

# Kajian Hubungan antara Kekuatan Sambungan Paku dengan Diameter Paku dan Berat Jenis Kayu pada Beberapa Kayu Indonesia

## *Study on Correlation between Nail Connection Strength and Both Nail Diameter and Specific Gravity on Several Indonesian Wood*

Sucahyo Sadiyo dan Agustina Suharti

### Abstract

On a strong, stiff, and stable wood construction for structural purposes, wood connection on several elements on its constituent is generally performed. On this construction, wood connection is a critical point. The strength of this connection is affected by the strength of 3 components, i.e. the connector, the wood, and the connection type. In a truss of structural construction, element of its constituent will receive compressive or tensile loads. In a case of connection, such load is called lateral resistance. In this study, the nail and several Indonesian wood species namely Sengon, Meranti, Kamper, and Bangkirai representing the low, moderate, and high specific gravity, were utilized. Effect of the nail diameter as a connector and wood specific gravity on wood connection has been investigated.

The main objective of this research was to study the correlation between nail connection strength in two types of loading (lateral and withdrawal), and both nail diameter and wood specific gravity on several Indonesian wood.

Based on this study there was a positive correlation between nail diameter and wood specific gravity on lateral or withdrawal resistance. Increasing both the nail diameter and wood specific gravity, resulted in increasing the wood connection strength. Correlation model for lateral and withdrawal resistances using  $P$  as the ultimate load,  $D$  as nail diameter, and  $G$  as wood specific gravity, respectively were  $P = 19.95 GD^{2.07}$  and  $P = 38.02 G^{1.42}D$ .

**Key words:** nail, specific gravity, lateral resistance, withdrawal resistance, ultimate load.

### Pendahuluan

Penggunaan kayu sebagai bahan bangunan masih menjadi pilihan utama bagi sebagian besar masyarakat Indonesia. Hal ini mengingat lebih banyak keuntungan menggunakan kayu sebagai bahan bangunan dibandingkan dengan bahan lain, diantaranya kayu mudah dipotong, mudah disambung, mudah dikerjakan dengan alat sederhana, cukup kuat dengan berat yang relatif ringan, cukup awet, dan memiliki estetika yang tinggi. Kekuatan suatu bangunan dipengaruhi oleh berbagai faktor, diantaranya jenis kayu yang digunakan, jenis atau macam rancang bangun dan faktor-faktor alam yang mempengaruhinya.

Perbedaan jenis kayu akan mempengaruhi perbedaan suatu kekuatan bangunan. Salah satu penduga kekuatan kayu adalah dengan mengetahui berat jenis dari kayu tersebut. Semakin tinggi berat jenis kayu maka semakin tinggi pula kekuatan kayu dan semakin rendah berat jenis maka semakin rendah pula kekuatan kayu tersebut.

Suatu bangunan disamping memerlukan rancang bangun yang tepat maka perhatian terhadap sambungan kayu pada bangunan tersebut dapat menyebabkan penggunaan kayu menjadi lebih efektif dan efisien. Menurut Hoyle (1973) sambungan adalah lokasi sederhana yang menghubungkan dua bagian atau lebih menjadi satu dengan bentuk tertentu pada ujung-ujung perlekatan. Sedangkan menurut Brown *et al.* (1952)

fungsi alat sambung adalah penyambung dan penghantar gaya yang bekerja pada satu bagian ke bagian lain dari sambungan. Satu bagian ke bagian lain tersebut masing-masing merupakan satu kesatuan. Komponen pembentuk sambungan adalah kayu yang akan disambung, alat sambung dan atau pelat sambung.

Alat sambung yang relatif murah dan mudah digunakan adalah paku. Alat sambung paku ini biasa digunakan dalam konstruksi ringan. Pada konstruksi ringan beban yang diterima tidak terlalu besar dan tidak berfungsi sebagai penahan beban utama pada suatu konstruksi. Paku walaupun dalam perkembangannya mulai ditinggalkan karena daya dukungnya kecil tapi paku mempunyai keunggulan di antaranya, paku lebih kaku dan mempunyai sesaran yang lebih kecil dibanding baut (Yap 1964).

Mengingat sebagian besar konstruksi kayu masih menggunakan paku sebagai alat sambung, sehingga diperlukan metode yang mudah dalam mengetahui besar beban yang mampu diterima oleh sambungan tersebut. Pada sambungan paku terdapat dua tipe pembebanan yaitu pembebanan *lateral* dan pembebanan *withdrawal* (Hoyle 1973). Dari dua tipe pembebanan tersebut dapat diketahui besar kekuatan sambungan paku menurut berbagai ukuran diameter paku dan berat jenis beberapa kayu Indonesia. Disamping itu dapat diperoleh pula hubungan antara kekuatan sambungan paku dengan diameter paku dan berat jenis kayu dalam bentuk model matematis atau persamaan antara ketiga faktor tersebut.

Dengan diketahui model matematis batas beban proporsi, maka selanjutnya dapat diketahui beban yang mampu diterima oleh sambungan kayu dari suatu bangunan kayu. Dengan demikian pada pelaksanaannya pemanfaatan kayu sebagai bahan bangunan dapat efektif dan efisien serta memberikan keamanan bagi pekerja maupun penghuni bangunan tersebut.

### Bahan dan Metode

Bahan penelitian adalah kayu tropis Indonesia yang memiliki berat jenis dengan sebaran nilai berat jenis rendah sampai tinggi, antara lain kayu Sengon (*Paraserianthes falcataria*), Meranti (*Shorea sp*), Kamper (*Dryobalanops aromatica*), dan Bangkirai (*Shorea laevis*). Bahan lainnya adalah paku dengan berbagai jenis ukuran diameter yaitu 2.8 mm, 3.4 mm, 4.3 mm, dan 5.2 mm. Alat- alat pendukung yang digunakan diantaranya mesin bor dan mata bor, mesin UTM (*Universal Testing Machine*), gergaji, palu dan tang. Contoh uji dibuat sesuai dengan macam atau tipe pembebanan yang diberikan yaitu *lateral* dan *withdrawal*. Bentuk dan ukuran contoh uji menurut macam pembebanan disajikan pada Gambar 1.

Untuk contoh uji pada pembebanan *lateral* dibuat dalam *single shear* dengan tebal disesuaikan menurut Peraturan Konstruksi Kayu Indonesia (1978), yaitu apabila tebal penampang satu sama dengan tebal penampang dua maka panjang paku lebih besar sama dengan 2.5 tebal penampang tersebut. Dari contoh uji di atas kemudian dilakukan pengujian dengan menggunakan *Universal Testing Machine* merk Baldwin yang telah disesuaikan dengan tipe pembebanannya.

Data laboratorium yang digunakan dalam membangun model regresi terlebih dahulu ditransformasi ke sistem logaritma untuk menghasilkan hubungan atau persamaan antara beban, diameter paku dan berat jenis kayu. Model matematisnya dapat diketahui melalui persamaan:

- untuk tipe pembebanan *lateral* adalah  $P = k G D^n$
- untuk pembebanan *withdrawal* adalah  $P = k G^n D$

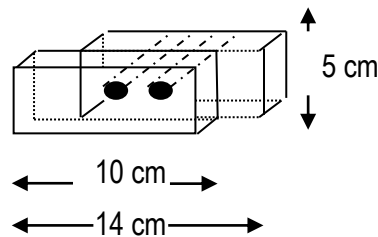
dimana :

P = kuat sambungan paku dengan pembebanan *lateral* atau *withdrawal* (kg)

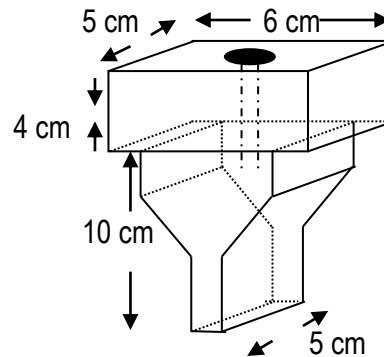
G = berat jenis kayu

D = diameter paku (mm)

k dan n = konstanta



a. Lateral resistance.



b. Withdrawal resistance

Figure 1. Shapes of sample test according to each of load type

Table 1. Average load of lateral resistance according to kinds of nail diameter and wood specific gravity

Specific Gravity (wood species)	Nail Diameter ( mm )			
	2.8	3.4	4.3	5.2
0.37 (Sengon)	69.65	116.25	182.60	242.60
0.51 (Meranti)	83.20	124.90	217.50	401.00
0.83 (Kamper)	109.10	158.70	249.30	403.50
0.99 (Bangkirai)	219.15	309.95	436.10	612.60

## Hasil dan Pembahasan

### Pembebanan *Lateral*

Pembebanan yang dilakukan pada sambungan paku dari empat jenis kayu yang berbeda berat jenis dan diameter pakunya akan menghasilkan beban atau kekuatan sambungan paku yang juga berbeda besarnya. Rata-rata beban yang dihasilkan dari uji sambungan tersebut disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1 memperlihatkan adanya peningkatan nilai rata-rata beban yang dihasilkan berdasarkan ukuran diameter paku dan berat jenis kayu. Peningkatan tersebut dapat dilihat pada jenis kayu Sengon, dimana pada diameter paku terkecil, yaitu 2.8 mm dihasilkan beban 69.65 kg sedangkan pada diameter paku terbesar (5.2 mm) dihasilkan juga nilai beban terbesar yaitu 242.60 kg. Sebaliknya pada nilai berat jenis yang sama dihasilkan juga beban yang semakin besar dengan meningkatnya diameter paku yang digunakan. Menurut Tsoumis (1991) sifat mekanis kayu dipengaruhi oleh banyak faktor, terutama oleh kadar air, kerapatan/berat jenis, lama pembebanan dan cacat-cacat kayu. Kerapatan merupakan faktor yang baik dan paling sederhana untuk menduga kekuatan kayu bebas cacat. Dengan demikian kerapatan/berat jenis dapat digunakan sebagai indikator kunci sifat fisis dalam hubungannya dengan sifat mekanis kayu, dimana semakin meningkat berat jenis kayu maka kekuatan atau sifat mekanisnya juga semakin meningkat. Hal ini sejalan dengan pernyataan bahwa dengan meningkatnya ukuran diameter paku maka meningkat pula beban yang dihasilkan. Peningkatan beban ini terutama disebabkan

oleh semakin besar/luasnya permukaan bidang paku yang tertanam di dalam kayu.

Berdasarkan keseluruhan data beban yang dihasilkan dari kekuatan sambungan paku menurut berat jenis kayu dan diameter paku yang berbeda, selanjutnya dapat dirumuskan model matematis atau persamaan baru. Dengan menggunakan model regresi yang terlebih dahulu ditransformasi ke dalam sistem logaritma maka dihasilkan suatu persamaan antara beban yang dihasilkan dengan diameter paku dan berat jenis kayu, yaitu  $P = 19.95 G D^{2.07}$ . Dengan catatan bahwa beban yang dihasilkan adalah beban maksimum (*ultimate load*). Beban maksimum ini adalah beban terbesar yang mampu diterima oleh sambungan kayu tersebut. Terdapat perbedaan cukup besar antara konstanta persamaan ini dengan persamaan penelitian Pun (1987), yaitu  $P = 45.6 G D^{1.59}$ , sehingga grafik persamaannya lebih besar atau berada di atas grafik persamaan penelitian ini. Hal ini terutama disebabkan oleh perbedaan macam contoh uji yang digunakan, dimana persamaan pertama dihasilkan dari pengujian menggunakan *single shear* sedangkan penelitian Pun (1987) menggunakan *double shear*. Selanjutnya dikatakan bahwa *double shear* mampu menahan beban lebih besar dibandingkan bentuk *single shear*. Menurut Hoyle (1973) kekuatan kayu terbesar diperoleh pada paku yang mendapat beban *lateral* sehingga hal ini dijadikan dasar pembuatan sambungan yang baik. Selain dapat diketahui beban maksimum berdasarkan berat jenis kayu, dari rumus di atas dapat diketahui juga grafik hubungan antara beban *lateral*, berat jenis kayu dan diameter paku. Grafik tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.

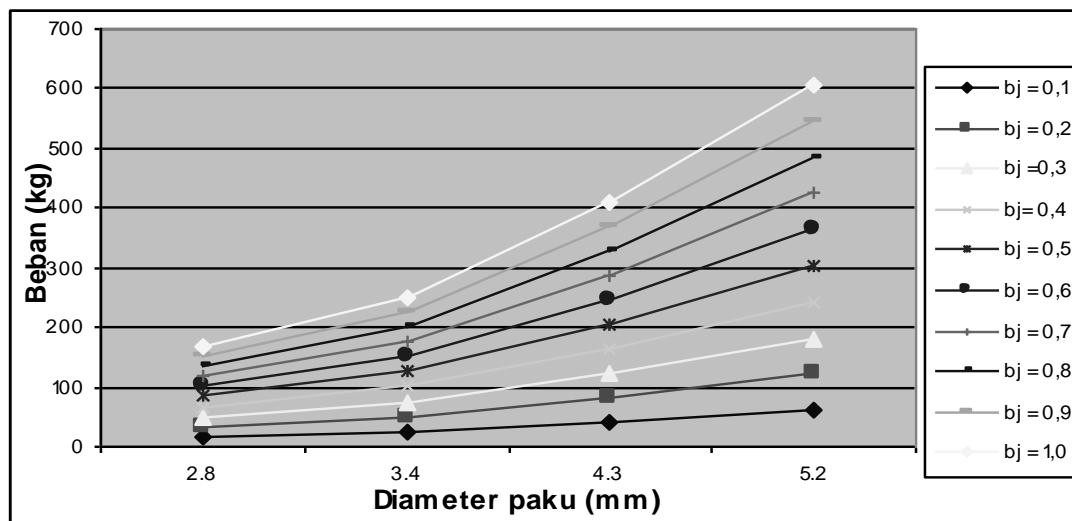


Figure 2. Diagram of relationship between maximum load with both nail diameter and specific gravity on lateral resistance

### Pembebanan *Withdrawal*

Pembebanan *withdrawal* dari suatu sambungan paku dilakukan sama seperti pada pembebanan *lateral*, yaitu dilakukan pada empat jenis kayu dan empat ukuran diameter paku. Untuk mengetahui rata-rata beban yang dihasilkan dari uji sambungan tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.

Rata-rata beban yang dihasilkan dari pengujian *withdrawal* tidak sebesar dengan rata-rata beban pada pembebanan *lateral* karena pada pembebanan ini paku hanya mengalami pencabutan tanpa mengalami pembengkokan paku maupun kerusakan serat kayu. Menurut Hoyle (1973) terdapat perbedaan kekuatan paku yang dihasilkan antara jenis pembebanan *lateral* dengan *withdrawal*, dimana pada pembebanan *lateral* dihasilkan kekuatan paku yang lebih besar. Paku yang menembus tegak lurus serat memberikan kekuatan yang lebih besar dibandingkan dengan menembus sejajar serat kayu. Seperti halnya pada pembebanan *lateral*, terdapat perbedaan rata-rata beban yang dihasilkan dari tiap-tiap diameter paku dan berat jenis kayu, yaitu terjadi peningkatan nilai beban yang dihasilkan dengan

semakin besar berat jenis kayu dan diameter paku. Pada jenis kayu Sengon, untuk penggunaan diameter paku 2.8 mm dihasilkan beban sebesar 10 kg dan pada diameter paku terbesar yaitu 5.2 mm dihasilkan juga nilai beban yang terbesar yaitu 132.60 kg. Dengan demikian pada nilai berat jenis kayu yang sama dihasilkan beban yang semakin besar dengan semakin besarnya diameter paku yang digunakan.

Sejalan dengan berat jenis atau jenis kayu maka pada diameter paku yang sama dengan berat jenis yang berbeda dihasilkan beban yang berbeda pula dengan kecenderungan bahwa beban yang dihasilkan semakin besar dengan semakin besarnya berat jenis kayu. Hal ini dapat dilihat pada diameter paku 2.8 cm untuk jenis kayu Sengon dengan berat jenis 0.37 dihasilkan beban 10 kg, sedangkan pada jenis kayu Bangkirai yang mempunyai berat jenis tinggi (0.99) dihasilkan beban terbesar juga, yaitu 32.20 kg. Persamaan yang diperoleh dari hasil keseluruhan beban dengan berat jenis dan diameter paku yang berbeda untuk *maximum load* dengan model regresi yang terlebih dahulu ditransformasikan ke dalam sistem logaritma, yaitu  $P = 38.02 G^{1.42} D$ .

Table 2. Average load of withdrawal resistance according to kinds of nail diameter and wood specific gravity

Specific Gravity (Wood Species)	Nail Diameter ( mm )			
	2.8	3.4	4.3	5.2
0.37 (Sengon)	10.00	25.00	51.20	132.60
0.51 (Meranti)	14.00	30.80	123.20	177.40
0.83 (Kamper)	17.60	59.40	134.60	228.20
0.99 (Bangkirai)	32.20	114.00	221.60	301.20

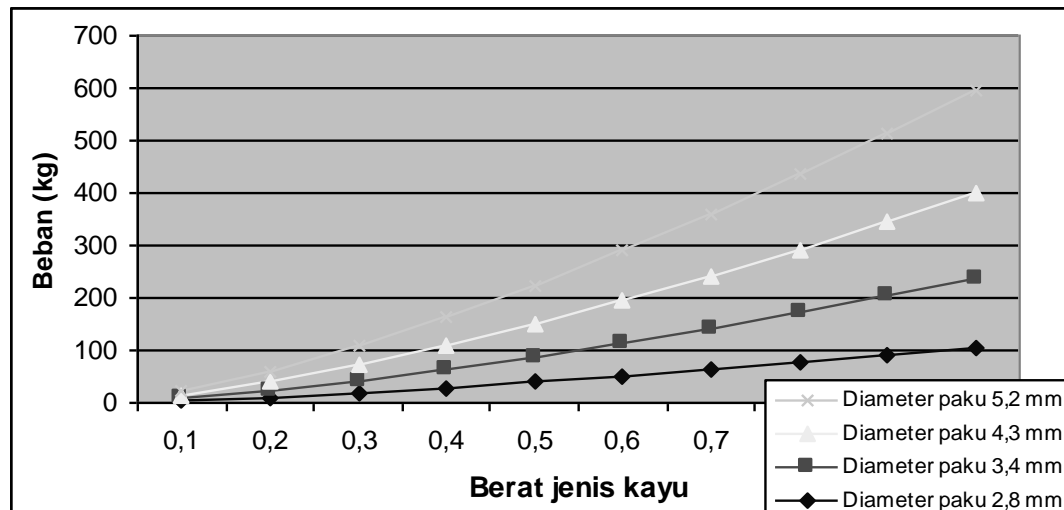


Figure 3. Diagram of relationship between maximum load with both nail diameter and specific gravity on withdrawal resistance

Selain dapat diketahui beban maksimum dari tiap-tiap berat jenis kayu, dari rumus di atas dapat diketahui juga grafik hubungan antara beban *lateral*, berat jenis kayu dan diameter paku (Gambar 3).

### Kesimpulan

1. Terdapat hubungan antara diameter paku dengan beban dan keduanya bernilai positif yaitu semakin besar diameter paku yang digunakan maka beban yang mampu ditahan semakin besar pula. Demikian juga pada berat jenis kayu semakin besar berat jenis kayu maka beban yang mampu ditahan juga semakin besar.
2. Model matematis hubungan antara kekuatan sambungan paku dengan diameter paku dan berat jenis kayu untuk beban maksimum pada pembebanan *lateral* yaitu  $P = 19.95GD^{2.07}$  dan persamaan beban maksimum pada pembebanan *withdrawal* yaitu  $P = 38.02G^{1.42}D$ ; dimana P adalah kekuatan sambungan paku atau beban yang diterima (kg), G adalah berat jenis, dan D adalah diameter paku (mm).

### Daftar Pustaka

- Brown, H.P.; A.J Panshin and C.C Forsaith. 1952. Textbook of Wood Technology. Vol I. McGraw Hill book Co. Inc. New York.
- Direktorat Jenderal Cipta Karya. 1978. Peraturan Konstruksi Kayu Indonesia NI-65 PKKI 1961. Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan. Departemen Pekerjaan Umum dan Tenaga Listrik. Yayasan Dana Normalisasi Indonesia. Bandung.
- Hoyle, R. J. Jr. 1973. Wood Technology in The Design of Structures. Mountain Press Publishing Company. Missoula, Montana. USA.
- Pun, C. Y. 1987. Structural Timber Joints. Malayan Forest Records No. 32. Forest Research Institute Malaysia. Kuala Lumpur.
- Tsoumis, G. 1991. Science and Technology of Wood: Structure, Properties, Utilization. Van Nostrand Reinhold. New York.
- Yap, K.H.F. 1964. Konstruksi Kayu. Bina Cipta. Bandung.

Diterima tanggal 10 Desember 2004

Sucahyo Sadiyo dan Agustina Suharti  
Departemen Teknologi Hasil Hutan - Fakultas Kehutanan – Intitut Pertanian Bogor  
(*Department of Forest Product Technology – Faculty of Forestry – Bogor Agricultural University*)  
Kampus IPB Darmaga, Kotakpos 168 Bogor 16001  
Telp. (0251) 621285-422982;  
Fax. (0251) 621285;  
E-mail : jthh-ipb@indo.net.id