

**PERBANDINGAN KEKAKUAN PUNTIR (*TORSIONAL STIFFNESS*)
ANTARA BALOK KAYU KAMPER BERPENAMPANG *HOLLOW (BOX BEAM)* DAN SOLID**

Handika Setya Wijaya¹⁾ dan Blima Oktaviastuti²⁾

^{1,2)}PS. Teknik Sipil, Fak. Teknik, Universitas Tribhuwana Tunggaladewi Malang
email : handika.civilunitri@gmail.com

ABSTRACT

Indonesia is one of ten countries which the largest wood producer in the world. Wood is one of green materials if it's compared with concrete and steel material. Wood is renewable material too. The problem of using wood for building construction is less of wood with large section dimension. So, engineered wood appear to solve this problem. One of engineered wood types is box beam. Box beam can increase inertia of material if it's compared to traditional wood beam with same section dimension area. The purpose of this experiment is to know the comparasion about torsional stiffness between wood box beam and wood traditional beam. The result of this experiment show that Beam 1 (T.40.40) or traditional beam have torsional stiffness about 105,90 kg.m/rad. Beam 2 (T.45.45.12) is about 159,69 kg.m/rad. Beam 3 (T.50.50.10) is about 190,22 kg.m/rad. And at last, Beam 4 (T.58.58.8) is about 252,89 kg.m/rad. From the result, there are linier chart relationship between torsional stiffness and ratio of wall thickness and section dimension of box beam (t/a). The aplication of box beam should be developed. We hope box beam can be aplicated by people beacause torsional stiffness of box beam is larger than traditional wood beam exactly.

Keywords : *Box Beam, Torsional Stiffness, wall thickness, dimension area*

PENDAHULUAN

Persyaratan desain struktur harus memenuhi kekuatan dan daya layan. Namun, dalam beberapa dekade terakhir persyaratan yang sangat penting adalah desain struktur yang ramah lingkungan dan hemat energi. Kayu adalah material yang paling ramah lingkungan dibandingkan dengan material lain, yaitu beton dan baja. Kayu juga merupakan material yang terbaharukan (*renewable*) [1]. Kendala dalam penggunaan kayu untuk konstruksi bangunan adalah kelangkaan kayu dengan dimensi yang besar. Untuk menanggulangi masalah tersebut, maka munculah balok kayu rekayasa (*engineered wood*), salah satunya adalah *box-beam* [2].

Penampang *hollow* terbukti dapat meningkatkan kegunaan material yaitu dapat meningkatkan besarnya inersia secara signifikan jika dibandingkan

dengan kayu solid dengan luas penampang yang sama [3].

Kayu kamper (*Dryoblanas sp.*) adalah kayu yang digunakan dalam kebanyakan kontruksi bangunan. Kayu kamper tahan terhadap bubuk kayu, mempunyai kembang susut yang sedikit dan mudah diolah. Hal ini menjadikan kayu kamper banyak dipakai untuk bahan bangunan [4]. Modulus elastisitas kayu kamper pada kadar air 13,79% yaitu 14783,58 MPa [5].

Dalam perencanaan struktur, semua balok hanya dirancang memikul beban utama berupa momen lentur dan geser saja, tetapi sebagian besar beban torsi biasanya terabaikan karena dianggap jarang terjadi [6]. Torsi merupakan imbas momen yang mengakibatkan putaran / puntiran - terjadi pada penampang suatu elemen yang tegak lurus terhadap sumbu utama bahan [7].

Kekakuan puntir (*torsional stiffness*) merupakan momen puntir yang dibutuhkan untuk menghasilkan putaran satu satuan

sudut dari salah satu ujung terhadap ujung lainnya [8]. Kekakuan puntir adalah hubungan bagian linier antara momen puntir (T) dan sudut puntir (φ). Kekakuan (*stiffness*) terjadi pada 5% - 25% dari momen puntir maksimal (T *max*) [9]. Momen puntir maksimal didefinisikan momen puntir *ultimate* sampai benda uji patah.

Gurel memberikan formula perhitungan puntir pada balok berpenampang *hollow*. Untuk dimensi luar penampang simbolnya adalah a dan ketebalan dinding simbolnya adalah t [10]. Formula kekakuan puntir dapat dilihat pada persamaan (1).

$$k = \frac{GK_T}{L} \dots\dots\dots (1)$$

Dengan K_T adalah konstanta puntir yang didapatkan dari persamaan (2).

$$K_T = a^4 \left[0,978 \left(\frac{t}{a} \right) - 2,309 \left(\frac{t}{a} \right)^2 + 1,826 \left(\frac{t}{a} \right)^3 \right] \cdot (2)$$

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kekakuan puntir balok kayu kamper antara balok kontrol (solid) dan balok dengan penampang *hollow (box beam)* dengan catatan luas penampang yang sama dari masing-masing variasi.

Metode Penelitian

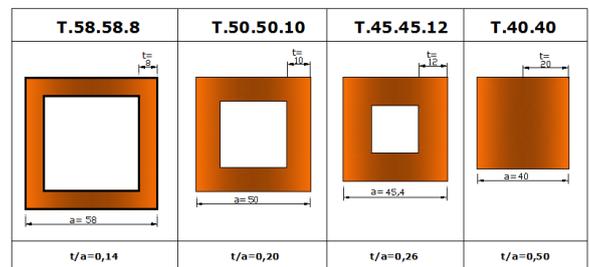
Tahap pelaksanaan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut: (1) Pemilihan bahan bahan baku yaitu kayu kamper (2) Melakukan proses pengeringan kayu sampai kadar air kayu sekitar 12-16%. (3) Memotong dan membelah kayu menjadi bilah-bilah. (4) Melakukan perekatan bilah-bilah kayu kamper menjadi bentuk *box beam*. (5) Melakukan proses Kempa dingin selama 4 jam setelah proses perekatan pada *box beam*. (6) Melakukan pengujian puntir dan pembahasan.

Pengujian puntir dilakukan untuk memperoleh data momen puntir (*Torque*) dan sudut puntir. Untuk pengujian puntir telah diatur dalam ASTM D198 – 02. Salah satunya

adalah panjang balok untuk uji puntir adalah minimal 8 kali dari dimensi penampangnya [10]. Ukuran benda uji dapat dilihat pada Tabel 1 dan Gambar 1.

Tabel 1. Ukuran benda uji

Variasi	Dimensi penampang (mm)			Bentang (mm)	Luas (mm ²)
	b	h	t		
T.58.58.8	58	58	8	464	1600
T.50.50.10	50	50	10	400	1600
T.45.45.12	45,4	45,4	12	363,2	1600
T.40.40	40	40		320	1600

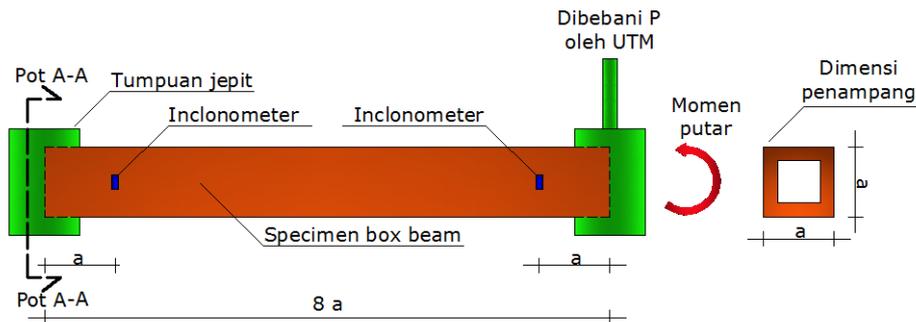


Gambar 1. Dimensi penampang masing-masing variasi

Sampel dalam penelitian terdiri dari sampel untuk uji fisik, yaitu uji kadar air dan kerapatan dengan jumlah masing-masing 3 sampel benda uji. Selanjutnya adalah sampel untuk uji mekanik (uji puntir) dari adalah 3 buah untuk setiap variasi

Sedangkan untuk perekatannya, formula dalam perekatannya adalah bubuk *Urea Formladbehide (UA-104)*, pengeras (*hardener*) berupa bubuk *NH4Cl (HU-12)* dan pengembang (*extender*) berupa tepung terigu dengan komposisi berat 150 : 0,5 : 25

Dalam proses pengujiannya, *box beam* diletakkan di 2 tumpuan yang dibebani puntir sehingga menghasilkan momen puntir. Dengan P adalah beban dari UTM, l adalah lengan momen dari alat uji puntir (sebesar 12,5 cm), dan φ adalah sudut puntir pada saat diberikan beban P dari UTM. Rencana pengujian puntir dapat dilihat pada Gambar 2.



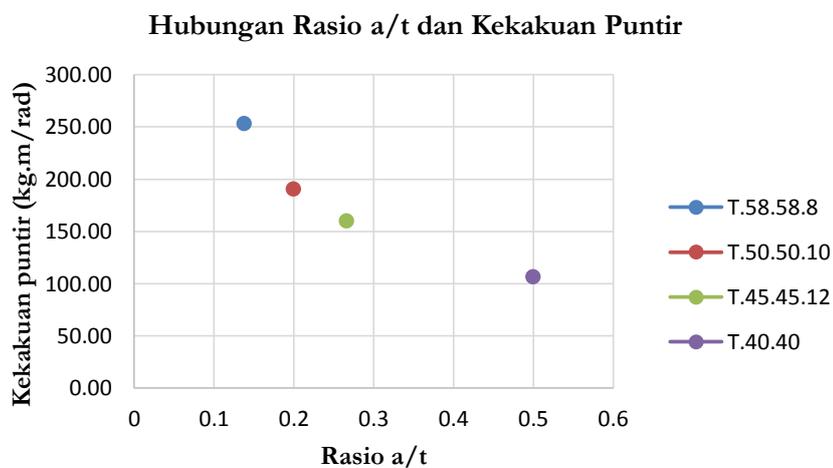
Gambar 2. Rencana tes puntir (sumber : ASTM 2003, D 198-02)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dari pengujian puntir akan menunjukkan kekakuan puntir dari *box beam* kayu kamper. Kekakuan puntir terjadi pada 5% - 25% dari momen puntir maksimal. Data kekakuan puntir masing-masing sampel dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Kekakuan puntir (k) puntir *box beam* kayu kamper hasil pengujian

Benda uji	Rasio a/t	No.	Kekakuan (k)	Kekakuan (k) rata-rata
			kg.m/rad	kg.m/rad
T.58.58.8	0,137	1	241,39	252,89
		2	265,63	
		3	251,66	
T50.50.10	0,200	1	188,03	190,22
		2	190,38	
		3	192,25	
T45.45.12	0,2667	1	152,85	159,69
		2	157,46	
		3	168,77	
T.40.40	0,500	1	107,17	105,90
		2	105,49	
		3	105,04	



Gambar 3. Grafik hubungan rasio a/t dan kekakuan puntir

Dari data di atas diperoleh nilai kekakuan puntir terbesar terdapat pada balok T.58.58.8 dengan 252,89 kg.m/rad. Sedangkan nilai kekakuan puntir terendah adalah balok T.40.40 (Solid) dengan 105,90 N.mm/rad.

Dari keempat variasi tersebut dapat dibuat rasio kekakuan puntir yaitu T.40.40 (solid) : T.45.45.12 : T.50.50.10 : T.58.58.8 = 1 : 1,51 : 1,79: 2,39. Hubungan kekakuan puntir dan rasio ketebalan dinding dan lebar sisi (t/a) dapat dilihat pada Gambar 3.

Dari Gambar 3. menunjukkan grafik hubungan rasio ketebalan dinding *box beam* dan lebar sisi (t/a) dengan kekakuan puntir (k). Fakta di atas menunjukkan bahwa semakin kecil rasio ketebalan dinding *box beam* dan lebar sisi (t/a), maka kekakuan puntir yang terjadi semakin besar. Dalam penelitian ini, semakin kecil rasio t/a menunjukkan konstanta puntir (K_T) dari bahan semakin besar. Sehingga terjadi tren yang linier pada variasi balok T.40.40, T.45.45.12, T.50.50.10 dan T.58.58.8.

Menurut Gurel, besarnya kekakuan puntir adalah $G.K_T/L$. Dari formula tersebut, menunjukkan bahwa besarnya kekakuan puntir (k) berbanding lurus dengan K_T (Konstanta puntir). Sehingga hasil grafik di atas sudah sesuai dengan teoritis yang ada, yaitu balok T.40.40 (solid) memiliki kekakuan puntir yang lebih kecil dari pada balok T.45.45.12 dikarenakan balok T.45.45.12 memiliki nilai K_T yang lebih besar daripada balok T.40.40. Balok T.45.45.12 memiliki kekakuan puntir yang lebih kecil dari pada balok T.50.50.10 dikarenakan balok T.50.50.10 memiliki nilai K_T yang lebih besar daripada balok T.45.45.12. Balok T.50.50.10 sendiri memiliki kekakuan puntir yang lebih kecil dari pada balok T.58.58.8 dikarenakan balok T.58.58.8 memiliki nilai K_T yang lebih besar daripada balok T.50.50.10. Jadi kekakuan puntir yang paling tinggi terdapat pada balok T.58.58.8.

Dari hasil pengujian puntir, terdapat fakta bahwa *box beam* memiliki kekakuan puntir yang lebih tinggi dari pada kayu solid. Sehingga *box beam* dapat dijadikan alternatif

pengganti kayu solid dalam konstruksi bangunan kayu.

KESIMPULAN

Dari data di atas diperoleh nilai kekakuan puntir untuk balok T.58.58.8 sebesar 252,89 kg.m/rad. Untuk balok T.50.50.10 sebesar 190,22 kg.m/rad. Untuk balok T.45.45.12 sebesar 159,69 kg.m/rad. Dan untuk balok T.40.40 atau balok kontrol sebesar 105,90 kg.m/rad. Dari data di atas menunjukkan bahwa *box beam* mempunyai kekakuan puntir yang tinggi jika dibandingkan dengan penampang balok yang solid dengan luas penampang yang sama. Hal ini dikarenakan kekakuan dipengaruhi oleh unsur konstanta puntir (K_T). Dalam hal ini *box beam* mempunyai konstanta puntir (K_T) yang lebih tinggi dari pada balok dengan penampang yang solid dengan luas penampang yang sama. Maka dari itu *box beam* dapat diaplikasikan untuk bangunan kayu untuk alternatif pengganti elemen kayu dengan dimensi penampang yang terlalu besar.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Suryoatmono, B. (2013) *Kayu Rekayasa Sebagai Masa Depan Struktur Kayu Indonesia*. Makalah disajikan dalam The 2nd Indonesian Structural Engineering And Materials Symposium, Jurusan Teknik Sipil Universitas Parahyangan, Bandung 7-8 November.
- [2] Tjondro, Adhijoso. (2011) *Balok Dan Kolom Papan Kayu Laminasi- Paku*. Bandung: Lembaga Penelitian Dan Pengabdian Masyarakat Universitas Katolik Parahyangan.
- [3] Karyadi, Sri Murni Dewi, Agoes Soehardjono Md. (2013) Experimental Investigation on Characteristics of Mechanics of Box-Section Beam Made Of Sliced-Laminated Dendrocalamus Asper under Torsion. *International Journal of Engineering Research and Applications (IJERA)*, 3 (4) : 2614-2619
- [4] Oka, Gusti Made. (2009) Analisis Rasio Antara Lebar Dan Tinggi Balok

- Terhadap Perilaku Lentur Kayu Kamper. *Jurnal Smartek*, 7 (1) : 24 – 31
- [5] Putra, Dharma, Sugita, I N., NI Wayan P (2007) Tegangan Geser Ultimit Epoxy-Resin pada Sambungan Balok Kayu yang Dibebani Gaya Tekan Sejajar Serat. *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*. 11 (2): 165 – 170.
- [6] Asri, Rachmawaty. (Tanpa tahun). *Studi Perilaku Tekuk Torsi Lateral Pada Balok Baja Bangunan Gedung Dengan Menggunakan Program Abaqus 6.7*. Surabaya : ITS.
- [7] Astariani, Ni Kadek (2010) Pengaruh Torsi Pada Bangunan. *Jurnal GaneÇ Swara*, 4 (3) : 25-31.
- [8] Gere, James M. & Stephen P. Timosenko. 1996. *Mekanika Bahan Edisi Kedua Versi SI*. Jakarta: Erlangga.
- [9] Khokhar, Aamir M. 2011. *The Evaluation of Shear Properties of Timber Beams using Torsion Test Methods*. Edinburg: Napier University
- [10] Gurel M. Arif, Murat Kisa & R. Kadir Pekgokgoz. 2008. An Approximate Torsion Analysis of Closed Moderately Thick-Walled, Thick-Walled, and Solid Cross-Sections. *Turkish J. Eng. Env. Sci* . 32 (1) : 277-287.