

PERILAKU PELAT KOMPOSIT BETON– KAYU BANGKIRAI DENGAN SAMBUNGAN GESER MENGGUNAKAN PASAK BAJA DAN PAPAN KAYU KERUING

Agyanata Tua Munthe¹, Andreas Triwiyono², Suprpto Siswosukarto²

Abstract

Requirement of ever greater construction material and narrow area is resistance in levying of housing for society. To depress building price, hence conducted by levying of light and cheaper floor component. Alliance structure between bangkirai wood and concrete introduced to society as floor structure component become one unity with link shear connector stud and keruing wood the known as composite floor. In this research result showed the limit strength of bangkirai wood composite structure - concrete for slab. The mechanical and physical characteristics of bangkirai and keruing wood were observed in the research in order to find out the quality and strength level of wood. The test of shear strength of dowel and keruing wood was conducted to find out its bearing capacity. The stud which used in this research was stud diameter 10 mm, stud diameter 12 mm, stud diameter 16 and keruing wood dimension 3 / 12. The strength test of three types of the stud and keruing wood conducted to bangkirai wood. One test Shear object used 4 shear connector. As application conducted of composite floor scale model 1 : 2 by 2 variation of amount stud shear connector in the research. The test of composite structure of floor lied on two simple support (roll – hinge), each model slab was 2000 mm length, 250 mm width, 25 mm concrete slab thick. Both composite slab with test code, LTK – 1 was test code for 6 / 7,5 bangkirai wood with 6 shear connector, LTK - 2 was test code for 6 / 7,5 bangkirai wood with 12 shear connector. The test was observed use monotonic static pressure test with two point loads and the deflection was measured using dial gauge. As according to PKKI 1961, bangkirai wood complied with strength level of II - IV, while from The research of mechanical and physical characteristic test, bangkirai wood was complied with strength level of II - IV. The average of maximum bearing capacity for stud diameter 10 mm was 7,250 kN, stud diameter 12 mm was 8,750 kN, stud diameter 16 mm was 21,750 kN, hence diameter dowel 12 mm selected as shear connector, because it has a average of maximum bearing capacity. Composite floor of 2000 mm length for LTK - 1 could support load up to 18,84 kN, LTK - 2 could support load up to 23,50 kN. Deviation between experiment result and SNI theory concept of Bangkirai wood composite concrete was about 12,2340 - 15,2600 %. So the bangkirai wood can be used as a component of composite structure floor.

Keywords: composite, shear connector, plate, wood of bangkirai, concrete

Abstrak

Kebutuhan bahan bangunan semakin besar dan daerah sempit resistensi dalam pengadaan perumahan bagi masyarakat. Untuk menekan harga bangunan, maka dilakukan pengadaan komponen lantai ringan dan lebih murah. Struktur gabungan antara kayu bangkirai dan beton diperkenalkan kepada masyarakat sebagai komponen struktur lantai menjadi salah satu kesatuan dengan konektor link geser pejantan sebuah kayu keruing yang dikenal sebagai lantai komposit. Dalam hasil penelitian ini menunjukkan kekuatan batas struktur komposit kayu bangkirai - beton untuk slab. The karakteristik mekanik dan fisik bangkirai dan keruing kayu yang mengamati dalam penelitian untuk mengetahui kualitas dan kekuatan tingkat kayu. Uji kekuatan geser dari dowel dan keruing kayu dilakukan untuk mengetahui daya dukung. Pejantan yang digunakan dalam penelitian ini adalah pejantan diameter 10 mm, pejantan diameter 12 mm, pejantan diameter 16 dan keruing dimensi kayu 3 / 12. uji kekuatan dari tiga jenis pejantan dan keruing kayu dilakukan untuk kayu bangkirai. Satu tes Shear objek yang digunakan 4 konektor geser. Sebagai aplikasi dilakukan dari lantai komposit model skala 1: 2 oleh 2 variasi konektor geser jumlah pejantan dalam penelitian. Tes struktur komposit lantai berbohong pada dua dukungan sederhana (gulungan - engsel), masing-masing model slab adalah 2.000 mm panjang, lebar 250 mm, 25 mm slab beton tebal. Kedua slab komposit dengan kode tes, LTK - 1 adalah tes kode untuk 6 / 7,5 kayu bangkirai dengan 6 konektor geser, LTK - 2 adalah ujian kode untuk 6 / 7,5 kayu bangkirai dengan konektor 12 geser. Tes diamati menggunakan uji tekanan statis monoton dengan dua beban titik dan lendutan diukur menggunakan dial gauge. Sesuai dengan PKKI 1961, kayu bangkirai memenuhi tingkat kekuatan II - IV, sedangkan dari The penelitian uji sifat mekanik dan fisik, kayu bangkirai itu memenuhi tingkat kekuatan II - IV. Rata-rata dari daya dukung maksimum untuk diameter pejantan 10 mm adalah 7.250 kN, diameter pejantan 12 mm adalah 8.750 kN, diameter pejantan 16 mm adalah 21.750 kN, maka diameter dowel 12 mm dipilih sebagai konektor geser, karena memiliki rata-rata daya dukung maksimum. lantai komposit 2000 mm panjang untuk LTK - 1 bisa mendukung memuat hingga 18,84 kN, LTK - 2 dapat mendukung beban hingga 23,50 kN. Deviasi antara hasil eksperimen dan konsep teori SNI dari Bangkirai kayu komposit beton adalah sekitar 12,2340 - 15,2600%. Jadi kayu bangkirai dapat digunakan sebagai komponen dari lantai struktur komposit.

Kata kunci : komposit , konektor geser , piring , kayu bangkirai , beton

¹ Karyasiswa Teknik Sipil, Universitas Gadjah Mada Yogyakarta

² Staf Pengajar Jurusan Teknik Sipil Universitas Gadjah Mada

1. PENDAHULUAN

Perkembangan ketertarikan akan renovasi dari suatu bangunan sederhana, dalam hal ini yang ditinjau adalah bangunan sederhana dengan lantai kayu, walaupun hal ini bukan merupakan masalah yang mendasar, namun renovasi dapat menimbulkan perubahan kekakuan dan kekuatan lantai kayu. Masalah utama yang sering timbul dari lantai kayu adalah perubahan bentuk yang berlebihan pada beban layan.

Kekakuan dan kekuatan dari lantai tergantung pada gabungan material bahan antara pelat beton dan balok kayu, dimana system gabungannya diperoleh dari proses penyambungan khusus, kondisi ini disebut juga struktur lantai komposit kayu – beton.

Pada masa-masa terakhir ini, beberapa jenis penyambungan geser antara pelat komposit beton dan kayu yang telah dipelajari, termasuk penyambungan pasak yang dipasang ke dalam kayu dengan epoxy dammar (Piazza dan Turrini 1983), sambungan paku (Ronca et al. 1991; Giuriani dan Frangipane 1993), paku-paku biasa, skrup, penyambung beton, pipa baja seperti peniti dimasukkan ke dalam membuat lubang lalu dibor (Gelfi dan Ronca 1993), dan paku dengan kekuatan tinggi (Ahmadi dan Saka 1993). Dengan bahan tersebut, perilaku sebagai struktur komposit dapat diperoleh dari sifat gabungan yang lebih baik dari sifat komponen penyusunnya.

2. TUJUAN PENELITIAN

Tujuan penelitian ini adalah mengetahui perilaku sambungan geser dari struktur pelat komposit antara beton dengan kayu Bangkirai. Tujuan penelitian itu dicapai setelah melalui tahap-tahap berikut:

1. Menentukan sifat fisik kayu (kadar air, berat jenis, jumlah serat) dan sifat mekanik kayu (kuat tekan, modulus elastisitas tekan, kuat lentur, modulus elastisitas lentur, dan kuat geser), sehingga dapat diketahui kelas kuat kayu yang digunakan.
2. Mengetahui perilaku dari pasak geser baja khususnya jika ditinjau terhadap geser yang terjadi akibat pembebanan pada struktur lantai komposit kayu-beton.
3. Mengetahui kuat batas struktur komposit kayu Bangkirai dengan beton terhadap beban searah dan membandingkan hasilnya

dengan rumus-rumus yang berlaku dalam konsep SNI.

4. Mengetahui pengaruh papan *plank* yang disisipkan sebagai pembatas (*gap*) antara struktur lantai komposit kayu Bangkirai dengan beton, khususnya dalam hal nilai kekakuan dan deformasi serta kekuatan geser yang terjadi akibat pembebanan statik terhadap sambungan geser pasak dan papan kayu Keruing.
5. Mengetahui kapasitas daya dukung yang dinyatakan dalam kurva hubungan antara beban dan lendutan.

3. CARA PENELITIAN

Bahan

1. Kayu Bangkirai.

Kayu Bangkirai yang digunakan pada Penelitian ini berasal dari Panglong kayu di Yogyakarta, dengan kondisi visual baik, Pengambilan benda uji kayu Bangkirai dilakukan dalam arah longitudinal. dengan ukuran panjang 400 cm, lebar 12 cm, dan tinggi 15 cm (Ukuran aktual dilapangan yang sering dipakai)

2. Kayu Keruing

Kayu Keruing yang digunakan pada penelitian ini berasal dari Panglong kayu di Yogyakarta, dengan kondisi visual baik, Pengambilan benda uji kayu Keruing dilakukan dalam arah longitudinal. dengan ukuran panjang 400 cm, lebar 12 cm, dan tinggi 3 cm.

3. Pelat Beton.

Campuran pembuatan beton normal menggunakan perbandingan volume yang biasa dipakai di lapangan, dengan nilai fas 0,6. Mutu beton $f'c = 22,5$ MPa

4. Baja.

Untuk tulangan beton, baja yang digunakan diameter baja tulangan $\phi_s = 8$ mm. Kuat leleh f_y dilakukan pengujian tarik baja.

5. Konektor Geser.

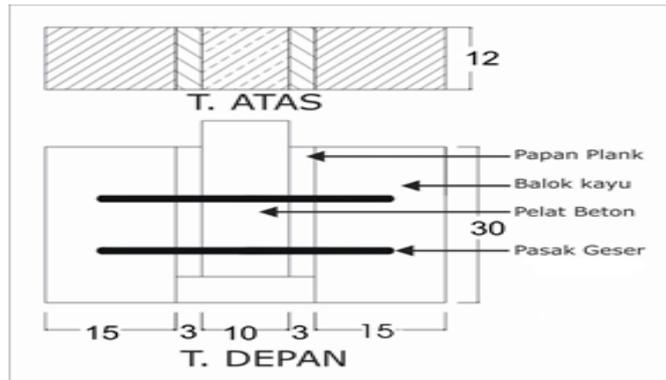
Konektor geser dari baja tulangan polos adalah diameter pasak geser 10 mm, 12 mm, 16 mm. Panjang pasak $1/3 h = 1 / 3 \times 15 = 100$ mm.

6. Epoxy Sikadur 731 (*Thixotropic Epoxy Resin Adhesive*).

Data teknik *epoxy* adalah sebagai berikut :
 Warna perekat abu-abu, perbandingan campuran 2:1 per berat /volume, *tensile strength* 130 kg/cm², *flexural strength* 320 kg/cm², kuat tekan (*compressive strength*) pada umur 28 hari 570 kg/cm², modulus elastisitas 43,000 kg/cm², waktu minimum beton berkisar antara 21 – 28 hari dan keawetan dari *epoxy* hanya berumur satu tahun sejak epoxy dibuka pertama kali.

Benda Uji.

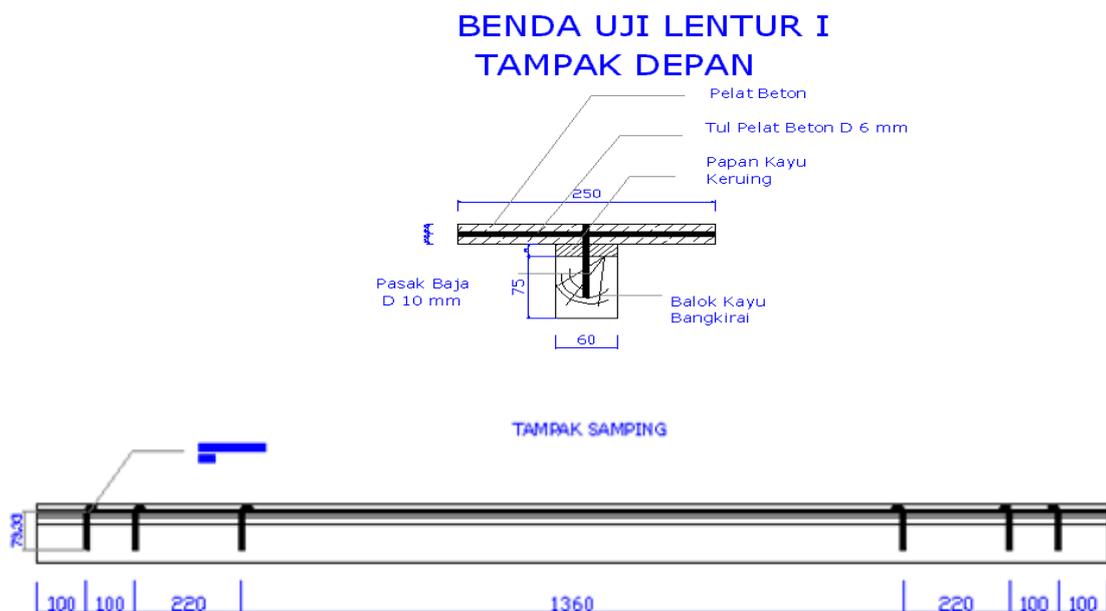
1. Benda uji geser.
 Benda uji berjumlah 3 buah dengan variasi diameter pasak 10 mm, 12 mm dan 16mm. Pengujian dilakukan dengan skala model : *full scale* dengan ukuran dimensi benda uji geser panjang 300 mm, lebar 120 mm, tebal 50 mm. Dimensi benda uji dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Benda uji geser.

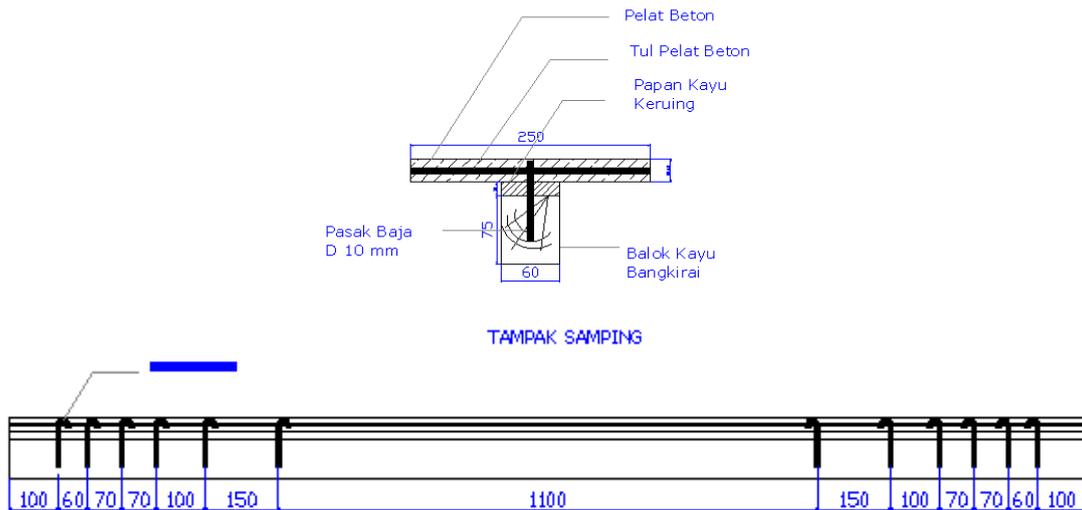
2. Benda uji lentur.
 Pengujian lentur dilakukan dengan pemodelan struktur dilapangan dengan skala model 1 : 2 jumlah benda uji 2 buah yaitu:
 Benda Uji 1 Kode benda uji Lantai Tingkat Komposit (LTK –1) ,untuk lantai tingkat komposit dengan balok kayu 6/7,5 dengan

jumlah pasak 6 buah dipakai diameter pasak 10 mm,
 Benda uji 2 kode benda uji (LTK – 2), untuk lantai tingkat komposit dengan balok kayu 6/7,5 dengan jumlah pasak 12 buah dipakai diameter pasak 10 mm. Dimensi benda uji dapat dilihat pada Gambar 2 dan 3.



Gambar 2. Benda uji lentur 1

BENDA UJI LENTUR II TAMPAK DEPAN



Gambar 3. Benda uji lentur 2

Pelaksanaan Penelitian.

1. Pengujian Bahan.

Pengujian bahan meliputi pengujian sifat fisik dan mekanik kayu Bangkirai dan kayu Keruing, pengujian kuat tekan silinder beton, pengujian kuat tarik pasak baja dan pengujian kuat leleh tulangan baja.

2. Pengujian Benda Uji.

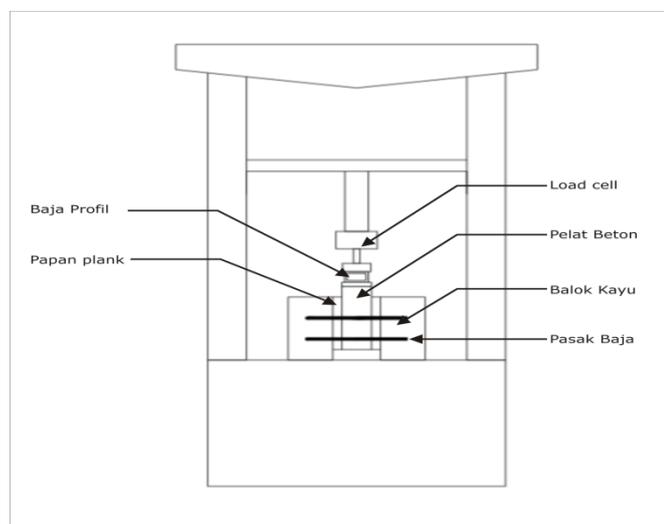
Pengujian terdiri dari 2 bagian, yakni pengujian geser dan pengujian lentur. Pengujian geser berupa pengujian kuat geser antara pelat beton dan kayu bangkirai dengan sambungan geser pasak baja dan papan kayu keruing. Untuk mensimulasikan kondisi lapangan dilakukan pengujian lentur guna

memperoleh daya dukung maksimum dari struktur lantai komposit kayu beton.

3. Cara Penelitian.

Pengujian geser.

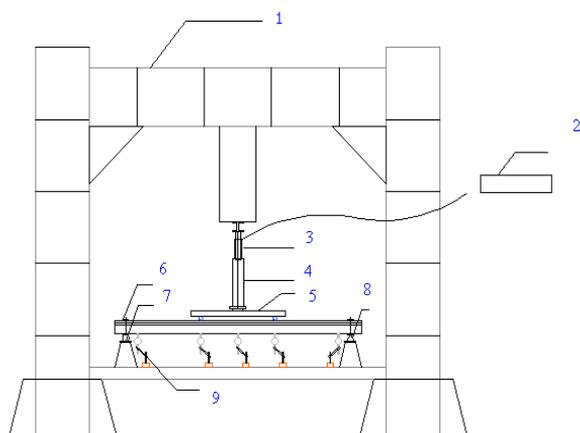
Pengujian dilakukan dengan meletakkan benda uji geser (Lihat kembali gambar1) pada alat *Universal Wood Testing Machine*, Kaki kayu diletakkan menempel pada alat UTM dan beton dibebani dengan menekan *jack* (lihat Gambar 4), *Dial gauge* yang dipasang menyentuh kayu memberikan bacaan besarnya beban yang diberikan oleh *jack*, pengujian dihentikan apabila benda uji mengalami keruntuhan atau patah pasaknya. Pada saat runtuh itulah terjadi beban geser maksimum yang terjadi.



Gambar 4. Set up Pengujian Geser

Pengujian Lentur.

Pengujian lentur dimaksudkan untuk mengetahui kuat lentur dari benda uji. Pembeban diberikan melalui *hydraulic jack* dengan intensitas ditingkatkan secara bertahap, dengan interval kenaikan 50 kg dan 100 kg. Penambahan beban dihentikan, bila lantai yang diuji telah mengalami keruntuhan, selanjutnya, hubungan beban dan lendutan maksimum ditengah bentang, perubahan bentuk dan perilaku lantai uji diukur dan dibaca. seperti terlihat pada Gambar 5, *Dial gauge* (yang digunakan untuk mengukur besarnya perpindahan) dipasang pada 5 titik di bawah masing-masing balok kayu, yaitu 1 buah *dial gauge* diletakkan dibawah dekat tumpuan kanan - kiri, 1 buah masing-masing pada jarak $1/3 L$ dari tumpuan kanan – kiri, dan 1 *dial gauge* diletakkan ditengah bentang.



Gambar 5. Set up Pengujian Lentur.

Keterangan :

1. Loading Frame.
2. Transducer indicator.
3. Load cell.
4. Hydraulic jack.
5. Pelat tumpuan pembebanan.
6. Benda uji.
7. Tumpuan roll
8. Tumpuan sendi.
9. Dial gauge

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Sifat Fisik

Berdasarkan hasil pemeriksaan, kadar air terkecil sebesar 23,48 % sedangkan kadar air terbesar sebesar 36,79 %. Dari 4 benda uji, diperoleh kadar air rata-rata 30,3925 %.

Sedangkan Kayu Keruing, kadar air terkecil yaitu 18,92 % dan terbesar 24,32 %. Sehingga 4 benda uji memberikan kadar air rata-rata 21,441667 %.

Sifat Mekanik.

Pengujian kuat tekan menunjukkan bahwa kayu Bangkirai memiliki kuat tekan antara $49,50 \text{ N/mm}^2$ - $60,23 \text{ N/mm}^2$. Untuk kayu Keruing, kuat tekan terbesar sebesar $29,902 \text{ N/mm}^2$, sedangkan yang terkecil sebesar $22,583 \text{ N/mm}^2$. Hasil rata-rata kuat tekan untuk kayu bangkirai sebesar $55,889 \text{ N/mm}^2$ dan kayu keruing sebesar $26,047 \text{ N/mm}^2$.

Kuat Tekan Beton.

Hasil uji tekan silinder beton : hasil uji silinder beton mutu 22,5 MPa, faktor air semen 0,6, umur beton 34 hari menunjukkan bahwa beton memiliki kuat tekan 25,305 MPa, modulus elastisitas 23642,91 MPa dengan berat jenis 2288 kg/m^3

Pengujian Tarik Pasak.

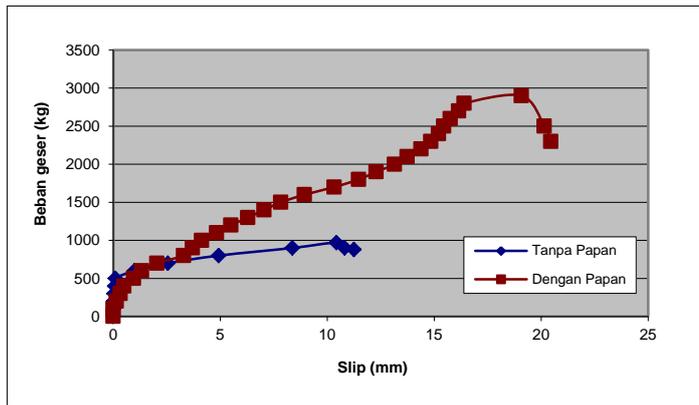
Benda uji yang digunakan untuk pengujian tarik pasak baja adalah berupa pasak baja diameter 10 mm, 12 mm, dan 16 mm, Pada masing-masing jenis diameter pasak, disiapkan tiga buah benda uji. Dengan sembilan buah benda uji ini diperoleh hasil rata-rata 410 MPa (untuk diameter 10 mm), 378,33 MPa (diameter 12 mm) dan 328,33 MPa (diameter 16 mm).

Pengujian Konektor Geser

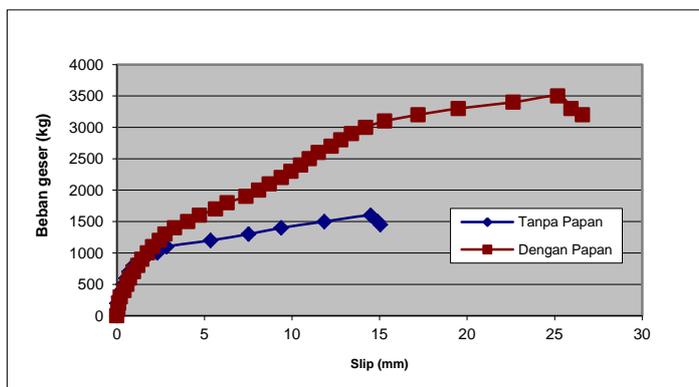
Daya dukung maksimum rata-rata dari pasak baja pada tahap pembebanan untuk satu tampang kayu adalah 29.000 kN (untuk pasak baja diameter 10 mm), 35.000 kN (diameter 12 mm), dan 87.000 kN (diameter 16 mm)

Sedangkan beban maksimum yang diberikan per satu konektor adalah sebesar 7.250 kN (untuk pasak baja diameter 10 mm), 8.750 kN (diameter 12 mm), 21.750 kN (diameter 16 mm)

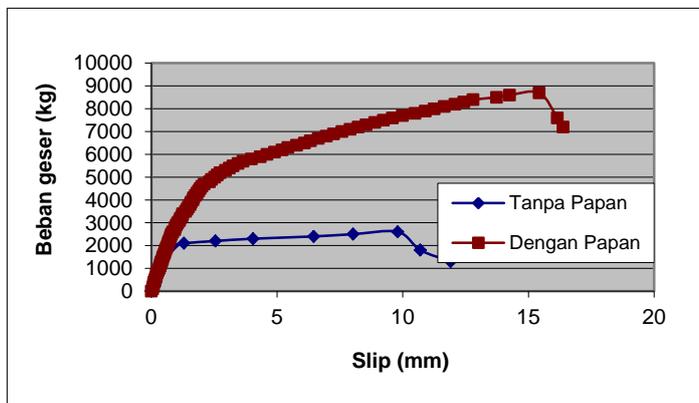
Pada penelitian ini dilihat juga pengaruh penambahan papan Keruing sebagai perkuatan geser pasak baja. dan hasil pengujian gesernya dinyatakan pada Gambar 6 sampai dengan Gambar 8 masing-masing untuk penggunaan pasak baja dengan diameter 10 mm, 12 mm, dan 16 mm.



Gambar 6. Hubungan Beban geser – Slip dengan Pasak baja diameter 10 mm.



Gambar 7. Hubungan Beban geser – Slip dengan Pasak baja diameter 12 mm.



Gambar 8. Hubungan Beban geser – Slip dengan Pasak baja diameter 16 mm

Selain dari gambar-gambar diatas, hubungan beban geser – slip dapat juga dilihat pada Tabel 1 yang menunjukkan besarnya persentase penambahan kekuatan geser akibat penambahan papan Keruing dan pasak baja berdiameter 10 mm, 12 mm, dan 16 mm.

Tabel 1. Besar Persentase Pengaruh Penambahan Kayu Keruing pada Pengujian Geser Komposit Kayu – Beton.

Benda Uji Geser	d10 mm Beban Max (kg)	d12 mm Beban Max (kg)	d16 mm Beban Max (kg)
Tanpa Papan	970	1600	2600
Dengan Papan	2900	3500	8700
Perbandingan(%)	33.4	45.7	29.9

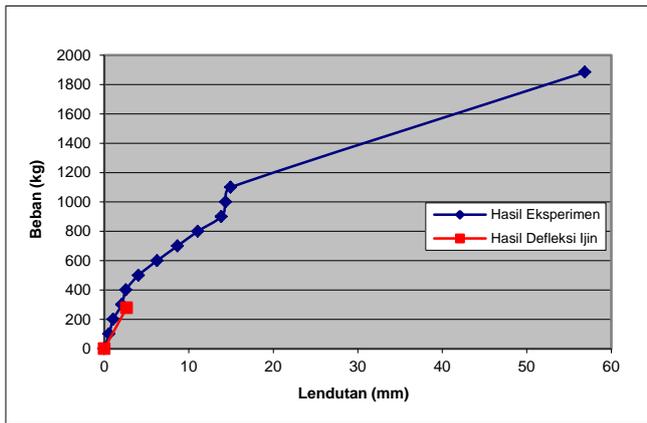
Komposit Kayu – Beton

Besar nilai kekakuan lentur yang terjadi pada masing – masing lantai komposit kayu – beton pada saat beban lentur diberikan adalah :

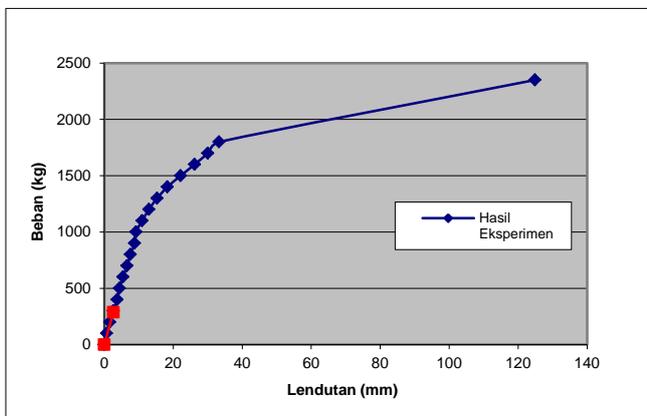
- Benda Uji Lentur 1 (LTK – 1)= 1,5564 kN/mm.
- Benda Uji Lentur 2 (LTK – 2)= 1,0230 kN/mm.

Perbedaan yang terjadi pada hasil eksperimen dan teori disebabkan beberapa alasan, yaitu;

- Dalam Perencanaan dan analisis teori struktur lantai komposit kayu-beton digunakan suatu nilai faktor reduksi tegangan dan reduksi kekakuan, sehingga memberikan hasil perhitungan yang lebih kecil,
- Dalam analisis teori, nilai kuat lentur kayu, modulus elastisitas lentur kayu dan berat jenis dipakai nilai rata-rata dari hasil pengujian kekuatan kayu bangkirai yang bervariasi berdasarkan kekuatan pada balok kayu bangkirai dan bukan suatu Perencanaan yang pasti.
- Kesalahan dan ketidaksempurnaan dalam pelaksanaan pengujian sifat fisik dan mekanik serta kondisi fisik kayu bangkirai.



Gambar 9. Hubungan Beban dan Lendutan Lantai Komposit Skala Model 1:2 (LTK-1, Balok Kayu 12/15).



Gambar 10. Hubungan Beban dan Lendutan Lantai Komposit Skala Model 1:2 (LTK-2, Balok Kayu 12/15).

Kesalahan yang terjadi akibat perbedaan lendutan antara hasil eksperimen dan hasil analisis defleksi ijin Lantai Komposit Kayu-Beton ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Kesalahan akibat perbedaan lendutan hasil eksperimen dan hasil defleksi ijin.

Kondisi Lendutan	LTK –1	LTK – 2
	Pmaks (kg) (Hancur)	Pmaks (kg) (Hancur)
Hasil Eksperimen	1884	2350
Hasil Defleksi Ijin (mm)	287.5	287.5
Kesalahan (%)	15,2600	12,2340

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dari hasil pengujian geser dan lentur pada struktur komposit pelat beton kayu bangkirai dengan sambungan geser pasak dan papan kayu keruing , disimpulkan hal-hal sebagai berikut :

1. Hasil pengujian kuat tekan, menunjukkan kayu Bangkirai yang digunakan termasuk kayu kelas II (kuat desak sejajar serat bernilai antara 425 - 650 kg/cm²) dan kayu Keruing yang digunakan termasuk kayu kelas IV (kuat desak sejajar serat bernilai antara 215 – 300 kg/cm²). (NI-5 PPKI 1961)
2. Hasil pengujian sifat mekanik kayu Bangkirai menunjukkan bahwa kekuatan kayu Bangkirai lebih besar dari pada kayu Keruing sehingga dalam penelitian ini dipakai kayu Bangkirai sebagai perkuatan struktur sedangkan kayu Keruing sebagai perkuatan geser struktur.
3. Daya dukung geser dari 3 jenis pasak geser akibat penambahan papan Keruing adalah untuk diameter pasak baja 10 mm adalah 19,30 kN, untuk diameter pasak baja 12 mm adalah 19,00 kN, untuk diameter pasak baja 16 mm adalah 61,00 kN.
4. Dari 3 jenis pasak geser, daya dukung rata-rata untuk pasak geser diameter 10 mm = 7,250 kN, pasak geser diameter 12 mm = 8,750 kN, pasak geser diameter 16 mm = 21,750 kN, pada penelitian ini dipakai pasak geser diameter 12 mm dengan Penambahan kayu keruing 3/12 sebagai konektor geser.
5. Lantai Komposit kayu-beton benda uji dengan skala Model 1 : 2 dimensi kayu Bangkirai 6 / 7,5, jumlah konektor geser 6 buah untuk sepertiga bentang mampu menahan beban maksimum 18,84 kN, lendutan maksimum 56,87 mm, sedangkan balok kayu bangkirai 6 / 7,5, jumlah konektor geser 12 buah untuk sepertiga bentang mampu menahan beban maksimum 23,50 kN, lendutan maksimum 124,897 mm.
6. Komposit Kayu Bangkirai – Beton layak digunakan sebagai struktur pelat lantai rumah tinggal.

Saran

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan ada beberapa saran yang harus disampaikan antara lain:

1. Perlu dibuat aturan sendiri tentang Perkuatan konektor Pasak geser baja dan Kayu karena dalam peraturan “Standar Lantai Tingkat Komposit Kayu – Beton untuk Gedung dan Rumah” belum ada.
2. Terdapat variasi kekuatan dari kayu sebagai konektor geser, sehingga diperlukan penelitian selanjutnya untuk menentukan jenis kayu yang menghasilkan kekuatan maksimum. Hal yang sama berlaku untuk variasi ukuran diameter Pasak geser.
3. Pada tulisan ini diteliti tebal kayu sebagai konektor geser dengan tebal yang sama, Perlu dilakukan penelitian selanjutnya untuk menentukan variasi ketebalan kayu berbeda-beda sehingga diperoleh tebal optimum yang menghasilkan kekuatan geser maksimal.
4. Balok-balok kayu harus dilindungi dari lingkungan yang dapat merusak dan lingkungan yang sangat lembab, sedangkan konektor geser pasak baja sebaiknya digunakan yang tahan terhadap pengaruh korosi.
5. Pada pengujian geser ini pasak baja dipasang menyambung antara kedua balok kayu, untuk penelitian berikutnya sebaiknya dibuat tidak menerus sehingga sesuai dengan kondisi di lapangan.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Ahmadi, B. H., and Saka, M. P., 1993, “ Behavior of composite timber-concrete floors.” *J. Struct. Eng.*, 119(10), 3111-3130.
- Gelfi, P., and Ronca, P., 1993, “ II consolidamento dei solai in legno: studio sperimentale sui connettori tra trave in legno e cappa in calcestruzzo armato.” *L’Edilizia*, (5) 41-50. Milan. Italy.
- Giuriani, E., and Frangipane, A., 1993, “ Wood-to-concrete composite section for stiffening of ancient wooden beam floors.” *Proc., 1 st Italian Workshop on Composite Structures*, Univ. of Trento (Italy), 307-317. .
- Piazza, M., and Turrini, G., 1983, “ Una tecnica di recupero statico dei solai in legno.” *Recuperare*, (5) – (7), Milan, Italy.
- Ronca, P., Gelfi, P., and Guiriani, E., 1991, “The behaviour of wood-concrete composite beam under cyclic and long term loads.” *Proc., Structural Repair and maintenance of historical Buildings II: 2nd Int. Conf.* (Stremah 91), I. Brebbi, C. A., Seville, Spain, Vol I, 263-275..