

**PENGARUH VARIASI JARAK UJUNG TERHADAP KUAT TARIK
SAMBUNGAN BAMBU YANG DIPERKUAT KLEM PLASTIK
SERAT DENGAN ALAT SAMBUNG BAUT**

*The Influence of End Distance Variation on the Tensile Strength of
Bamboo Joints Reinforced with Plastic Fiber Clamps Using Bolted
Connection Tool*

Artikel Ilmiah

Untuk memenuhi sebagai persyaratan
mencapai derajat Sarjana S-1 Jurusan Teknik Sipil



Oleh:

**Ida Made Dwi Payana
F1A 019 069**

**JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MATARAM
2023**

Artikel Ilmiah

**PENGARUH VARIASI JARAK UJUNG TERHADAP KUAT TARIK
SAMBUNGAN BAMBU YANG DIPERKUAT KLEM PLASTIK
SERAT DENGAN ALAT SAMBUNG BAUT**

Telah diperiksa dan disetujui oleh Tim Pembimbing:

1. Pembimbing Utama



I Wayan Sugiarta, ST., MT.
NIP: 19690620 199702 1 001

Tanggal: Agustus 2023

2. Pembimbing Pendamping



Pathurahman, ST., MT.
NIP: 196612311994031018

Tanggal: Agustus 2023

Mengetahui
Ketua Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik
Universitas Mataram



Harjady, ST., MSc(Eng)., Dr.Eng.
NIP: 19711027 199802 1 001

PENGARUH VARIASI JARAK UJUNG TERHADAP KUAT TARIK SAMBUNGAN BAMBU YANG DIPERKUAT KLEM PLASTIK SERAT DENGAN ALAT SAMBUNG BAUT

Ida Made Dwi Payana, I Wayan Sugiarta, ST., MT, Pathurahman, ST., MT.

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Mataram

Jalan Majapahit No. 62, Kota Mataram, NTB

Abstrak

Kuat geser dari sambungan bambu adalah yang paling rendah dari yang lainnya seperti kuat tekan dan kuat tarik. Ketika baut digunakan sebagai alat sambung pada sambungan bambu, kuat geser biasanya digunakan sebagai kriteria penting dalam menentukan kekuatan sambungan. Cara yang bisa digunakan antaranya seperti penggunaan klem plastik serat serta mengatur jarak ujung sambungan. Kegagalan geser bisa terjadi jika baut dipasang terlalu dekat dengan ujung bambu. Untuk itu dipelukan kajian lebih lanjut untuk mengetahui jarak ujung yang optimal. Sambungan terdiri dari beberapa bahan seperti bambu galah, klem plastik serat, papan buhul dari kayu keruing dan alat sambung baut. Variasi benda uji yang digunakan berjumlah 5 variasi yaitu dengan jarak ujung 6D, 6.5D, 7D, 7.5D dan 8D dengan D adalah diameter baut. Benda uji sambungan di uji menggunakan *loading frame* dan diberi beban secara bertahap menggunakan *hydraulic jack* sampai terjadi kegagalan. Dari pengujian didapatkan hasil kuat tarik dari masing masing benda uji dengan jarak ujung 6D, 6.5D, 7D, 7.5D dan 8D yang semakin meningkat dengan nilai berturut-turut sebesar 9.19%, 28.41%, 38.07% dan 40.77%. Kuat tarik pada sambungan mengalami peningkatan seiring bertambah besarnya jarak ujung yang diberikan dengan pola kegagalan yang terjadi berupa geser dan pecah pada bambu serta baut yang bengkok.

Kata kunci: bambu galah, jarak ujung, kegagalan sambungan, klem, kuat tarik.

Abstract

The shear strength of bamboo joints is the lowest among the others, such as compressive strength and tensile strength. When bolts are used as connecting tools in bamboo joints, shear strength is usually a crucial criterion in determining the joint's strength. Some methods that can be used include using plastic fiber clamps and adjusting the distance between joint ends. Shear failure can occur if the bolt is installed too close to the end of the bamboo. Therefore, further study is needed to determine the optimal end distance. The joint consists of several materials such as bamboo culms, fiber plastic clamps, keruing wood splints, and bolt connecting tools. The variations of test specimens used are 5 variations with end distances of 6D, 6.5D, 7D, 7.5D, and 8D, where D is the bolt diameter. The joint test specimens are tested using a loading frame and gradually loaded using a hydraulic jack until failure occurs. From the testing, the

tensile strength results of each test specimen with end distances of 6D, 6.5D, 7D, 7.5D, and 8D are obtained, which increase progressively with values of 9.19%, 28.41%, 38.07%, and 40.77%, respectively. The tensile strength of the joint increases as the end distance provided increases, with failure patterns occurring in the form of shear and rupture in bamboo as well as bending bolts.

Keyword: bamboo galah, clamp, distance between joint ends, joint failure, tensile strength.

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Penggunaan bambu sebagai bahan struktur memiliki kendala dalam masalah sambungannya. Masalah tersebut seperti sistem sambungannya yang masih menggunakan sistem konvensional dan kurang efektif. Contohnya seperti penggunaan tali ijuk dan tali rotan sebagai media penyambungannya, tali akan mengendur pada saat bambu mengalami penyusutan serta sulit diketahui kekuatan sambungannya dan sulit dirumuskan. Diusulkan sambungan yang dapat menjadi alternatif yaitu dengan menggunakan pelat buhul, klem plastik serat serta alat sambung baut. Selain harganya yang tidak terlalu mahal, klem plastik juga mudah dibentuk serta memiliki bobot yang ringan sehingga tidak banyak mempengaruhi kestabilan struktur.

Dalam penelitian ini digunakan pendekatan dari sambungan kayu karena mempunyai kemiripan dari segi karakteristik dengan bambu. Frick (1981) dalam bukunya ditemukan penggunaan baut untuk sambungan kayu dengan sudut 0° dengan baut biasa adalah sebesar 7D yang mana harus sama dengan 10 mm atau lebih, dengan D adalah diameter baut. Dalam SNI 7973:2013 juga ditemukan bahwa jarak

ujung minimum sambungan kayu adalah 7 kali diameter baut yang digunakan. Karena bambu memiliki karakteristik yang agak berbeda dari kayu maka perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui apakah jarak ujung pada sambungan kayu jika diterapkan pada sambungan bambu mendapatkan kekuatan yang optimal, oleh karena itu penelitian ini perlu dilakukan. Dari teori-teori tersebut diperkirakan bahwa jarak baut ke ujung sambungan bambu tidak jauh dari 7D maka diambil selisih 0,5 untuk 5 variasi jarak.

1.2 Rumusan Masalah

Dari penelitian yang akan dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan yang mendasari penelitian ini diantaranya :

1. Bagaimana pengaruh variasi jarak antar baut ke ujung sambungan bambu dengan klem plastik serat dan pelat buhul kayu serta alat sambung baut?
2. Bagaimana pola kegagalan yang terjadi pada sambungan bambu dengan variasi jarak antara baut ke ujung sambungan bambu?

1.3 Batasan Masalah

1. Pengujian dilakukan dengan jenis jangka pendek yaitu hasil penelitian ini berlaku hanya untuk ketentuan-

ketentuan yang ada dalam penelitian ini, tidak menutup kemungkinan hasil diluar penelitian ini agak berbeda jika dipengaruhi oleh faktor penyebab seperti usia bambu, penyusutan bambu, baut yang mengalami kekendoran dan lain sebagainya.

2. Bahan bambu yang digunakan memiliki jenis bambu gunung yang didapatkan dari daerah Kecamatan Gunungsari, Kabupaten Lombok Barat.
3. Gaya pengencangan yang digunakan adalah sebesar 9N yang mana sudah dilakukan penelitian sebelumnya dengan hasil kekuatan yang paling optimal didapatkan dengan gaya pengencangan 9N yang mana klem masih bisa menahan gayanya dan tidak mengalami keretakan.
4. Bahan yang digunakan adalah bambu dengan jenis bambu galah dengan nama latin *Gigantochloa atter* dengan umur bervariasi antara 3-5 tahun.
5. Diameter dari bambu yang dipakai kurang lebih 80 mm.
6. Baut yang digunakan berdiameter 12 mm.
7. Variasi jarak baut ke ujung sambungan bambu adalah 6D; 6.5D; 7D; 7.5D dan 8D dengan D adalah diameter baut.
8. Digunakan klem dari plastik serat dengan plastik PET sebagai alat perekatnya dan serat bambu sebagai pengisinya.
9. Pelat buhul dari kayu keruing dengan ketebalan 3 cm.
10. Hanya menguji kuat tarik sambungan bambu.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mengetahui pengaruh variasi jarak baut ke ujung sambungan bambu dengan klem plastik serat dan pelat buhul kayu serta alat sambung baut.
2. Mengetahui pola kegagalan yang terjadi pada sambungan bambu dengan variasi jarak antara baut ke ujung sambungan bambu.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang didapatkan dari penelitian ini diantaranya adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui cara mengoptimalkan kekuatan sambungan bambu dengan cara mencari jarak optimal dari baut ke ujung sambungan bambu.
2. Memberikan jenis material pengganti dari kayu yang sudah sangat sering digunakan dalam bidang konstruksi.
3. Menjadi referensi untuk penelitian-penelitian selanjutnya yang berhubungan dengan sambungan bambu.
4. Membantu mengurangi limbah plastik PET yang selama ini menjadi masalah lingkungan yang serius untuk bahan struktur dengan pembuatan klem plastik komposit.
5. Mengetahui jarak yang harus dipertimbangkan untuk mendapatkan hasil kekuatan sambungan yang lebih optimal.

2. TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Penelitian tentang jarak ujung pada sambungan bambu sudah pernah dilakukan baik dari dalam negeri

ataupun luar negeri. Contohnya adalah pada penelitian Masdar, dkk (2014) melakukan penelitian tentang jarak antara baut dan ujung sambungan bambu dengan klem kayu, dengan jarak bervariasi yaitu 3D, 5D dan 6D. Pengujiannya dilakukan dengan cara sambungan bambu diberi beban tekan dan tarik, sehingga didapatkan kesimpulan bahwa kekuatan sambungan mejadi lebih besar seiring penambahan jaraknya serta, pada jarak 4-5 kali diameter bambu merupakan jarak optimalnya. Hal tersebut dikarenakan kegagalan geser dan kegagalan bantalan terjadi di waktu yang hampir bersamaan pada jarak tersebut.

Peneliti yang sama juga melakukan penelitian pada tahun 2015 untuk mengetahui apakah penambahan klem kayu dapat meningkatkan kekuatan sambungan pada penggunaan pelat buhul dan alat sambung baut. Penelitian tersebut dilakukan dengan membandingkan kekuatan sambungan bambu menggunakan pelat buhul dan alat sambung baut dengan pelat buhul menggunakan klem kayu serta alat sambung baut, variasi sudut yang bervariasi antara 30o, 60o dan 90o. Benda uji diuji tekan dan tarik menggunakan alat universal testing machine (UTM) lalu didapatkan hasil bahwa terjadi peningkatan kekuatan sebesar 40% dari sambungan tanpa klem kayu.

Sugiartha, dkk (2018) melakukan penelitian tentang pengaruh jarak ujung alat sambung terhadap kuat tarik sambungan bambu celah berpengisi. Digunakan beberapa jarak ujung alat sambung diantaranya yaitu 50 mm, 60 mm, 70 mm, 80 mm dan 90 mm.

dilakukan pengujian dengan bantuan alat load frame dengan dilakukan pembebanan bertahap dengan hydraulic jack sampai kegagalan tercapai. Dari hasil pengujian didapatkan hasil kuat tarik maksimum pada jarak 50 mm, 60 mm, 70 mm, 80 mm dan 90 mm berturut-turut sebesar 1997.35 Kg, 2124.36 Kg, 2336.04 Kg, 2381.4 Kg dan 2411.64 Kg. Persentase kenaikannya berturut turut sebesar 6%, 17%, 19% dan 21%. Dari hasil tersebut bisa disimpulkan bahwa penambahan jarak ujung alat sambung berbanding lurus dengan kuat tarik maksimumnya.

Dalam penelitian yang dilakukan Arrohmatin (2022), mengenai pengaruh kekencangan baut terhadap kuat tarik sambungan bambu yang diperkuat dengan klem dari limbah plastik dan serat bambu serta alat sambung baut. Digunakan variasi gaya pengencangan dengan menggunakan torsimeter 7 N, 8 N dan 9 N didapatkan hasil kuat tarik berturut-turut sebesar 9.74 Mpa, 11.61 Mpa dan 12.39 Mpa serta tanpa menggunakan alat torsimeter meghasilkan kuat tarik sebesar 10.99 Mpa maka dapat disimpulkan dari hasil tersebut setara dengan gaya pengencangan 8 N. Berdasarkan penelitian yang dilakukan, dapat disimpulkan bahwa nilai kuat tarik optimum terjadi pada sambungan dengan gaya pengencangan 9 N.

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Bambu

Bambu yang digunakan dalam penelitian ini adalah bambu galah dicirikan dengan buluhnya berwarna hijau tua, gundul atau dengan buluh coklat tersebar dengan bagian bawah

bukunya sering bergaris putih melingkar (Sukaryana, 2019). Menurut Eskak (2016) bambu galah memiliki batang berwarna hijau sampai hijau gelap dengan diameter 5-10 cm. Panjang masing-masing ruasnya antara 40-50 cm dan tingginya mencapai 22 m. Pelepah batangnya mudah gugur. Ruas-ruas bambu ini tampak rata dan juga jika dilihat pada batangnya yang masih muda tampak pelepah batang yang melekat berwarna hijau kekuningan dengan bulu-bulu hitam, kuping pelepah bulu kecil, dengan panjang pelepah 21-36 cm dan bentuknya hampir segitiga dengan ujung runcing. Jenis bambu ini sering dijumpai pada dataran rendah hingga ketinggian 750 mdpl. Lestari, dkk (2020) dalam penelitiannya terhadap sifat fisika bambu galah didapatkan hasil bahwa kadar air segar sebesar 176.21%, kadar air kering udara sebesar 14.43%, berat jenis segar sebesar 0.40, berat jenis kering udara sebesar 0.54 dan berat jenis kering tanur sebesar 0.51.

2.2.2 Sambungan Baut

Baut yang digunakan dalam penelitian ini berdiameter 12 mm dengan panjang 250 mm. Frick (1981) dalam tabel daftar beban yang diperkenankan per baut untuk kayu dengan berat jenis rata-rata 0.5 gr/cm^3 kering udara, bahwa baut tersebut memiliki beban yang diijinkan sebesar 615 kg untuk sudut 0° . sementara itu jarak ujung yang dianjurkan berdasarkan contoh untuk sambungannya adalah sebesar $7D \geq 10 \text{ cm}$. Menurut Arrohmatin (2021) gaya pengencangan baut yang paling optimal

adalah 0.9 kgf atau 9 N sehingga dijadikan acuan dalam penelitian ini.

Ketika baut digunakan sebagai alat sambung pada sambungan bambu, kuat geser biasanya digunakan sebagai kriteria penting dalam menentukan kekuatan sambungan bambu. Kegagalan geser bisa terjadi jika baut dipasang terlalu dekat dengan ujung bambu. Sebaliknya ketika baut dipasang terlalu jauh maka akan terjadi kegagalan bantalan pada sambungannya. Untuk mendapatkan jarak yang paling sesuai maka perlu dilakukan penelitian lebih lanjut.

Baut ditinjau dari segi praktis lebih fleksibel dalam hal ukuran diameter baut, panjang baut dan jarak antar baut. Selain itu, baut merupakan material baja (daktail), sehingga apabila diterapkan pada elemen struktur balok, hal ini dapat meningkatkan kekuatan lentur. Dalam penelitian ini digunakan persyaratan penempatan baut yang sudah ditetapkan dalam SNI 7973:2013 agar memenuhi peraturan yang berlaku di Indonesian, tertera pada Tabel 2.1 berikut :

Tabel 2.1 Syarat jarak tepi

Arah pembebanan	Jarak tepi	
	Jarak tepi minimum untuk $C = 0,5$	Jarak tepi minimum untuk $C = 1,0$
Tegak lurus serat	2D	4D
Tekan sejajar serat: (tumpuan pengencangan jauh dengan komponen struktur ujung)	2D	4D
Tarik sejajar serat : (tumpuan pengencangan dekat dengan komponen struktur ujung) - Untuk kayu berdaun jarum - Untuk kayu berdaun lebar	3,5D 2,5D	7D 5D

Sumber : SNI 7973:2013 (*Spesifikasi Desain Untuk Konstruksi Kayu*)

2.2.3 Papan Partikel

Sugiarta, dkk (2022) menyebutkan bahwa papan partikel merupakan salah satu jenis kayu pabrikan yang terbuat dari campuran

keping kayu atau bahan alam sejenis yang dicampur dengan lem resin sintetis dan dipres atau ditekan menjadi lembaran-lembaran keras dalam ketebalan tertentu. Alternatif pemanfaatan limbah plastik sebagai pengganti lem resin sintetis perlu dicoba sehingga limbah plastik dapat digunakan sebagai salah satu bahan baku pada industri pembuatan papan partikel. Dalam penelitian ini digunakan papan partikel dalam bentuk klem plastik serat. Menurut Nevintya (2022) sudut klem plastik serat yang paling optimal untuk digunakan adalah 100° yang nantinya akan dipakai sebagai acuan pula dalam penelitian ini. Dalam SNI-03-2105-2006 ditentukan persyaratan pada papan partikel adalah sebagai berikut :

2.2.4 Kayu Keruing

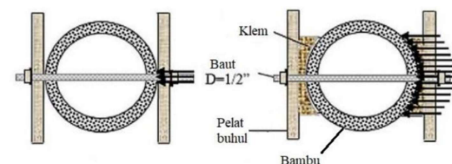
Pada umumnya kekuatan dan kekerasan kayu berbanding lurus dengan berat jenisnya. Adanya kandungan zat ekstraktif disamping ukuran sel kayu juga dapat mempengaruhi berat jenis kayu, dengan tetap mengingat bahwa kekuatan kayu untuk satu jenis kayu tidak selalu sama akibat faktor-faktor tersebut (Kasmudjo, 2001). Pada umumnya kekuatan dan kekerasan kayu berbanding lurus dengan berat jenisnya (LPMB, 1961). Semakin besar berat jenisnya, maka semakin tinggi kekuatannya.

Dalam penelitian ini digunakan jenis kayu keruing yang nantinya berfungsi menjadi pelat buhul dalam sistem sambungan bambu. Kayu keruing mempunyai nama botanis *Dipterocarpus* family *Dipterocarpaceae*, kayu ini tergolong

dalam kelas I sampai II dengan berat jenis rata-rata 0.79, serta kelas awet III (LPMB, 1961). Kuat lentur kayu keruing mencapai 98.97 Mpa dan kuat gesernya sebesar 9.78 Mpa (Fakhri, 2001). Kayu keruing pada umumnya mudah direkat. Penggunaan kayu keruing cocok dipakai untuk konstruksi bangunan (balok, tiang, papan, dan kerangka atap).

2.2.5 Kekuatan Sambungan

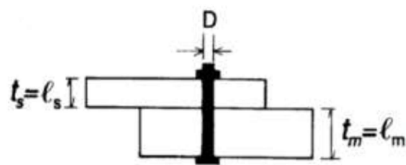
Bambu memiliki kuat tarik yang sangat tinggi tetapi sangat lemah terhadap gaya geser. Klem digunakan sebagai perata tegangan pada daerah sekitar lubang baut dan meningkatkan kemampuan geser pada sambungan serta memperluas bidang kontak antara bambu dan pelat buhul sehingga gaya pengencangan tidak terfokus pada lubang baut. Ilustrasi penggunaan klem kayu terdapat pada Gambar 2.1 dibawah



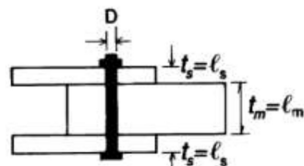
Gambar 2.1 Ilustrasi penggunaan klem kayu pada sambungan bambu
. Sumber : Masdar (2015)

Kekuatan baut didapat dari gesekan yang terjadi pada pelat atau batang yang disambung pada baut tipe friksi (*friction type*) dan pada baut tipe tumpu (*bearing type*), kekuatan baut diperoleh dari adanya gaya tumpu pada bidang kontak antara baut dan pelat yang disambung atau kemampuan menahan geseran pada penampang baut. Keruntuhan sambungan dapat terjadi karena keruntuhan geser pada baut atau

keruntuhan tumpu pada elemen yang disambung. Keruntuhan geser yang terjadi pada baut adalah satu bidang geser dan dua bidang geser karena jenis sambungan baut adalah sambungan geser tunggal dan sambungan geser ganda seperti yang terlihat pada Gambar 2.2 dan Gambar 2.3.



Gambar 2.2 Sambungan Geser Tunggal



Gambar 2.3 Sambungan Geser Ganda

Menurut SNI 03-1729-2020, angka perbandingan kelangsingan $\lambda = L_k/r$ dibatasi sebesar 200 untuk batang yang direncanakan terhadap tekan serta angka perbandingan kelangsingan L/r dibatasi sebesar 300 untuk batang sekunder dan 240 untuk batang primer pada batang yang direncanakan terhadap tarik. Untuk batang bulat dalam tarik, ketentuan diatas tidak berlaku. Batang yang ditentukan oleh gaya tarik tetapi dapat berubah menjadi tekan yang tidak dominan pada kombinasi pembebanan yang lain, tidak perlu memenuhi batas kelangsingan batang tekan.

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan di Laboratorium Struktur dan Bahan yang

terletak di Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Mataram.

3.2 Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan secara dengan metode kualitatif dimana data di kelompokkan menjadi data fisik dan non fisik. Data fisik diperoleh dengan pengamatan dan rekaman foto serta metode eksperimental, sedangkan data non fisik diperoleh melalui *Focus Group Discussion (FGD)*. Analisis data dilakukan secara deskriptif berdasarkan bukti empiris dan interpretatif.

3.3 Alat dan Bahan Penelitian

3.2.1 Alat Penelitian

1. Jangka sorong, untuk mengukur tebal.
2. Meteran, untuk mengukur panjang bambu yang akan dipotong serta untuk mengukur panjang dan lebar papan buhul.
3. Golok dan palu, untuk membelah bambu menjadi potongan potongan tipis memanjang atau menyirip untuk mempermudah proses perendaman.
4. Bak atau ember, untuk merendam bambu yang sudah dipotong menyirip dengan larutan NaOH.
5. Gelas dengan takaran, untuk mengetahui banyaknya cairan NaOH yang akan dituangkan kedalam ember.
6. Blender, untuk menghaluskan bambu yang sudah direndam dan dibersihkan agar menjadi serat bambu.
7. Timbangan, digunakan untuk menakar berat bahan dan material penelitian.

8. *Cutter* dan gunting, untuk memotong botol plastik menjadi bagian-bagian kecil.
9. Wajan, untuk memanaskan dan melelehkan plastik serta tempat mencampur lelehan plastik dengan larutan *xylene* serta serat bambu.
10. Kompor gas, untuk memanaskan wajan hingga suhu tertentu.
11. Cetakan klem plastik komposit, digunakan untuk mencetak klem yang akan digunakan dalam penelitian.
12. Bor listrik, untuk memberikan lubang baut pada benda uji.
13. *Table saw*, adalah meja yang digunakan untuk memotong bambu.
14. *Load frame*, berfungsi sebagai tempat benda uji diletakkan.
15. *Load cell*, berguna untuk mengukur beban yang diberikan kepada benda uji.
16. *Hydraulic jack*, adalah alat yang berfungsi memberikan beban pada benda yang akan diuji.
17. *Tranduscer indicator*, berfungsi untuk memberitahu besarnya beban yang diberikan dan ditampilkan dalam bentuk digital.
18. *Dial gauge*, digunakan sebagai pengukur lendutan yang terjadi dengan ketelitian 0.01 mm.
19. *Universal testing machine* (UTM), adalah alat yang digunakan untuk tes kekuatan tarik baut.

3.2.2 Bahan Penelitian

1. Bambu Galah (*Gigantochloa atter*)
Bambu galah (*Gigantochloa atter*) didapat dari Kecamatan Gunung Sari, Kabupaten Lombok Barat. Spesifikasi bambu yang dipilih adalah bambu dengan kondisi

kering udara dan sudah didiamkan dalam suhu ruang tanpa terkena sinar matahari serta tanpa perlakuan fisika ataupun kimia. Diameter bambu dipilih yang berukuran kurang lebih 80 mm. Bambu dipotong dengan ukuran 70 cm.

2. Plastik PET
Plastik yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari limbah botol plastik PET air mineral dan kemasan minuman lain yang bisa didapatkan diberbagai tempat. Plastik dipilih dan dipisahkan antara yang bening dan berwarna. Plastik dipotong dengan ukuran 3x3 cm yang bertujuan agar lebih mudah dicairkan, kemudian setelah dipotong maka plastik dicuci dan dijemur agar tidak ada kotoran yang menempel.
3. Natrium Hidroksida Padat (NaOH)
Adalah bahan yang digunakan untuk merendam serat bambu didalam ember atau bak yang sudah disiapkan agar serat bambu dapat terpisah dengan mudah pada saat dipukul dengan palu. Bahan ini bisa didapatkan di toko fisik yang menyediakan ataupun di toko *online*.
4. Larutan Xylene
Larutan ini berfungsi melarutkan pada saat melelehkan plastik agar campurannya tidak menggumpal dan cepat mengeras yang memiliki perbandingan 10:1. Xylene dalam penelitian ini dibeli pada toko online yang menyediakan.
5. Baut
Baut yang digunakan adalah baut baja yang memiliki diameter 12 mm serta panjang 250 mm. Baut ini bisa

didapatkan di toko bangunan yang menyediakan.

6. Pelat Buhul

Pelat buhul digunakan dari papan kayu keruing yang tebalnya 3 cm dengan panjang 35 cm dan lebar 20 cm, Papan kayu ini bisa didapatkan di penjual kayu yang menyediakan. Pelat kayu diukur lalu ditandai kemudian dipotong dengan menggunakan bantuan gergaji mengikuti tanda yang sudah dibuat.

3.4 Pengujian Kadar Air

Pengujian kadar air adalah pengujian yang bertujuan untuk memperoleh data persen dari kadar air yang ada pada bambu. Data ini bisa digunakan untuk memprediksi umur dari bambu apakah sudah layak untuk digunakan dalam konstruksi. Bambu sudah tua dan siap digunakan memiliki kadar air yang tidak lebih dari 40%. Nantinya jika bambu tersebut sudah memenuhi kriteria maka data sekunder bisa digunakan yang meliputi data sifat fisik bambu termasuk pengujian kadar air dan berat jenis serta pengujian sifat mekanik bambu meliputi uji kuat tarik dan uji kuat geser.

Data sekunder yang digunakan dari penelitian Aryawan (2018) dan Lestari (2020) karena bambu yang digunakan dalam penelitian tersebut memiliki kesamaan karakteristik yang mana jenis bambunya adalah bambu galah, lokasi pengambilannya adalah di Kecamatan Gunungsari, Kabupaten Lombok Barat, Nusa Tenggara Barat. Oleh karena itu data-data sifat fisik dan sifat mekanik dari penelitian-penelitian tersebut dapat digunakan sebagai acuan dalam penelitian ini

3.5 Pengujian Kuat Tarik Baut

Untuk mengetahui kuat tarik baut baja yang digunakan untuk penelitian maka digunakan SNI 07-0371-1998. Baut yang digunakan berdiameter 12 mm dengan panjang 250 mm. Dalam penelitian ini dibuat 3 jenis benda uji baut dengan diameternya diukur lalu diuji dengan bantuan *Universal testing Machine* (UTM). Pengujian kuat tarik baut dapat dilihat pada Gambar 3.1 dan Gambar 3.2



Gambar 3.1 Baut yang diuji



Gambar 3.2 Pengujian kuat tarik baut dengan alat *Universal Testing Machine*

3.6 Pembuatan Benda Uji

Tahapan-tahapan pembuatan benda uji :

1) Pemilihan dan pengukuran bambu

Bambu yang akan dipotong pertama tama dipilih yang sesuai dengan spesifikasi yang digunakan dalam penelitian ini. Dipilih bambu yang berdiameter kurang lebih 80 mm dengan usia 3-5 tahun. Bambu harus dalam kondisi yang baik, tidak ada cacat maupun retak serta tidak ada robekan pada batang bambu. Setelah

diukur dan dipilih maka selanjutnya bambu akan ditandai sehingga proses pemotongan lebih mudah dan presisi. Proses pengukuran bambu dapat dilihat pada Gambar 3.3 berikut.



Gambar 3.3 Pengukuran Bambu

2) Pemotongan bambu

Jika sudah dipilih dan ditandai maka selanjutnya bambu dipotong dengan panjang kurang lebih 70 cm, dengan nodia berada kurang lebih 35 cm dari tepi bentang. Bambu dipotong dengan menggunakan gergaji atau mesin pemotong. Proses pemotongan bambu dapat dilihat pada Gambar 3.4 dibawah.

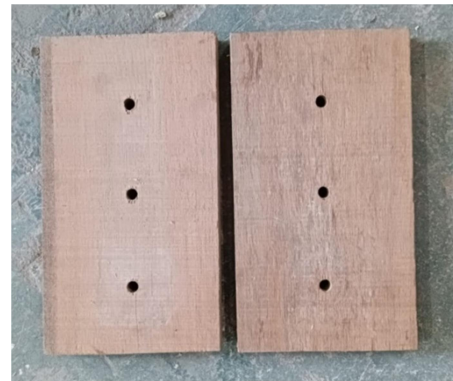


Gambar 3.4 Pemotongan Bambu

3) Pemotongan papan buhul

Digunakan kayu keruing untuk pembuatan papan buhul. Lebar yang

digunakan adalah 200 mm dan tebalnya 30 mm. pada saat pemotongan pelat harus dipertimbangkan bentuk dudukan benda uji serta jarak baut ke ujung sambungan bambu yang akan digunakan. Dalam penelitian ini digunakan jarak ujung bervariasi yaitu sebesar 6D; 6.5D; 7D; 7.5D dan 8D. Papan Buhul yang sudah dipotong dapat dilihat pada Gambar 3.5 dibawah.



Gambar 3.5 Pemotongan Pelat Buhul

4) Pengeboran benda uji

Ketika semua benda uji sudah siap, maka akan dilakukan pengeboran di titik-titik join sambungan. Tipe bor yang digunakan adalah bor listrik. Lubang baut dibor dengan melebihi 1 mm dari diameter baut yang digunakan. Pada proses ini digunakan 5 variasi jarak ujung yaitu 6D; 6.5D; 7D; 7.5D dan 8D dengan D adalah diameter baut. Pengeboran dilakukan sebaiknya agar bautnya lebih mudah dilepas dan dipasang kembali, Gambar pengeboran dapat dilihat pada Gambar 3.6 berikut.



Gambar 3.6 Pengeboran Benda Uji

5) Perangkaian benda uji

Setelah keempat proses diatas selesai dilakukan maka dimulailah tahap penyusunan benda uji yang terdiri dari bambu, klem plastik serat, dan pelat buhul yang disambung menggunakan baut lalu dilakukan pengencangan baut dengan bantuan torsi meter dengan gaya sebesar 0.9 kgf. Setelah selesai dirakit benda uji diletakkan di *loading frame* yang prosesnya bisa dilihat pada Gambar 3.7 dan Gambar 3.8.



Gambar 3.7 Perangkaian Benda Uji



Gambar 3.8 Pemasangan Benda Uji Pada *Loading Frame*

3.7 Pengujian Benda Uji

Pengujian mengandalkan bantuan *loading frame* dengan benda uji diletakkan di dudukan lalu dijepit agar tidak bergeser saat proses pembebanan terjadi. Pada bagian pelat penarik, benda uji bambu dipasangkan pelat baja lalu dua buah baut digunakan untuk mengencangkannya. Harus dibuat agar benda uji dalam posisi yang simetris terhadap sumbu bahan uji agar gaya tarik bekerja tepat pada posisinya. Benda uji, *hydraulic jack*, serta *load cell* dibuat simetris dengan bantuan alat *waterpass*. Jika belum simetris maka dudukan benda uji digeser ke kiri atau ke kanan sampai berada dalam kondisi yang sesuai atau simetris. Bambu dikencangkan dengan dua buah baut pada bagian dudukannya agar kegagalan terjadi di sambungan saja. Benda uji kemudian diuji tarik menggunakan alat *hydraulic jack*. Untuk memantau beban yang diberikan maka digunakan *loading cell*. *Dial gauge* kemudian digunakan untuk mengetahui pertambahan panjang

benda uji. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui beban maksimal yang dapat dipikul dari sambungannya. Setelah dilakukan pengujian maka akan diketahui pola kegagalan pada sambungannya dan besarnya defleksi yang terjadi.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Sifat Bambu Galah

Dilakukan pengujian kadar air untuk mengetahui umur bambu yang akan digunakan. Jika umur bambu yang digunakan lebih atau sama dengan tiga tahun maka bisa dianggap bambu tersebut sudah layak untuk digunakan dalam konstruksi dan data sekunder bisa digunakan. Setelah pengujian didapatkan data kadar air pada bambu seperti Tabel 4.1 Dibawah.

Tabel 4. 1 Hasil pengujian kadar air bambu galah

Bagian	Kadar Air Kering Udara (%)
Pangkal-1	15.92
Pangkal-2	13.33
Pangkal-3	15.37
Rata-rata	14.87

Dari pengujian kadar air didapatkan kadar air dari bambu galah adalah sebesar 14.87%. Hal tersebut dikarenakan kadar airnya sudah kurang dari 40% yang menandakan bambu sudah tua dan siap untuk digunakan sebagai bahan konstruksi jadi dapat disimpulkan data sekunder dari penelitian Aryawan (2018) dan Lestari (2020) bisa digunakan sebagai acuan.

4.2 Hasil Pengujian Kuat Tarik Baut

Adapun pengujian kuat tarik baut dapat diperhatikan pada Tabel 4.3 baut dengan diameter 12 mm dan panjang 250 mm memiliki rata-rata tegangan ultimit (f_u) sebesar 540 Mpa dan tegangan leleh (f_y) sebesar 498 Mpa. Berdasarkan SNI 1729 tahun 2020, batasan material untuk baja struktural memiliki tegangan leleh minimum dalam perhitungan kekuatan komponen struktur komposit tidak boleh melebihi 75 ksi (525 Mpa). Didapat baja dengan tegangan leleh minimum 490 Mpa, artinya material baut yang digunakan pada penelitian ini sesuai dengan standar. Rekapitulasi hasil tegangan leleh dan tegangan ultimit baut dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 hasil pengujian kuat tarik baut

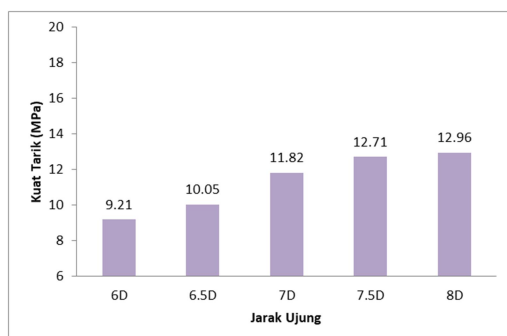
Kode	Tegangan leleh (f_y) (Mpa)	Tegangan ultimit (f_u) (Mpa)
Sampel 1	490	531
Sampel 2	491	543
Sampel 3	512	545
Rata-rata	498	540

Dari hasil pengujian tersebut didapatkan kesimpulan bahwa baut yang digunakan memiliki mutu BJ 50 yang sesuai dengan SNI 03-1729-2002.

4.3 Hasil Pengujian Kuat tarik Sambungan Bambu

Dari hasil pengujian menunjukkan bahwa tegangan maksimum rata-rata sambungan mengalami peningkatan dari sambungan bambu dengan jarak ujung 6.5D sampai sambungan dengan variasi

jarak ujung 8D. besar tegangan maksimum rata-rata yang mampu diterima oleh setiap sambungan bambu dengan jarak ujung 6D ; 6.5D ; 7D ; 7.5D dan 8D berturut-turut sebesar 9.21 Mpa, 10.05 Mpa, 11.82 Mpa, 12.71 Mpa dan 12,961 Mpa. Jika kenaikan kuat tarik dari jarak ujung 6D sampai 8D dinyatakan dalam persen hasilnya berturut-turut adalah 9.19%, 28.41%, 38.07% dan 40.77%. Berdasarkan nilai tersebut menunjukkan jarak ujung sangat mempengaruhi kekuatan tarik sambungan bambu yaitu jika jarak ujung ditambah maka kekuatannya pun akan semakin besar. Hasil tersebut sesuai dengan penelitian Sugiarta, dkk (2014), yang mana penelitian tersebut meneliti jarak ujung pada sambungan bambu celah berpengisi dengan variasi jarak ujung 5D, 6D, 7D, 8D dan 9D yang kemudian didapatkan hasil kuat tarik berturut-turut sebesar yang semakin bertambah seiring dengan penambahan jarak ujung sambungannya. Dapat disimpulkan bahwa kekuatan sambungan berbanding lurus dengan penambahan jarak ujungnya tetapi terdapat kenaikan yang kurang signifikan pada jarak ujung 7.5D ke 8D yaitu memiliki selisih 2.70%.



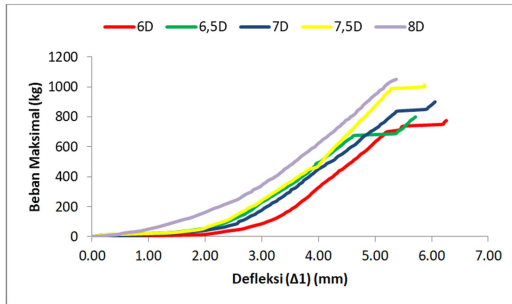
Gambar 4.1 hasil pengujian kuat tarik sambungan

Berdasarkan gambar 4.1 terlihat bahwa kekuatan tarik sambungan bambu mengalami peningkatan yang tidak terlalu signifikan pada jarak ujung 8D yaitu mencapai 2.70%. Hal itu bisa disebabkan oleh faktor-faktor seperti permukaan bambu yang tidak berbentuk bulat sempurna dan sulit ditemukan ukuran bambu yang persis sama. Oleh sebab itu klem tidak dapat terpasang dengan sempurna pada permukaan bambu sehingga tegangan yang diberikan tidak dapat terdistribusi secara merata. Selain itu, penggunaan plastik menyebabkan permukaan klem menjadi licin. Faktor lainnya adalah sulitnya membuat lubang baut yang presisi sehingga komponen benda uji tidak terpasang secara optimal.

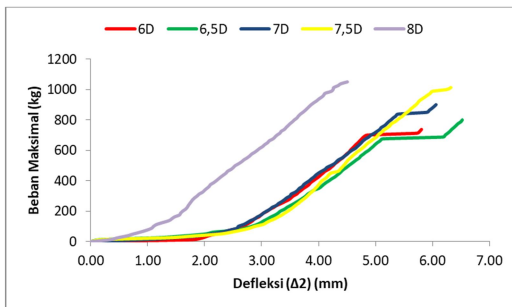
4.4 Hubungan Kekuatan Sambungan Dengan Variasi Jarak Ujung Dengan Deformasi

Terlihat bahwa tiap variasi terjadi pola deformasi yang tidak jauh berbeda. Dari variabel beban dan deformasi menghasilkan hubungan yang linier. Sambungan bambu mengalami penyesuaian posisi karena lubang baut yang dibuat sedikit lebih besar dari diameter baut sehingga deformasi meningkat secara drastis. Hal ini disebut dengan *slack deformation*, pada tahap ini komponen-komponen pada sambungan akan bergeser sehingga mencapai posisi yang tepat. Selanjutnya perilaku sambungan mulai stabil, dimana deformasi bertambah secara bertahap seiring dengan pertambahan beban hingga akhirnya mengalami kegagalan. Hal ini ditandai dengan pertambahan beban hingga akhirnya mengalami kegagalan. Dengan

deformasi linier dan pada beban selanjutnya garis mulai naik secara bertahap. Diagram deformasi ditunjukkan pada Gambar 4.2 dan Gambar 4.3.



Gambar 4.2 Hubungan beban dan deformasi pada sambungan bambu



Gambar 4.3 Hubungan beban dan deformasi pada sambungan bambu

4.5 Perbandingan Hasil Pengujian dengan Teoritis

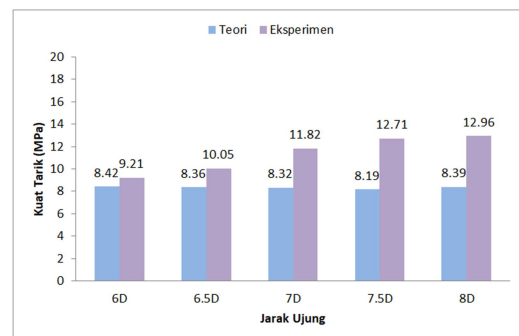
Kekuatan tarik sambungan yang diambil adalah kekuatan ketika bambu mengalami kegagalan, baik dalam keadaan bambu pecah, baut bengkok, klem pecah ataupun plat buhul pecah. Hasil pengujian kuat tarik sambungan bambu dengan variasi ukuran klem tersebut kemudian dibandingkan dengan persamaan teoritis. Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan didapatkan bahwa setiap variasi memiliki pola kegagalan yang sama yaitu pola kegagalan tipe I, sehingga digunakan persamaan sebagai pembanding secara teoritis.

Perbandingan hasil pengujian dengan teoritis dapat dilihat pada tabel 4.3.

Tabel 4.3 perbandingan hasil pengujian dan teoritis

Jarak Ujung	Kekuatan Sambungan (MPa)					Selisih
	Teori				Eksperimen	
	Z1	Z2	Z3	Z4	Ze	$\frac{e-a}{e} \times 100\%$
6D	8.42	80.64	137.68	139.69	9.21	8.54%
6.5D	8.36	84.25	151.09	145.95	10.05	16.85%
7D	8.32	80.68	139.48	139.76	11.82	29.66%
7.5D	8.19	84.79	156.08	146.88	12.71	35.60%
8D	8.39	82.35	143.90	142.65	12.96	35.25%

Berdasarkan hasil perhitungan seperti pada Tabel 4.6 terlihat perbedaan hasil antara pengujian kekuatan sambungan bambu dengan hasil perhitungan secara teoritis. Adapun grafik perbandingan hasil eksperimen dan perhitungan teoritis disajikan pada Gambar 4.4 dibawah.



Gambar 4.4 diagram perbandingan hasil pengujian dan teoritis

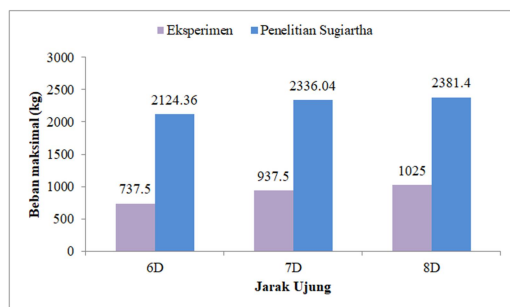
Dari Gambar 4.4 terlihat hasil pengujian lebih tinggi dari hasil perhitungan teoritis. Hal ini menunjukkan bahwa hasil pengujian telah memenuhi perkiraan kapasitas minimum sambungan bambu. Berdasarkan hasil pengujian dan hasil perhitungan teoritis didapatkan selisih yang tidak terlalu jauh sehingga hasil pengujian dapat dinyatakan sudah benar.

4.6 Perbandingan Hasil Pengujian Dengan Penelitian Sebelumnya

Penelitian tentang pengaruh jarak ujung terhadap sambungan pernah dilakukan oleh Sugiarta, dkk (2018). Pada penelitian tersebut diteliti tentang hubungan antara penambahan jarak ujung dan kekuatan tarik sambungan bambu celah berpengisi. Jarak ujung yang digunakan adalah 5D, 6D, 7D, 8D dan 9D dengan D adalah diameter baut yang dalam penelitian tersebut menggunakan diameter 10 mm. hasil beban maksimal yang didapatkan pada jarak ujung perbandingan hasil kuat tariknya disajikan pada Tabel 4.4 dan Gambar 4.5 dibawah.

Tabel 4.4 Perbandingan hasil eksperimen dengan penelitian Sugiarta

Jenis benda uji	Hasil eksperimen		Penelitian sugiartha	
	Beban maksimal (kg)	Rata-rata (kg)	Beban maksimal (kg)	Rata-rata (kg)
6D	737.5	737.5	1927.80	2124.36
	775		2381.40	
	700		2063.88	
7D	900	937.5	2290.68	2336.04
	837.5		2290.68	
	1075		2426.76	
8D	1050	1025	2290.68	2381.40
	1062.5		2472.12	
	962.5		2381.40	



Gambar 4.5 diagram perbandingan hasil pengujian dan penelitian Sugiarta

Dari hasil tersebut didapatkan beban maksimal pada penelitian ini

lebih kecil dari penelitian Sugiarta, dkk (2018). Hal ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor yaitu seperti digunakannya bahan pengisi pada penelitian Sugiarta, dkk (2018) yang bertujuan agar gaya yang disalurkan lewat sambungan tidak sepenuhnya dipikul oleh kekuatan geser bambu. Sedangkan pada penelitian ini tidak digunakan pengisi pada benda uji bambunya yang memungkinkan terjadinya penurunan kekuatan sambungan yang signifikan. Meskipun terjadi penurunan tetapi didapatkan kenaikan kuat tarik seiring dengan penambahan jarak ujung yang sudah sesuai dengan penelitian Sugiarta yang mana jika jarak ujung sambungannya bertambah besar maka kuat tariknya juga akan semakin besar. Maka dapat disimpulkan bahwa hasil penelitian ini sudah benar.

4.7 Pola Kegagalan Sambungan

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan pada keempat variasi sambungan didapatkan pola kegagalan yang sama, yaitu pola kegagalan tipe I. kegagalan tipe I terjadi apabila kekuatan dukung yang berlebihan pada bambu dan baut, dimana pada penelitian ini tiap variasi mengalami kegagalan berupa rusaknya bambu dan baut yang bengkok. Hal tersebut juga sudah sesuai dengan hasil perhitungan kegagalan tipe I dengan selisih yang kecil dan masih bisa diterima. Pola kegagalan dari masing masing benda uji dengan variasi jarak ujung 6D, 6.5D, 7D, 7.5D dan 8D ditampilkan pada Tabel 4.5 berikut :

Tabel 4.5 Pola kegagalan benda uji tiap variasi

Variasi jarak ujung	Tipe kegagalan	Pola kegagalan	Keterangan
6D	Kegagalan tipe I	Bambu pecah dan baut bengkok	Diterima
6.5D	Kegagalan tipe I	Bambu pecah dan baut bengkok	Diterima
7D	Kegagalan tipe I	Bambu pecah dan baut bengkok	Diterima
7.5D	Kegagalan tipe I	Bambu pecah dan baut bengkok	Diterima
8D	Kegagalan tipe I	Bambu pecah dan baut bengkok	Diterima

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian maka dapat dilakukan analisis data serta pembahasan yang berdasarkan pada hasil dari pengujian tersebut. Kesimpulan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

- 1) Kekuatan tarik sambungan berbanding lurus dengan penambahan jarak ujungnya. Dengan bertambahnya ukuran jarak ujung maka beban tarik maksimal yang didapatkan juga terus bertambah. Kesimpulan tersebut dapat dibuktikan dengan besar kuat tarik sambungan bambu dengan jarak ujung 6D, 6.5D, 7D, 7.5D dan 8D yang semakin meningkat dengan nilai berturut-turut sebesar 9.19%, 28.41%, 38.07% dan 40.77%.
- 2) Pola kegagaan yang terjadi pada setiap tipe sambungan yang ada adalah pola kegagalan tipe I, hal tersebut dapat diketahui dengan melihat perubahan benda uji ataupun perhitungan teoritis dimana sambungan mengalami kebengkokan pada baut dan kerusakan pada bambu yang termasuk pada kegagalan tipe I serta

hasil pengujian lebih mendekati hasil perhitungan kegagalan tipe I.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian serta analisis yang sudah dilakukan maka diusulkan saran untuk menyempurnakan penelitian selanjutnya adalah :

- 1) Suhu pada saat pembuatan klem sebaiknya tidak melebihi titik leleh plastik PET karena akan menyebabkan klem menjadi rapuh.
- 2) Pada saat mencetak klem diusahakan menggunakan alat yang memadai sehingga tidak terjadi hal yang tidak diinginkan seperti adonan plastik dan klem yang terlalu cepat mengeras karena terhambat alat yang kurang sehingga proses penuangan kedalam cetakan menjadi lama.
- 3) Disarankan untuk menggunakan karet ban bekas untuk melapisi permukaan klem agar meratakan dan meminimalisir celah yang bisa menyebabkan kemungkinan keretakan pada klem plastik serat.

6. Daftar Pustaka

- Aryawan, I. K. 2018. *Pengaruh Variasi Jarak Ujung Sambungan terhadap Kuat Tarik Sambungan Bambu Celah Berpengisi dengan Alat Sambungan Baut*. Skripsi, Universitas Mataram. Repositori Universitas Mataram.
- Awaludin, A. 2005. *Dasar-dasar Perencanaan Sambungan Kayu*. Yogyakarta: Biro Penerbit KMTS Jurusan Teknik Sipil Fakultas, Universitas Gajah Mada
- Lestari, A. T., & Wulandari, F. T. (2020). *Sifat Fisika Bambu Galah*

- (*Gigantochloa Atter*) Berdasarkan Arah Aksial Di Kecamatan Gunung Sari Kabupaten Lombok Barat: *Effects of Axial Directions to the Physical Properties of Galah Bamboo (Gigantochloa atter) in Gunung Sari Region, Western Lombok Regent.* PERENNIAL, 16(2), 47-52
- Marwansyah, M. (2013). *Pengaruh Variasi Volume Pengisi Terhadap Kuat Tarik Sambungan Bambu Dengan Alat Sambung Baut.* Skripsi, Universitas Mataram. Repositori Universitas Mataram.
- Masdar, A., Suhendro, B., Siswosukarto, S., & Sulistyio, D. (2014). *Determinant of critical distance of bolt on bamboo connection.* Jurnal Teknologi, 69(6).
- Masdar, A., Suhendro, B., Siswosukarto, S., & Sulistyio, D. (2015). *The study of wooden clamps for strengthening of connection on bamboo truss structure.* Jurnal Teknologi, 72(5).
- Saputro, D.N. 2016. *Tinjauan Jarak Ujung dan Jarak Antar Alat Sambung Baut Pada Kayu LVL Sengon (Paraserianthes falcaria).* Artikel Ilmiah Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada Yogyakarta.
- SNI 03-1729-2020. *Spesifikasi Untuk Bangunan Gedung.* Badan Standardisasi Nasional.
- SNI 7973:2013. *Spesifikasi Desain Untuk Konstruksi Kayu.* Badan Standardisasi Nasional.
- Sugiartha, I. W., & Rofaida, A. (2018). *Kuat Tarik Sambungan Bambu Celah Berpengisi dengan Alat Sambung Baut pada Berbagai Variasi Jarak Ujung.* JST (Jurnal Sains Terapan), 4(1), 17-22.
- Tanwir, T. 2018. *Pengaruh Variasi Jarak Ujung Terhadap Kuat Tarik Sambungan Bambu Celah Berpengisi Menggunakan Baut dan Pelat Aluminium.* Tugas Akhir, Mataram: Fakultas Teknik, Universitas Mataram