

PASAK KAYU KUBLER SEBAGAI ALTERNATIF ALAT PENYAMBUNG PADA KONSTRUKSI KAYU DI KALIMANTAN SELATAN

Darmansyah Tjitradi¹

ABSTRACT

*This paper is as result of the experimental research of a Kübler wood connector on the several types of hard wood in South Kalimantan as the alternative of the connector in the timber structure. This experiment of the Kübler wood connector is done to the three types of the hard wood such as Bangkirai (*Shorea Lacvifolia* Endert), Simantok (*Shorea spec.div*) and Merbau (*Intsia spec.div*), and also the wood that will be connected as the tested supporting specimen is Ulin wood (*Eusyderoxylon Zwageri*). Every tested specimen is applied the centric compressive axial load in the straight joint, connection with an angle of 120° and connection with an angle of 90° until the connection reaches the failure strength. From the experimental result, it is obtained that on the straight joint, Merbau wood (Class II) having average and characteristic failure strength more than of its Simantok wood (Class II) and Bangkirai wood (Class I). For the angle connection using Simantok wood, the value of its characteristic failure strength is getting higher if the angle of the connection more than 90°, but not for the shifting. Compare with the theoretical value, actually the characteristic failure strength value of Merbau wood is more than the permissible strength, but not for its of Bangkirai and Simantok wood.*

Keywords : *Kübler wood connector, wood connection*

PENDAHULUAN

Penggunaan kayu sebagai material utama konstruksi merupakan salah satu pilihan yang diperhitungkan, karena memiliki keistimewaan tersendiri dibandingkan bahan lain seperti baja atau beton. Namun usaha pendayagunaan potensi kayu dirasakan masih kurang, dan dalam prakteknya material kayu yang akan digunakan harus disambung agar konstruksi yang direncanakan dapat diwujudkan. Penyambungan yang dilakukan memerlukan alat penyambung agar sambungan yang dihasilkan dapat berfungsi dengan baik. Oleh karena itu alat penyambung memegang peranan penting dalam konstruksi kayu.

Perkembangan konstruksi kayu di Indonesia, paku dan baut masih mendominasi pemakaian alat penyambung karena mudah untuk didapatkan dan praktis pemakaiannya. Salah satu masalah yang ditimbulkan penggunaan kedua alat penyambung tersebut adalah membesarnya ukuran kayu yang akan disambung. Secara umum paku dan baut mempunyai efisiensi yang lebih rendah dibandingkan dengan pasak atau perekat. Oleh karena itu jika dipandang dari efisiensi alat penyambung maka penggunaan paku dan baut kurang menguntungkan.

Alat penyambung lain seperti pasak dan perekat belum dapat digunakan secara umum dinegara kita, karena sulit untuk didapatkan serta memerlukan peralatan

¹ Pengajar Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik - UNLAM

khusus dan tenaga ahli untuk pemasangannya. Jenis pasak yang mungkin digunakan secara luas adalah jenis pasak kayu Kübler. Pasak ini terbuat dari jenis kayu keras, dimana seperti diketahui negara kita banyak terdapat jenis kayu keras yang dapat digunakan sebagai bahan pembuat pasak kayu Kübler.

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk memberikan informasi pada penggunaan beberapa jenis kayu keras yang ada di Kalimantan Selatan sebagai pasak kayu Kübler mengenai:

- 1). Kekuatan dan pergeseran yang dicapai sambungan lurus dengan menggunakan pasak kayu Kübler dari tiga jenis kayu keras yang diteliti.
- 2). Kekuatan dan pergeseran pada sambungan kayu bersudut dengan menggunakan pasak kayu Kübler yang terbuat dari salah satu jenis kayu keras yang diteliti.

SAMBUNGAN DENGAN PASAK

Pasak ialah alat penyambung yang dimasukan kedalam takikan-takikan di dalam kayu, dan yang dibebani tekanan dan geseran. Pasak hanya boleh dibuat dari kayu keras, besi atau baja (PKKI, 1961). Jenis-jenis kayu yang dapat dipakai untuk pasak ialah Ulin, Walikukun, Sonokeling, Hrya,Lara, Kosambi, Bangkirai, Simantok, Belangeran, Resak, Laban, Punak, Kulim, dan Merbau.

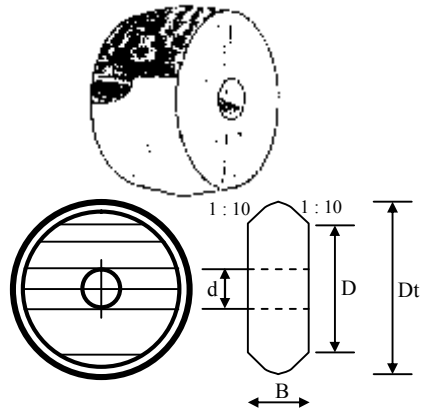
Menurut pemasangannya pasak-pasak dapat dibagi dalam 3 macam sebagai berikut:

- a). Pada bidang sambungan dimasukkan kedalam takikan-takikan didalam bagian-bagian kayu yang disambung.
- b). Pada bidang sambungan dimasukkan didalam bagian bagian kayu dengan cara dipres.
- c). Kombinasi dari a dan b.

PASAK KAYU KÜBLER

Pasak Kayu Kübler adalah pasak berbentuk bundar yang memiliki sisi-sisi kerucut terpancung (Gambar 1). Pasak ini adalah jenis pasak modern yang pertama dan ditemukan di Jerman. Pada prakteknya pasak ini sering digunakan pada konstruksi rangka batang kayu berbentuk besar dan untuk sambungan bertampang dua atau lebih (Djokowahjono, 1994).

Pasak jenis ini sudah diselidiki dan banyak dipergunakan di Indonesia se-belum Perang Dunia II. Jenis kayu untuk pasak harus keras dan kuat terhadap tekanan dan geseran. Dari jenis-jenis yang telah disebut di atas untuk pasak bertampang persegi empat panjang, yang terdapat dan mempunyai harga relatif murah di Kalimantan Selatan adalah jenis kayu Simantok. Sering kali juga dipakai jenis kayu Merbau.



Gambar 1. Pasak Kayu Kübler

Pasak kayu Kübler mempunyai diameter yang berbeda antara diameter sisi dan diameter tengah, dimana:

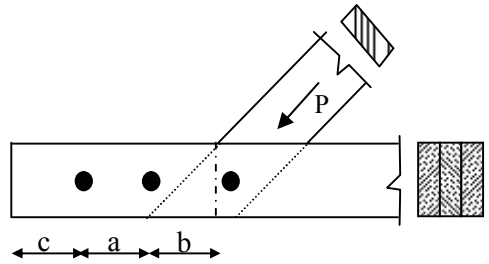
$$Dt = D + 1/10 B \dots\dots\dots(1)$$

Kekuatan izin yang ditetapkan dalam literatur berlaku untuk kayu dengan berat jenis kering udara 0,6 dan untuk serat-serat kayu yang disambung sejajar. Untuk berat

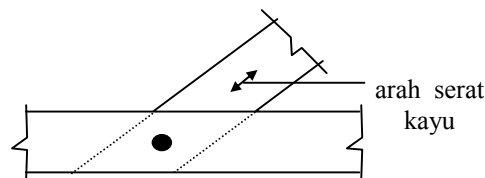
jenis kering udara yang lain kekuatan izin diambil sebanding dengan berat jenis kering udara 0,6. Daftar kekuatan izin dan ukuran pasak dapat dilihat pada Tabel 2 (Yap, 1984).

Pada Tabel 2 harga-harga Dt dan ketetapan P_{izin} untuk Berat Jenis (BJ) kering udara yang lain telah ditambahkan pada tabel tersebut. Hal ini dimaksudkan untuk memberikan keterangan lebih lengkap mengenai ukuran dari pasak kayu Kübler. Namun belum ada keterangan yang lengkap mengenai jenis kayu keras yang dipergunakan untuk pasak kayu Kübler.

Untuk syarat-syarat ukuran dan jarak penempatan pasak telah ditentukan dan dapat dilihat pada Gambar 3 dan Tabel 1.



Gambar 3. Jarak Penempatan Pasak Kayu Kübler



Gambar 2. Arah Serat Pasak Sejajar Serat Batang

Tabel 1. Syarat Jarak Penempatan Pasak Kayu Kübler

D (Cm)	Jarak (Cm)		
	a	b	c = b + 5
6,1	14	10	15
8,0	18	13	18
10,0	20	14	19

Tabel 2. Daftar Ukuran dan Kekuatan Izin Pasak Kayu Kübler

D (Cm)	B (Cm)	Dt (Cm)	Garis Tengah		P izin (Ton)	Lebar kayu minimum (cm)	P izin untuk BJ kering udara (g) lain (Ton)
			d (Cm)	baut (inch)			
6,1	2,6	6,36	1,6	½	1,0	8	g/0,6x1,0
8,0	3,0	8,30	1,6	½	1,5	10	g/0,6x1,5
10,0	4,0	10,20	1,6	½	1,7	12	g/0,6x1,7

Analisa Teoritis Sambungan Pasak Kübler

Gaya Izin Sambungan

Gaya-gaya izin pada sambungan yang ditinjau adalah gaya tekan izin dan gaya geser izin.

- 1) Pada Sambungan Lurus.
 - a. Gaya Tekan Izin (P_{tk//})

$$P_{tk//} = \frac{150 \cdot g \cdot n \cdot D \cdot B}{4} \dots\dots\dots(2)$$

- b. Gaya Geser Izin (P_{g//})

$$P_{g//} = 5 \cdot g \cdot n \cdot (Dt^2 - d^2) \dots\dots\dots(3)$$

Untuk pasak kayu Kübler dengan
D= 6,1 Cm; B=2,6 Cm

2) Gaya Izin pada sambungan bersudut 120°

a. Gaya Tekan Izin ($P_{tk\alpha}$)

$$P_{tk\alpha} = \frac{\sigma_{tk\alpha} \cdot \pi \cdot D \cdot B}{4} \dots\dots (4)$$

b. Gaya Geser Izin ($P_{g//}$)

Gaya geser izin ($P_{g//}$) ditentukan dengan menggunakan persamaan (3).

3) Gaya Izin Pada Sambungan Bersudut 90°

Pada sambungan bersudut 90° gaya izin ditentukan oleh gaya tekan izin. Mengenai gaya geser tidak dapat dianalisa berdasarkan tegangan izin. Besarnya gaya tekan izin ditentukan dengan menggunakan persamaan (2). Untuk $\alpha = 90^\circ$, maka $\sigma_{tk\alpha} = \sigma_{tk\perp}$, sehingga persamaan (2) dapat dirubahmenjadi:

$$P_{tk\perp} = \frac{\sigma_{tk\perp} \cdot \pi \cdot D \cdot B}{4} \dots\dots\dots (5)$$

Pergeseran Pada Gaya Izin

Karena sulit untuk melakukan pembacaan pergeseran pada gaya izin karena keterbatasan dari alat penguji, maka pergeseran pada gaya izin ditentukan dengan cara interpolasi linier, dengan anggapan bahwa gaya sekitar gaya izin akan menghasilkan pergeseran linier.

Pergeseran pada gaya izin (Δ_i) ditentukan dengan rumus sebagai berikut:

$$\Delta_i = (\Delta_2 - \Delta_1) \cdot \left(\frac{P_i - P}{100}\right) + \Delta_1 \dots\dots\dots (6)$$

Kekuatan Patah Karakteristik (P_{pk})

Kekuatan patah karakteristik pada gaya izin dapat ditentukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

a. Menentukan kekuatan patah rata-rata ($\overline{P_p}$)

$\overline{P_p}$ dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$\overline{P_p} = \frac{\sum P_p}{n} \dots\dots\dots (7)$$

b. Standart Deviasi (S) dan Variance (S^2)

$$S^2 = \frac{\sum (P_p - \overline{P_p})^2}{n - 1}$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum (P_p - \overline{P_p})^2}{n - 1}} \dots\dots\dots (8)$$

c. Menentukan Parameter Populasi

Karena pada percobaan menggunakan benda uji kecil ($n < 30$), maka penentuan parameter populasi dilakukan dengan distribusi t. Untuk mendapatkan nilai kekuatan patah karakteristik pada gaya izin dimana:

$$t = \frac{\overline{P_p} - P_{pk}}{S/\sqrt{n}} \dots\dots\dots (9)$$

Dimana persamaannya menjadi:

$$P_{pk} = \overline{P_p} - t \cdot \sqrt{\frac{S^2}{n}} \dots\dots\dots (10)$$

METODE PENELITIAN

Karakteristik Benda Uji

Benda uji yang dimaksudkan disini adalah pasak kayu Kübler. Pada sambungan lurus digunakan jenis kayu Merbau, Simantok, dan Bangkirai (variasi I), sedangkan pada sambungan bersudut hanya digunakan jenis kayu Simantok (variasi II dan III).

Benda uji dibuat dari bagian kayu yang tidak mempunyai cacat.

1. Jumlah Benda Uji

Benda uji yang digunakan dalam uji pembebanan adalah sebagai berikut:

- a. 30 buah benda uji dari jenis kayu Simantok dengan ukuran $D = 6,10$ cm (Variasi I = 10 bh, Variasi II = 10 bh, Variasi III = 10 bh).
- b. 10 buah benda uji dari jenis kayu Merbau dengan ukuran $D = 6,10$ cm (Variasi I = 10 bh).
- c. 10 buah benda uji dari jenis kayu Bangkirai dengan ukuran $D=6,10$ cm (Variasi I = 10 bh).

2. Alat Bantu Uji Pembebanan

Alat bantu uji pembebanan dibuat untuk menunjang kelancaran proses uji pembebanan. Jenis alat bantu pada uji pembebanan yang digunakan adalah:

a. Kayu yang disambung

Pada kayu yang disambung dibuat takikan untuk penempatan pasak kayu Kübler. Takikan dibuat dengan ukuran yang bersesuaian dengan ukuran pasak. Kayu yang disambung terbuat dari jenis kayu Ulin. Hal ini dimaksudkan agar kayu yang disambung tidak mengalami kerusakan saat uji pembebanan. Seperti diketahui kayu Ulin mempunyai kekuatan tekan yang lebih tinggi dibandingkan dengan jenis kayu yang akan digunakan sebagai benda uji. Kayu yang disambung direncanakan agar sambungan menerima pembebanan secara sentris. Dalam hal ini kayu yang disambung mempunyai dimensi $4,0 \times 8,0$ cm dengan panjang bervariasi tergantung dari variasi uji pembebanan.

Pada sambungan lurus, kayu yang disambung mempunyai panjang 27 cm dengan jumlah 2 buah.

Pada sambungan bersudut 120° , kayu yang disambung mempunyai panjang 34,90 cm dengan jumlah 2 buah yang seratnya sejajar dengan batang, untuk mempermudah mengatur sudut sambungan.lurus Kayu yang disambung

Pada sambungan bersudut 90° , kayu yang disambung memiliki panjang 25 cm dan 24 cm. Seperti pada sambungan bersudut 120° kayu yang disambung dibuat dari kayu yang memiliki arah serat sejajar batang.

b. Klam

Klam digunakan untuk merapatkan sambungan pada saat uji pembebanan. Yang dimaksudkan agar dapat mengganti fungsi baut pengunci, sehingga pada saat uji pembebanan, beban patah yang terjadi hanya tergantung dari kekuatan pasak kayu Kübler. Jenis klam yang digunakan adalah:

- Klam yang terbuat dari sepasang batang baja profil siku yang dihubungkan dengan dua buah baut. Digunakan untuk pengunci variasi sambungan lurus.
- Klam yang mempunyai penjepit yang dapat diputar dengan tangan. Klam ini digunakan untuk pengunci pada variasi sambungan bersudut.

c. Balok-balok pengunci.

Balok-balok pengunci digunakan untuk menjaga agar posisi kayu pada dudukan alat pengujian tidak bergerak (selalu dalam posisi tetap) pada saat pembebanan sedang berlangsung.

Setup Pengujian Benda Uji

Setup pengujian benda uji dibedakan menjadi 3 tipe, yaitu:

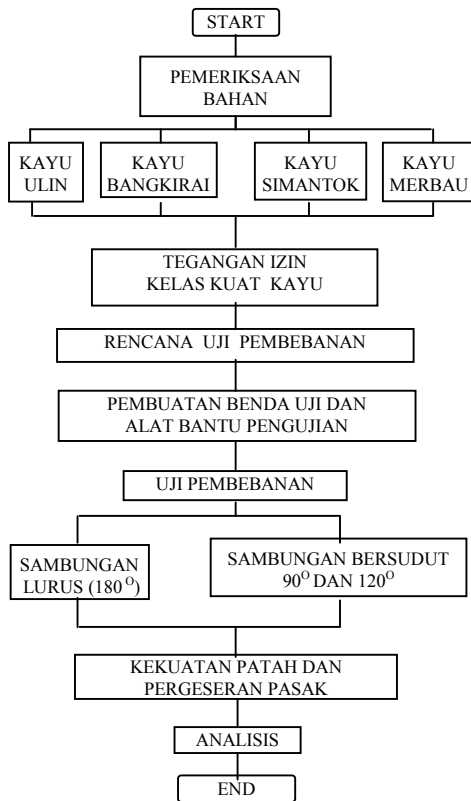
1. Setup pengujian pembebanan variasi I
2. Setup pengujian pembebanan variasi II
3. Setup pengujian pembebanan variasi III

Gambar setup pengujian pembebanan benda uji dapat dilihat pada Lampiran.

Diagram Alir Penelitian

Diagram alir dari penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 4.

Pasak Kayu Kubler Sebagai Alternatif Alat Penyambung
Pada Konstruksi Kayu di Kalimantan Selatan



Gambar 4. Diagram Alir Penelitian

Prosedur Pengujian Kekuatan Patah dan Pergeseran Pada Sambungan

Pembebanan diberikan perlahan-lahan dengan penambahan beban sebesar 100 kg sampai terjadi patah pada sambungan. Pembacaan yang dilakukan adalah pergeseran yang terjadi setiap penambahan beban 100 kg dan besarnya beban saat terjadi patah pada sambungan.

1. Uji pembebanan pada variasi I (sambungan lurus)

Kayu-kayu yang sudah disambung dengan pasak kayu Kübler diletakkan secara tegak pada dudukan yang terdapat pada alat pengujian dan dial pembaca pergeseran diletakkan sedemikian rupa sehingga arah pergeseran yang terjadi sejajar dengan

arah batang. Pasak kayu Kübler dipasang dengan arah seratnya sejajar dengan kayu yang disambung.

2. Uji pembebanan variasi II (sambungan bersudut 120°)

Kayu-kayu yang sudah disambung dengan sudut 120° diletakkan secara tegak dan ujung-ujung batang kayu yang tertekan ditahan oleh balok pengunci. Posisi kayu yang disambung diatur sedemikian rupa sehingga bagian penekan dari alat pengujian berada pada persilangan kayu. Dial pembaca pergeseran dipasang pada salah satu ujung batang kayu dan pergeseran yang dibaca oleh dial adalah pergeseran sejajar dengan arah batang. Pasak kayu Kübler dipasang dengan seratnya sejajar dengan salah satu kayu yang disambung.

3. Uji pembebanan variasi III (sambungan bersudut 90°)

Pada uji pembebanan sambungan bersudut 90° salah satu kayu yang disambung diletakkan secara mendarat pada dudukan alat. Dial pembaca pergeseran dipasang pada batang yang tegak dan pergeseran yang dibaca adalah pergeseran sejajar dengan arah gaya. Pasak kayu Kübler dipasang dengan seratnya sejajar dengan batang yang mendarat.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Pengujian Mutu Bahan

1. Pemeriksaan Berat Jenis Kering Udara (g)

Dari pemeriksaan berat jenis kering udara untuk kayu yang digunakan sebagai bahan pasak kayu Kübler, diketahui bahwa jenis kayu yang mempunyai berat jenis kering udara (g) paling tinggi adalah jenis kayu Bangkirai (g=0,9902), kemudian Merbau (g=0,880), dan Simantok (g= 0,845). Kayu Ulin yang berfungsi sebagai alat bantu pengujian, dari pemeriksaan diketahui berat jenis kering udaranya

($g = 0,9975$). Hasil secara grafik dapat dilihat pada Gambar 5. Dari berat jenis kering udara yang telah diketahui dari hasil pemeriksaan dapat ditentukan tegangan izin dan kelas kuatnya.

2. Pemeriksaan Mutu Kayu

a. Kayu benda uji

Dalam penelitian ini benda uji adalah pasak kayu Kübler yang seluruhnya dibuat dari kayu yang bebas cacat seperti mata kayu, retak-retak, dan serat yang terlalu miring (tangen $\alpha < 1/10$). Hal ini dapat diperoleh dengan cara membuang bagian kayu yang memiliki cacat. Dari pemeriksaan kadar air diketahui bahwa kadar air dari kayu yang digunakan sebagai bahan benda uji seluruhnya kurang dari 18%, sehingga dapat disimpulkan kayu yang di-gunakan sebagai bahan benda uji adalah kayu dengan mutu A.

b. Kayu yang disambung

Kayu yang disambung adalah jenis kayu Ulin dari hasil pemeriksaan kadar airnya adalah 16,28 %, sehingga kayu Ulin yang digunakan memenuhi persyaratan kadar air untuk kayu mutu A (kurang dari 18%). Sedangkan cacat-cacat kayu untuk:

- Kayu yang disambung pada variasi I Pada Variasi I (sambungan lurus) kayu Ulin dengan mutu A yang digunakan tidak mempunyai retak-retak, dan mata kayu, serta arah miring seratnya ($tg \alpha$) adalah sejajar batang.

- Kayu yang disambung pada variasi II dan III

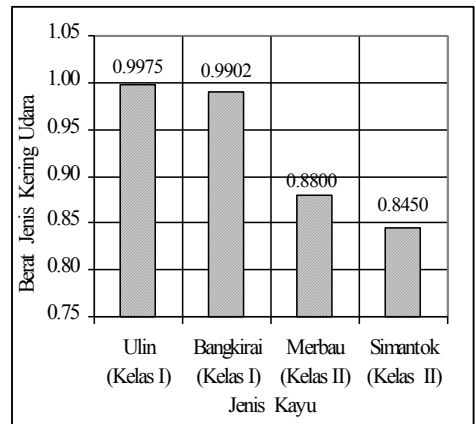
Pada variasi II dan III (sambungan bersudut) kayu Ulin dengan mutu A yang digunakan mempunyai retak radial (h_r) sebesar 1,20 cm (kurang dari $\frac{1}{4}.b$, $b=8,0$ cm), retak tangensial sebesar 0,70 cm (kurang dari $\frac{1}{5}.b$, $b=8,0$ cm), dan tidak terdapat mata kayu, serta arah seratnya sejajar batang.

Kekuatan Patah Karakteristik

- Pada Sambungan Lurus

Pada sambungan lurus kekuatan patah karakteristik (P_{pk}) dan rata-rata (P_{pr}) pasak kayu Kübler (lihat Gambar 6 dan Gambar 7) dengan diameter $D=6,10$ cm masing-masing jenis kayu pasak adalah:

1. Kayu Merbau
Didapat $P_{pk} = 1720,548$ Kg
Didapat $P_{pr} = 1761,200$ Kg
2. Kayu Simantok
Didapat $P_{pk} = 1578,020$ Kg
Didapat $P_{pr} = 1705,300$ Kg
3. Kayu Bangkirai
Didapat $P_{pk} = 1383,502$ Kg
Didapat $P_{pr} = 1462,400$ Kg



Gambar 5. Hasil Pengujian Berat Jenis Kering Udara

Jenis patah yang terjadi pada sambungan adalah geseran. Beban patah rata-rata terbesar yang terjadi pada uji pembebanan variasi I (sambungan lurus) adalah sambungan yang menggunakan pasak kayu Kübler dengan jenis kayu Merbau (lihat Gambar 6), walaupun tegangan geser izin sejajar serat dari kayu Merbau lebih rendah dibandingkan dengan tegangan geser izin kayu Bangkirai. Hal ini dikarenakan kayu Merbau mempunyai serat yang lebih berpadu dibandingkan dengan serat kayu Bangkirai. Pasak dari jenis Merbau pada saat

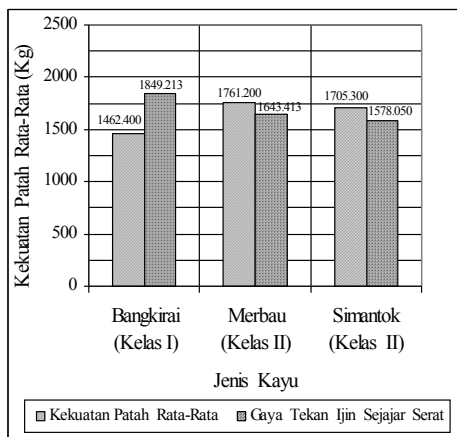
Pasak Kayu Kubler Sebagai Alternatif Alat Penyambung
Pada Konstruksi Kayu di Kalimantan Selatan

peristiwa patah, serat-seratnya cenderung masih melekat walaupun pasak sudah mengalami perubahan bentuk. Demikian pula pasak yang terbuat dari jenis kayu Simantok yang memiliki karakteristik yang sama dengan pasak yang terbuat dari jenis Merbau, walaupun tegangan geser izin sejajar serat kayu Simantok lebih kecil dibandingkan dengan jenis kayu Bangkirai.

- Pada Sambungan Bersudut

Pada sambungan bersudut kekuatan patah karakteristik (P_{pk}) pasak kayu Kübler dengan diameter $D=6,10$ Cm yang terbuat dari jenis kayu Simantok adalah:

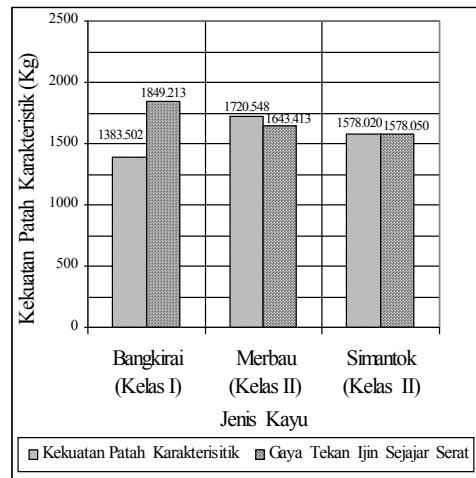
1. Sambungan bersudut 120°
Didapat $P_{pk} = 1180,485$ Kg
2. Sambungan bersudut 90°
Didapat $P_{pk} = 800,562$ Kg



Gambar 6. Hasil Pengujian Kekuatan Patah Rata-Rata Sambungan Lurus

Pada saat beban patah tercapai pada sambungan bersudut, pasak dari kayu Simantok mengalami perubahan bentuk akibat tekanan yang mengakibatkan tergesernya pasak. Beban patah karakteristik terbesar terjadi pada sambungan bersudut 120° (lihat Gambar 9). Hal ini dikarenakan pasak lebih kuat menerima tekanan yang diakibatkan oleh gaya yang bekerja membentuk sudut 120° terhadap arah serat.

Hal ini berbeda dengan sambungan bersudut 90° dimana gaya bekerja tegak lurus serat, sehingga pasak kurang kuat terhadap tekanan. Seperti di ketahui bahwa kayu mempunyai kekuatan tekan tegak lurus serat yang lebih kecil dibandingkan dengan tekanan yang membentuk sudut $\alpha \neq 90^\circ$.



Gambar 7. Hasil Pengujian Kekuatan Patah Karakteristik Sambungan Lurus

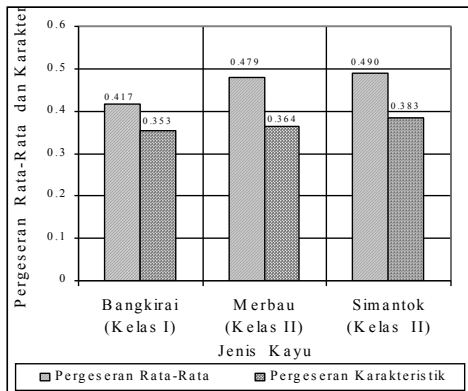
Pergeseran Karakteristik Pada Beban Izin

- Pada Sambungan Lurus

Pergeseran karakteristik pada beban izin yang terjadi pada sambungan lurus (gaya geser izin sejajar serat) pada masing-masing jenis kayu pasak adalah:

1. Kayu Merbau ($P_{g//} = 313,037$ Kg)
Didapat $\Delta_{ik} = 0,364$ mm
2. Kayu Bangkirai ($P_{g//} = 352,238$ Kg)
Didapat $\Delta_{ik} = 0,353$ mm
3. Kayu Simantok ($P_{g//} = 300,587$ Kg)
Didapat $\Delta_{ik} = 0,383$ mm

Pergeseran yang terjadi pada setiap penambahan beban pada tiap pasak adalah berbeda-beda. Pada beban izin pergeseran yang paling kecil terjadi adalah pergeseran pada sambungan dengan menggunakan pasak dari kayu Bangkirai (lihat Gambar 8).

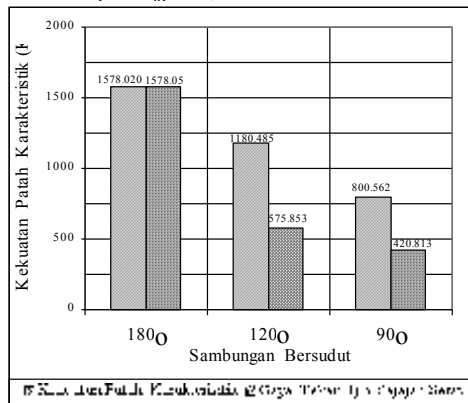


Gambar 8. Hasil Pengujian Pergeseran Rata-Rata dan Karakteristik Sambungan Lurus

- Pada Sambungan Bersudut

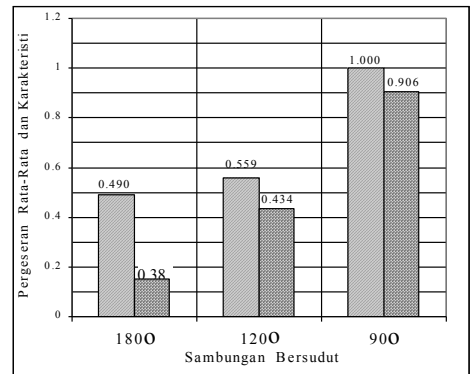
Pergeseran karakteristik pada beban izin yang terjadi pada sambungan bersudut pasak kayu Kübler dengan diameter $D=6,10$ cm yang terbuat dari jenis kayu Simantok adalah:

1. Sambungan bersudut 120°
 Beban izin adalah gaya geser izin sejajar serat ($P_{g//} = 300,587$ Kg)
 Didapat $\Delta_{ik} = 0,434$ mm.
2. Sambungan bersudut 90°
 Beban izin adalah gaya tekan izin tegak lurus serat ($P_{tk\perp} = 420,813$ Kg)
 Didapat $\Delta_{ik} = 0,906$ mm.



Gambar 9. Hasil Pengujian Kekuatan Patah Karakteristik pada Sambungan Bersudut dengan Pasak Kayu Simantok

Pergeseran pada beban izin yang terjadi pada sambungan bersudut lebih besar dibandingkan dengan pergeseran yang terjadi pada sambungan lurus. Demikian pula pergeseran yang terjadi untuk sambungan dengan masing-masing sudut dimana pergeseran yang terjadi pada sambungan bersudut 90° lebih besar dibandingkan dengan sambungan bersudut 120° (lihat Gambar 10). Hal ini dikarenakan kayu kurang kuat menerima tekanan yang bekerja tegak lurus seratnya.



Gambar 10. Hasil Pengujian Pergeseran Rata-Rata dan Karakteristik Pada Sambungan Bersudut dengan Pasak Kayu Simantok

Kondisi Takikan Dan Tepian Pasak Pada Saat Patah

Kondisi takikan pada saat terjadi patah pada sambungan masih bagus, hal ini dikarenakan beban patah yang terjadi belum melampaui gaya tekan izin pada kayu yang disambung untuk masing-masing variasi. Kondisi tepian pasak pada saat patah untuk sambungan dari masing-masing variasi adalah mengalami perubahan bentuk pada bagian pasak yang mengalami tekanan radial maksimum. Hal ini berbeda dengan pasak yang terbuat dari kayu Bangkirai dimana tepian pasak tidak mengalami kerusakan pada saat terjadi patah.

KESIMPULAN DAN SARAN

Pasak kayu Kübler yang menggunakan 3 (tiga) macam jenis kayu keras di Kalimantan Selatan, yaitu: kayu Bangkirai (*Shorea laevis Ridl*), Simantok (*Shorea spp*) dan Merbau (*Intsia spp*), serta kayu yang akan disambung sebagai alat bantu pengujian adalah jenis kayu Ulin (*Eusy Deroxylon Zwageri*) menghasilkan :

1. Kekuatan patah rata-rata dan karakteristik pada kayu Merbau (Kelas II) ternyata lebih besar dibandingkan kayu Simantok (Kelas II) dan kayu Bangkirai (Kelas I).
2. Pada pasak kayu yang menggunakan jenis kayu Simantok nilai dari kekuatan patah karakteristiknya akan semakin besar jika sudut sambungan terhadap arah serat lebih dari 90° .
3. Pergeseran yang terjadi pada sambungan bersudut 90° lebih besar dibandingkan dengan sambungan bersudut 120° .
4. Bila dibandingkan secara teoritis ternyata kekuatan patah karakteristik pasak dari kayu Merbau ($P_{pk} = 1720,548$ kg) nilainya lebih besar dari kekuatan izinnya, yaitu sebesar $1643,413$ kg, sedangkan pada jenis kayu Bangkirai dan Simantok sebaliknya.

Setelah menyimpulkan hasil penelitian maka penulis menyarankan:

1. Agar dapat terus dilakukan penelitian terhadap penggunaan pasak kayu Kübler yang terbuat dari jenis-jenis kayu keras yang lain. Seperti diketahui bahwa Indonesia dan Kalimantan Selatan pada khususnya memiliki berbagai jenis kayu keras yang dapat digunakan sebagai pasak kayu Kübler.
2. Perlu adanya penelitian tentang penggunaan pasak kayu Kübler pada sambungan batang-batang kayu yang berat jenis kering udaranya lebih kecil dari berat jenis kering udara pasak kayu Kübler. Hal ini mengingat bahwa penggunaan kayu-kayu berkekuatan

tinggi seperti Ulin harus dihemat pada masa yang akan datang.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih atas penggunaan alat-alat selama pengujian di Laboratorium Struktur Fakultas Teknik UNLAM, dan juga kepada saudara Hanafi, ST. yang telah banyak membantu sehingga terlaksananya penelitian ini.

DAFTAR NOTASI

D	=	Diameter sisi pasak kayu Kübler
Dt	=	Diameter tengah pasak kayu Kübler
g	=	Berat jenis kayu kering udara yang terkecil, yaitu antara g kayu pasak dan g dari kayu yang disambung.
n	=	Jumlah benda uji yang akan diuji
S	=	Standart Deviasi hasil pengujian
$P_{tk //}$	=	Gaya tekan izin pada sambungan lurus
$P_{tk \alpha}$	=	Gaya tekan izin pada sambungan bersudut
$P_{tk \perp}$	=	Gaya tekan izin pada sambungan bersudut 90°
$P_{g //}$	=	Gaya geser izin pada sambungan lurus
P_{pk}	=	Kekuatan patah karakteristik
P_i	=	Beban izin
P	=	Beban kelipatan 100 kg pertama sebelum P_i .
\overline{Pp}	=	Kekuatan patah rata-rata pada sambungan
Pp	=	Kekuatan patah pada sambungan
$\sigma_{tk \alpha}$	=	Tegangan tekan izin yang membentuk sudut α terhadap arah serat.
Δ_i	=	Pergeseran pada beban izin
Δ_1	=	Pergeseran yang terjadi pada P
Δ_2	=	Pergeseran pada beban kelipatan 100 kg pertama lebih besar dari P_i

DAFTAR PUSTAKA

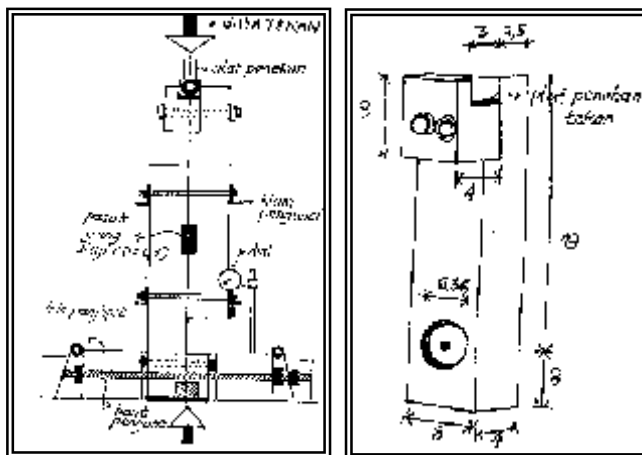
....., "Peraturan Konstruksi Kayu Indonesia NI - 5 PKKI 1961", Departemen Pekerjaan umum dan Tenaga Listrik, Direktorat Jenderal Cipta Karya, Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan, Bandung, 1961.

Djokowahjono, FH., Tjoa Pwee Hong, "Konstruksi Kayu", Penerbit Universitas Atmajaya, Yogyakarta, 1994.

Hanafi, "Analisa Penggunaan Pasak Kayu Kübler dari Beberapa Jenis Kayu Keras Yang Ada di Kalsel sebagai Alternatif Alat Penyambung Pada Konstruksi Kayu", Tugas Akhir S-1 Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Lambung Mangkurat, Banjarmasin, 2000.

Yap, K.H.F., "Konstruksi Kayu", Penerbit Bina Cipta, Bandung, 1984.

LAMPIRAN:



Gambar 11. Setup Pengujian Pembebanan Variasi I (Sambungan Lurus)

