

Kekuatan sambungan dua tampang pada *MDF* dengan alat sambung pasak *WPC*

Elmi Nur Sayekti¹, Ali Murtopo^{2,*} dan Yudhi Arnandha³
^{1,2,3} Jurusan Teknik Sipil Universitas Tidar, Jawa Tengah

Article Info

Article history:

Received: Sep 16, 2022
Revised: Dec 3, 2022
Accepted: Dec 11, 2022
Available online:
Dec 20, 2022

Keywords:

Connection capacity,
MDF,
WPC dowel.

Abstract

MDF (Medium Density Fiberboard) and WPC (Wood Plastic Composite) are innovative results of using sawdust waste to overcome the problem of wood scarcity. This study used a WPC Teak dowel because it has high shear strength and does not cause rust marks. This study was conducted to determine the value of the MDF connection capacity using WPC Teak dowel connectors and to determine the connection failure mode based on the EYM (European Yield Model) theory. This study used a WPC Teak dowel with a diameter of 6 mm, 8 mm, 10 mm, and 12 mm. The type of connection is a double-shear wooden joint using MDF. The test was carried out at the Structural Laboratory, Civil Engineering Department, Tidar University using a Compression Testing Machine to get the value of the connection capacity and test failure mode based on the MDF bearing strength and WPC Teak post failure referring to ASTM D764-97a. The test results obtained an average connection capacity value WPC dowel with a diameter of 6 mm, 8 mm, 10 mm, and 12 mm, respectively, which was 1094 N; 1870 N; 2439 N; and 3462. The highest average connection capacity value at 12 mm diameter was 3462 N, and the lowest at 6 mm was 1094 N.

Corresponding Author:

Ali Murtopo,
a.m@untidar.ac.id

Copyright © 2022 Universitas Islam Indonesia
All rights reserved

Pendahuluan

Kayu merupakan salah satu sumber daya alam yang dapat diperbarui dan banyak ditemukan di Indonesia. Kayu sering digunakan untuk berbagai keperluan seperti bahan bangunan dan bahan furniture. Tingginya kebutuhan kayu menyebabkan ketersediaan kayu semakin berkurang, maka penggunaan harus dilakukan secara efisien dan bijaksana terutama dalam pemanfaatan limbah.

Limbah kayu yang tidak bermanfaat sering kali terbuang maka pemanfaatannya dilakukan dengan mendaur ulang sisa potongan kayu atau serbuk gergaji sehingga menghasilkan bahan yang ramah lingkungan (Ayubi, 2020). *MDF (Medium Density Fiberboard)* dan *WPC (Wood Plastic Composite)* merupakan contoh hasil dari inovasi pemanfaatan limbah kayu yang

berhasil dikembangkan, *MDF* dan *WPC* disajikan dalam Gambar 1.

MDF adalah olahan kayu berupa papan terbuat dari sisa potongan kayu dan campuran resin yang dipadatkan dengan diberi tekanan. *MDF* memiliki permukaan yang halus dan harga yang relatif murah sehingga sering digunakan sebagai bahan pembuatan furniture seperti meja, lemari, kusen jendela dan pintu. *MDF* lebih fleksibel dalam penggunaannya dibandingkan kayu lapis dan papan partikel. Produksi papan serat dari sisa-sisa produksi kayu merupakan salah satu solusi untuk mengatasi masalah kelangkaan kayu (Putra, 2014).



(a)



(b)

Gambar 1. (a) Papan MDF, dan (b) balok WPC.

MDF adalah papan kayu dengan penyebaran serat berkepadatan sedang (0,4-0,8) g/cm³. Kadar air maksimum papan serat adalah 13%. MDF mempunyai kerapatan dan kekerasan yang seragam dibandingkan panel atau papan serat lainnya sehingga penggunaannya semakin banyak seperti mebel, interior, bingkai jendela, pintu, dan bahan dekoratif lainnya (Vachlepi, 2015).

Bahan MDF biasa dipakai untuk furniture praktis yang diproduksi massal oleh pabrik. Sistem knock down digunakan hampir di semua industri furniture dengan menggunakan dowel atau connecting bolt yang membuat produk dapat dibongkar pasang dengan mudah (Putra, 2014).

MDF terbuat dari kombinasi serat kayu dan serbuk kayu halus yang dipadatkan dengan suhu dan tekanan yang tinggi dengan bantuan resin dalam prosesnya. Kayu yang dipakai biasanya diambil dari kayu sisa perkebunan

ataupun bambu, hal ini membuat MDF ramah lingkungan. Bentuk MDF biasanya berupa papan atau lembaran sesuai kebutuhan. MDF sangat fleksibel sehingga mudah dibentuk. MDF lebih berat dari plywood dan particle board karena memakai campuran bahan kimia resin (Tanubrata, 2015).

MDF memiliki kelebihan lebih halus bila dibandingkan plywood, ikatan antar materialnya kuat karena bukan hanya direkatkan namun juga diberi tekanan (Aruan, 2019)

WPC adalah bahan struktur pengganti kayu yang terbuat dari limbah serbuk kayu dan limbah polimer plastik HDPE (High Density Polyethylene). WPC memiliki permukaan yang lebih halus, murah, bahan bakunya melimpah, kedap air, anti rayap dan anti jamur sehingga penggunaannya awet dan tahan lama. WPC banyak digunakan untuk keperluan interior dan exterior seperti penutup lantai, dinding, pagar, dan plafon. WPC memiliki kuat geser yang tinggi bila dibandingkan dengan kayu, itu memungkinkan digunakannya WPC sebagai material struktural, namun masih sebatas pada struktural yang membutuhkan kuat geser saja (Arnandha, 2016).

Penggunaan WPC untuk material struktural sangat jarang ditemukan, karena sejak awal diperkenalkan WPC lebih banyak digunakan untuk material non struktural. Beberapa peneliti telah meneliti sifat fisik dan mekanis WPC sebagai komponen struktur, salah satunya adalah kuat geser. WPC mempunyai kuat geser 25-30 MPa, lebih tinggi dibandingkan dengan papan kayu lapis maupun kayu pada umumnya. WPC memiliki potensi untuk digunakan sebagai dinding geser (Wijanarko, 2016). Penelitian yang dilakukan oleh Sudrajad (2020) didapatkan bahwa kuat lentur WPC adalah 21,47 MPa.

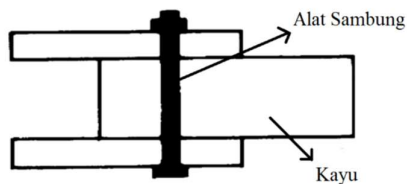
Sambungan dua tampang merupakan salah satu upaya untuk meningkatkan kekakuan batang kayu khususnya pada struktur kuda-kuda, pada umumnya sambungan menggunakan baut atau paku sebagai alat sambung. Penggunaan bahan logam memiliki

dampak yang kurang baik seperti dalam pembuatan menghasilkan polusi, serta merupakan bahan yang tidak dapat diperbarui (Ismayadi, 2018). Penggunaan pasak kayu akan membantu mencegah perusakan warna natural pada kayu dan tidak meninggalkan bekas karat. Pada kayu dengan menggunakan sambungan dua tampang tahanan lateral acuan diambil dari dua kali tahanan acuan satu tampang terkecil (Ayubi, 2020).

Kuat geser yang tinggi pada WPC memunculkan pemikiran untuk menggunakan WPC Jati sebagai alat sambung pasak, maka perlu dilakukan perhitungan kapasitas sambungan pasak WPC Jati pada MDF. Hasil penelitian ini diharapkan mampu tercipta inovasi baru berkaitan dengan alat sambung pasak WPC.

Sambungan Dua Tampang

Sambungan dua tampang pada kayu adalah sambungan yang menyambungkan tiga batang kayu, lihat Gambar 2.



Gambar 2. Sketsa Kayu Metode Dua Tampang (SNI 7973:2013)

EYM (European Yield Model)

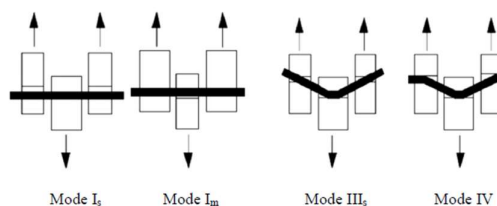
EYM (*European Yield Model*) merupakan teori yang menjadi acuan untuk perhitungan kekuatan sambungan kayu sebagai dasar *National Design Specification (NDS) for Wood Construction*. Beberapa asumsi yang digunakan dalam teori EYM (Wijanarko, 2016), antara lain:

- Pembebanan pada alat sambung diasumsikan terdistribusi merata dan arahnya tegak lurus dengan sumbu utama alat sambung.
- Alat sambung berperilaku plastis sempurna.
- Gaya gesek yang terjadi diantara kayu utama dengan kayu samping diabaikan.

Teori EYM ini digunakan untuk mencari beban pada titik leleh suatu sambungan dan tidak digunakan untuk menentukan beban maksimum sedangkan untuk menentukan titik leleh digunakan metode *offset 5%* diameter (Sulistyo, 2018). Pengaplikasian metode ini menggambarkan garis yang sejajar dengan garis daerah elastic pada grafik hubungan beban-penurunan pengujian kuat sambungan. Perpotongan kedua garis ditentukan sebagai titik leleh. Diameter 5% offset merupakan diameter dari alat sambungan.

Mode Kegagalan Sambungan

Menurut *National Design Specification (2018)* terdapat empat mode kegagalan yang terjadi pada sambungan kayu dengan metode sambungan dua tampang. Keempat mode kegagalan tersebut dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Mode Kegagalan Sambungan (NDS, 2018)

Nilai desain lateral (Z) dengan alat sambung pasak menggunakan dua tampang yang menggabungkan 3 spesimen dapat dilihat pada persamaan berikut:

Mode kegagalan I_m :

$$Z = \frac{D\ell_m F_{em}}{R_d} \quad (1)$$

Mode kegagalan I_s :

$$Z = \frac{2D\ell_s F_{es}}{R_d} \quad (2)$$

Mode kegagalan III_s :

$$Z = \frac{2K_3 D\ell_s F_{em}}{(2+R_e)R_d} \quad (3)$$

Mode kegagalan IV :

$$Z = \left(\frac{2D^2}{R_d}\right) \sqrt{\frac{2F_{em}F_{yb}}{3(1+R_e)}} \quad (4)$$

dengan,

$$K_3 = (-1) + \sqrt{\frac{2(1+R_e)}{R_e} + \frac{2F_{yb}(2+R_e)D^2}{3F_{em}\ell_s^2}} \quad (5)$$

$$R_t = \frac{\ell_m}{\ell_s} \quad (6)$$

$$R_e = \frac{F_{em}}{F_{es}} \quad (7)$$

Keterangan :

D = diameter pasak (mm)

ℓ_m = panjang tumpu pasak pada komponen struktur utama (mm)

ℓ_s = panjang tumpu pasak pada komponen struktur samping (mm)

F_{em} = kekuatan tumpu pasak pada komponen struktur utama (MPa)

F_{es} = kekuatan tumpu pasak pada komponen struktur samping (MPa)

F_{yb} = kekuatan leleh pasak (MPa)

R_d = faktor reduksi, dapat dilihat pada Tabel 2

Tabel 1 Mode Kegagalan Sambungan (NDS, 2018)

Mode Kegagalan	Deskripsi
Im	Kegagalan tumpu pada komponen kayu samping dan alat sambung belum mengalami kegagalan/masih bersifat elastis
Is	Kegagalan tumpu pada komponen kayu samping dan alat sambung belum mengalami kegagalan/masih bersifat elastis
III _s	Kegagalan tumpu pada kayu samping disertai dengan satu sendi plastis pada alat sambung dalam satu bidang geser
IV	Terbentuknya dua sendi plastis pada alat sambung dalam satu bidang geser

Tabel 2. Faktor Reduksi (NDS, 2018)

Ukuran alat sambung	Mode kelelahan	Faktor Reduksi
$6,35 \text{ mm} \leq D \leq 25,4 \text{ mm}$	I _m , I _s	$4 K_\theta$
	II	$3,6 K_\theta$
$D \leq 6,35 \text{ mm}$	III _m , III _s , IV	$3,2 K_\theta$
	I _m , I _s , II, III _m , III _s , IV	K_D

$$K_\theta = 1 + 0,25 \left(\frac{\theta}{90}\right) \quad (8)$$

θ = sudut maksimum antara arah beban dan arah serat ($0 \leq \theta \leq 90$) dari kayu pada sambungan

D = diameter pasak (mm)

$K_D = (10D/25,4) + 0,5$

untuk $4,318 \text{ mm} \leq D \leq 6,35 \text{ mm}$

Kuat Tumpu

Nilai kuat tumpu adalah nilai beban statis yang mampu ditahan dari deformasi yang timbul akibat beban yang bekerja pada MDF (Sulistyo, 2018). Nilai kuat tumpu MDF

didapat dari pengujian berat jenis. Makin besar berat jenis kayu, umumnya semakin kuat kayunya (Ismayadi, 2018). Perhitungan nilai kuat tumpu menggunakan persamaan:

$$G = \frac{w/v}{\gamma_{air}} \quad (9)$$

$$F_{e\perp} = 185 G^{1,45} / \sqrt{D} \quad (10)$$

Keterangan :

G = berat jenis

w = berat kayu (gr)

v = volume benda uji (cm^3)

γ_{air} = berat volume air ($1 \text{ gr}/\text{cm}^3$)

$F_{e\perp}$ = kuat tumpu (MPa)

D = diameter pasak (mm)

Kapasitas Geser Pasak WPC

Kapasitas geser pasak WPC adalah kekuatan pasak dalam menahan beban. Kapasitas geser pasak dapat dianalisis berdasarkan persamaan tegangan geser bahan. Persamaan kapasitas geser disajikan dalam persamaan berikut:

$$P = \frac{\tau}{A} \quad (11)$$

Keterangan:

P = kapasitas geser (N)

τ = tegangan geser (MPa)

A = luas bidang geser (mm²)

Metode

Standart benda uji dan standart pengujian mengacu pada ASTM D5764-7a (*Standard*

Test Method for Evaluating Dowel-Bearing Strength of Wood and Wood-Based Product).

Benda uji kayu berupa papan MDF yang dipotong menjadi menjadi ukuran tertentu, lihat Tabel 3. Kemudian disambung dengan pasak dari WPC. Diameter pasak yang dipakai antara lain 6, 8, 10 dan 12 mm. Tebal benda uji MDF adalah 18 mm. Lebih kecil dari ukuran minimum ASTM D5764-7a karena ukuran paling tebal di pasaran adalah ukuran tersebut.

Tabel 3. Dimensi Benda Uji

Parameter Dimensi	Ukuran Minimum (mm) (ASTM D5764-97a)	Ukuran MDF (mm)
Tebal	38	18
Lebar	50	60
Panjang tepi terbebani	50	90
Panjang tepi tidak terbebani	25	40

Pengujian dilakukan dengan memberikan beban pada sambungan dua tampang MDF dengan pasak WPC. Pembebanan dapat dilihat pada Gambar 4.



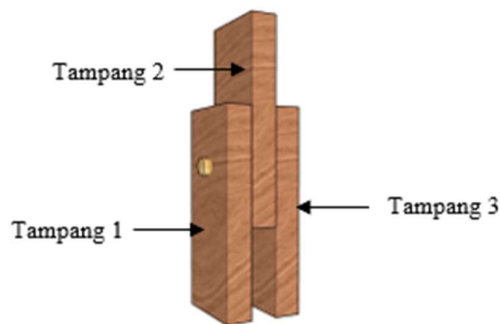
Gambar 4. Pengujian Kuat Sambungan

Pengujian pendahuluan dilakukan untuk mengetahui sifat MDF. Pengujian yang dilakukan antara lain adalah pengujian kadar air dan berat jenis. Nilai kapasitas sambungan dan tahanan lateral dari hasil pengujian akan dianalisis berdasarkan metode *European Yield Model* (EYM).

Hasil dan Pembahasan

Kadar Air MDF

Pengujian kadar air dilakukan dengan menggunakan alat *Moisture Meter*. Jumlah pengulangan dalam pemeriksaan kadar air sebanyak 10 kali untuk masing-masing tampang (Gambar 5). Hasil pemeriksaan kadar air rata-rata dapat dilihat pada Tabel 4.



Gambar 5. Tampang yang diuji

Tabel 4. Hasil uji kadar air

Tampang	Kadar air rata-rata (%)
Tampang 1	8,69
Tampang 2	8,88
Tampang 3	8,76

Berdasarkan Tabel 4 dapat diketahui bahwa masing-masing benda uji MDF tergolong kering karena mempunyai kadar air dibawah 19% (SNI 7973, 2013) .

Parameter mutu kadar air memberikan informasi mengenai persentase kandungan air maksimum yang diperbolehkan pada MDF. Kadar air pada penelitian ini sesuai dengan Vachlepi (2015) yang menyatakan bahwa kadar air papan MDF maksimal adalah 13%.

Berat Jenis MDF

Hasil pengujian berat jenis merupakan perbandingan antara berat kayu terhadap volumenya pada keadaan kering udara. Berat jenis merupakan petunjuk penting dari berbagai macam sifat kayu. Jumlah benda uji dalam pemeriksaan berat jenis sebanyak 14

sampel. Hasil pemeriksaan berat jenis dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Berat Jenis Rata-rata

Kode Benda Uji	Volume (cm ³)	Berat (gr)	Berat Jenis
1E	128,56	58	0,45
2E	128,33	56	0,44
3E	129,13	58	0,45
4E	127,86	59	0,46
5E	128,90	56	0,43
6E	127,16	58	0,46
7E	128,47	56	0,44
8E	129,13	59	0,46
9E	128,93	59	0,46
10E	127,76	59	0,46
11E	128,00	59	0,46
12E	127,96	58	0,45
13E	128,10	57	0,44
14E	127,63	58	0,45
Berat Jenis Rata-rata			0,45

Mode Kegagalan

Kegagalan pada sambungan dipengaruhi oleh kuat tekan MDF dan kuat geser WPC. Mode kegagalan yang terjadi pada benda uji secara eksperimental rata-rata sama yaitu terjadi kegagalan pada alat sambung pasak WPC. Apabila didekati dengan metode kegagalan EYM, kegagalan sambungan mengarah ke mode kegagalan IV, lihat tabel 6.

Tabel 6. Mode Kegagalan Sambungan.

Diameter Pasak (mm)	Bentuk kegagalan eksperimental	Sketsa mode kegagalan EYM	Mode Kegagalan EYM
6			IV
8			IV
10			IV
12			IV

Dapat dilihat pada Tabel 6 bahwa semua pasak WPC mengalami kerusakan berupa patah. Hal ini disebabkan karena pasak terbuat dari bahan WPC yang getas. Hal ini serupa dengan penelitian dari Arandha (2016) bahwa WPC mempunyai sifat yang getas.

Tahanan Lateral berdasarkan teori EYM

Hasil analisis tahanan lateral berdasarkan teori EYM dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Hasil Perhitungan Nilai Tahanan Lateral

Tahanan Lateral Perhitungan (N)	Diameter Pasak			
	6 (mm)	8 (mm)	10 (mm)	12 (mm)
Benda Uji 1	322	485	704	971
Benda Uji 2	317	474	704	971
Benda Uji 3	322	485	704	986
Benda Uji 4	322	474	704	971
Benda Uji 5	322	485	704	986
Rata-rata (N)	321	481	704	977

Dapat dilihat pada Tabel 7 bahwa nilai tahanan lateral bertambah besar seiring dengan bertambahnya diameter pasak WPC. Teori EYM sebenarnya dikhususkan untuk alat sambung baut. Teori yang menyatakan analisis tahanan lateral pasak WPC masih belum ada sehingga dalam hal teoritis didekati dengan teori tersebut.

Kapasitas Geser Pasak

Kegagalan sambungan yang terjadi pada pasak WPC adalah keruntuhan geser. Hal ini dikarenakan sifat pasak WPC yang getas. Kuat geser WPC berkisar antara 25 sampai dengan 30 MPa (Wijanarko, 2016). Apabila ditentukan kuat gesernya adalah 30 MPa, berdasarkan Persamaan 11, kapasitas geser pasak secara teoritis disajikan dalam Tabel 8.

Tabel 8. Hasil Perhitungan Nilai Kapasitas Geser

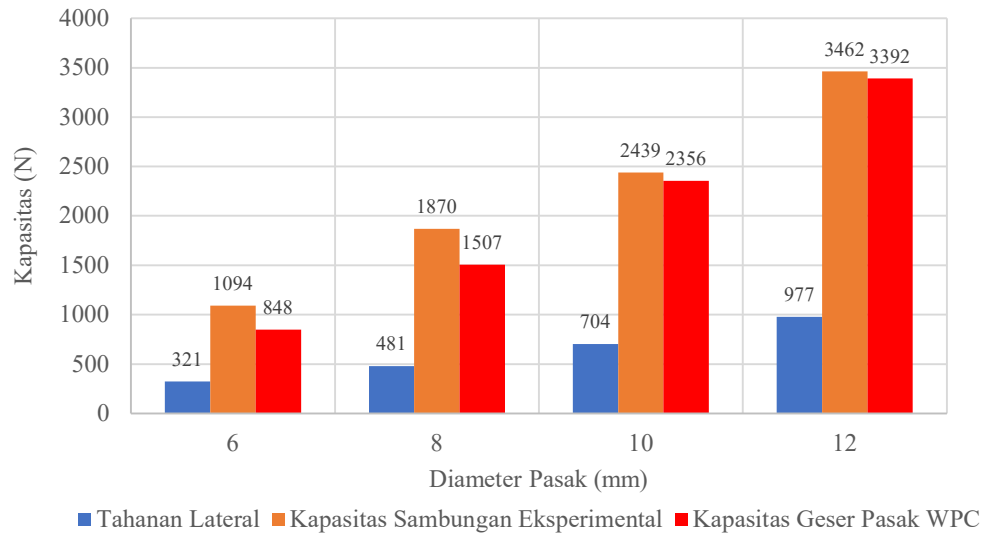
Diameter pasak (mm)	Kapasitas Geser (N)
6	848
8	1507
10	2356
12	3392

Kapasitas Sambungan

Benda uji pengujian kuat sambungan MDF dengan alat sambung pasak WPC berdiameter 6, 8, 10 dan 12 mm masing-masing berjumlah 5 sampel. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 9. Dapat dilihat bahwa semakin besar diameter pasak, kapasitas sambungan juga semakin tinggi. Kapasitas sambungan dipengaruhi kuat tekan MDF yang disambung dan kuat geser dari alat penyambung berdasarkan mode kegagalan. Berdasarkan mode kegagalan pada Tabel 6, kerusakan terjadi pada alat sambung pasak WPC.

Tabel 9. Hasil Pengujian Kuat Sambungan

Tahanan Lateral Perhitungan (N)	Diameter Pasak (mm)			
	6 (mm)	8 (mm)	10 (mm)	12 (mm)
Benda Uji 1	1117	2038	2383	2877
Benda Uji 2	1035	1775	2564	3222
Benda Uji 3	1117	2038	2219	3929
Benda Uji 4	1167	1726	2219	3255
Benda Uji 5	1035	1775	2811	4027
Rata-rata (N)	1094	1870	2439	3462



Gambar 6. Perbandingan tahanan lateral dan kapasitas sambungan.

Apabila dibandingkan dengan kapasitas sambungan dan kapasitas geser, nilai tahanan lateral berdasarkan hasil pengujian lebih rendah (Gambar 6). Nilai tahanan lateral lebih rendah karena proses analisis dilakukan dengan teori EYM yang dipakai untuk perhitungan sambungan baut. Apabila dilihat dari mode kegagalan, mode kegagalan pada pasak WPC berbeda dengan metode kegagalan baut. Metode kegagalan baut lebih

pada metode kelelahan elastis sedangkan pasak WPC yang relatif getas kegagalannya berupa kepatahan pada pertemuan tampang.

Apabila dibandingkan, selisih tahanan lateral hasil uji eksperimental terhadap hasil perhitungan teoritis kapasitas geser pasak dan dengan metode EYM dapat dilihat pada Tabel 10.

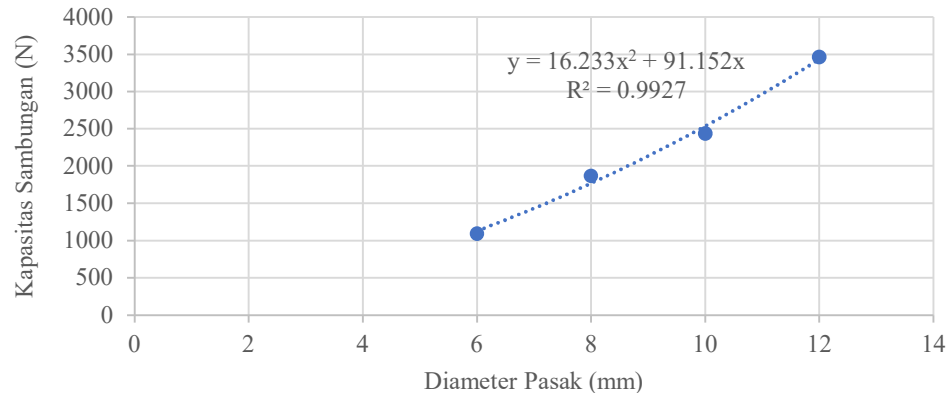
Tabel 10. Selisih tahanan lateral hasil uji eksperimental dan hasil perhitungan teoritis dengan metode EYM

Diameter pasak (mm)	Perbedaan terhadap hasil pengujian eksperimental	
	Hasil Uji Eksperimental	Teori EYM
6	23%	71 %
8	19%	74%
10	3%	71%
12	2%	72%

Dapat dilihat pada tabel 3 bahwa selisih antara hasil pengujian eksperimental dan teori EYM cukup tinggi, lebih dari 70%. Selisih perbedaan dengan metode kapasitas geser (teori tegangan geser) lebih mendekati hasil pengujian eksperimental. Kondisi ini bisa menjadi masukan bagi teori yang ada terkait pemilihan WPC sebagai pasak dan MDF sebagai bahan struktural.

Hubungan Diameter Baut dengan Kapasitas Sambungan

Hubungan diameter baut dengan kapasitas sambungan pada penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh variasi diameter pada peningkatan nilai kapasitas sambungan dua tampang. Upaya untuk mengetahui nilai regresi dari pengaruh persentase diameter setiap variasi sambungan terhadap nilai kapasitas sambungan.



Gambar 7. Hubungan diameter baut dengan kapasitas sambungan

Gambar 7 merupakan hasil regresi *polynomial order 2* dari hubungan diameter baut terhadap kapasitas sambungan dengan persamaan korelasi $R^2 = 0,9927$ dimana nilai regresinya adalah $y = 15,413x^2 + 106,12x - 63,62$. Persamaan regresi ini dapat dipakai untuk memprediksi kapasitas sambungan dua tampang papan MDF dengan alat sambung pasak dengan berbagai diameter. Hasil tersebut diambil dari rata-rata nilai kapasitas sambungan yang terendah sampai yang tertinggi. Dari hasil analisis regresi didapatkan bahwa semakin besar diameter baut maka nilai kapasitas sambungan juga semakin besar, sebaliknya jika diameter baut semakin kecil maka kapasitas sambungan juga semakin kecil.

Nilai R^2 berkisar antara 0 sampai dengan 1 yang menunjukkan persentase keragaman informasi besarnya kombinasi variabel terikat atau variabel Y yang secara bersamaan dapat mempengaruhi nilai variabel bebas. Semakin besar nilai R^2 maka semakin baik model regresi yang diperoleh. Semakin mendekati angka satu, model yang dikeluarkan oleh regresi semakin baik. Berdasarkan kondisi tersebut dapat disimpulkan bahwa diameter baut mempengaruhi kapasitas sambungan dengan tingkat kepercayaan 99%.

Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian ini antara lain:

1. Nilai tahanan lateral sambungan pasak WPC pada papan MDF dua tampang dengan diameter pasak 6, 8, 10 dan 12

mm berturut-turut adalah 1095, 1870, 2440 dan 3463 N. Semakin besar diameter pasak maka nilai tahanan lateral juga semakin tinggi.

2. Perbedaan nilai tahanan lateral pasak WPC pada papan MDF secara eksperimental dan teori EYM cukup tinggi. Teori EYM adalah teori sambungan dengan alat sambung baut. Baut mempunyai sifat yang daktail, sedangkan sifat mekanis pasak WPC lebih getas dan mempunyai kuat geser yang cukup tinggi.
3. Perbedaan nilai tahanan lateral pasak WPC pada papan MDF secara eksperimental dan teori kapasitas geser cukup kecil. Hal ini karena keruntuhan yang terjadi adalah runtuh geser pada pasak. Teori kapasitas sambungan lebih relevan dipakai untuk memprediksi tahanan lateral WPC.

Daftar pustaka

- Arnandha, Y., Satyarno, I., Awaludin, A., Fardhani, A., 2016, *Evaluasi Kuat Tumpu Alat Sambung Baut pada Papan WPC dari Limbah Sengon dan Plastik HDPE*, Jurnal Media Komunikasi Teknik Sipil, Vol 22, No.2, Yogyakarta.
- Aruan, I., C., A., 2019, *Analisa Variasi Kecepatan Putar Spindel dan Kecepatan Pemakanan terhadap Kehalusan Permukaan Kayu MDF pada Mesin Mini Router CNC Tiga*

- Axis, Skripsi, Universitas Bangka Belitung, Bangka Belitung.
- Ayubi, K., A., A., 2020, *Studi Penggunaan Baut pada Wood Plastic Composite (WPC) Jati dengan Metode Geser Dua Irisan*, Skripsi, Universitas Tidar, Magelang.
- Ismayadi, A., 2018, *Kapasitas Sambungan Kayu Tampang Dua dengan Variasi Sudut Memakai Alat Sambung Pasak Bambu Dilapisi Perekat*, Skripsi, Universitas Mataram, Mataram.
- National Design Specification for Wood Construction (NDS) 2018* National Design Specification, Edition, Leesburg: America Wood Council.
- Putra, G., W., A., 2014, *Pemanfaatan Rumpun Laut sebagai Alternatif Pengganti Serbuk Kayu untuk pembuatan Medium Density Fibreboard (MDF)*, Skripsi, Universitas Airlangga, Surabaya.
- Spesifikasi Desain untuk Konstruksi Kayu*, 2013, SNI 7973:2013, Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.
- Standard Test Method for Evaluating Dowel-Bearing Strength of Wood and Wood-Based Products*, 2002, ASTM D5764-97a, Volume 04. 10 Wood ASTM, West Conshohocken, PA: ASTM International.
- Sulistyo, D., F., 2018, *Pengujian Kuat Sambungan Bambu Laminasi dengan Metode Sambungan Geser Satu Irisan Menggunakan Alat Sambung Baut*, Skripsi, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- Tanubrata, M., 2015, *Bahan-bahan Konstruksi dalam Konteks Teknik Sipil*, Jurnal Teknik Sipil Vol 11 No. 2, Universitas Kristen Maranatha, Bandung.
- Vachlepi, A., 2015, *Produksi Medium Density Fiberboard (MDF) dari Kayu Karet di Sumatera Selatan : Potensi, Mutu dan Proses Pengolahannya*, *Warta Perkaretan*, 34 (2), 177-186.
- Sudrajad, I., 2020, *Uji Kekuatan Papan Wood Plastic Composite (WPC) Limbah Serbuk Kayu Jati Dan Limbah Plastik High Density Polyethylene (HDPE) Sebagai Persyaratan Struktur, Tugas Akhir Program Studi Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta*
- Vachlepi, A. 2015, *Produksi Medium Density Fibreboard (Mdf) Dari Kayu Karet Di Sumatera Selatan : Potensi, Mutu Dan Proses Pengolahannya*, *Warta Perkaretan* 2015, 34 (2), 177-186.
- Wijanarko, F., B., 2016, *Studi Penggunaan Baut pada Wood Plastic Composite (WPC) dengan Metode Geser Dua Irisan (Double Shear Connections)*, Skripsi, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.