

JURNAL TEKNIK SIPIL

Jurnal Teoretis dan Terapan Bidang Rekayasa Sipil

Nilai Kekuatan Tumpu Baut pada Empat Jenis Kayu Rakyat Indonesia

Sucahyo Sadiyo

Departemen Hasil Hutan Fakultas Kehutanan - IPB, Jl. Raya Dramaga, Bogor 16680
Email: sucahyoss@gmail.com

Dwi Susanto

Departemen Hasil Hutan, Fakultas Kehutanan - IPB, Jl. Raya Dramaga, Bogor 16680
E-mail: dwisusanto.susanto@gmail.com

Nanda Elsa Sara Pratiwi

Departemen Hasil Hutan, Fakultas Kehutanan - IPB, Jl. Raya Dramaga, Bogor 16680
E-mail: nandaelsathh@gmail.com

Abstrak

Kekuatan tumpu baut merupakan salah satu parameter penting yang memengaruhi nilai desain rujukan (Z) pada sambungan tipe dowel. Di Indonesia penentuan nilai kekuatan tumpu baut dapat ditentukan berdasarkan SNI 7973-2013 yang mengadopsi standar NDS. Penelitian ini dilakukan untuk menentukan nilai kekuatan tumpu baut menggunakan tiga ukuran diameter baut (1/2 in, 5/8 in, dan 3/4 in) dan empat jenis kayu rakyat Indonesia yaitu sengon (*Paraserianthes falcataria*), jabon (*Anthocephalus cadamba*), manii (*Maesopsis eminii*) dan nangka (*Artocarpus heterophyllus*) kemudian membandingkannya dengan SNI 7973. Hasil pengujian menunjukkan nilai kekuatan tumpu baut dipengaruhi oleh kerapatan dan berat jenis kayu. Nilai kekuatan tekan maksimum sejajar serat dapat digunakan sebagai parameter dalam menduga nilai kekuatan tumpu baut yang dihasilkan. Semakin tinggi kekuatan tekan maksimum sejajar serat maka kekuatan tumpu baut yang dihasilkan akan semakin tinggi pula. Nilai kekuatan tumpu baut berdasarkan jenis kayu berturut-turut yaitu sengon 161 kg/cm², jabon 151 kg/cm², manii 243 kg/cm² dan nangka 392 kg/cm². Baut dengan diameter 1/2 in memiliki nilai kekuatan tumpu baut tertinggi kecuali pada kayu jabon. Perbandingan nilai kekuatan tumpu baut pada kayu sengon dan jabon terhadap SNI 7973 cukup signifikan (16-27%) sedangkan pada kayu manii dan nangka tidak signifikan (2-3%).

Kata – kata Kunci: Kekuatan tekan maksimum sejajar serat, kekuatan tumpu baut, SNI 7973.

Abstract

The fasteners bearing strength is one of the properties that affect reference design value (Z) on dowel-type connections. In Indonesia, the value of bolt bearing strength can be determined in theory by SNI 7973 which adopt NDS standard. This study was conducted to determine the bolt bearing strength by using three bolts diameter (1/2 in, 5/8 in and 3/4 in) and four Indonesian woods community species which are sengon (*Paraserianthes falcataria*), jabon (*Anthocephalus cadamba*), manii (*Maesopsis eminii*) and nangka (*Artocarpus heterophyllus*) compared with SNI 7973. The results showed that bolt bearing strength can be affected by density and specific gravity. Moreover, the compression strength parallel to grain can be used as a parameter to predict bolt bearing strength. The higher compression strength parallel to grain, the higher bolt bearing strength will be. The bolt bearing strength based on wood species were sengon 161 kg/cm², jabon 151 kg/cm², manii 243 kg/cm² and nangka 392 kg/cm² respectively. Bolt with 1/2 in diameter has the highest bolt bearing strength except for jabon wood. The difference of bolt bearing strength on sengon and jabon versus SNI 7973 was differ significantly by 16-27% while the bolt bearing strength on manii and nangka was not differ significantly by 2-3%.

Keywords: Bolt bearing strength, compression strength parallel to grain, SNI 797.

1. Pendahuluan

1.1 Latar belakang

Alat sambung dowel merupakan alat sambung yang banyak digunakan sebagai penyambung pada konstruksi sambungan kayu. Hal ini dikarenakan alat sambung ini mudah dalam penggunaannya, relatif murah dan mudah didapatkan. Sebagai komponen suatu sambungan kayu, alat sambung harus diketahui sifat mekanisnya saat diberi pembebanan. Perilaku sambungan kayu merupakan masalah yang sangat kompleks karena dipengaruhi oleh jumlah geometri, material yang digunakan dan parameter

pembebanan (jenis kayu, diameter alat sambung, jarak ujung, jarak tepi, jarak antar alat sambung, jumlah alat sambung dan arah pembebanan) (Santos, *et al.*, 2010).

European Yield Model (EYM) telah mengusulkan teori dalam menganalisis kapasitas tahanan pembebanan pada berbagai alat sambung dowel (AF & PA, 2001). Teori batas (Johansen, 1949) menjelaskan bahwa beban leleh suatu sambungan dapat diprediksi dengan mengetahui nilai tegangan leleh alat sambung, geometri sambungan dan kekuatan tumpu alat sambung. Kekuatan tumpu alat sambung juga merupakan salah satu parameter penting yang memengaruhi kekuatan dalam

nilai desain rujukan (Z) pada sambungan tipe dowel. Penentuan nilai kekuatan tumpu alat sambung berdasarkan EYM ditentukan dengan nilai beban leleh yang merupakan titik perpotongan pada kurva beban-deformasi dengan garis *offset* pada deformasi 5% diameter alat sambung. Nilai kekuatan berdasarkan EYM kemudian diadopsi oleh NDS (*National Design of Specification for Wood Construction*).

Penelitian sebelumnya tentang kekuatan tumpu pada alat sambung tipe dowel seperti baut menunjukkan kekuatan tumpu baut dipengaruhi oleh kerapatan, berat jenis, diameter alat sambung, arah pembebanan, dan kadar air (Rammer, 2001; Smart, 2002; Sawata dan Yasumura, 2002; Glisovic, *et al.*, 2012). Namun kayu yang digunakan masih menggunakan jenis-jenis kayu daun jarum yang berbeda dengan jenis-jenis kayu yang ada di Indonesia. Jenis-jenis kayu yang ada di Indonesia merupakan jenis kayu daun lebar yang memiliki struktur anatomi yang lebih heterogen dibandingkan jenis kayu daun jarum. Penelitian kekuatan tumpu alat sambung pada jenis-jenis kayu daun lebar masih belum banyak dilakukan. Penelitian sebelumnya antara lain dilakukan oleh Awaludin, *et al.* (2006) menggunakan kayu *Shorea obtusa* dan Hassan, *et al.* (2013) yang menggunakan kayu balau dan kayu kempas. Di Indonesia penentuan nilai kekuatan tumpu baut dapat dilakukan secara teori dengan mengacu pada SNI 7973 (2013) tentang spesifikasi desain untuk konstruksi kayu. Penentuan kekuatan tumpu baut berdasarkan SNI 7973 (2013) mengadopsi persamaan yang ada dalam NDS dengan penentuan persamaan dalam standar tersebut disusun berdasarkan penelitian-penelitian menggunakan jenis kayu daun jarum. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui nilai kekuatan tumpu baut menggunakan tiga ukuran baut (1/2, 5/8 dan 3/4 in) pada empat jenis kayu Indonesia.

1.2 Tujuan

Tujuan penelitian ini adalah untuk menentukan nilai kekuatan tumpu baut menggunakan tiga ukuran diameter baut dan empat jenis kayu rakyat Indonesia kemudian membandingkannya dengan SNI 7973 (2013).

2. Metodologi Penelitian

2.1 Alat dan bahan penelitian

Peralatan yang digunakan adalah mesin gergaji, bor, kaliper, timbangan, oven dan mesin UTM Instron kapasitas 5 ton. Bahan yang digunakan adalah kayu dan alat sambung berupa baut. Kayu yang digunakan adalah kayu sengon (*Paraserianthes falcataria*), jabon (*Anthocephalus cadamba*), manii (*Maesopsis eminii*) dan angka (*Artocarpus heterophyllus*). Alat sambung baut yang digunakan terdiri dari tiga ukuran diameter yaitu 1/2 in (12 mm), 5/8 in (16 mm), dan 3/4 in (19 mm).

2.2 Metode pengujian

Metode pengujian dilakukan berdasarkan standar-standar pengujian yang baku meliputi pengujian sifat

fisis kayu seperti kadar air, kerapatan dan berat jenis serta pengujian mekanis meliputi kekuatan tekan maksimum sejajar serat dan kekuatan tumpu baut.

2.3 Pengujian sifat fisis

Sifat fisis yang diuji adalah kadar air, kerapatan dan berat jenis yang mengacu pada standar ASTM D 4442–92 untuk penentuan kadar air dan ASTM D 2395–02 untuk penentuan berat jenis kayu. Kadar air, kerapatan dan berat jenis kayu menggunakan contoh uji berukuran 5 x 5 x 5 cm. Contoh uji dalam keadaan kering udara ditimbang beratnya (B_{KU}) dan diukur dimensinya (V_{KU}) lalu dikeringkan dalam oven pada suhu $(103 \pm 2) ^\circ C$ selama 2 x 24 jam atau sampai mencapai berat konstan kemudian ditimbang sehingga diperoleh berat kering tanur (B_{KT}). Nilai kadar air, kerapatan dan berat jenis kayu dihitung dengan persamaan:

$$KA (\%) = \frac{\text{Berat Kering Udara} - \text{Berat Kering Tanur}}{\text{Berat Kering Tanur}} \times 100 \quad (1)$$

$$\text{Kerapatan (g/cm}^3) = \frac{\text{Berat Kering Udara}}{\text{Volume Kering Udara}} \quad (2)$$

$$\text{Berat Jenis} = \frac{\text{Berat Kering Tanur} / \text{Volume Kering Udara}}{\rho \text{ air}} \quad (3)$$

Keterangan: ρ air = 1 g/cm³

2.4 Pengujian mekanis

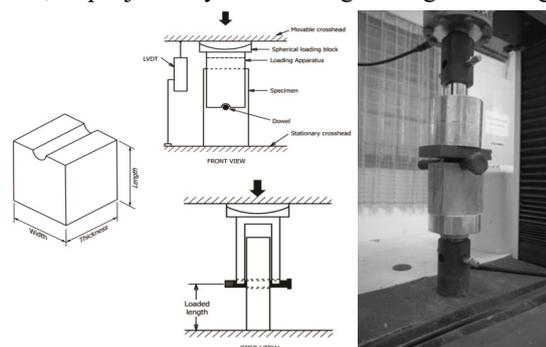
a. Pengujian kekuatan tekan maksimum sejajar serat

Pengujian kekuatan tekan maksimum sejajar serat dilakukan dengan cara memberikan beban vertikal pada contoh uji kayu secara perlahan-lahan sampai kayu mengalami kerusakan. Contoh uji yang digunakan berukuran 2.5 x 2.5 x 10 cm berdasarkan standar ASTM D 143-94. Besarnya nilai tekan maksimum sejajar serat dihitung dengan rumus:

$$MCS (\text{kg/cm}^2) = \frac{\text{Beban Maksimum}}{\text{Luas Penampang}} \quad (4)$$

b. Pengujian kekuatan tumpu baut

Pengujian kekuatan tumpu baut dilakukan dengan cara memberi beban tekan pada baut secara vertikal sampai baut terbenam ke dalam kayu. Pengujian sesuai dengan standar ASTM D 5764 – 97a, ukuran contoh uji yang dibuat adalah 4d x 4d x 2d (d = diameter baut) dengan jumlah contoh uji sebanyak 60 buah (tiga ukuran diameter baut, empat jenis kayu dan masing-masing lima ulangan).

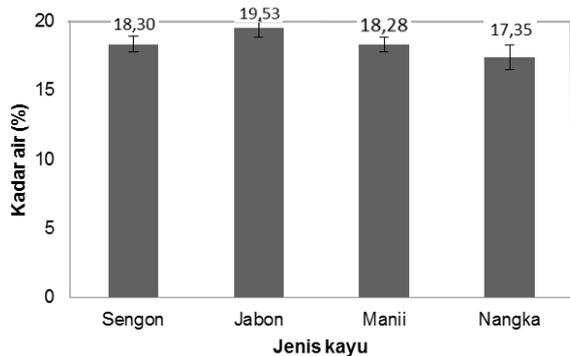


Gambar 1. Skema dan pengujian kekuatan tumpu baut (ASTM D 5764-97a)

3. Hasil dan pembahasan

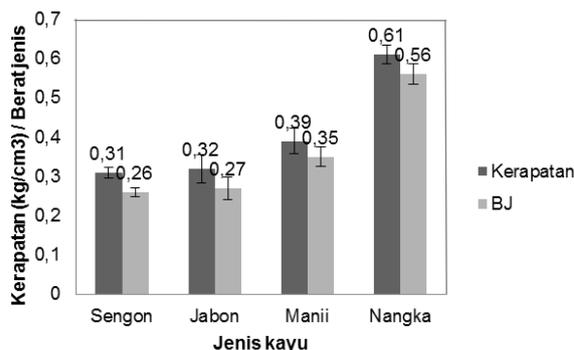
3.1 Sifat Fisis

Kayu sebagai bahan konstruksi harus melalui proses pengeringan terlebih dahulu agar kekuatan yang dihasilkan lebih tinggi. Secara umum kekuatan kayu akan meningkat seiring dengan menurunnya kadar air kayu dibawah kadar air titik jenuh serat (30%). Pada penelitian ini contoh uji yang digunakan dikondisikan di bawah nilai kadar air kering udara di Bogor, Indonesia yaitu sebesar 5-20%. Kadar air kayu yang dihasilkan pada keempat jenis kayu memiliki nilai yang relatif seragam dengan nilai kadar air kayu berkisar antara 17.35% sampai 19.53%. Nilai kadar air tertinggi terdapat pada kayu jabon sebesar 19.53% dan terendah pada kayu nangka sebesar 17.35%.



Gambar 2. Nilai kadar air empat jenis kayu

Kerapatan kayu merupakan perbandingan antara massa dan volume kayu pada kondisi yang sama. Secara keseluruhan terdapat variasi nilai kerapatan pada keempat jenis kayu. Kerapatan kayu tertinggi terdapat pada kayu nangka sebesar 0.61 g/cm^3 dan terendah terdapat pada kayu sengon sebesar 0.31 g/cm^3 . Nilai kerapatan merupakan faktor yang memengaruhi kekuatan kayu, semakin besar kerapatan kayu maka kekuatan kayu juga akan semakin tinggi pada tingkat kadar air yang sama.



Gambar 3. Nilai kerapatan dan berat jenis kayu

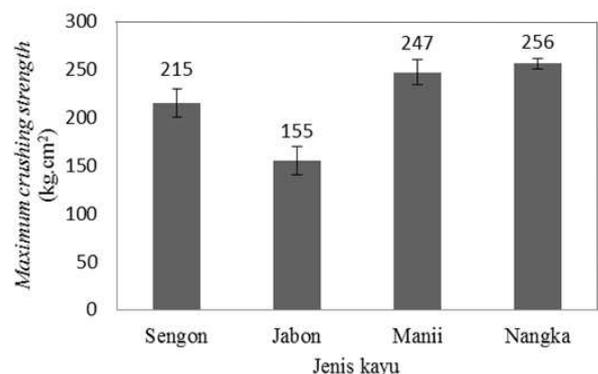
Berat jenis kayu merupakan nilai perbandingan kerapatan kayu terhadap kerapatan benda standar (air pada suhu 4°C). Sama seperti kerapatan kayu, berat jenis kayu juga merupakan salah satu sifat fisis kayu yang dapat memengaruhi kekuatan kayu. Nilai berat

jenis kayu tertinggi terdapat pada kayu nangka sebesar 0.56 dan terendah terdapat pada kayu sengon sebesar 0.26. Perbedaan berat jenis kayu dapat disebabkan oleh kerapatan dinding sel dan porositas (Agussalim, 2010). Kayu dengan berat jenis tinggi akan memiliki dinding sel yang lebih tebal sehingga mampu menahan beban yang lebih besar.

3.2 Sifat mekanis

Kekuatan tekan maksimum sejajar serat atau *maximum crushing strength (MCS)* merupakan kemampuan kayu untuk menahan beban tekan yang mengenai kayu sampai terjadi kerusakan. Nilai kekuatan tekan maksimum sejajar serat tertinggi terdapat pada kayu nangka sebesar 256 kg/cm^2 dan terendah pada kayu jabon sebesar 155 kg/cm^2 Gambar 4. Apabila dikaitkan dengan nilai kadar air masing-masing kayu dapat dikatakan semakin rendah kadar air kayu maka nilai kekuatan kayu yang didapatkan akan lebih tinggi. Hasil ini sejalan dengan teori yang menyatakan bahwa kekuatan kayu akan meningkat seiring dengan penurunan kadar air di bawah titik jenuh serat (Bowyer, et al., 2003).

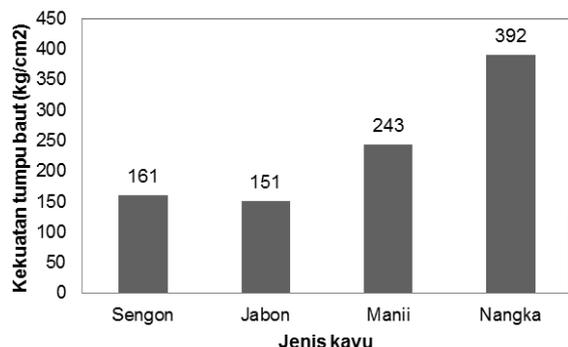
Selain itu pengaruh nilai kerapatan dan berat jenis kayu juga berperan terhadap nilai kekuatan tekan maksimum sejajar serat yang dihasilkan. Hasil yang penelitian menunjukkan semakin tinggi nilai kerapatan dan berat jenis kayu maka nilai kekuatan tekan maksimum sejajar serat akan semakin tinggi pula kecuali pada kayu jabon yang mempunyai nilai kekuatan yang lebih rendah dibandingkan kayu sengon walaupun memiliki kerapatan dan berat jenis kayu yang lebih tinggi. Perbedaan kekuatan tekan maksimum sejajar serat tersebut diduga terdapat perbedaan tebal dinding sel dan ikatan antarsel penyusun kayu terutama sel jari-jari kayu sehingga ketahanan kayu dalam menahan beban menjadi lebih rendah (Sadiyo, 2012).



Gambar 4. Nilai kekuatan tekan sejajar serat empat jenis kayu

Kekuatan tumpu baut merupakan nilai kekuatan dari kayu yang dilubangi akibat diberi beban tekan oleh baut. Pada penelitian ini metode pengujian yang dilakukan menggunakan metode setengah lubang kayu berdasarkan ASTM D 5764 – 97a dengan pembebanan sejajar serat. Kekuatan tumpu baut ditentukan berdasarkan beban 5% *offset* pada kurva beban-deformasi kemudian dibagi dengan luasan antara diameter baut dengan tebal

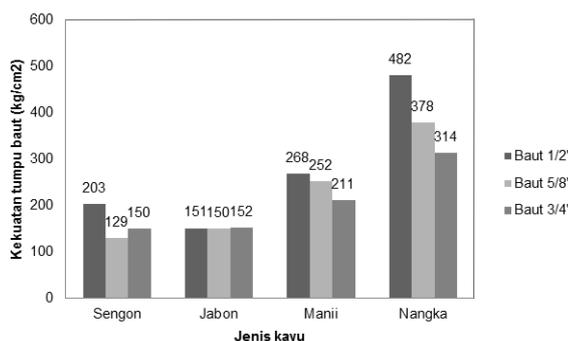
kayu penumpu. Nilai kekuatan tumpu baut berdasarkan jenis kayu dapat dilihat pada **Gambar 5**.



Gambar 5. Nilai kekuatan tumpu baut empat jenis kayu

Berdasarkan hasil pengujian nilai kekuatan tumpu baut tertinggi terdapat pada kayu nangka sebesar 392 kg/cm² dan terendah pada kayu jabon sebesar 151 kg/cm². Secara umum terdapat peningkatan nilai kekuatan tumpu baut seiring meningkatnya berat jenis kayu. Meskipun pada kayu jabon memiliki berat jenis yang lebih tinggi dari kayu sengon namun kayu tersebut memiliki nilai kekuatan tumpu baut yang lebih rendah. Hal ini diduga kayu sengon memiliki serat berpadu (*interlock grain*) yang mengakibatkan mampu menahan beban yang sedikit lebih besar. Jumaat, *et al.* (2008) dan Glisovic, *et al.* (2012) mengemukakan bahwa kekuatan tumpu baut dipengaruhi oleh kerapatan kayu dan peningkatan kerapatan kayu berbanding lurus dengan berat jenis kayu. Smart (2002) mengungkapkan bahwa variabel-variabel yang memengaruhi kekuatan tumpu baut yaitu sudut arah pembebanan dengan orientasi serat kayu, tingkat dan durasi pembebanan, sudut baut dengan arah datangnya beban, luasan lubang baut, berat jenis dan kadar air.

Nilai kekuatan tumpu baut pada kayu sengon dengan baut 1/2 in memiliki nilai kekuatan tertinggi dan pada kayu jabon nilai kekuatan tumpu baut pada ketiga ukuran diameter baut relatif seragam. Nilai kekuatan tumpu baut pada kayu manii dan nangka terdapat penurunan kekuatan seiring dengan bertambahnya ukuran diameter baut. Kekuatan tumpu baut terutama dipengaruhi oleh kerapatan kayu dalam mengikat baut



Gambar 6. Nilai kekuatan tumpu baut pada tiga ukuran diameter baut

dengan demikian terdapat korelasi dengan luas permukaan alat sambung (Blass, 2003). Pengujian pada baut dengan diameter yang lebih besar luasan kayu yang harus dilubangi juga lebih besar sehingga batas kekuatannya menjadi lebih rendah. Menurut FPL (2010) nilai kekuatan tumpu baut dipengaruhi oleh ukuran dan jenis lubang baut tempat baut akan dimasukkan ke kayu. Lubang baut yang terlalu besar akan menyebabkan ketidakseragaman tumpuan baut sedangkan lubang baut yang terlalu kecil akan membuat kayu retak atau pecah saat baut akan dimasukkan atau diberi beban.

Berdasarkan uji statistik jenis kayu dan ukuran diameter baut yang digunakan memengaruhi nilai kekuatan tumpu baut yang dihasilkan. Uji beda rata-rata Duncan kayu sengon dan jabon memberikan pengaruh yang sama terhadap nilai kekuatan tumpu baut yang dihasilkan. Hal ini diduga karena kerapatan dan berat jenis kedua kayu tersebut relatif sama. Sedangkan kayu manii dan nangka memberikan pengaruh yang berbeda dibandingkan jenis kayu lainnya dimana kayu nangka menghasilkan nilai kekuatan tumpu baut yang tertinggi. Uji Duncan berdasarkan pemakaian baut menunjukkan baut 1/2 in menghasilkan kekuatan tumpu baut tertinggi dan memberikan pengaruh yang berbeda dibandingkan pemakaian baut lainnya.

Tabel 1. Pengujian Anova kekuatan tumpu baut

Sumber	Jumlah kuadran	Derajat bebas	Kuadran tengah	F	Sig.
Jenis kayu	557473.667	3	185824.556	67.838	0.000
Baut	46087.233	2	23043.617	8.412	0.001
Galat	147919.433	54	2739.248		
Total	4126362.000	60			

Tabel 2. Uji Duncan faktor jenis kayu terhadap kekuatan tumpu baut

Jenis kayu	Kekuatan tumpu baut (kg/cm ²)	Uji wilayah berganda ($\alpha = 0.05$)
Sengon	151	A
Jabon	161	A
Manii	243	B
Nangka	392	C

Tabel 3. Uji Duncan faktor diameter baut terhadap kekuatan tumpu baut

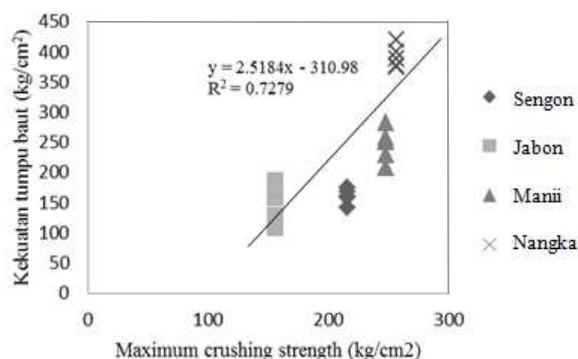
Baut	Kekuatan tumpu baut (kg/cm ²)	Uji wilayah berganda ($\alpha = 0.05$)
Baut 1/2 in	276	B
Baut 5/8 in	222	A
Baut 3/4 in	213	A

Tabel 4. Perbandingan kekuatan tumpu baut dengan SNI 7973 (2013)

Berat jenis	Diameter baut (in)	Kekuatan tumpu baut (kg/cm ²)	Rata-rata (kg/cm ²)	SNI 7973 (2013) (kg/cm ²)	Selisih (%)
0.26	1/2	203	161	186	16
	5/8	129			
	3/4	150			
0.27	1/2	151	151	192	27
	5/8	150			
	3/4	152			
0.35	1/2	268	243	250	3
	5/8	252			
	3/4	211			
0.56	1/2	482	392	400	2
	5/8	378			
	3/4	314			

Penentuan kekuatan tumpu baut menurut SNI 7973 (2013) berdasarkan berat jenis kayu menggunakan formula $F_e = 70G$ (G = berat jenis kayu). Dengan menggunakan persamaan tersebut maka dapat diketahui nilai kekuatan tumpu baut secara teoritis. Secara umum nilai kekuatan tumpu baut menurut SNI 7973 (2013) lebih tinggi dibandingkan dengan hasil pengujian. Selisih nilai kekuatan tumpu baut pada kayu dengan berat jenis 0.26 dan 0.27 yang mewakili kayu sengon dan jabon menunjukkan perbedaan yang cukup besar. Dapat dikatakan nilai kekuatan tumpu baut yang didapatkan berdasarkan SNI 7973 (2013) kurang dapat memprediksi nilai kekuatan tumpu baut pada kedua kayu tersebut. Namun, nilai kekuatan tumpu baut yang didapatkan secara teoritis dari SNI 7973 (2013) cukup dapat memprediksi nilai kekuatan tumpu baut pada kayu dengan berat jenis 0.35 dan 0.56 yang mewakili kayu manii dan nangka walaupun terdapat sedikit perbedaan.

Kekuatan tumpu baut memiliki korelasi yang cukup positif dengan nilai kekuatan tekan maksimum sejajar serat. Semakin tinggi kekuatan tekan maksimum sejajar



Gambar 7. Perbandingan nilai kekuatan tumpu baut dengan tekan maksimum sejajar serat

serat maka kekuatan tumpu baut yang dihasilkan akan semakin tinggi pula. Dengan demikian dapat dikatakan nilai kekuatan tekan maksimum sejajar serat dapat digunakan sebagai parameter dalam menduga nilai kekuatan tumpu baut yang dihasilkan. Meskipun pengujian pada keduanya relatif sama yaitu dengan memberi beban tekan pada contoh uji namun besarnya nilai kekuatan tumpu baut lebih dipengaruhi oleh distribusi tegangan di bawah baut akibat diberi beban tekan (Glisovic, *et al.*, 2012).

4. Kesimpulan

1. Nilai kekuatan tumpu baut dipengaruhi oleh kerapatan dan berat jenis kayu, dimana semakin tinggi berat jenis atau kerapatan kayu pada tingkat kadar air yang relatif sama semakin besar nilai kekuatan tumpu bautnya.
2. Kekuatan tumpu baut juga semakin meningkat dengan meningkatnya kekuatan tekan maksimum sejajar serat kayu. Model regresi linier sederhana $y = 2.52x - 311$ dengan koefisien determinasi (R^2) = 0.73 dapat digunakan sebagai model penduga nilai kekuatan tumpu baut (y) berdasarkan parameter kekuatan tekan maksimum sejajar serat kayu (x).
3. Dengan jumlah contoh uji yang terbatas, yaitu lima ulangan untuk setiap satuan percobaan, besarnya nilai kekuatan tumpu baut berdasarkan jenis kayu yang memiliki kerapatan atau berat jenis rendah sampai tinggi berturut-turut yaitu sengon 161 kg/cm², jabon 151 kg/cm², manii 243 kg/cm² dan kayu nangka 392 kg/cm².
4. Tanpa memerhatikan jenis kayu baut berdiameter 1/2 in memiliki nilai kekuatan tumpu tertinggi (276 kg/cm²) dan berbeda nyata dibandingkan baut berdiameter lainnya, sedangkan baut berdiameter 5/8 in nilai kekuatan tumpu bautnya (222 kg/cm²)

relatif sama dengan baut 3/4 in (213 kg/cm²). Terdapat kecenderungan umum bahwa semakin besar ukuran diameter baut maka semakin rendah nilai kekuatan tumpu untuk semua jenis kayu yang diteliti, kecuali pada kayu jabon nilai kekuatan tumpu bautnya relatif sama atau seragam.

5. Perbandingan nilai kekuatan tumpu baut pada kayu sengon dan jabon terhadap SNI 7973 tahun 2013 cukup signifikan (16-27%) sedangkan pada kayu manii dan nangka tidak signifikan (2-3%).

Daftar Pustaka

- Agussalim, 2010, Desain kekuatan sambungan kayu geser ganda berpelat baja dengan baut pada lima jenis kayu Indonesia [tesis]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- American Forest and Paper Association [AF & PA], 2001, *National Design Specification ANSI/AF & PA NDS 2001*, Washington (US): American Wood Council.
- American Society for Testing and Material [ASTM], 2005, Annual Book of ASTM Standars, Section Four: Construction. Volume 0410. Wood. D-143-94 (Reapproved 2000): *Standard Test Methods for Small Clear Specimens of Timber*, USA.
- American Society for Testing and Material [ASTM], 2005, Annual Book of ASTM Standars, Section Four: Construction. Volume 0410. Wood. D-2395-02: *Standard Test Methods for Specific Gravity of Wood and Wood-Based Materials*, USA.
- American Society for Testing and Material [ASTM], 2005, Annual Book of ASTM Standars, Section Four: Construction. Volume 0410. Wood. D-4442-92 (Reapproved 2003): *Standard Test Methods for Direct Moisture Content Measurement of Wood and Wood-Based Materials*, USA.
- American Society for Testing and Material [ASTM], 2005, Annual Book of ASTM Standars, Section Four: Construction. Volume 0410. Wood. D-5764-97a (Reapproved 2002): *Standard Test Methods for Evaluating Dowel-Bearing Strength of Wood and Wood-Based Products*, USA.
- Awaludin, A., Smittakorn, W., Hirai, T., Hayashikawa, T., 2006, Bearing properties of *Shorea obtusa* beneath a laterally loaded bolt. *J Wood Sci*. 53: 204-210. doi: 10.1007/s10086-006-0842-z.
- Blass, H.J., 2003, Joints with Dowel-type Engineering Fasteners. *Timber Engineering*: pp 315-331. Thelandersson S, Larsen HJ, England (UK): John Wiley & Sons Ltd.
- Bowyer, J.L., Haygreen, J.G., and Shmulsky, R., 2003, *Forest Products and Wood Science: An Introduction*, USA (US): The Iowa State University Press.
- Forest Products Laboratory [FPL], 2010, *Wood Handbook Wood as an Engineering Material*, Wisconsin (US): United State Departement of Agriculture Forest Service.
- Glisovic, I., Stevanovic, B., Kocetov, I.S., 2012, Embedment test of wood for dowel-type fasteners, *Wood Research*. 57(4): 639-650.
- Hassan, R., Ibrahim, A., Ahmad, Z., Yusoff, M., 2013, Dowel-bearing strength properties of two tropical hardwoods, InCIEC 2013 : 27-36. doi: 10.1007/978-981-4585-02-6_3jum.
- Johansen, K.W., 1949, Theory of timber connections, *Int Assoc Bridge and Struct Eng*. 9: 249-262.
- Jumaat, M.Z., Razali, F.M., Rahim, A.H.A., 2008, Development of limit state design method for malaysian bolted timber joints. *Proceeding WCTE 2008-10th World Conference on Timber Engineering*, Miyazaki, Japan.
- Rammer, D.R., 2001, Effect of moisture content on nail bearing strength, *Forest Products Journal*, 49(6): 77-87.
- Sadiyo, S., Wahyudi, I., Satria, F.Y., Nurhasanah., Sholihin, M., 2012, Analisis kekuatan sambungan geser ganda enam jenis kayu pada berbagai sesaran menurut diameter dan jumlah baut, *Jurnal Perennial*, 8(2): 52-61.
- Santos, C.L., de Jesus, AMP., Morais, J.L., Lousada, J.L., 2010, A comparison between the EN 383 and ASTM D 5764 test methods for dowel-bearing strength assessment of wood: Experimental and numerical investigations, *Strain*. 42(2): 159-174.
- Sawata, K., dan Yasumura, M., 2002, Determinion of embedding strength of wood for dowel-type fasteners, *J Wood Sci*. 48: 138-146.
- Smart, J.V., 2002, Capacity resistance and performance of single-shear bolted and nailed connetions: an experimental investigation [thesis], Virginia (US): Virginia Polytechnic Institue and State Univ.
- Standar Nasional Indonesia, 2013, Tata Cara Perencanaan Konstruksi Kayu Indonesia SNI 7973-2013. Indonesia (ID): Badan Standarisasi Nasional.