

KUAT TARIK SAMBUNGAN BAMBU PADA BERBAGAI VARIASI UKURAN KLEM BERBAHAN LIMBAH PLASTIK PET DAN SERBUK BAMBU

Tensile Strength of Bamboo Joints in Various Sizes of Clamps Made from PET Plastic Waste and Bamboo Powder

I Wayan Sugiarta*, Aryani Rofaida*, Shofia Rawiana*, Akmaluddin*, Buan Anshari*
*Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Mataram, Jl Majapahit 62 Mataram
Email : sugiarta69@unram.ac.id, aryanirofaida@unram.ac.id, sshofiarawiana@yahoo.co.id,
akmaluddin@unram.ac.id, buan.anshari@unram.ac.id

Manuscript received: 15 Februari 2023

Accepted: 17 Maret 2023

Abstrak

Sistem penyambungan bambu dengan mempergunakan klem kayu telah dikembangkan. Namun demikian, perlu penelitian lebih lanjut dengan mempergunakan klem berbahan plastik yang dicampur serbuk bambu yang memiliki sifat ringan, kekuatan tinggi dan biaya lebih murah dengan tetap menjaga kealamian bentuk bambu yang disambung. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui kuat tarik dan pola kegagalan sambungan bambu pada berbagai variasi ukuran klem berbahan plastik dan serbuk bambu. Dalam penelitian ini dibuat empat variasi benda uji yaitu sambungan tanpa klem, klem 90°, klem 100°, dan klem 110° dan masing-masing variasi dibuat 3 benda uji. Pengujian tarik benda uji dilakukan dengan bantuan loading frame dan hydraulic jack. Pembebanan dilakukan secara bertahap setiap kenaikan 10 lbs sampai benda uji mengalami kegagalan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sambungan bambu dengan ukuran klem 100 menghasilkan kuat tarik tertinggi yaitu berkisar sebesar 11 MPa. Kinerja sambungan dengan klem meningkat sebesar 26.63 % dibandingkan sambungan tanpa klem. Kegagalan sambungan ditandai dengan bengkoknya baut dan pecahnya bambu disekitar lubang.

Kata kunci : Kuat tarik, Sambungan bambu, Klem, Plastik PET.

PENDAHULUAN

Mempunyai sifat mekanik yang bagus disertai dengan jumlahnya yang melimpah dan harganya yang relatif murah menjadikan bambu sebagai material bangunan yang sangat menjanjikan. Namun yang harus diperhatikan adalah sistem sambungan pada bambu untuk menjaga agar tidak terjadi kegagalan pada struktur bangunan. Sambungan merupakan bagian yang sangat penting dalam suatu sistem struktur. Bentuk sambungan dan alat sambung yang digunakan sangat berpengaruh pada kekuatan sambungan bambu. Untuk meningkatkan kekuatan pada sambungan, maka terjadinya retak pada bambu harus diminimalisir sehingga perlu dilakukan perkuatan. Salah satu perkuatan yang dapat dilakukan adalah menambahkan pelat dan klem pada sambungan bambu. Tekanan pada lubang baut yang terpusat pada satu titik dapat terdistribusi pada batang bambu dengan ditempatkannya klem diantara plat buhul dan bambu.

Masdar, dkk (2015) telah mengembangkan sistem sambungan tanpa bahan pengisi dengan menggunakan pelat buhul kayu dan klem kayu untuk meningkatkan kekuatan pada sambungan bambu. Namun, seiring perkembangan zaman kebutuhan akan kayu semakin meningkat tetapi tidak diimbangi dengan kualitas dan kuantitas kayu itu sendiri. Semakin langkanya pohon terutama pohon dengan kualitas yang baik menyebabkan harga kayu menjadi relatif lebih mahal. Untuk itu, diperlukan alternatif lain sebagai pengganti kayu.

Papan partikel dapat menjadi salah satu alternatif pengganti kayu. Selain menggunakan partikel kayu, papan partikel juga dapat dibuat dengan serat alam lainnya seperti serat bambu. Pemanfaatan serat bambu sebagai bahan baku alternatif dapat mengurangi limbah bambu sisa pemotongan dan mengurangi penggunaan kayu secara signifikan. Papan partikel pada penelitian ini juga menggunakan plastik polietilena sebagai lem perekatnya. Penggunaan papan partikel sebagai pengganti klem kayu dapat menjadi salah satu contoh pemanfaatan limbah dalam bidang ketekniksipilan (Rofaida, 2021).

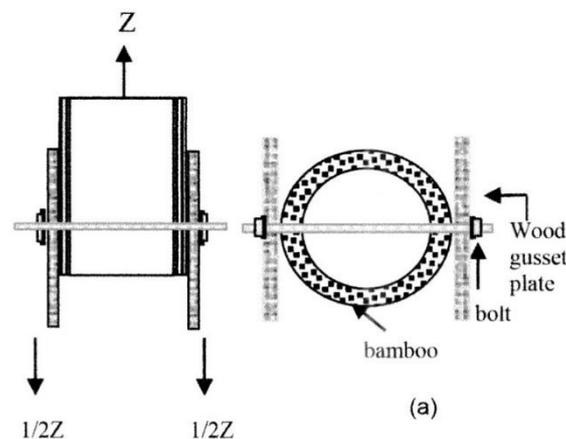
TINJAUAN PUSTAKA

Perilaku elastis struktur sangat tergantung pada jenis bahan yang digunakan dan sambungan yang digunakan. Sifat material secara signifikan mempengaruhi karakteristik elastis dari sistem sambungan, dan karena itu perilaku strukturalnya. Sambungan bambu yang merupakan sistem penyambungan antar batang bambu memiliki karakteristik elastisitas yang berbeda-beda tergantung bahan penyusunnya dan cara penyambungan yang digunakan (Masdar, 2019)

Sistem penyambungan bambu yang memiliki sifat ringan tetapi kekuatan lebih tinggi dan biaya lebih murah dengan tetap menjaga bentuk bambu yang disambung tetap alami telah dikembangkan oleh Masdar, dkk (2015). Sistem penyambungan yang diusulkan terdiri dari baut, pelat buhul kayu dan klem kayu khusus yang telah disesuaikan dengan bentuk dan dimensi bambu yang disambung. Klem kayu ditempatkan diantara bambu dan pelat buhul kayu dan dikencangkan dengan baut. Hasil penelitian menunjukkan peningkatan kekuatan sambungan sekitar 40% sistem sambungan pelat buhul kayu menggunakan klem kayu dibandingkan sistem sambungan tanpa menggunakan klem kayu.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Masdar (2015), digunakan klem dengan 3 variasi ukuran sudut cincin, yaitu 60° , 90° dan 120° . Secara teori semakin besar sudut yang digunakan maka akan semakin baik. Namun, dari penelitian tersebut didapatkan bahwa klem dengan sudut cincin 90° adalah yang paling optimal, hal ini terjadi karena penampang bambu tidak berbentuk lingkaran sempurna sehingga area kontak antara bambu dan klem tidak selalu optimal.

Kekuatan sambungan ditentukan oleh komponen sistem sambungan bambu tersebut seperti terlihat pada Gambar 1 berikut (Morisco, 1999). Metode analisis kekuatan sambungan yang mempertimbangkan mode kegagalan dapat dilihat pada Persamaan 1 sampai dengan Persamaan 4 berikut.



Gambar 1. Komponen sistem sambungan yang menentukan kekuatan sambungan.

Kegagalan Mode I terjadi bila kekuatan dukung yang terjadi berlebihan antara baut dan bambu. Dalam hal ini kekuatan sambungan dapat diperoleh dari Persamaan (1):

$$Z_1 = 2t_m \cdot f_{em} \cdot D \quad \dots\dots\dots (1)$$

dimana, t_m adalah tebal batang utama (bambu); f_{em} adalah kekuatan dukung sejajar serat (bambu), dan D adalah diameter baut.

Kegagalan Mode II terjadi bila kekuatan dukung yang terjadi berlebihan antara baut dan pelat buhul. Kekuatan sambungan dapat diperoleh dari Persamaan (2):

$$Z_2 = 2t_s \cdot f_{es} \cdot D \quad \dots\dots\dots (2)$$

di mana, t_s adalah ketebalan bagian samping (pelat buhul kayu); f_{es} adalah kekuatan dukung sejajar serat pelat buhul kayu, dan D adalah diameter baut.

Kegagalan Mode III terjadi ketika tegangan lentur pada baut melebihi batas elastis. Dalam hal ini kekuatan sambungan dapat diperoleh dari Persamaan (3):

$$Z_3 = \frac{2t_m \cdot f_{em} \cdot D}{R_t(2 + R_e)} \left[\sqrt{\frac{2(1 + R_e)}{R_e} + \frac{2f_y(2 + R_e)R_e^2}{3F_{em}(t_m/D)^2} - 1} \right] \quad \dots\dots\dots (3)$$

Kegagalan tipe IV disebabkan oleh kekuatan geser baut yang terlampaui, sehingga terjadi 2 bidang geser pada baut. Kegagalan sambungan jenis ini dapat diperoleh dengan Persamaan (4):

$$Z_4 = 2 \left(\frac{1}{4} \pi D^2 \right) f_y \quad \dots\dots\dots (4)$$

dengan, $R_e = f_{em} / f_{es}$; $R_t = t_m / t_s$; dan f_y = kuat leleh baut.

METODE PENELITIAN

Bahan dan Peralatan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah bambu Galah, Plastik Polyethlyne Terphalate (PET), NaOH padat, Xylene.

Peralatan yang digunakan untuk membuat klem adalah wajan, kompor, baskom tahan panas, sikat besi, timbangan digital, oven, parang, belender, ayakan, alat pencetak klem, table saw, bor. Sedangkan Peralatan yang digunakan pada proses pengujian adalah loading frame, loadcell, transducer indicator, dial gauge, dan hidroulik jack.

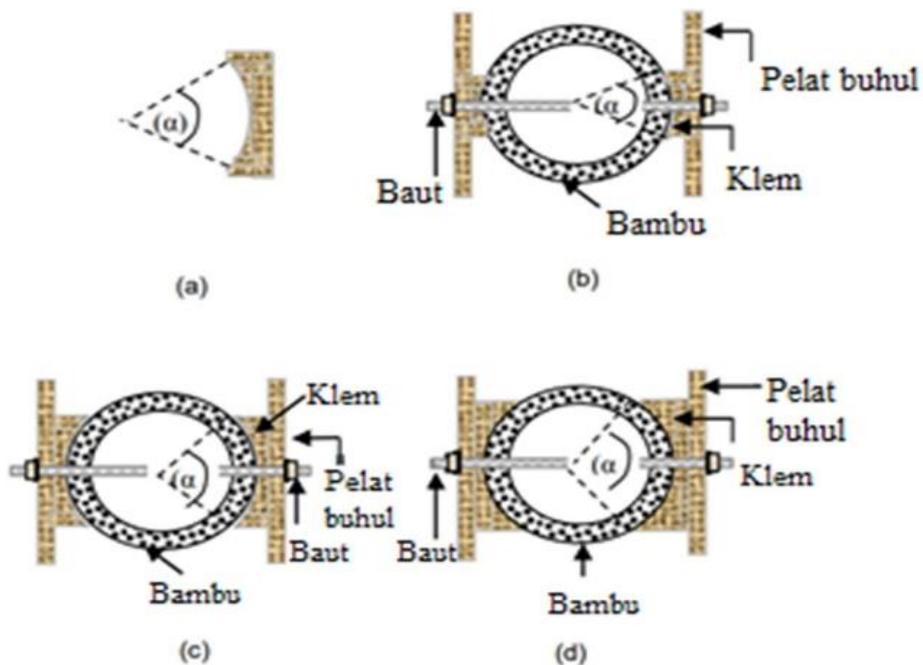
Pembuatan Benda Uji

Benda uji sambungan bambu yang digunakan dalam penelitian ini terbuat dari bambu galah berdiameter ±80 mm yang disambungkan menggunakan baut berdiameter 12.2 mm, pelat buhul kayu dan klem untuk meminimalisir pecah pada saat pengujian. Klem yang digunakan adalah klem yang terbuat dari papan partikel berbahan serat bambu dan plastik PET daur ulang yang akan dicetak dengan ukuran tertentu. Adapun bentuk benda uji seperti terlihat pada Gambar 2 berikut.



Gambar 2. Benda uji sambungan bambu

Dalam penelitian ini dibuat 3 variasi ukuran klem berdasarkan ukuran sudut cincin, yaitu $\alpha=90^\circ$, $\alpha=100^\circ$ dan $\alpha=110^\circ$ seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3 berikut.



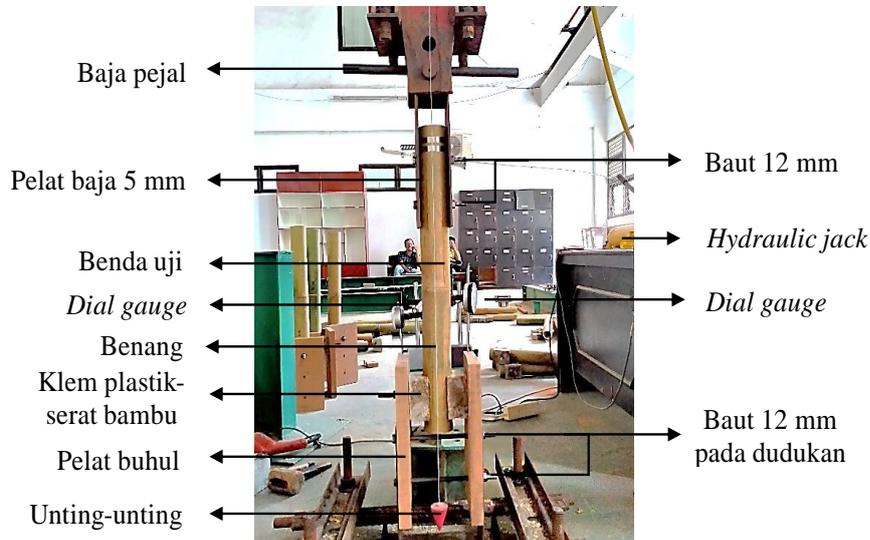
Gambar 3. (a) Variasi sudut cincin (α) klem; (b) Sudut klem 90° ; (c) Sudut klem 100° ; (d) Sudut klem 110° . Adapun variasi dan jumlah masing-masing benda uji dapat dilihat pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Jenis dan jumlah benda uji

No	Jenis benda uji	Variasi	Jumlah
1	Sambungan tanpa klem	-	3
2	Sambungan dengan variasi ukuran klem	90°	3
		100°	3
		110°	3
Total			12

Setting-up Pengujian

Setelah selesai pembuatan benda uji dilanjutkan dengan melakukan pengujian. Adapun bentuk *setting-up* pengujian seperti terlihat pada Gambar 4 berikut.



Gambar 4. *Setting-up* pengujian benda uji sambungan bambu.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian Pendahuluan

Pengujian pendahuluan yang dilakukan terhadap bambu Galah yaitu pengujian sifat fisik dan mekanik, sedangkan untuk baut hanya pengujian sifat mekanik berupa uji kuat tarik. Adapun hasil pengujian sifat fisik dan mekanik bambu Galah dapat dilihat pada Tabel 2 sedangkan pengujian kuat tarik baut dapat dilihat pada Tabel 3 berikut.

Tabel 2. Hasil penelitian sifat fisik dan mekanik bambu Galah.

Bagian	Kadar Air (%)		Berat Jenis	Kuat Tarik (MPa)		Kuat Geser (MPa)	
	Bambu Segar	Kering Udara		Tanpa Nodia	Dengan Nodia	Tanpa Nodia	Dengan Nodia
Pangkal	72.97	20.86	0.48	84.60	27.56	4.33	5.16
Tengah	46.84	15.82	0.62	110.13	62.17	4.83	5.30
Ujung	44.73	14.18	0.88	181.73	69.80	4.97	6.87
Rerata	54.85	16.95	0.66	125.49	53.18	4.71	5.78

Tabel 3. Hasil pengujian kuat tarik baut

Kode Benda Uji	Tegangan Leleh (f_y) (MPa)	Tegangan Putus (f_u) (MPa)	Regangan Max (%)
Baut 12_1	537	541	12.5
Baut 12_2	528	536	13.3
Baut 12_3	511	513	13.8
Rata-rata	525.3	530.0	13.2

Pada Tabel 2 di atas terlihat bahwa bambu Galah yang dipakai memiliki berat jenis sebesar 0.66. Hasil ini menunjukkan bahwa bambu Galah ini merupakan bambu yang dapat dipakai sebagai bahan struktur dimana persyaratan berat jenis bambu untuk struktur harus memiliki berat jenis minimal 0.6

(Morisco, 1999). Hasil pengujian kuat tarik baut seperti terlihat pada Tabel 3 menunjukkan bahwa baut yang digunakan merupakan baut untuk struktur dimana tegangan putus minimalnya sebesar 340 MPa. Tegangan putus yang dihasilkan yaitu berkisar sebesar 530 MPa berarti baut tersebut termasuk baja mutu BJ₅₀ (Badan Standardisasi Nasional, 2002).

Pengujian Kuat Tarik Sambungan Bambu

Pengujian kuat tarik sambungan dilakukan dengan bantuan *loading frame* dan *hydraulic jack* dengan pemberian beban secara bertahap setiap kenaikan 10 lbs. Adapun hasil pengujian kuat tarik sambungan bambu dapat dilihat pada Tabel 4 berikut.

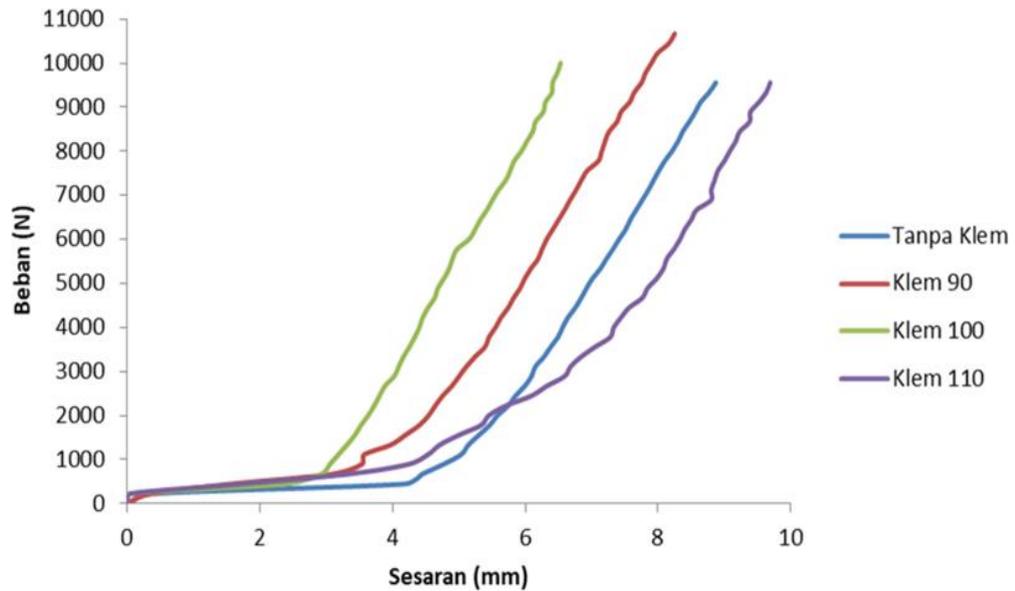
Tabel 4. Hasil pengujian tarik sambungan bambu pada variasi ukuran klem

Variasi Benda Uji	D (mm)	t (mm)	A (mm ²)	P (N)	σ (MPa)	Tegangan rerata	Kenaikan (%)
Tanpa Klem	79,27	8.50	1002.05	8001.36	7.98	8.75	-
	79,76	8.70	1030.96	9112.66	8.84		
	77,80	8.80	1015.02	9557.18	9.42		
Klem 90	78,00	7.50	875.9	10668.48	12.19	10.72	22.53
	79,00	7.70	909.32	9387.81	10.32		
	80,10	7.70	922.63	8890.40	9.64		
Klem 100	79,15	6.30	752.40	7779.10	10.34	11.08	26.63
	78,45	6.80	801.96	8445.88	10.53		
	78,83	6.83	809.42	10001.70	12.36		
Klem 110	78,00	7.50	875.09	9557.18	10.92	10.01	14.40
	80,00	7.20	864.41	8053.05	9.32		
	82,00	7.00	863.50	8445.88	9.78		

Dari hasil pengujian seperti yang terlihat pada Tabel 4 menunjukkan bahwa tegangan maksimum rata-rata sambungan mengalami peningkatan dari sambungan bambu dengan ukuran klem 90° sampai sambungan bambu dengan variasi ukuran klem 100°. Kemudian mengalami penurunan pada sambungan bambu dengan variasi ukuran klem 110°. Kuat tarik tertinggi dihasilkan pada sambungan bambu dengan ukuran klem 100 yaitu berkisar sebesar 11 MPa. Berdasarkan hasil tersebut menunjukkan bahwa semakin besar ukuran klem tidak menentukan semakin besarnya kekuatan tarik sambungan bambu. Hal ini dapat terjadi karena beberapa faktor, antara lain karena bentuk permukaan bambu yang tidak berbentuk bulat sempurna dan sangat sulit menemukan ukuran bambu yang persis sama. Oleh karena itu, klem tidak dapat terpasang dengan sempurna pada permukaan bambu sehingga tegangan yang diberikan tidak dapat terdistribusi secara merata. Selain itu, sulitnya membuat lubang baut yang presisi sehingga komponen benda uji tidak terpasang secara optimal.

Tabel 4 di atas juga menunjukkan bahwa kuat tarik sambungan bambu mengalami peningkatan namun tidak terlalu signifikan yaitu hanya mencapai 26.63% lebih tinggi dari variasi sambungan bambu tanpa klem. Peningkatan kuat tarik ini lebih rendah dari penelitian yang didapat oleh Masdar (2015) yaitu sebesar 40%. Hasil ini kemungkinan disebabkan karena perbedaan bahan yang dipergunakan sebagai klem dimana pada penelitian Masdar (2015) dipergunakan klem dari kayu sedangkan pada penelitian ini klem dibuat dari campuran plastik PET dan serbuk bambu. Klem plastik-serbuk bambu ini karakteristik permukaannya lebih halus dan licin dibandingkan dengan klem kayu sehingga daya cengkeram klem terhadap permukaan bambu menjadi lebih rendah.

Pada Gambar 5 berikut merupakan Grafik hubungan antara beban dengan sesaran yang terjadi pada sambungan bambu pada berbagai variasi ukuran klem.



Gambar 5. Grafik hubungan antara beban dengan sesaran yang terjadi pada sambungan bambu pada berbagai variasi ukuran klem

Pada Gambar 5 di atas terlihat bahwa pada beban 0 sampai 600 N kenaikan beban linier terhadap sesaran pada semua sambungan. Pada saat ini sambungan mengalami sesaran awal yaitu sesaran yang ditimbulkan karena adanya kelonggaran pada lubang baut sebesar 2 mm. Setelah sesaran awal ini, tren hubungan beban dengan sesaran juga terlihat linier namun lebih curam. Kenaikan beban sudah mendapat perlawanan dari sambungan berupa tegangan tumpu dari lubang bambu dan batang baut.

Pola Kegagalan Sambungan

Pola kegagalan sambungan yang terjadi pada penelitian ini hampir seragam untuk keempat variasi sambungan. Kegagalan ditandai dengan rusaknya dinding lubang disertai bengkoknya baut (Gambar 6). Pola kegagalan semacam ini termasuk pola kegagalan tipe I yaitu terjadinya kekuatan dukung yang berlebihan pada lubang dan batang baut.



Gambar 6. Pola kegagalan pada sambungan bambu

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Hasil pengujian menunjukkan bahwa semakin besar ukuran klem tidak menentukan semakin besarnya kekuatan tarik sambungan bambu. Kuat tarik tertinggi dihasilkan pada sambungan bambu dengan ukuran klem 100 yaitu berkisar sebesar 11 MPa. Kuat tarik sambungan bambu mengalami peningkatan sebesar 26.63% lebih tinggi dari sambungan bambu tanpa klem. Pola kegagalan sambungan termasuk pola kegagalan tipe I yang ditandai dengan rusaknya dinding lubang disertai bengkoknya batang baut.

Saran

Perlu dilakukan pengkajian lebih lanjut tentang kuat tarik atau kuat tekan sambungan bambu pada berbagai variasi sudut gaya.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standardisasi Nasional. (2002). SNI 03-1729-2002 “Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Gedung”. Departemen Pekerjaan Umum.
- Masdar, A., Suhendro, B., Siswosukarto, S., Sulisty, D. (2015). *The Study of Wooden Clamps for Strengthening of Connection on Bamboo Truss Structure*. Jurnal Teknologi (Sciences & Engineering) 72(5) : 97–103.
- Masdar, A., Suhendro, B., Siswosukarto, S., Sulisty, D. (2017). *Influence of bolt Tightening’s Force to The Strength of Connection system of Bamboo Truss Structure With Wooden Clamp*. Procedia Engineering. 171(2017) : 1370– 376.
- Masdar, A., Noviarti, Suhendro, B., Siswosukarto, S., Sulisty, J. (2019). *Elastic Behavior of Connection System with the Addition of Wooden Clamp on Bamboo Truss Structure*. International Journal of Recent Technology and Engineering (IJRTE) ISSN: 2277-3878, 7(6S5) : 999-1004.
- Morisco, 1999, *Rekayasa Bambu*, Nafiri Offset, Yogyakarta.
- Septiari, I.A.P.W., Karyasa, I.W., dan Ngadiran Kartowarsono, 2014, *Pembuatan Papan Partikel dari Limbah Plastik Polypropylene (PP) dan Tangkai Bambu*, Jurnal Jurusan Pendidikan Kimia, Univesitas Pendidikan Ganesha, Singaraja.
- Rofaida, A., Pratama, R.M., Sugiarta, I.W., Widianty, D. (2021). *Sifat Fisik Dan Mekanik Papan Partikel Akibat Penambahan Filler Serat Bambu*. Spektrum Sipil, ISSN 1858-4896, e-ISSN 2581-2505 1. 8(1) : 1–11.
- Sugiarta, I.W., dan Rofaida, A. (2018). *Kuat Tarik Sambungan Bambu Celah Berpengisi dengan Alat Sambung Baut pada Berbagai Variasi Jarak Ujung*. Jurnal Sains Terapan. 4(1) : 17-22.