E-ISSN : 3025-1311
https://ejournal.cahayailmubangsa.institute/index.php/kohesi

Kohesi: Jurnal Multidisiplin Saintek
Volume 11 No 2 Tahun 2026

PERBANDINGAN METODA PEMASANGAN ANTARA ALAT SAMBUNG STRUKTUR KAYU KONVENSIONAL DENGAN ALAT SAMBUNG STRUKTU KAYU BERSTANDAR

Thariq Al-Fath Y.[a], Teddy Triyantho A.Y. Weasu [a], M. Nibraas N. N. N. [a]
[a]Department of Architecture, Institut Teknologi Nasional, Bandung, Indonesia

*Corresponding E-mail: weasuteddy@gmail.com

Abstrak

Penggunaan *glued laminated timber* (glulam) sebagai material struktural mulai berkembang dalam industri konstruksi di Indonesia, namun efektivitasnya sangat dipengaruhi oleh sistem sambungan yang digunakan. Saat ini, praktik di lapangan masih didominasi oleh sambungan konvensional yang dibuat secara manual. Hal ini menyebabkan kualitas konstruksi sangat bergantung pada keterampilan pekerja dan kondisi proyek yang tidak menentu. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan karakteristik pemasangan serta efisiensi waktu antara sambungan kayu konvensional dan sambungan berstandar industri, khususnya produk Rothoblaas. Metode penelitian mencakup studi literatur, analisis dokumen teknis, observasi lapangan, serta pemodelan tiga dimensi menggunakan SketchUp untuk mensimulasikan proses pemasangan kedua jenis sambungan tersebut. Hasil analisis menunjukkan bahwa sambungan konvensional memiliki variabilitas geometri yang tinggi dan membutuhkan waktu instalasi yang lebih lama. Sebaliknya, sambungan berstandar menawarkan tingkat presisi yang lebih baik, kemudahan pemasangan, serta konsistensi performa karena telah melalui proses pengujian struktural yang ketat. Penelitian ini memberikan dasar teknis bagi pengembangan metode konstruksi kayu dan mendorong adopsi sistem sambungan berstandar untuk meningkatkan kualitas serta efisiensi konstruksi kayu di Indonesia.

Keywords: Sambungan Konvensional, Glulam, Efisiensi Pemasangan, Sambungan Berstandar, Kontruksi Kayu

The use of glued laminated timber (glulam) as a structural material is growing within Indonesia's construction industry, but its overall effectiveness depends heavily on the connection systems used. Currently, field practices are dominated by conventional joints made manually. This reliance on manual assembly makes construction quality highly dependent on individual worker skills and unpredictable project conditions. This study aims to compare the installation characteristics and time efficiency between conventional timber joints and industry-standard systems, specifically Rothoblaas products. The research methodology includes literature reviews, technical document analysis, field observations, and 3D modeling in SketchUp to simulate the assembly process for both connection types. The analysis shows that conventional joints have high geometric variability and require longer installation times. In contrast, standardized connections offer superior precision, easier installation, and consistent performance as they have undergone rigorous structural testing. This research provides a technical foundation for developing local timber construction methods and encourages the adoption of standardized connection systems to improve the quality and efficiency of timber construction in Indonesia.

Keywords: *Conventional Joints, Glulam, Installation Efficiency, Standardized Connectors, Timber Connections*

Article History
Received: Juli 2026
Reviewed:Juli 2026
Published: Juli 2026

Plagiarism Checker
No 237.u873247.fh8374

Copyright : Author
Publish by : Kohesi

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License

1 PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi material dan sistem konstruksi modern telah mendorong peningkatan penggunaan kayu rekayasa (engineered wood) sebagai alternatif material struktural yang berkelanjutan. Material seperti glued laminated timber (glulam) dan cross-laminated timber (CLT) kini banyak digunakan dalam bangunan bertingkat dan struktur modular karena sifatnya yang kuat, ringan, serta memiliki jejak karbon yang rendah dibandingkan material konvensional.

Namun, performa struktur kayu tidak hanya ditentukan oleh kekuatan material utamanya, melainkan juga oleh sistem sambungan (connections) yang menghubungkan elemen-elemen kayu. Sambungan berperan penting dalam mentransfer beban, menjaga kestabilan, dan menentukan kekakuan global struktur. Dalam praktik konstruksi, sambungan kayu umumnya dapat dibedakan menjadi dua kategori:

1. Sambungan berstandar (engineered/industrial connections), yaitu sambungan yang telah dirancang, diuji, dan diproduksi secara pabrikan dengan spesifikasi teknis yang jelas—misalnya produk Rothoblaas atau Simpson Strong-Tie.

2. Sambungan konvensional, yaitu sambungan yang dibuat di lapangan menggunakan pelat baja, baut, atau paku dengan perencanaan sederhana dan tanpa pengujian laboratorium yang sistematis.

Di Indonesia, penggunaan sambungan berstandar masih sangat terbatas. Sebagian besar konstruksi kayu masih mengandalkan sambungan konvensional karena faktor biaya, ketersediaan produk, dan keterbatasan pengetahuan teknis. Kondisi ini menimbulkan pertanyaan mengenai perbedaan kinerja mekanis, efisiensi waktu pemasangan, serta konsistensi mutu antara kedua jenis sambungan tersebut.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan membandingkan kinerja sambungan kayu berstandar dan sambungan konvensional, baik dari aspek kekuatan struktural, efisiensi waktu pelaksanaan, maupun potensi penerapannya pada sistem konstruksi kayu lokal. Melalui pendekatan eksperimental dan analitis, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi terhadap pengembangan standarisasi sistem sambungan kayu di Indonesia, serta mendukung penerapan konstruksi kayu berkelanjutan di masa depan.

Berdasarkan telaah literatur, penelitian terdahulu mengenai struktur Glued Laminated Timber (glulam) umumnya berfokus pada kekuatan mekanis material dan sambungan struktural melalui pengujian eksperimental di laboratorium, seperti kajian[1] dan[2] yang membahas perilaku lentur, daktilitas, serta performa sambungan dengan *threaded joints* dan penguatan CFRP. Namun, aspek kemudahan penerapan di lapangan, khususnya terkait efisiensi waktu dan metode pemasangan sambungan, masih relatif jarang dikaji.

Penelitian ini hadir untuk mengisi celah tersebut dengan menitikberatkan pada analisis kemudahan pengaplikasian dan efisiensi sistem sambungan glulam melalui perbandingan antara sambungan konvensional non-standar dan sambungan berstandar industri seperti Rothoblaas. Fokus penelitian tidak hanya pada kinerja struktural, tetapi juga pada aspek implementasi nyata di lapangan, meliputi kecepatan pemasangan, tingkat presisi, kebutuhan tenaga kerja, serta minimisasi kesalahan konstruksi, sehingga menempatkan penelitian ini pada posisi integratif yang menjembatani riset laboratorium dan praktik konstruksi kayu modern melalui pendekatan metode konstruksi dan visualisasi proses perakitan.

2 METODE PENELITIAN

2.1 Rumusan masalah

- Bagaimana sistem pemsangan glulam local dengan sambungan Rothoblaas?
- Bagaimana metode konstruksi sambungan konvensional dibanding dengan sistem sambungan Rothoblaas pada konstruksi kayu, dari segi kemudahan pemasangan dan efisiensi?
- Bagaimana model desain dan tahapan konstruksi glulam dapat divisualisasikan secara digital melalui SketchUp?

2.2 Pendekatan Penelitian

Penelitian ini bersifat **deskriptif-analitis**, dengan fokus pada pengembangan metode konstruksi dan visualisasi digital berbasis SketchUp.

2.3 Tahapan Penelitian

Studi Literatur & Pengumpulan Data

- Kajian teknis mengenai metode konstruksi kayu.
- Kajian teknis glulam, sistem sambungan Rothoblaas, dan metode konstruksi kayu.
- Dokumentasi sambungan dari studi bangunan existing.

Perancangan Struktur & Model Digital

- **SketchUp:** membuat visual model 3D, dan simulasi sambungan
- Visualisasi dengan *exploded view* untuk menunjukkan deatil sambungan

Output:

- Perbandingan efisiensi pemasangan antara sambungan konvensional dengan sambungan Rothoblaas
- Model 3D explodes sambungan Rothoblaas dan konvensional.

Analisis Metode Konstruksi

- Analisis kemudahan dan efisiensi pemasangan sambungan konvensional dan Rothoblaas
- Mengvaluasi kemudahan pemasangan.

Parameter:

- Kompleksitas dalam kemudahan Pemasangan.
- Efisiensi dari segi tenaga pekerja, alat dan bahan

2.4 Alur Penelitian (Workflow)

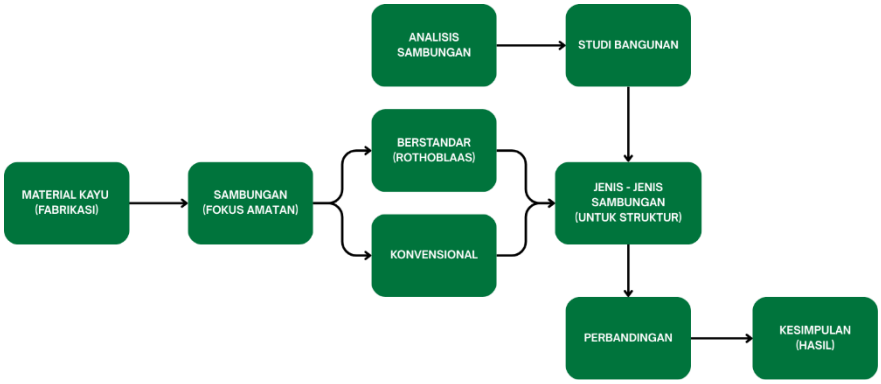


Figure 1 Workflow

2.5 Variabel Penelitian

Table 1 Vairabel

Jenis Variabel	Uraian
Utama	Sambungan Konvensional dan Sambungan Rothoblaas
Pendukung	Jenis sambungan Rothoblaas dan Jenis Sambungan Konvensional
Pembanding	Efisiensi Jumlah Pekerja dan Kompleksitas Kemudahan Pemasangan

2.6 Teknik Analisis Data

- **Kualitatif:** Dokumentasi sambungan existing dan katalog sambungan Rothoblaas.
- **Kuantitatif:** Estimasi jumlah pekerja dan alat untuk pemsangan.

3 HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Material Glulam

Glued Laminated Timber atau *Glulam* adalah material kayu rekayasa yang terdiri dari beberapa lapisan kayu (*lamellae*) yang direkatkan satu sama lain dengan perekat struktural tahan air di bawah tekanan tinggiPengertian dan prinsip dasar glulam[4] Proses laminasi ini memungkinkan penciptaan elemen struktural kayu yang panjang dan seragam, melampaui batas ukuran batang kayu alami[5]. Dengan serat kayu yang disusun sejajar, glulam dapat menahan gaya tarik dan tekan secara efisien, menjadikannya salah satu material kayu struktural paling kuat di antara produk kayu rekayasa lainnya[1].

Secara teknis, glulam menawarkan efisiensi struktural tinggi karena proses laminasi memungkinkan penyebaran cacat alami seperti simpul dan retakan, sehingga mengurangi variabilitas sifat mekanik kayu[1]. Selain itu, proses rekayasa ini menghasilkan rasio kekuatan terhadap berat yang lebih baik dibandingkan banyak material konvensional seperti baja atau beton[6]. Keunggulan ini membuat glulam ideal untuk diaplikasikan dalam struktur bentang panjang seperti jembatan, atap stadion, dan aula besar yang membutuhkan kombinasi kekuatan, kelenturan, dan estetika [4].

Dalam konteks arsitektur, glulam dipilih karena kemampuannya menghadirkan ekspresi material alami yang selaras dengan konsep arsitektur berkelanjutan[7]. Bentuknya yang fleksibel — baik lurus maupun melengkung — memungkinkan arsitek menciptakan ruang dinamis dengan keindahan struktural yang diekspos[4]. Lebih jauh, karena glulam dibuat dari sumber daya kayu yang dapat diperbaharui, penggunaannya berkontribusi terhadap pengurangan emisi karbon dalam konstruksi modern[8].

3.2 Sambungan Glulam

Struktur glulam pada dasarnya tidak dapat berfungsi sebagai sistem utuh tanpa penggunaan sambungan (*joint*), karena setiap elemen kayu laminasi memiliki batas panjang dan harus dihubungkan untuk membentuk rangka yang lebih besar[9]. Sambungan berperan dalam menyalurkan gaya-gaya internal seperti tarik, tekan, dan geser dari satu elemen ke elemen lainnya agar struktur bekerja secara monolit [10]. Dalam praktik konstruksi, sistem sambungan glulam berkembang menjadi dua pendekatan besar, yaitu sambungan konvensional non-standar yang banyak digunakan pada proyek skala kecil, serta sambungan berstandar industri seperti sistem Rothoblaas yang telah melalui proses uji struktural dan sertifikasi internasional[11]. Pemilihan sistem sambungan ini menjadi faktor penting yang menentukan kekuatan, kekakuan, dan umur layanan struktur glulam secara keseluruhan.

A. Sambungan Konvensional

Sambungan konvensional pada struktur glulam umumnya dibuat menggunakan baut (*bolts*), pelat baja, atau sekrup kayu biasa tanpa mengikuti standar teknis tertentu[12]. Sistem ini sering dijumpai pada konstruksi lokal karena kemudahan fabrikasi dan ketersediaan material di pasaran[9]. Namun, hasil penelitian menunjukkan bahwa sambungan non-standar memiliki variabilitas tinggi terhadap beban dan deformasi, terutama pada area lubang baut yang menjadi titik konsentrasi tegangan[13]. Selain itu, metode pemasangan yang bergantung pada keahlian pekerja lapangan dapat menimbulkan deviasi geometri, mengurangi kapasitas geser, serta menurunkan ketahanan terhadap beban dinamis seperti gempa atau angin[3]. Oleh karena itu, meskipun sambungan konvensional ekonomis dan fleksibel, performanya masih jauh di bawah sambungan berstandar yang dirancang secara mekanis dan teruji secara laboratorium.

B. Sambungan Berstandar (Rothoblaas)

Rothoblaas merupakan perusahaan asal Italia yang berdiri pada tahun 1991 dan dikenal sebagai salah satu pionir global dalam pengembangan sistem sambungan berstandar untuk konstruksi kayu (*timber engineering systems*). Produk-produk Rothoblaas meliputi sekrup struktural berkinerja tinggi, pelat konektor baja (*steel plates*), sistem penambat seismik (*seismic anchor*), hingga perangkat kedap udara untuk bangunan kayu pasif. Produk ini telah memenuhi standar *European Technical Assessment (ETA)* dan *Eurocode 5*, menjadikannya acuan utama bagi insinyur dan arsitek dalam merancang sambungan kayu berstandar internasional. Dengan pendekatan berbasis riset material dan simulasi struktural, Rothoblaas menghadirkan sistem sambungan yang tidak hanya kuat dan efisien, tetapi juga presisi dan mudah diaplikasikan di lapangan.

3.3 Studi Bangunan

1. The Wheels, Dago

Lokasi: Jl. Ir. H. Juanda No.256, Sekeloa, Kecamatan Coblong, Kota Bandung, Jawa Barat 40135.

Pemilihan Café The Wheels sebagai objek studi didasarkan pada rekomendasi pihak Rothoblaas, karena sebagian besar sambungan konstruksi kayu pada bangunan tersebut menggunakan sistem sambungan Rothoblaas.

Figure 2 Café The Wheels

Hasil amatan:

Figure 5 Sambungan Ridge

Figure 3 Sambungan Pedestal ke Kolom

Figure 6 Sambungan Atap

Figure 4 Sambungan Balok ke Kolom

2. Noah Barn, Kota Baru Parahyangan

Lokasi: Kertajaya, Kec. Padalarang, Kabupaten Bandung Barat, Jawa Barat 40553.
Pemilihan Resto Noah Barn sebagai objek studi didasarkan pada penggunaan material kayu serta penerapan sistem sambungan Rothoblaas pada konstruksi kayunya.

Figure 7 Resto Noah Barn

Hasil amatan:

Figure 8 Sambungan Pedestal ke Kolom

Figure 9 Sambungan Ridge

Figure 10 Sambungan Atap

3.4 Perbandingan Sambungan

Berikut adalah deskripsi perbandingan antara metode berstandar Rothoblaas dan metode konvensional untuk titik sambungan pedestal ke kolom:

3.4.1 Berstandar (Rothoblaas)

1. Sambungan pedestal ke kolom
   - Sambungan Rothoblaas (XS10120)

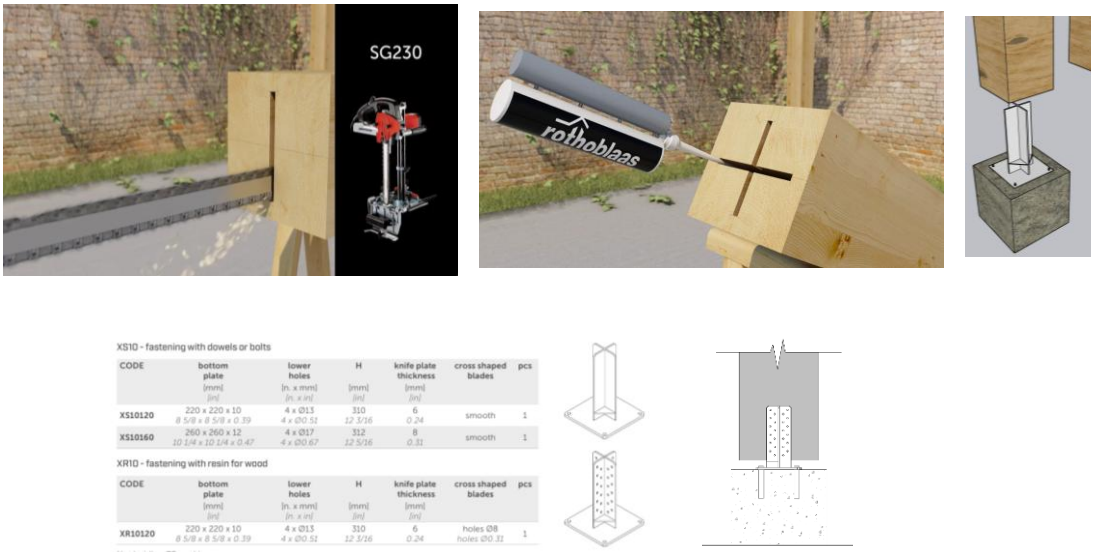


Figure 11 Gambar Pemasangan Sambungan Pedestal ke Kolom

Pada sistem sambungan berstandar digunakan produk Rothoblaas seri XS10120 sebagai penghubung antara pedestal beton dan kolom kayu, yang dipasang melalui pembuatan lubang silang pada pangkal kolom menggunakan mesin chainsaw tipe SG230, kemudian diaplikasikan lem struktural atau sealant untuk memastikan ikatan yang kuat dan presisi. Metode ini memiliki

keunggulan berupa kualitas visual yang rapi karena pelat sambungan tersembunyi, tingkat presisi tinggi, efisiensi pelaksanaan dengan kebutuhan tenaga kerja minimal, serta toleransi pemasangan yang mampu mengurangi potensi kesalahan pada tahap perakitan di lapangan.

2. Sambungan Balok ke balok/kolom
   - Sambungan Rothoblaas (Alumidi)

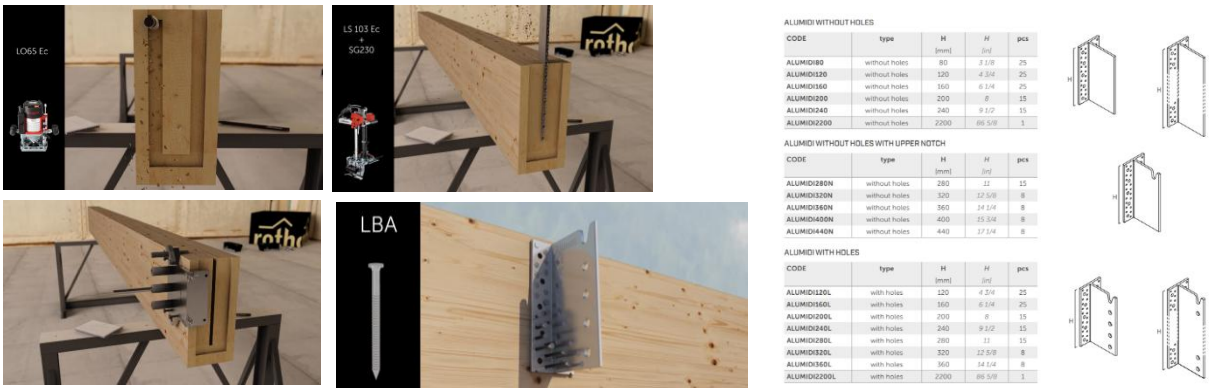


Figure 12 Pemasangan sambungan kayu balok ke balok/kolom

Pada sambungan balok ke balok/kolom, sistem berstandar menggunakan produk Rothoblaas seri Alumidi dengan konsep *hidden connection*, di mana pelat aluminium ditempatkan pada slot sempit di ujung balok sehingga elemen logam tidak terlihat dari luar. Proses instalasi memanfaatkan alat bantu sederhana seperti palu, pahat, dan bor, serta menawarkan keunggulan berupa presisi tinggi berkat toleransi pemasangan yang telah dirancang, efisiensi pelaksanaan, dan kebutuhan tenaga kerja minimal.

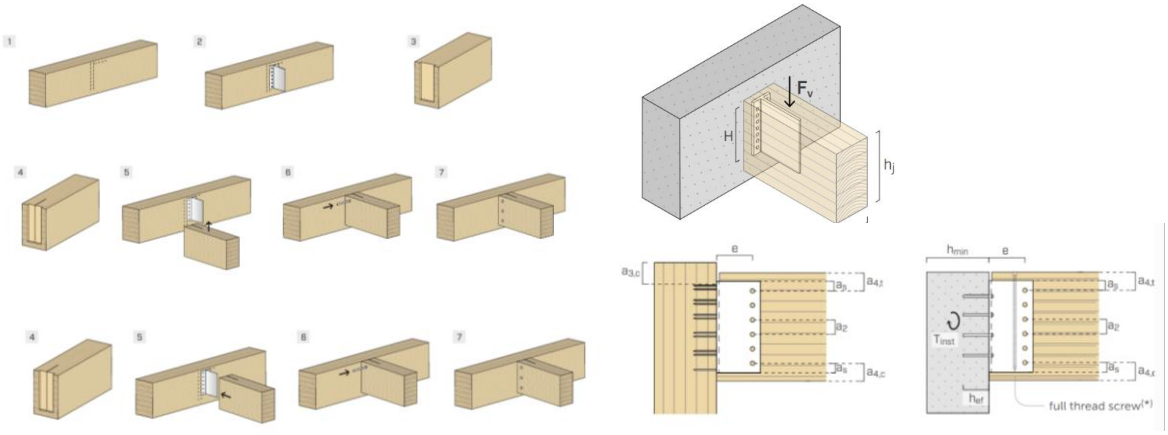
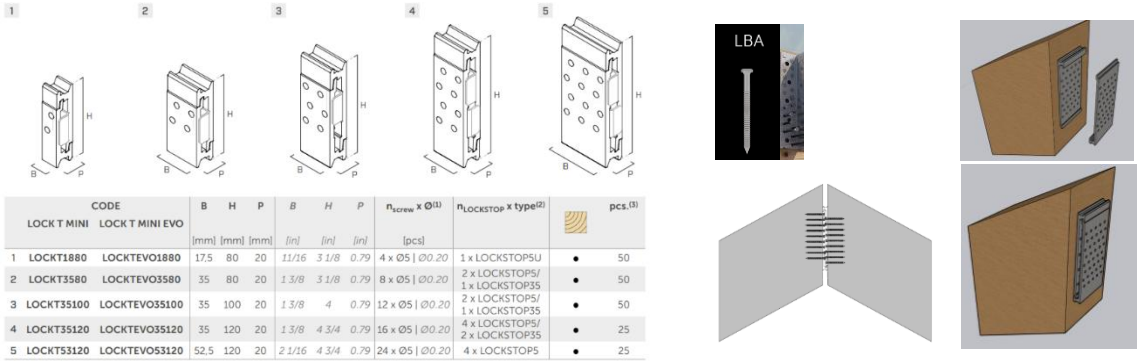


Figure 13 Visualisasi 3d Sambungan Kayu Balok ke Balok/Kolom

3. Sambungan Ridge



	CODE		B	H	P	B	H	P	n_{screw} x Ø[1]	$n_{LOCKSTOP}$ x type[2]		pcs.[3]
	LOCK T MINI	LOCK T MINI EVO	[mm]	[mm]	[mm]	[in]	[in]	[in]	[pcs]			
1	LOCKT1880	LOCKTEVO1880	17.5	80	20	11/16	3 1/8	0.79	4 x Ø5 | Ø0.20	1 x LOCKSTOP5U	•	50
2	LOCKT3580	LOCKTEVO3580	35	80	20	1 3/8	3 1/8	0.79	8 x Ø5 | Ø0.20	2 x LOCKSTOP5/ 1 x LOCKSTOP35	•	50
3	LOCKT35100	LOCKTEVO35100	35	100	20	1 3/8	4	0.79	12 x Ø5 | Ø0.20	2 x LOCKSTOP5/ 1 x LOCKSTOP35	•	50
4	LOCKT35120	LOCKTEVO35120	35	120	20	1 3/8	4 3/4	0.79	16 x Ø5 | Ø0.20	4 x LOCKSTOP5/ 2 x LOCKSTOP35	•	25
5	LOCKT53120	LOCKTEVO53120	52.5	120	20	2 1/16	4 3/4	0.79	24 x Ø5 | Ø0.20	4 x LOCKSTOP5	•	25

Figure 14 Visualisasi Sambungan Ridge

Pada area puncak atap (ridge), sistem sambungan menggunakan mekanisme kait tersembunyi (*interlocking*) yang ditanam di dalam balok kayu, dengan pemasangan pelat konektor menggunakan alat bantu seperti palu, pahat, dan bor, serta diperkuat oleh baut tipe LBA dan aplikasi lem khusus. Sistem ini memiliki keunggulan berupa presisi tinggi, daya tahan material yang baik, kemungkinan bongkar-pasang ulang, serta efisiensi pelaksanaan di lapangan dengan kebutuhan tenaga kerja minimal.

4. Sambungan kuda kuda ke balok

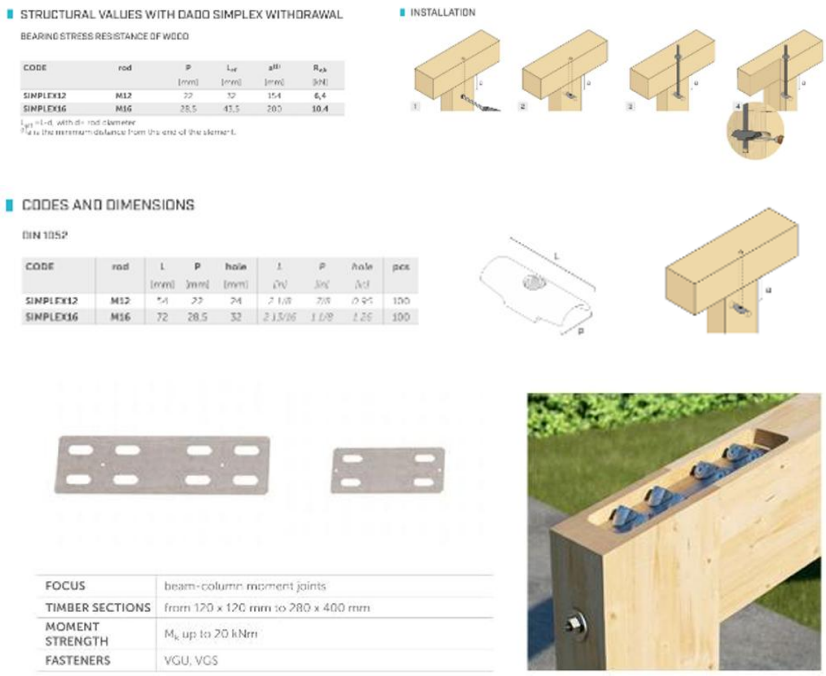


Figure 15 Visualisasi SambunganKuda-Kuda ke Balok

Pada sambungan kuda-kuda ke balok dengan sistem berstandar digunakan lem struktural, baut, dan sekrup tipe LBA sebagai elemen pengikat, dengan proses pemasangan yang mengandalkan alat manual presisi seperti palu, pahat, dan bor untuk menyiapkan dudukan konektor di dalam kayu. Sistem ini menawarkan presisi tinggi berkat fabrikasi awal dan toleransi pemasangan yang telah dirancang, ketahanan material yang baik, kemungkinan pembongkaran

ulang, serta pelaksanaan yang relatif efisien meskipun memerlukan sekitar tiga hingga empat orang tenaga kerja akibat dimensi dan bobot kuda-kuda yang besar.

3.4.2 Sambungan Konvensional

1. pedestal ke kolom

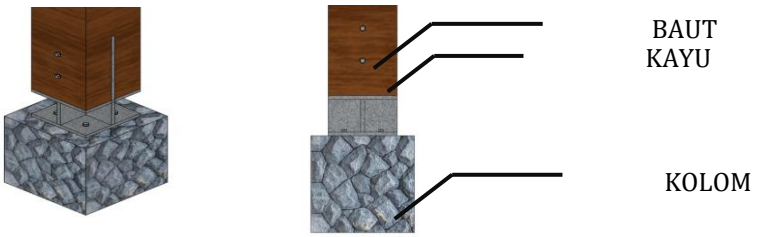


Figure 16 Visualisasi Sambungan Konvensional Pedestal ke Kolom

Berbeda dengan sistem berstandar, sambungan konvensional menerapkan pendekatan manual dengan penggunaan pelat baja eksternal dan baut penguat yang terekspos, di mana kolom kayu ditempatkan di atas pedestal beton sehingga elemen logam terlihat dari luar dan menghasilkan kualitas visual yang lebih kaku serta kurang rapi. Metode ini memiliki tingkat variabilitas pelaksanaan yang tinggi karena sangat bergantung pada keterampilan tenaga kerja dan konsistensi material di lapangan, membutuhkan sekitar dua hingga tiga orang pekerja, serta memiliki risiko teknis berupa kebengkokan pelat baja apabila spesifikasi material tidak seragam sehingga memerlukan pengawasan yang lebih ketat untuk menjaga ketegakan kolom.

2. Sambungan Terhadap balok

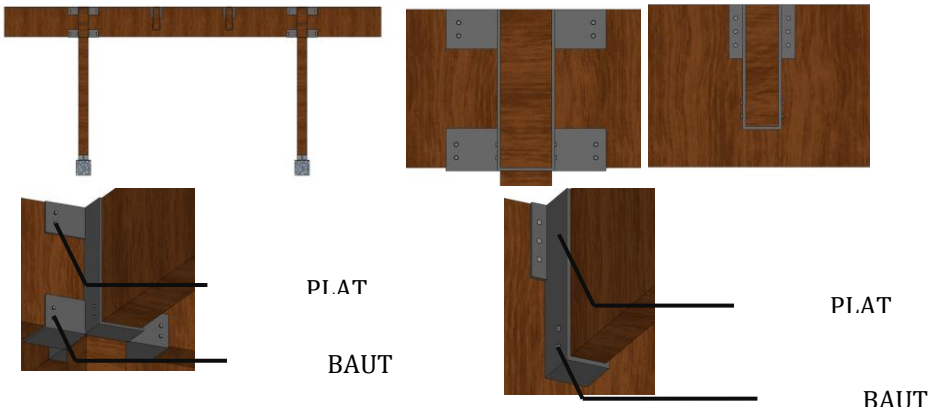


Figure 17 Visualisasi Sambungan Konvensional Balok

Pada metode konvensional, sambungan balok ke balok menggunakan pelat baja penyiku eksternal yang dipasang di bagian luar elemen kayu dan diperkuat dengan baut, sehingga seluruh komponen sambungan terekspos dan menghasilkan kesan visual yang lebih kaku serta membutuhkan ruang lebih besar pada area pertemuan balok. Proses pemasangan sangat bergantung pada pengukuran manual tanpa sistem pengunci otomatis, sehingga instalasi menjadi lebih kompleks, memerlukan sekitar tiga hingga empat orang tenaga kerja untuk menjaga keselarasan balok, serta memiliki risiko teknis berupa kebengkokan pelat baja yang dipengaruhi oleh kualitas material.

3. Sambungan Atap

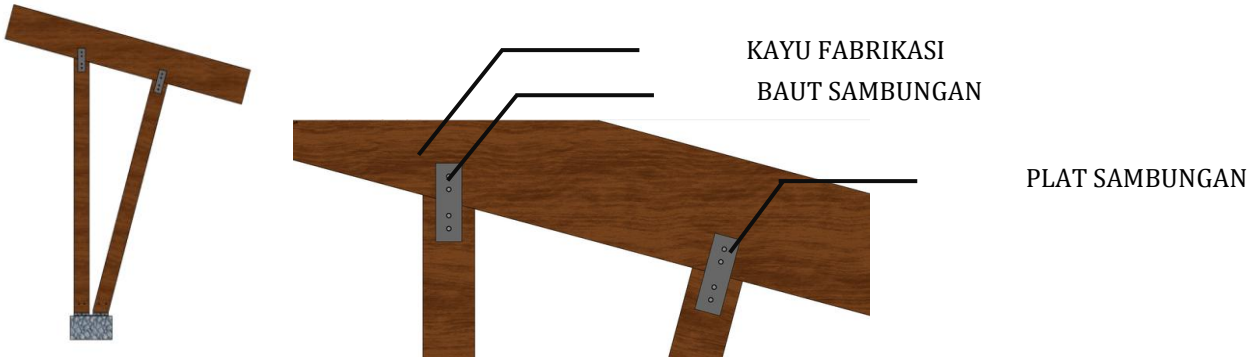


Figure 18 Sambungan Atap

Sambungan atap konvensional masih menerapkan metode tradisional dengan mur, baut, atau paku sebagai elemen pengikat utama menggunakan peralatan umum seperti palu, pahat, dan bor, sehingga seluruh proses dilakukan secara manual dan menghasilkan kualitas sambungan yang bervariasi tergantung pada keterampilan tenaga kerja serta ketersediaan material di lapangan. Metode ini memiliki risiko teknis berupa kebengkokan pelat penyambung akibat mutu baja yang tidak konsisten, membutuhkan sekitar dua hingga tiga orang tenaga kerja untuk menjaga kestabilan balok atap selama pemasangan, namun relatif mudah dipahami dan diterapkan karena telah menjadi praktik umum dalam konstruksi.

4. Sambungan Balok ke Kuda-Kuda Atap

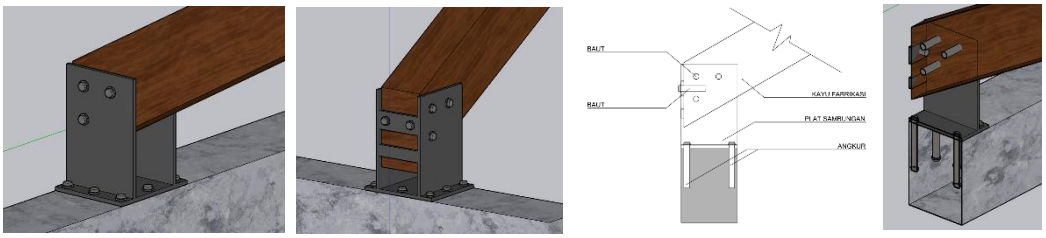


Figure 19 Visualisasi Sambungan Konvesional Balok ke Kuda-Kuda Atap

Pada metode konvensional pada sambungan kuda-kuda ke balok, pengikatan dilakukan menggunakan mur, baut, atau paku yang dikombinasikan dengan pelat baja eksternal, dengan proses pemasangan yang memanfaatkan peralatan mulai dari alat pertukangan dasar hingga crane dan alat las untuk penyesuaian di lapangan. Metode ini menghasilkan variasi bentuk sambungan yang tinggi karena menyesuaikan ketersediaan material tanpa menunggu komponen pabrikan, namun memiliki risiko teknis berupa kebengkokan pelat penyambung yang sangat dipengaruhi oleh mutu material, serta memerlukan sekitar tiga hingga empat orang tenaga kerja untuk mengoordinasikan pengangkatan dan penguncian elemen kuda-kuda.

Dari aspek alat dan material, kedua metode menunjukkan perbedaan mendasar, di mana sambungan berstandar memanfaatkan komponen spesifik hasil fabrikasi dengan standar mutu tertentu, seperti baut khusus serta lem atau sealant untuk meningkatkan kekuatan ikatan, sedangkan sambungan konvensional mengandalkan material umum yang tersedia di pasaran dengan kualitas akhir yang sangat dipengaruhi oleh jenis dan mutu material saat pelaksanaan. Perbedaan ini juga berdampak pada kebutuhan tenaga kerja, karena sambungan berstandar dapat dikerjakan oleh jumlah pekerja yang lebih sedikit namun menuntut keterampilan dan pelatihan khusus, sementara metode konvensional umumnya memerlukan tenaga kerja lebih

banyak dan sangat bergantung pada pengalaman praktis serta pengawasan lapangan yang intensif.

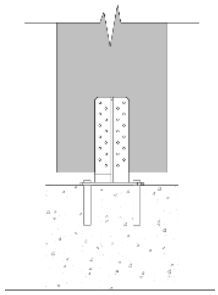
Pada aspek teknis instalasi, sambungan berstandar memiliki keunggulan dalam hal toleransi dan kemudahan pelaksanaan karena desainnya telah mempertimbangkan kelonggaran pemasangan, sehingga menghasilkan sambungan yang presisi dengan kinerja struktural yang terukur serta mendukung prinsip konstruksi berkelanjutan melalui kemungkinan pembongkaran tanpa merusak elemen kayu. Sebaliknya, sambungan konvensional cenderung tidak secara eksplisit memperhitungkan toleransi pemasangan, sehingga membutuhkan penyesuaian manual yang lebih banyak selama instalasi dan menyulitkan proses pembongkaran, dengan risiko kerusakan material apabila terjadi kesalahan pemasangan.

3.4.3 Perbandingan Sambungan

Kriteria perbandingan

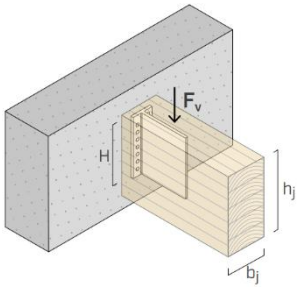
a) Material kayu pre-cast (glulam)
b) Ukuran Balok – 10/20 cm, 15/30 cm s/d. 20/40 cm
c) Ukuran Kolom – 20/20 cm s/d. 30/30 cm
d) Sambungan Kayu – baja/besi
a) Bangunan :
   - 1 lantai
   - Ketinggian 4 – 6 m
   - Lebar Bentangan 6 – 8 m
   - Fungsi – kafe, rumah tinggal atau restoran

1. Sambungan Pedestal ke Kolom

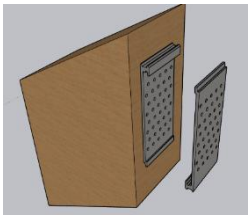
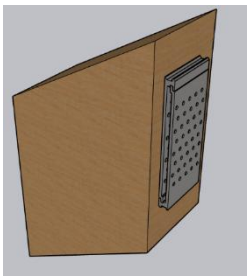
Sambungan			Perbandingan Metoda Pemasanagan			
			Bahan	Alat	Kemudahan instalasi	Jumlah Pekerja
Pedestal Ke Kolom	Sambungan Konvensional		Baut	Chain Saw, Bor	1. Variasi yang banyak 2. Tidak memiliki waktu pengiriman 3. Untuk pekerja yang baru tidak terlalu rumit dan banyak Langakh 4. memiliki resiko kebengkokan plat tergantung materialnya	2 – 3 orang pekerja
	Sambungan RothoBlaas		Lem sealen , Baut LBA	Chain Saw, Bor	1. Kepresisian sambungan sudah terjamin jadi kemungkinan terjadinya melesetnya sambungan minim 2. sambungan juga memiliki toleransi sehingga bila terjadi sedikit	1-2 orang

					kesalahan dalam pemasangan sambungan tidak menjadi masalah besar 3. ketahanan material sambungan yang tinggi 4. kemudahan dalam pembongkaran	

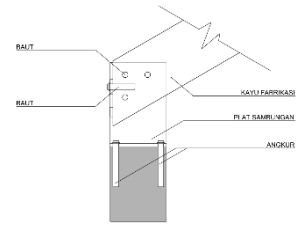
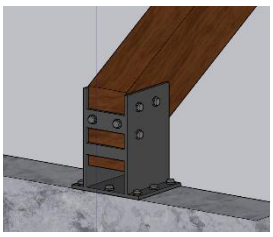
2. Sambungan Balok ke Balok

Sambungan			Perbandingan Metoda Pemasanagan			
			Bahan	Alat	Kemudahan instalasi	Jumlah Pekerja
Balok Ke Balok	Sambungan Konvensional		Baut	Penyiku, Bor	1. Variasi yang banyak 2. Tidak memiliki waktu pengiriman 3. memiliki resiko kebengkokan plat tergantung materialnya	3 – 4 orang pekerja
	Sambungan RothoBlaas		Lem Baut LBA	Palu, Pemahat, Bor	1. Kepresisian sambungan sudah terjamin jadi kemungkinan terjadinya melesetnya sambungan minim 2. sambungan juga memiliki toleransi sehingga bila terjadi sedikit kesalahan dalam pemasangan sambungan tidak menjadi masalah besar 3. ketahanan material sambungan yang tinggi 4. kemudahan dalam pembongkaran	1-2 orang

3. Sambungan Atap

Sambungan			Perbandingan Metoda Pemasanagan			
			Bahan	Alat	Kemudahan instalasi	Jumlah Pekerja
Sambungan Atap	Sambungan Konvensional		Murr & baut / paku	Palu, Pahat, Bor	1. Variasi yang banyak 2. Tidak memiliki waktu pengiriman 3. memiliki resiko kebengkokan plat tergantung materialnya 4. Untuk pekerja yang baru tidak terlalu rumit dan banyak Langakh	2 – 3 orang pekerja
	Sambungan RothoBlaas	 	Lem, Baut, LBA, Lem Sealen	Palu, Pemahat, Bor, crane	1. Kepresisian sambungan sudah terjamin jadi kemungkinan terjadinya melesetnya sambungan minim 2. sambungan juga memiliki toleransi sehingga bila terjadi sedikit kesalahan dalam pemasangan sambungan tidak menjadi masalah besar 3. ketahanan material sambungan yang tinggi 4. kemudahan dalam pembongkaran	3-4 orang

4. Sambungan Kuda-Kuda ke Balok

Sambungan			Perbandingan Metoda Pemasanagan			
			Bahan	Alat	Kemudahan instalasi	Jumlah Pekerja
Sambungan Kuda kuda ke balok	Sambungan Konvensional	  	Murr & baut	Palu, Pahat, Bor, Crane, las	1. Variasi yang banyak 2. Tidak memiliki waktu pengiriman 3. memiliki resiko kebengkokan plat tergantung materialnya	3-4 orang pekerja
	Sambungan RothoBlaas		Baut, LBA,	Pemahat, Bor, Obeng	1. Kepresisian sambungan sudah terjamin jadi kemungkinan terjadinya melesetnya sambungan minim 2. sambungan juga memiliki toleransi sehingga bila terjadi sedikit kesalahan dalam pemasangan sambungan tidak menjadi masalah besar 3. ketahanan material sambungan yang tinggi 4. kemudahan dalam pembongkaran	1-2 orang

4 KESIMPULAN

- Bahan & alat

Dari segi alat dan bahan yang digunakan untuk pemasangan dari masing masing sambungan meiliki perbedaan pada beberapa bahan, terutama pada sambungan berstandar yang mempunyai bahan khusus yang harus digunakan seperti baut yang juag memiliki standar tersendiri dan terkadang perlu menggunakan lem sealen.

- pekerja

Untuk Jumlah pekerja masing masing sambungan terlihat sangat berbeda, Dimana pada sambungan berstandar bisa laksanakan dengan jumlah orang yang lebih sedikit namun pekerja memerlukan pelatihan untuk pemasangan sambugan sedangkan untuk sambungan konvensional jumlah pekerja sedikit lebih banyak namun tidak memerlukan pelatihan tertentu namun pemasangan ini bergantung pada pengalaman pekerja dan juga pengawasan yang teliti agar tidak terjadi miss dalam pemasangannya

- Instalasi

Pada bagian instalasi atau sambungan perbedaan dapat dilihat dari sisi toleransi kelonggaran pemasangan sambungan, ketahanan sambungan, pembongkaran minor ketika terjadi kesalahan atau pembongkaran bangunan secara menyeluruh. Untuk sambungan berstandar sangat mudah untuk pemasangan dikarenakan pada desain sambungan sudah diperkirakan toleransi untuk sambunga, kekuatan sambungan yang baik karena menggunakan material yang sudah diperhitungkan dan desain sambungan sudah dirancang untuk mudah dibuka atau dibongkar, sedangkan untuk sambungan konvensional dari segi toleransi kelonggaran sambungan tidak terlalu menjadi perhatian jadi memerlukan beberapa penyesuaian lagi saat dipasang, pada kekuatan sambungan sangat berpengaruh dari material yang digunakan dan untuk kemudahan pembongkaran tidak semua sambungan mudah dibongkar atau dibuka, hal ini akan cukup menyulitkan pekerja jika terjadi kesalahan pada saat pemasangan.

DAFTAR PUSTAKA

[1] R. Mirski, M. Kuliński, J. Kawalerczyk, J. Walkiewicz, and R. Czarnecki, “The Effect of Storage Conditions on the Strength Characteristic of Glulam Beams,” *Forests*, vol. 14, no. 5, 2023, doi: 10.3390/f14050897.

[2] R. H. Falk and F. Colling, “Laminating Effects in Glued-Laminated Timber Beams,” *J. Struct. Eng.*, vol. 121, no. 12, pp. 1857–1863, 1995, doi: 10.1061/(asce)0733-9445(1995)121:12(1857).

[3] H. A. Al-Tameemi, H. A. A. Al-Katib, and H. H. Alkhudery, “Experimental investigation on strengthening lap joints subjected to bending in glulam timber beams using CFRP sheets,” *Open Eng.*, vol. 14, no. 1, 2024, doi: 10.1515/eng-2022-0494.

[4] M. Kitek Kuzman, L. Oblak, and S. Vratuša, “Glued Laminated Timber in Architecture Lamelirano lijepljeno drvo u arhitekturi,” *Drv. Ind.*, vol. 61, no. 3, pp. 197–204, 2010, [Online]. Available: www.cwc.ca

[5] Moody Russell C., R. Hernandez, and J. Y. Liu, “Glued Structural Members,” *Wood Handb. - Wood as an Eng. Mater.*, pp. 11-1-11.24, 2000.

[6] H. H. Alkhudery, H. A. Al-Tameemi, and H. A. A. Al-Katib, “Experimental and theoretical investigation of the structural behavior of reinforced glulam wooden members by NSM steel bars and shear reinforcement CFRP sheet,” *Open Eng.*, vol. 13, no. 1, pp. 1–13, 2023, doi: 10.1515/eng-2022-0481.

[7] A. Yahmi, M. Nouri, M. Tahlaiti, A. Khelidj, C. Raffin, and N. Place, “Mind-Mapping Assessment of Reuse Potential of Glulam: An Experimental Study,” *Buildings*, vol. 13, no. 12, 2023, doi: 10.3390/buildings13122929.

[8] L. Tupenaite, L. Kanapeckiene, J. Naimaviciene, A. Kaklauskas, and T. Gecys, “Timber

Construction as a Solution to Climate Change: A Systematic Literature Review," *Buildings*, vol. 13, no. 4, 2023, doi: 10.3390/buildings13040976.

[9] J. Cao, H. Xiong, and Y. Liu, "Experimental study and analytical model of bolted connections under monotonic loading," *Constr. Build. Mater.*, vol. 270, no. xxxx, p. 121380, 2021, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2020.121380.

[10] I. R. Suyanto, "Perilaku Cross-Laminated Timber (CLT) Sebagai Material Utama Bangunan Tingkat Menengah Tahan Gempa di Indonesia," *Rekayasa Sipil*, vol. 14, no. 3, pp. 204–210, 2020, doi: 10.21776/ub.rekayasasipil.2020.014.03.6.

[11] M. He, Y. Wang, Z. Li, L. Zhou, Y. Tong, and X. Sun, "An Experimental and Analytical Study on the Bending Performance of CFRP-Reinforced Glulam Beams," *Front. Mater.*, vol. 8, no. January, pp. 1–14, 2022, doi: 10.3389/fmats.2021.802249.

[12] Y. A. Pranata, B. Suryoatmono, R. Hassan, O. C. Pattipawaej, and Z. Ahmad, "Structural Behavior of Beam-to-Column Glued Laminated Timber Connection Using Double Steel Plates," *Bioresour.* , vol. 20, no. 4, pp. 8551–8565, 2025, doi: 10.15376/biores.20.4.8551-8565.

[13] M. Wieruszewski, "Cross Laminated Timber (CLT) as an Alternative Form of Construction Wood," vol. 68, no. 4, pp. 359–367, 2017, doi: 10.5552/drind.2017.1728.