 1 : 3

mempunyai lendutan yang kecil dibanding campuran agregat 1 : 4. Ini menunjukkan bahwa variasi *shear connector* dengan campuran agregat memiliki pengaruh terhadap kuat geser panel komposit anyaman bambu-beton tanpa pasir meskipun relatif tidak begitu besar. Karena yang menentukan kuat geser adalah beban maksimum yang dapat ditahan oleh panel.

Tabel 3. Rekapitulasi Lendutan Hasil Pengujian Panel Komposit Saat Agregat Runtuh

VARIASI		Jenis Panel	Berat Panel (kg)	Lendutan	
				Pengujian (mm)	Rata-rata (mm)
SC 10 cm	1: 3	1	17	10.5	8.88
		2	15.3	12.25	
		3	15	7.65	
		4	14.7	8.5	
		5	18	5.5	
	1: 4	1	14	8.7	9.13
		2	14.2	9.3	
		3	13.2	10.5	
		4	13.2	8.4	
		5	14.2	8.75	
SC 15 cm	1: 3	1	14.8	11.8	9.96
		2	13.8	9.5	
		3	21	11.9	
		4	15.9	7.1	
		5	16	9.5	
	1: 4	1	16.7	10.5	10.23
		2	14.5	11	
		3	14	12.05	
		4	15.8	9.25	
		5	16	8.35	

KESIMPULAN

1. Dari perhitungan analisis varian kuat geser didapatkan nilai $F_{tabel(1,15)}$ sebesar 4.54 untuk faktor SC dan AG dengan $\alpha = 0,05$. Nilai f_{hit} SC (12.08967) $> F_{tabel}$ maka diambil keputusan tolak H_0 , hal ini menunjukkan bahwa *shear connector* mempengaruhi kuat geser. Tetapi nilai f_{hit} SC bernilai negatif, karena makin kecil jarak *shear connector* ternyata makin kecil beban yang ditahan. Jarak *shear connector* juga berpengaruh terhadap kerapatan agregat pada panel, sehingga mempengaruhi kuat geser panel.
2. Dari perhitungan analisis varian lendutan didapatkan nilai $F_{tabel(1,15)}$ sebesar 4.54 untuk faktor SC dan AG dengan $\alpha = 0,05$. Nilai f_{hit} SC (0.732666) dan f_{hit} AG (2.338309) $< F_{tabel}$, maka diambil keputusan terima H_0 , hal ini menunjukkan bahwa jarak *shear connector* dan campuran agregat tidak mempengaruhi lendutan.
3. Dari perhitungan analisis varian beban batas didapatkan nilai $F_{tabel(1,15)}$ sebesar 4.54 untuk faktor SC dan AG dengan $\alpha = 0,05$. Nilai f_{hit} SC (42.35652) $> F_{tabel}$, maka diambil keputusan tolak H_0 , hal ini menunjukkan bahwa *shear connector* mempengaruhi beban. Tetapi nilai f_{hit} SC bernilai negatif, karena makin kecil jarak *shear connector* ternyata makin kecil beban yang ditahan. Jarak *shear connector* juga berpengaruh terhadap kerapatan agregat pada panel, sehingga mempengaruhi beban batas yang dapat ditahan pada panel.
4. Dari perhitungan analisis varian beban retak didapatkan nilai $F_{tabel(1,15)}$ sebesar 4.54 untuk faktor SC dan AG dengan $\alpha = 0,05$. Nilai f_{hit} SC (12.21996) $> F_{tabel}$, maka diambil keputusan tolak H_0 , hal ini menunjukkan bahwa *shear*

connector mempengaruhi beban retak. Tetapi nilai f_{hit} SC bernilai negatif, karena makin kecil jarak *shear connector* ternyata makin kecil beban yang ditahan. Jarak *shear connector* juga berpengaruh terhadap kerapatan agregat pada panel, sehingga mempengaruhi beban retak yang terjadi pada panel.

SARAN

Sebelum melakukan penelitian yang perlu diperhatikan perencanaan awal (*preliminary design*), karena hal ini sangat penting dalam menentukan kelancaran dan keakuratan pelaksanaan sebuah penelitian.

Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam penentuan variasi terhadap variabel bebas (*shear connector* dan agregat-semen) agar memperoleh hasil yang lebih baik pada penelitian selanjutnya adalah :

1. Dalam penentuan variasi *shear connector*, ternyata berpengaruh terhadap kerapatan agregat pada panel. Dalam penelitian selanjutnya penambahan variasi *shear connector* dan memperbesar jarak *shear connector* yaitu *shear connector* 10 cm, 25 cm dan 50 cm, diharapkan diketahui apakah variasi *shear connector* berpengaruh nyata terhadap kerapatan agregat.
2. Sebaiknya peneliti melakukan uji benda dengan panel beton tanpa pasir-lapis bambu dan beton tanpa pasir-tanpa lapis bambu,

Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam pelaksanaan penelitian agar memperoleh hasil yang lebih baik pada penelitian selanjutnya adalah :

1. Jumlah benda uji harus dibuat lebih banyak, agar keakuratan data bisa didapatkan.
2. Pemasangan *shear connector* harus sesuai dengan spesifikasi jarak yang telah ditentukan dan sebaiknya

- pemasangan dimulai dari bagian tengah bentang, agar jarak *shear connector* antara kiri dan kanan sama.
- 3 Pengecoran panel dengan variasi yang sama sebaiknya dilakukan secara bersamaan, agar didapatkan benda uji yang seragam dalam satu variasi. Dalam satu variasi, penuangan agregat diusahakan bersamaan antara benda uji yang satu dengan yang lain.
 - 4 Bekisting yang digunakan sebaiknya seragam dan sesuai dengan ukuran yang telah ditentukan, agar benda uji seragam dan tidak mengalami penggelembungan pada panel.
 - 5 Sebelum pengujian benda uji, diharapkan peneliti mengetahui komponen-komponen pendukung alat tersebut, mengetahui alat tersebut bekerja dengan baik dan mengetahui tata cara alat tersebut bekerja.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 1991. SK SNI T-15-1991-03. *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung*. Departemen PU, Yayasan LPMB, Bandung
- Anonim. 1971. *Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971*. Departemen PU dan Tenaga Listrik, Jakarta
- Wang, C.K dan C.G. Salmon. 1994. *Disain Beton Bertulang*. Erlangga, Jakarta
- Avram, C. 1981. *Concrete Strength and Strains*. Elsevier.
- Daniel L Schodek. 1995. *Struktur*. PT Eresco, Bandung
- Dipohusodo. I. 1994. *Struktur Beton Bertulang*. PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta
- Dransfield, S dan Wijaya, EA. 1995. *Plant Resources of South East Asia 7, Bamboos*. Backhuys Publisher, Leiden
- George Winter dan Arthur H. Nilson. 1993. *Perencanaan Struktur Beton Bertulang*. PT Pradnya Paramita, Jakarta
- Nawy, Edward G. 1990. *Beton Bertulang Suatu Pendekatan Dasar*. PT Eresco, Bandung
- R. Park and T. Paulay. 1994. *Reinforced Concrete Structures*, United State of America.
- Rudi Prasetyo. 2002. *Pengaruh Variasi Jarak Penghubung Geser Terhadap Kapasitas Lentur dan Defleksi Pada Balok Komposit Anyaman Bambu Mortar lapis Vertikal*. Skripsi tidak diterbitkan. Jurusan Sipil FT UB, Malang
- Vis, W.C dan Kusuma, Gideon. 1997. *Dasar-Dasar Perencanaan Beton Bertulang*. Erlangga, Jakarta