

## PENGARUH RASIO KETEBALAN DINDING (T) DAN DIMENSI PENAMPANG (A) TERHADAP KEKUATAN PUNTIR DARI *BOX BEAM* KAYU KAMPER

Handika Setya Wijaya <sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> Teknik Sipil, Universitas Tribhuwana Tunggadewi Malang  
Jl. Telaga Warna, Tlogomas, Kecamatan Lowokwaru, Kota Malang  
Email : [handika.civilunitri@gmail.com](mailto:handika.civilunitri@gmail.com)

**Abstrak.** Indonesia merupakan 10 besar penghasil kayu terbesar di dunia. Kayu adalah material yang paling ramah lingkungan jika dibandingkan dengan beton dan baja. Kayu juga merupakan material yang terbaharukan. Kendala dalam penggunaan kayu untuk konstruksi bangunan adalah kelangkaan kayu dengan dimensi besar. Untuk menanggulangi masalah tersebut, maka munculah kayu rekayasa (*engineered wood*), salah satunya yaitu *box beam*. *Box beam* terbukti dapat meningkatkan inersia suatu bahan jika dibandingkan balok kayu konvensional dengan luas penampang sama. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh rasio antara ketebalan dinding (*t*) dan dimensi (*a*) dari penampang *box beam* terhadap kekuatan puntirnya. Hasil dari penelitian menunjukkan kekuatan puntir untuk variasi *a/t* 0,137 sebesar 11,04 kg.m, untuk *a/t* 0,2 sebesar 16,85 kg.m, untuk *a/t* 0,267 sebesar 13,89 kg.m, dan untuk balok solid sebesar 8,51 kg.m. Hasilnya menunjukkan adanya tren linier yaitu semakin kecil rasio *a/t* maka kekuatannya akan semakin besar. Tetapi terdapat penurunan tren grafik pada variasi *a/t* 0,137 meskipun pada variasi ini mempunyai momen inersia terbesar. Hal ini dikarenakan ketebalan dinding *box beam* terlalu tipis sehingga dimungkinkan terjadinya efek tekuk. Penggunaan *box beam* hendaknya dikembangkan. Harapannya dengan sumber daya kayu melimpah, *box beam* dapat diaplikasikan oleh masyarakat karena sudah jelas kekuatan puntirnya lebih besar dari pada kayu konvensional.

**Kata kunci:** *box beam*, ketebalan dinding penampang (*t*), dimensi penampang (*b*), kekuatan puntir.

### 1. 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 konstruksi 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].

Kekuatan torsi adalah besarnya pemuntiran sebuah batang apabila dibebani dengan kopel-kopel yang menghasilkan perputaran sumbu longitudinalnya. Dengan kata lain kekuatan puntir adalah besarnya momen puntir untuk menghasilkan perputaran sumbu longitudinalnya [8]

Gurel memberikan formula perhitungan puntir pada balok berpenampang *hollow*. Untuk dimensi luar penampang simbolnya adalah *a* dan ketebalan dinding simbolnya adalah *t* [9]. Kekuatan puntir dapat dilihat pada persamaan (1).

$$T = \tau_{\max} \times W_T \quad (1)$$

Dengan  $W_T$  adalah momen tahanan puntir.  $W_T$  dapat dilihat pada persamaan (2) dan (3).

$$\frac{W_T}{a^3} = \frac{T}{\tau_{\max} a^3} = 1,864 \left(\frac{t}{a}\right) - 5,340 \left(\frac{t}{a}\right)^2 + 4,984 \left(\frac{t}{a}\right)^3 \quad (2)$$

$$W_T = a^3 \left[ 1,864 \left(\frac{t}{a}\right) - 5,340 \left(\frac{t}{a}\right)^2 + 4,984 \left(\frac{t}{a}\right)^3 \right] \quad (3)$$

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh rasio antara tebal dinding ( $t$ ) dan dimensi penampang ( $a$ ) dari *box beam* terhadap kekuatan puntirnya dengan catatan luas penampang yang sama dari masing-masing variasi.

Tahap pelaksanaan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut: (1) Pemilihan 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.

Tabel 1. Ukuran benda uji

Variasi (a/t)	Dimensi penampang (mm)			Luas penampang (mm <sup>2</sup> )
	b	H	t	
0,138	58	58	8	1600
0,200	50	50	10	1600
0,267	45,4	45,4	12	1600
0,500 (solid)	40	40	20	1600

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 masing-masing benda uji dapat dilihat pada Tabel 1.

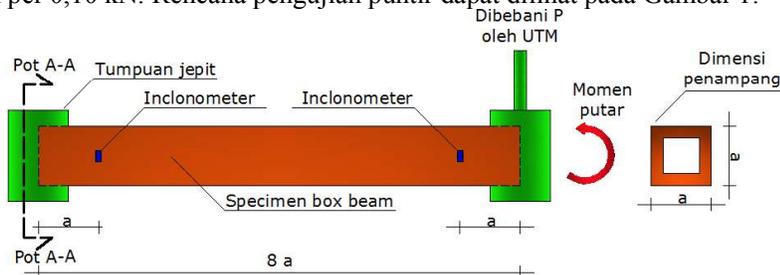
Sampel dalam penelitian terdiri dari sampel untuk uji fisik, yaitu uji kadar air dan kerapatan dengan jumlah masing-masing 3 sampel benda uji. Selanjutnya adalah sampel untuk uji mekanik (uji puntir) dari adalah 3 buah untuk setiap variasi.

Sedangkan untuk perekatannya, formula dalam perekatannya adalah bubuk *Urea Formladhehide* (UA-104), pengeras (*hardener*) berupa bubuk NH<sub>4</sub>Cl (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. Untuk menghitung momen puntir ( $T$ ) dari hasil eksperimen dapat dilihat pada persamaan (4).

$$T = P \times l \times \cos \theta \quad (4)$$

Dengan  $P$  adalah beban dari UTM,  $l$  adalah lengan momen dari alat uji puntir (sebesar 12,5 cm), dan  $\theta$  adalah sudut puntir pada saat diberikan beban  $P$  dari UTM. Beban dan sudut puntir dicatat untuk kenaikan beban per 0,10 kN. Rencana pengujian puntir dapat dilihat pada Gambar 1:



Gambar 1. Rencana tes puntir (sumber : ASTM 2003, D 198-02)

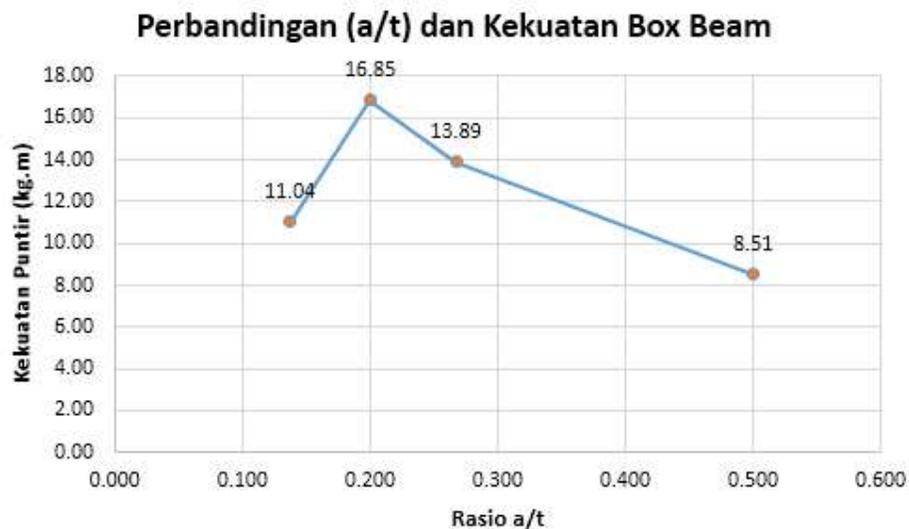
## 2. Pembahasan

Indikator kekuatan puntir dari penelitian ini adalah momen puntir maksimal yang terjadi hingga mengalami *failure*. Data momen puntir ( $T_{max}$ ) masing-masing sampel dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Momen puntir  $T_{max}$  *box beam* kayu kamper hasil eksperimen

Vasiasi (a/t)	No.	T maks. (kg.m)	T max. rata-rata (kg.m)
0.137	1	10.13	11.04
	2	11.54	
	3	11.46	
0.200	1	16.86	16.85
	2	15.84	
	3	17.84	
0.267	1	13.48	13.89
	2	14.76	
	3	13.43	
0.500	1	9.19	8.51
	2	7.74	
	3	8.60	

Dari keempat variasi tersebut dapat dibuat perbandingan kekuatan puntir yaitu variasi (a/t) 0,500 (solid) : 0,267 : 0,200 : 0,137 adalah 1,0 : 1,63 : 1,98 : 1,30. Hubungan kekuatan puntir ( $T_{maksimal}$ ) dan rasio ketebalan dinding per dimensi penampang *box beam* (t/a) dapat dilihat pada Gambar 2 :



Gambar 2. Hubungan kekuatan puntir ( $T_{max}$ ) dan rasio antara ketebalan dinding *box beam* dan dimensi penampang (t/a)

Dari Gambar 2 menunjukkan menunjukkan bahwa semakin kecil rasio ketebalan dinding per dimensi *box beam* (t/a), maka kekuatan puntir yang terjadi semakin besar. Sehingga terjadi tren yang linier pada variasi balok dengan a/t sebesar 0,500, 0,267, dan 0,200, terkecuali pada balok dengan a/t sebesar

0,137. Seharusnya secara teoritis, balok dengan  $a/t$  sebesar 0,137 memiliki kekuatan puntir terbesar di antara lainnya karena secara teoritis mempunyai momen tahanan puntir ( $W_T$ ) yang terbesar diantara variasi lainnya. Hal ini dimungkinkan adanya tekuk (*buckling*) badan pada dinding ( $t$ ) balok dengan  $a/t$  sebesar 0,137 sebelum mencapai kekuatan yang direncanakan. Sehingga kekuatan puntir dari balok tersebut lebih kecil dari balok dengan  $a/t$  sebesar 0,267 dan 0,200. Tetapi meskipun begitu, balok dengan  $a/t$  0,137 mempunyai kekuatan puntir yang lebih besar dari balok dengan  $a/t$  0,500 atau balok solid.

### 3. Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat ditarik kesimpulan bahwa *box beam* memiliki kekuatan puntir yang lebih tinggi dari pada kayu solid dengan luas penampang yang sama. Rasio ketebalan dinding ( $t$ ) dan dimensi penampang ( $a$ ) mempunyai pengaruh terhadap kekuatan puntir. Dari variasi penelitian di atas, kekuatan puntir paling besar terjadi pada balok dengan  $a/t$  sebesar 0,200. Semakin kecil rasio  $a/t$  tidak menjamin semakin besar kekuatan puntirnya. Apabila tebal dinding yang terlalu tipis akan menyebabkan tekuk pada dinding *box beam* sehingga kekuatan puntir tidak tercapai sesuai rencana.

### Ucapan Terima Kasih

Ucapan terimakasih diberikan kepada Dr. Drs. Karyadi, M.T yang berperan besar dalam pelaksanaan pengujian uji puntir ini.

### 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] 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.
- [10] ASTM D 198 – 02 (2003) *Standart Test Methods of Static Tests of Lumber in Structural Sizes*. West Conshohocken : ASTM