

KEKUATAN TAHANAN LATERAL SAMBUNGAN BAUT PADA KOMPOSIT KAYU-BAMBU LAMINASI

LATERAL CONNECTION STRENGTH OF BOLT JOINTS IN LAMINATED WOOD-BAMBOO COMPOSITES

Nor Intang Setyo Hermanto ^{*1}, Agus Maryoto¹, Dani Nugroho Saputro¹

*Email: nor.hermanto@unsoed.ac.id

¹Jurusan Teknik Sipil, Universitas Jenderal Soedirman, Indonesia

Abstrak—Kayu kualitas tinggi dengan ukuran besar dewasa ini sudah sangat jarang ditemui. Salah satu cara meningkatkan kualitas kayu dengan cara teknik laminasi dan atau dikompositkan dengan bambu. Selain itu, keterbatasan ukuran kayu dan bambu maka diperlukan teknik penyambungan. Sambungan pada kayu memegang peranan sangat penting karena untuk memperoleh dimensi yang dibutuhkan. Alat sambung pada kayu umumnya yaitu baut atau pasak (dowel). Kekuatan sambungan dowel dapat ditentukan dengan teori *European Yield Model* (EYM), yaitu untuk menentukan kekuatan tahanan lateral (Z) akibat gaya aksial berdasarkan mutu dowel, bahan yang disambung dan bentuk geometri sambungan. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui kekuatan tahanan lateral alat sambung baut pada komposit bambu-kayu. Benda uji dibuat dengan ukuran 50 x 50 x 150 mm dengan alat sambung baut diameter 5 mm, 10 mm, dan 15 mm dengan persentase bambu adalah 50%. Pengujian tahanan lateral dengan memberikan beban tekan statik pada benda uji sampai runtuh dengan alat *Universal Testing Machine* (UTM). Hasil eksperimental menunjukkan nilai tahanan lateral sambungan baut 5 mm, 10 mm, dan 15 mm berturut-turut yaitu 12,71 kN; 20,17 kN; dan 25,75 kN. Persentase peningkatan adalah sebesar 58,74 % (diameter 10 mm) dan 102,68 % (diameter 15 mm) terhadap baut diameter 5 mm yang dipengaruhi nilai kuat tumpu kayu-bambu dan kuat leleh baut.

Kata kunci — Bambu, kayu, kekuatan, komposit, lateral, sambungan

Abstract—High quality wood with large sizes today is very rare. One way to improve the quality of wood is by using a laminate technique and/or composited with bamboo. In addition, due to the limited size of wood and bamboo, a splicing technique is needed. Connections in wood play a very important role because to obtain the required dimensions. Connectors in wood are generally bolts or dowels. The strength of the dowel connection can be determined by the theory of the *European Yield Model* (EYM), which is to determine the lateral resistance strength (Z) due to axial forces based on the quality of the dowel, the material to be joined and the geometric shape of the connection. The purpose of this study was to determine the strength of the lateral resistance of the bolt connection on the bamboo-wood composite. The specimens were made with a size of 50 x 50 x 150 mm with bolt connectors with diameters of 5 mm, 10 mm, and 15 mm with a bamboo percentage of 50%. Testing the lateral resistance by applying a static compressive load to the test object until it collapses with the *Universal Testing Machine* (UTM). The experimental results showed that the lateral resistance values of 5 mm, 10 mm, and 15 mm bolts were 12.71 kN, respectively; 20.17 kN; and 25.75 kN. The percentage increase was 58.74 % (10 mm diameter) and 102.68% (15 mm diameter) for the 5 mm diameter bolt which was influenced by the value of the wood-bamboo bearing strength and the yield strength of the bolt.

words — *Bamboo, wood, strength, composite, lateral, connection*

I. PENDAHULUAN

Indonesia adalah salah satu negara kaya di bumi dengan hutannya paling beragam hayatinya. Pemerintah Indonesia telah mengklasifikasikan lebih dari 120 juta hektare luas hutan di Indonesia. Dari

120 juta hektare tersebut, hutan Indonesia dibagi menjadi tiga, yakni sebesar 18%-nya dijadikan taman nasional, 25% untuk hutan lindung, dan sisanya 57% (69 juta ha) menjadi hutan produksi. Salah satu daerah hutan alam produksi yang didampingi Yayasan Konservasi Alam Nusantara

(YKAN) berada di Kalimantan Timur. Upaya YKAN mendampingi perusahaan konsesi untuk penerapan pemanenan berdampak rendah terus dijalankan bersama dalam melindungi 1 juta hektar lahan dari pengrusakan dan degradasi hutan sampai tahun 2024.

Seiring dengan semakin menipisnya kayu mutu tinggi dari hutan alam, maka perlu dicarikan solusi. Salah satunya adalah pemanfaatan kayu mutu rendah dan cepat tumbuh. Kayu cepat tumbuh umumnya bermutu rendah seperti Kayu Sengon. Selain itu dapat dicari alternative pengganti kayu yaitu bambu, yang mempunyai kuat tarik cukup tinggi hamper mendekati kuat tarik baja [1].

Kayu sengon mempunyai kualitas yang relatif lebih rendah dibandingkan dengan jenis kayu hutan lainnya, baik kerapatan, kekerasan, kekuatan, maupun. Akan tetapi, dengan menggunakan teknik laminasi yang dikompositkan dengan material lain yang lebih kuat, seperti bambu, maka kayu sengon tersebut dapat dibuat menjadi sebuah balok, papan, atau bentuk lainnya sesuai dengan kebutuhan yang kekuatannya sendiri dapat menjadi homogen bahkan dapat lebih kuat dari kayu sengon sendiri karena sudah terlaminasi dengan bambu.

Bambu Petung memiliki dinding batang yang cukup tebal dibandingkan dengan bambu jenis lainnya. Ketebalan dinding batang yang relatif besar tersebut membuat bambu Petung banyak dimanfaatkan dalam dunia konstruksi. Bambu Petung memiliki kekuatan tarik cukup tinggi, sehingga penggabungan antara bambu Petung dengan kayu sengon dapat meningkatkan kualitas kayu sengon menjadi komposit.

Teknik laminasi merupakan teknik penggabungan antara dua atau lebih kayu gergajian yang direkat satu sama lain dengan arah lurus sejajar serat ataupun melengkung tergantung peruntukannya. Dengan adanya teknik laminasi yang menggabungkan antara kayu sengon dan bambu Petung yang nantinya akan dibuat dalam bentuk balok, kekuatan balok gabungan tersebut diharapkan akan bertambah dan akan menjadi lebih seragam kekuatannya akibat kekuatan dari bambu Petung tersebut.

Produksi kayu olahan papan lembaran kayu lapis berupa *barecore* dari potongan kayu sengon menghasilkan banyak limbah potongan. Limbah industri kayu bentukan *barecore* di daerah Purbalingga sangat pontensi dari jumlahnya mengingat ada lebih dari 3 pabrik besar dan *home* industri sekitar lebih dari 15 jumlahnya. Limbah potongan kayu sengon tersbut apabila tidak

dimanfaatkan akan menjadi bahan kayu bakar. Pemanfaatan limbah kayu sengon yang direkatkan satu sama lain dan digabungkan dengan bambu petung dengan teknik laminasi diprediksi akan meningkatkan nilai tambah limbah dan kualitas kayu sengon.

Kayu dan bambu laminasi sebagai kayu bentukan menjai bahan komposit pengganti kayu pejal dapat diaplikasikan pada konstruksi bangunan. Ukuran bahan kayu-bambu komposit yang terbatas seperti halnya bahan kayu dari tumbunhan pada umumnya akan memerlukan sambungan untuk membangun konstruksi dalam dimensi yang besar. Pada umumnya alat sambung yang digunakan dalam konstruklsi kayu adalah paku, baut, dan pasak. Kekuatan alat sambung dapat diketahui dengan cara menguji tahanan lateral pada sambungan.

Tahanan lateral merupakan suatu sifat mekanika kayu atau material yang dapat ditentukan dengan cara dibebani gaya lateral pada konstruksi sambungan menggunakan alat sambung [2]. Ada beberapa metode analisis digunakan untuk menentukan kekuatan tahanan lateral, salah satunya metode *European Yield Model* (EYM). EYM dapat digunakan untuk menganalisis kapasitas tahanan lateral pada beberapa alat sambung paku, baut, dan sekrup [3] EYM menguraikan beban leleh suatu sambungan dapat diprediksi dengan mengetahui nilai geometri sambungan, tegangan leleh dowel dan kuat tumpu dowel. Kuat tahanan lateral diketahui dengan perhitungan yang menggunakan nilai kuat tumpu materaial serta kuat leleh baut untuk memprediksi model kelelahan yang akan terjadi nanti. Kemudian hasil nilai prediksi untuk selanjutnya dibandingkan dengan hasil ekperimental. Berikut merupakan model kelelahan yang terjadi menurut *National Design Specification for Wood Construction* (NDS) [4]: a) Model kelelahan I: kayu hancur baik pada balok sisi ataupun utama dengan kekakuan baut lebih besar dari kayu. Model Im digunakan jika kayu utama yang hancur, sedangkan Is digunakan jika kayu sekunder yang hancur; b) Model kelelahan II: kayu hancur lokal dekat muka balok kayu karena berputarnya baut kaku terhadap bidang geser, namun hal ini tidak terjadi pada sambungan dengan geser ganda; c) Model kelelahan III: baut leleh terhadap lentur dengan satu titik sendi plastis per bidang geser dan dengan hancurnya kayu. Model III_m digunakan jika kayu utama yang hancur dan sendi plastis baut di kayu sekunder namun hal ini tidak terjadi pada sambungan dengan geser ganda, sedangkan model III_s digunakan jika kayu sekunder hancur dan sendi plastis di kayu utama; d) Model kelelahan IV: baut

leleh terhadap lentur dengan dua titik sendi plastis per bidang geser dan dengan hancurnya kayu.

Beberapa penelitian tentang tahanan lateral telah banyak dilakukan, diantaranya tentang kekuatan sambungan dowel dari besi beton pada komposit bambu laminasi dan beton [5] dan tahanan lateral system komposit LVL kayu sengon dengan bayhan penyambung WPC (*wood plastic composite*) dari bahan polimer [6]. Penelitian tahanan lateral Komposit LVL kayu sengon dan beton pracetak melakukan penelitian sambungan komposit kayu-beton dengan alat sambung sekrup [7]. Beberapa penelitian yang lain pada umumnya menggunakan bahan kayu pejal atau kayu laminasi yang disambung dengan kayu atau beton menjadi sambungan komposit.

Pada penelitian ini dengan tujuan untuk menentukan kekuatan tahanan lateral alat sambung baut pada bahan komposit. Bahan komposit menggunakan bahan dari limbah potongan kayu sengon yang dikompositkan dengan bambu laminasi.

II. METODE

A. Bahan dan Alat

Bambu yang digunakan adalah jenis bambu Petung diperoleh dari mitra bambu di Wonosobo, Jawa Tengah. Bambu yang berbentuk utuh tersebut dibelah-belah menjadi beberapa bagian dan kemudian diolah menjadi balok bambu laminasi yang kemudian dibelah menjadi papan bambu laminasi berukuran $p \times l \times t$ adalah 72 cm x 6 cm x 6 cm. Kayu Sengon didapat dari sisa potongan kecil berukuran 1,5 cm x 6 cm x 100 cm hasil olahan pengrajin mebelair di daerah Sumbang Banyumas. Bahan perekat yang digunakan untuk laminasi kayu dan bambu merupakan jenis *Polyurethane* (PU).

Alat yang dipergunakan dalam penelitian ini terdiri dari :

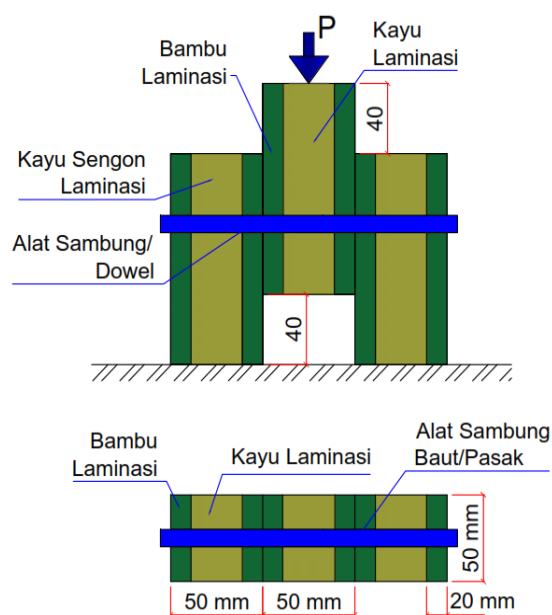
- Mesin planner untuk menyerut kayu dan bambu merk Chang Iron
- Gergaji circular saw untuk membuat sampel uji merk Dewalt
- Universal Testing Maching* (UTM) untuk uji mekanika merk PTS
- Alat klem C dan F untuk kempa
- Moisturemeter Content* (MC)
- Alat-alat lainnya seperti meteran, timbangan, klem, cawan pencampur, pengaduk perata perekat, kunci, dan lain – lain

B. Benda Uji

Pengujian tahanan lateral mengacu pada standar peraturan ASTM D 5764 – 97a, dengan alat sambung baut berdiameter (d) 12 mm dengan kecepatan crosshead pengujian adalah 1 mm/menit. Ukuran benda uji balok dengan lebar x tebal x tinggi adalah minimal $4d \times 4d \times 10d$ (diambil 5 cm x 5 cm x 15 cm). Toleransi antara lubang baut dan lubang pada benda uji sebesar 0,8-1,6 mm. Variasi ukuran dan jumlah benda uji dapat dilihat pada Tabel-1 dan Gambar-1.

Tabel-1. Variasi dan Jumlah Benda Uji

Kode Benda Uji Tahanan Lateral	Diameter Alat Sambung Baut (mm)	Jumlah Benda Uji
B5	5	3
B10	10	3
B15	15	3



Gambar-1. Benda uji tahanan lateral.

Benda uji yang dibuat adalah benda uji pendahuluan untuk pemeriksaan sifat fisik berupa kadar air dan berat jenis. Masing - masing pengujian dan bahan kayu dan bambu dibuat 3 kali ulangan. Benda uji utama (Gambar 1) masing-masing variasi diameter alat sambung baut dilakukan uji tahanan lateral sebanyak 3 kali ulangan.

C. Pelaksanaan Penelitian

Balok komposit dibuat dengan teknologi laminasi menggunakan perekat PU (*Polyurethane*). Benda uji komposit dibuat dengan cara merekatkan papan bambu laminasi dengan papan kayu sengon dengan system kempa. Ukuran papan *bamboo* laminasi dibuat sekitar 0,8 cm dan papan kayu sengon dengan tebal sekitar 1 cm. Hasil pembuatan batang komposit kayu-bambu laminasi disajikan di dalam Gambar-2.



Gambar-2. Batang komposit kayu-bambu laminasi.

Setting pengujian sambungan tahanan lateral batang komposit diperlihatkan di dalam Gambar-3.



Gambar-3. Setting pengujian sambungan lateral.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Sifat Fisik Bahan

Hasil pemeriksaan sifat fisika (kadar air dan berat jenis) bahan kayu dan bambu yang diperoleh seperti disajikan di dalam Tabel-2 dan Tabel-3.

Tabel-2. Variasi dan Jumlah Benda Uji

Benda uji	Kadar Air (%)	Rata-rata Kadar Air (%)
KA-Kayu-1	13,352	13,725
KA-Kayu-2	13,894	
KA-Kayu-3	13,929	

KA-Bambu-1	11,762	12,778
KA-Bambu-2	12,548	
KA-Bambu-3	14,024	

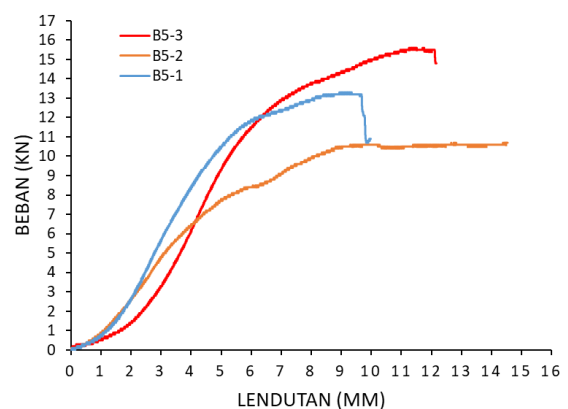
Tabel-3. Berat jenis kayu dan bambu laminasi

Benda uji	Berat Jenis	Rata-rata Berat Jenis
BJ-Kayu-1	0,332	0,317
BJ-Kayu-2	0,305	
BJ-Kayu-3	0,314	
BJ-Bambu-1	0,715	0,718
BJ-Bambu-2	0,732	
BJ-Bambu-3	0,708	

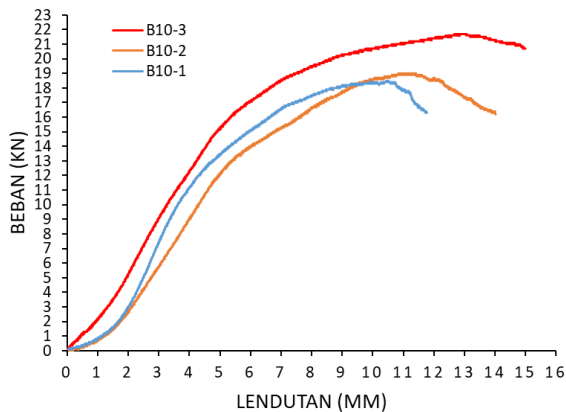
B. Kekuatan Tahanan Lateral

Pengujian tahanan lateral dilakukan dengan mengikuti standar pengujian ASTM D 5764-97a (1997) sedangkan untuk perhitungan teoritisnya menggunakan pedoman *National Design Specification for Wood Construction* (NDS) [4] Kekuatan tahanan lateral sambungan dowel didasarkan pada model kelelahan sambungan. Data yang dibutuhkan untuk analisis perhitungan tahanan lateral yaitu kuat lentur dan geser dowel, serta kuat tumpu bahan (kayu dan bambu). Untuk data kuat tumpu sendiri didapat dari data sekunder melalui penelitian terdahulu. Kuat tumpu bambu Petung didapat dari hasil [8] sedangkan untuk kuat tumpu kayu Sengon didapat dari hasil penelitian [9] Nilai tahanan lateral (Z) sendiri dapat dicari menggunakan beban maksimum (P_{maks}) maupun menggunakan metode *offset* 5% dari diameter baut [2] [12].

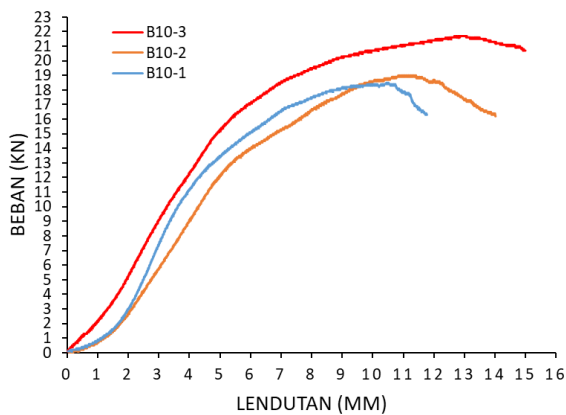
Hasil pengujian tahanan lateral sambungan pada batang komposit dengan alat sambung baut disajikan di dalam Gambar-4.



a.. Grafik uji sambungan dia. 5 (B5)



b. Grafik uji sambungan dia. 10 (B10)



c. Grafik uji sambungan dia. 15 (B15).

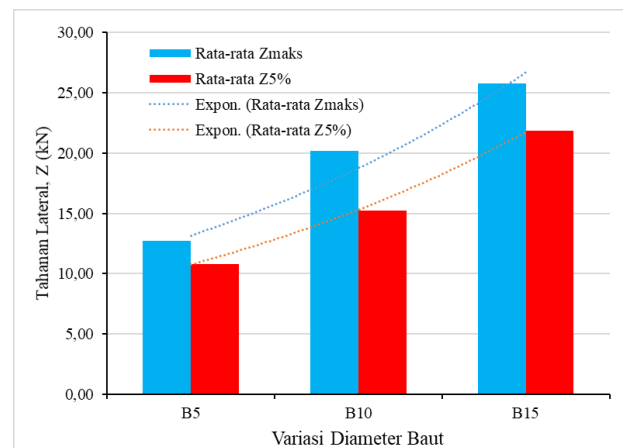
Gambar-4. Grafik hasil pengujian tahanan lateral.

Dari Gambar-4 dapat dilakukan hitungan dengan teori EYM untuk menentukan nilai tahanan lateral dari masing-masing pengujian dan variasi diameter alat sambung baut. Hasil analisis hitungan nilai tahanan lateral dapat dilihat pada Tabel-4.

Tabel-4. Nilai Tahanan Lateral (Z)

Benda uji	Berat Jenis		Rata-rata Berat Jenis	
	Zmaks	Z5%	Zmaks	Z5%
B5-1	13,30	11,06		
B5-2	10,70	9,25	12,71	10,80
B5-3	14,12	12,10		
B10-1	18,85	13,05		
B10-2	19,74	15,15	20,17	15,22
B10-3	21,92	17,45		
B15-1	23,25	20,27		
B15-2	27,74	23,21	25,75	21,84
B1-3	26,27	22,05		

Hasil hitungan tahanan lateral (Z) secara rata-rata disajikan di dalam Gambar-5. Hasil analisis menunjukkan bahwa kuat tahanan lateral (Z) hasil perhitungan teoritis sebesar 6,96 kN lebih kecil dibandingkan dengan hasil eksperimen pada model kelelahan I_m , baik menggunakan metode tahanan lateral maksimum (Z_{maks}) maupun tahanan lateral dengan *offset* 5% ($Z_{5\%}$). Sedangkan hasil analisis perhitungan dengan model kelelahan III_s yang menggunakan kuat tumpu bambu Petung, hampir semua nilai tahanan lateral hasil eksperimen yang lebih kecil dibandingkan dengan hasil perhitungan teoritis kecuali untuk benda uji dengan variasi bambu 50% pada tahanan lateral maksimum (Z_{maks}), namun pada nilai tahanan lateral metode *offset* 5% ($Z_{5\%}$) tidak melebihi nilai teoritis. Hal ini dikarenakan kuat tumpu dari kayu Sengon yang rendah yang digunakan pada model kelelahan I_m , yaitu hanya 15,1 MPa sedangkan kuat tumpu dari bambu Petung yang digunakan pada model kelelahan III_s cukup besar yaitu 55,37 MPa.



Gambar-5. Grafik nilai tahanan lateral

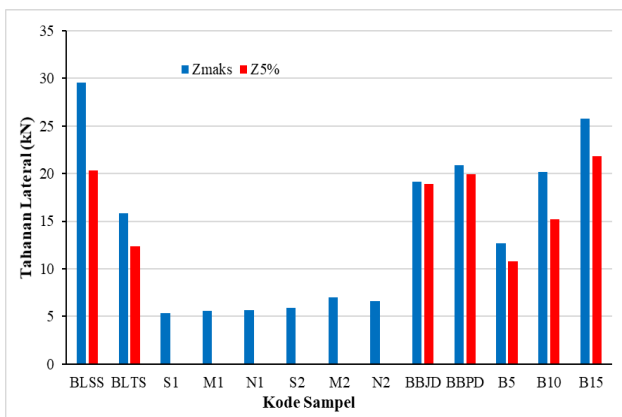
Penelitian terdahulu terhadap tahanan lateral bambu laminasi dengan konektor pelat yang disisipkan yang mana dilakukan pada dua tahanan lateral yaitu tahanan lateral sejajar serat dan tegak lurus serat [10]. Hasil penelitian ini, rata-rata kuat tahanan lateral maksimum (Z_{maks}) pada benda uji sejajar arah serat bambu laminasi adalah 29,6 kN sedangkan rata-rata tahanan lateral metode *offset* 5% ($Z_{5\%}$) adalah 20,3 kN. Nilai ini lebih besar daripada nilai tahanan lateral tegak lurus serat, yaitu 15,83 kN untuk rata-rata tahanan lateral maksimum (Z_{maks}) dan 12,34 kN untuk tahanan lateral metode *offset* 5% ($Z_{5\%}$).

Penelitian [11] terhadap komposit beton dan kayu Nangka, Surian, dan Mahoni dengan dua varian mutu beton yaitu 15,93 MPa dan 21,27 MPa. Hasil

penelitian didapatkan nilai rata-rata tahanan lateral untuk mutu varian beton 15,93 MPa pada kayu Surian, Mahoni, dan Nangka berturut-turut adalah 5,36 kN, 5,57 kN, dan 5,63 kN. Sedangkan untuk varian beton 21,27 MPa pada kayu Surian, Mahoni, dan Nangka berturut-turut adalah 5,92 kN, 6,96 kN, 6,58 kN.

Penelitian tahanan lateral juga dilakukan yaitu dengan menggabungkan antara bambu laminasi dengan beton. Pada penelitian ini, alat sambung yang digunakan berupa baja tulangan dengan variasi jenis tulangan, jumlah dowel yang digunakan, panjang dowel tertanam dan diameter tulangan [8]. Dari penelitian ini didapat nilai tahanan lateral tertinggi dengan variasi jenis dan diameter tulangan terdapat pada tulangan polos diameter 19 mm yaitu dengan 19,117 kN pada tahanan lateral maksimum (Z_{maks}) dan 18,9 pada tahanan lateral metode *offset* 5% ($Z_{5\%}$). Sedangkan rata-rata tahanan lateral terbesar untuk variasi panjang dowel tertanam adalah 20,9 kN (Z_{maks}) dan 19,933 kN ($Z_{5\%}$) pada kedalaman 70 mm ke dalam beton.

Dari hasil beberapa penelitian di atas, dapat dibandingkan dengan hasil eksperimen menggunakan variasi bambu Petung 50% yang telah dilakukan. Walaupun pada nilai tahanan lateral metode *offset* 5% hasil eksperimental tidak melebihi hasil teoritisnya, namun variasi ini memiliki nilai tahanan lateral maksimum (Z_{maks}) hasil eksperimental yang lebih besar daripada tahanan lateral hasil teoritis, baik pada model kelelahan I_m maupun model kelelahan III_s . Perbandingan nilai tahanan lateral beberapa penelitian disajikan pada Gambar-6.



Gambar-6. Nilai tahanan lateral beberapa penelitian.

Keterangan Gambar 6 :

BLSS : Tahanan lateral bambu laminasi dengan pelat baja yang disisipkan

sejajar serat [10].

BLTS : dengan pelat baja yang disisipkan tegak lurus serat [10].

Z_{S1} : Tahanan lateral kayu Surian komposit beton dengan mutu beton 15,93 MPa [11].

Z_{M1} : Tahanan lateral kayu Mahoni komposit beton dengan mutu beton 15,93 MPa. [11]

Z_{N1} : Tahanan lateral kayu Nangka komposit beton dengan mutu beton 15,93 MPa. [11]

Z_{S2} : Tahanan lateral kayu Surian komposit beton dengan mutu beton 21,27 MPa [11].

Z_{M2} : Tahanan lateral kayu Mahoni komposit beton dengan mutu beton 21,27 MPa [11].

Z_{N2} : Tahanan lateral kayu Nangka komposit beton dengan mutu beton 21,27 MPa [11].

BBJD : Bambu laminasi komposit beton dengan variasi jenis dan diameter tulangan baja [5]

BBPD : Bambu laminasi komposit beton dengan variasi panjang tulangan tertanam [5].

B5 : Bambu laminasi komposit kayu Sengon dengan variasi bambu Petung dia 5 mm [5].

B10 : Bambu laminasi komposit kayu Sengon dengan variasi bambu Petung dia 10 mm [5].

B15 : Bambu laminasi komposit kayu Sengon dengan variasi bambu Petung dia 15 mm [5].

Kerusakan yang terjadi pada sampel hasil pengujian disajikan pada Gambar-7. Dimana semua tipe benda uji (B5, B10, dan B15) mempunyai model kerusakan yang sama yaitu terjadi kehancuran pada kayu utama serta terjadinya kelelahan pada baut dengan adanya lendutan yang terjadi pada baut. Hal ini menunjukkan bahwa model kelelahan yang terjadi merupakan tipe III, namun ANSI 2015 menyatakan bahwa untuk model kelelahan yang terjadi pada kayu utama di tumpuan tidak ada. Oleh karena itu, model kelelahan yang terjadi diambil model kelelahan tipe III_s .



Gambar-7. Kerusakan benda uji tahanan lateral.

IV. PENUTUP

A. Kesimpulan

Dari hasil penelitian dapat ditarik kesimpulan, yaitu :

1. Kekuatan geser antara bahan yang direkat untuk perekat terlabur 50/MDGL, diperoleh kekuatan yang paling baik adalah pada uji blok geser kayu sengon – sengon dan paling kecil adalah kayu sengon - bambu apus. Hasil kuat geser perekat adalah berkisar 4,54 – 5,43 MPa.
2. Pemanfaatan bambu bersama-sama dengan kayu sengon dalam balok komposit dapat meningkatkan kekuatan dan kekakuan struktur balok. Kekuatan tertinggi dicapai pada rasio bambu terhadap balok sebesar 50%, dan terendah pada rasio bambu terhadap balok sebesar 0%. Berturut-turut persentase peningkatan kekuatan untuk rasio bambu terhadap balok 0%, 25%, 50% dan 75% adalah sebesar 0%; 62,23% ; 100,65% ; dan 92,28%. Sehingga nilai kekuatan optimum balok dicapai pada rasio bambu 50%.
3. Kerusakan balok yang terjadi adalah rusak lentur dan geser. Rusak lentur terjadi pada balok dengan rasio bambu 0%, 25%, dan 50%. Untuk balok dengan rasio bambu 75% terjadi rusak geser. Rusak lentur untuk rasio bambu 0% bersifat getas, sedangkan pada balok dengan rasio bambu 25%

dan 50% terjadinya rusak lentur adalah bersifat daktil. Jenis-jenis kerusakan ini terjadi kemungkinan disebabkan oleh komposisi dan persentase bahan penyusun (kayu sengon dan bambu apus), serta ditunjang kekuatan bahan perekat.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Morisco. *Teknologi Bambu*, Bahan Kuliah, Magister Teknologi Bahan Bangunan, PPS UGM Yogyakarta. 2006.
- [2] Annual Book of ASTM Standards 2008 – Section 4 Volume 04.10 Wood, American Society for Testing and Materials. 2008.
- [3] National Design Specification for Wood Construction ASD/LRFD, American Forest and Paper Association, Inc., 2005.
- [4] Approved American National Standard (ANSI), *National Design Specification for Wood Construction* (NDS). United States. 2015.
- [5] N.I.S. Hermanto, I. Satyarno, D. Sulisty, dan T.A. Prayitno, “Kekuatan Tahanan Lateral Sambungan Geser Komposit Bambu Laminasi-Beton dengan Variasi Jenis dan Diameter”. *Prosiding Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Prasarana Wilayah Volume II*, pp. C-65 – C-72. 2014.
- [6] A. Murtopo, A. Rakhmawati, Y. Arnandha, A.R. Darajat, dan A.P.N. Istiqomah, “Tahanan Lateral pada Sistem Komposit LVL Kayu Sengon dan WPC”. *Jurnal Teknik Sipil*, Vol. 29, No. 3, pp. 251-256. 2022.
- [7] I.A. Tantisaputri, A. Awaludin, dan S. Siswosukarto., “Analisa Kekuatan Tahanan Lateral Pada Sistem Komposit LVL Kayu Sengon dan Beton Pracetak”. *Jurnal Media Komunikasi Teknik Sipil*, Vol. 25 No. 2, pp. 132-140. 2019.
- [8] N.I.S. Hermanto, I. Satyarno, D. Sulisty, dan T.A. Prayitno, “Sifat Mekanika Bambu Petung Laminasi”. *Jurnal Ilmiah Dinamika Rekayasa*. Vol. 10 No. 1, pp.6-14. 2014.
- [9] S. Sadiyo, D. Susanto, dan N.E.S. Pratiwi., “Nilai Kekuatan Tumpu Baut pada Empat Jenis Kayu Rakyat Indonesia”. *Jurnal Teknik Sipil ITB*. Vol 24. No. 2, pp. 153-158. 2017.
- [10] I.G.L.B. Eratodi, A. Triwiyono, dan A. Awaludin., “Tahanan Lateral Bambu Laminasi dengan Konektor Pelat Disisipkan Menggunakan Sambungan Baut”. *Jurnal*

Dinamika Rekayasa, Vol 10. No. 1, pp. 14-19.
2014.

- [11] E. Suriani, “Perilaku Sambungan Komposit Kayu-Beton dengan Alat Sambung Sekrup Kunci terhadap Beban Lateral”. Thesis. Universitas Gajah Mada. 2012.
- [12] Standard Test Method for Cyclic (Reversed) Load Test for Shear Resistance of Walls for Buildings, Designation: Vol. 405 E 2126 – 02a. ASTM. 2003.