

**EVALUASI BAUT PADA SISTEM SAMBUNGAN *WOOD PLASTIC COMPOSITE* (WPC)
JATI DENGAN VARIASI KUAT PENGENCANG METODE GESEK DUA
IRISAN BERDASARKAN NDS 2018**

Khoirun Ni'am , Yudhi Arnandha , Fajar Susilowati

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Tidar,
Jl. Kapten Suparman 39 Potrobangsari, Magelang Utara, Magelang, Jawa
Tengah 56116 E-mail: khoiruniam6@gmail.com

Intisari

Wood Plastic Composite (WPC) merupakan salah satu produk pemanfaatan limbah serbuk kayu dan polimer plastik HDPE (*High Density Polyethylene*) yang dibentuk melalui sistem ekstrusi. Penggunaan WPC sebagai bahan komponen struktural memiliki keterbatasan pada ukuran. Oleh karena itu diperlukan sambungan baut. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui nilai kapasitas sambungan WPC menggunakan alat sambung baut. Proses pemasangan baut menggunakan *torque wrench*, untuk mengetahui kekencangan yang tepat.

Penelitian ini menggunakan metode geser dua irisan. Menggunakan baut standar dengan diameter 10 mm. Tahanan lateral pengujian didapat dari 5% *Offset* diameter. Penelitian dilakukan di laboratorium Bahan Bangunan, Jurusan Pendidikan Teknik Sipil dan Perencanaan Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta.

Berdasarkan hasil pengujian didapatkan nilai tahanan lateral WPC jati dengan nilai pengencang 6 Nm, 9 Nm, 12 Nm dan 15 Nm diperoleh angka berturut-turut sebesar 15182,2 N; 17348,8 N; 15725,6 N; 19563 N. Nilai tahanan lateral pada variasi kekencangan 12 Nm mengalami penurunan dikarenakan baut terlalu kuat dan kaku menyebabkan WPC mengalami kegagalan terlebih dahulu sehingga sistem sambungan tidak bekerja dengan baik. Variasi kekencangan 15 Nm mendapatkan nilai tahanan lateral terbesar dikarenakan semakin besar kekencangannya semakin besar tahanan lateralnya.

Kata kunci: *metode geser dua irisan; torque wrench; WPC jati*

Abstract

Wood Plastic Composite (WPC) is a product which utilizes wood powder and HDPE (High Density Polyethylene) plastic polymer that are formed through an extrusion system. The use of WPC as a structural component material has size limitations. Therefore, a bolt connection is required. This research was conducted to determine the capacity value of the WPC extension by using a bolt connection tool. The bolt installation process was using a torque wrench to make sure the exact bolt fasteners.

This study used a double shear method and standard bolts with diameter of 10 mm. The yield test was obtained from a 5% diameter offset. The research was conducted in the Building Materials Laboratory, Department of Civil Engineering and Planning Education, Faculty of Engineering, Yogyakarta State University.

Based on the test results show the yield value of the teak WPC with the fasteners values of 6 Nm, 9 Nm, 12 Nm and 15 Nm are as follow: 15182.2 N; 17348.8 N; 15725.6 N; 19563 N. The value of yield at the 12 Nm variation has decreased because the bolts are too strong and rigid in which fail the WPC in the very beginning. Hence, the joint system does not work properly. The variation of 15 Nm yields the largest yield value because a greater fasteners will yield a greater yield.

Keywords: *double shear bolted connection; torque wrench; teak WPC*

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Wood Plastic Composite (WPC) merupakan material komposit yang terdiri dari kayu berbagai bentuk dan material yang bersifat *thermoplastic*. WPC dianggap produk ramah lingkungan karena memberikan solusi alternatif pemanfaatan limbah serbuk kayu. (Arnandha dkk, 2016). WPC yang dijadikan bahan konstruksi perlu membutuhkan alat sambung dikarenakan keterbatasan ukuran.

Perencanaan sambungan dengan metode geser dua irisan menggunakan alat sambung baut berdiameter 10 mm. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui nilai kapasitas sambungan WPC dengan alat sambung baut variasi pengencang *torque wrench*. *National Design Specification* (NDS) *For Wood Construction* 2018 untuk menghitung tahanan lateral sambungan kayu. Variasi pengencangannya sebesar 6 Nm, 9 Nm, 12 Nm dan 15 Nm.

1.2 Rumusan Masalah

WPC merupakan material baru yang tersusun dari elemen kayu dan plastik yang dilebur menjadi satu dan membentuk sebuah material konstruksi baru. Penggunaannya sebagai bahan komponen struktural maka dibutuhkan sambungan karena keterbatasan ukuran ataupun penyesuaian bentuk strukturnya. Variasi pengencangan menggunakan 6 Nm, 9 Nm, 12 Nm dan 15 Nm dengan alat *torque wrench* untuk mengetahui kekencangan yang pasti pada baut. Pendekatan EYM digunakan untuk mengetahui kapasitas kekuatan penyambung dan mekanisme kerusakan yang mungkin terjadi. Penelitian ini mengacu NDS *For Wood Construction* 2018 untuk menghitung tahanan lateral sambungan kayu.

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tahanan lateral sambungan baut pada produk turunan kayu WPC jati dengan variasi berupa kuat pengencangan sebesar 6 Nm, 9 Nm, 12 Nm dan 15 Nm. Hasil dari tahanan lateral untuk mengetahui kapasitas sambungan baut pada turunan kayu WPC Jati. Variasi kuat pengencangan pada sambungan baut pada WPC jati mendapatkan kekencangan yang dapat diukur dengan pasti.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian studi penggunaan alat sambungan baut pada WPC kayu jati untuk mengetahui kelayakan kayu WPC sebagai komponen material struktural, mengetahui kapasitas tingkat kekencangan pada baut dalam perencanaan kekuatan sambungan pada WPC sebagai produk turunan kayu.

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. WPC kayu jati dengan ukuran tebal 40 mm lebar 90 mm dan panjang 2900 mm.

2. Penelitian ini menggunakan baut standar berdiameter 10 mm.
3. Pengujian kapasitas sambungan menggunakan alat *Universal Testing Machine* (UTM).
4. Metode pengujian dengan metode geser dua irisan dengan menggunakan alat pengencang *torque wrench* dengan kekencangan baut 6 Nm, 9 Nm, 12 Nm dan 15 Nm.

2. TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Evaluasi Kuat Tumpu Alat Sambung Baut pada Papan WPC dari Limbah Sengon dan Plastik HDPE (Arnandha dkk, 2016). Bertujuan untuk mengetahui kemampuan kuat tumpu (*dowel bearing*) alat sambung baut.

2.2 Landasan Teori

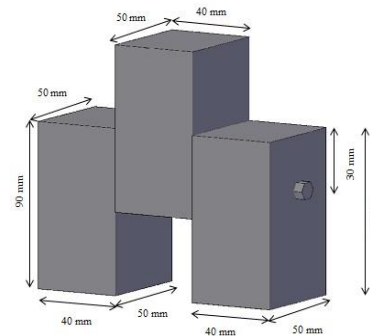
Produk WPC mempunyai keunggulan tersendiri dari kayu biasa, WPC mempunyai sifat yang tidak menyerap air. (Yakass, 2015). Limbah plastik HDPE dihasilkan dari proses polimerisasi molekul molekul gas *ethylene* secara bersama sama membentuk rangkaian panjang molekul sampai menjadi plastik (*polimer*), nantinya akan menjadi campuran pembuatan WPC. (Soebandono, dkk 2013).

2.3 Penelitian Sambungan Kayu

Validasi teori *European Yield Model* (EYM) untuk sambungan WPC dengan alat sambung baut bertujuan untuk membuktikan persamaan EYM.

2.4 Sambungan Geser Dua Irisan

Gambar sambungan geser dua irisan dalam penelitian dapat dilihat pada Gambar 2.1 berikut:



Gambar 2.1 Sambungan dua irisan

2.5 European Yield Model

EYM merupakan teori yang mendasari desain perhitungan kekuatan sambungan kayu, untuk menghitung kekuatan sambungan berdasarkan metode EYM (Sulistyo, 2018).

2.6 National Design Specification (NDS) for Wood Construction

Persamaan untuk menghitung tahanan lateral sambungan kayu berdasarkan NDS 2018.

$$I_m = Z = \frac{D I_m F_{em}}{R_d} \dots \dots \dots (2.1)$$

$$I_S = Z = \frac{2 D I_S F_{es}}{R_d} \dots \dots \dots (2.2)$$

$$III S = Z = \frac{2 k_3 D l_s F_{em}}{(2+R_e)R_d} \dots\dots\dots (2.3)$$

$$IV = Z = \left[\frac{2 D^2}{R_d} \right] \sqrt{\frac{2 F_{em} F_{yb}}{3(1+R_e)}} \dots\dots\dots (2.4)$$

Catatan:

$$k_3 = (-1) + \sqrt{\frac{2(1+R_e)}{R_e} + \frac{2 F_{yb} (2+R_e) D^2}{3 F_{em} l_s^2}} \dots\dots\dots (2.5)$$

$$R = \frac{F_{em}}{e F_{es}} \dots\dots\dots (2.6)$$

Keterangan:

- D = Diameter baut, mm
- F_{em} = Kuat tumpu baut kayu pada komponen struktur utama (N/mm²)
- F_{es} = Kuat tumpu kayu, N/mm²
- Rt = Rasio lebar kayu, 1m/1s
- Re = Rasio kuat tumpu, F_{em}/F_{es}
- F_{yb} = Kuat lentur baut, MPa
- Z = Tahanan lateral nominal, N
- l_m = Tebal kayu utama, mm
- l_s = Tebal kayu sekunder, mm
- R_d = Faktor reduksi

2.7 Kuat Tumpu WPC

bertujuan untuk mengetahui nilai kuat tumpu WPC Jati dengan metode *half hole method* mengacu ASTM 5764-97a (*Standard test method for evaluating Dowel- Bearing strength of wood and wood-Based Product*). Nilai kuat tumpu WPC kayu jati dapat dilihat pada Tabel 2.1 berikut:

Tabel 2.1 Nilai Kuat Tumpu WPC Kayu Jati

Diameter Baut (mm)	Nilai Kuat Tumpu (MPa)
6	64,8
8	64,2
10	60,5
12	51,2

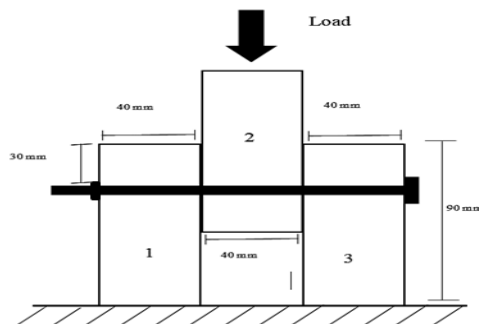
(Sumber : William, 2016)

2.8 Pengujian Kuat Lentur Sambungan

Tujuan pengujian kuat lentur baut untuk mengetahui nilai kuat lentur baut (F_{yb}) pada masing-masing jenis baut dan diameter baut.

2.9 Pengujian Kuat Sambungan

Mekanisme pengujian kuat sambungan WPC tinjauan geser dua irisan dapat dilihat pada

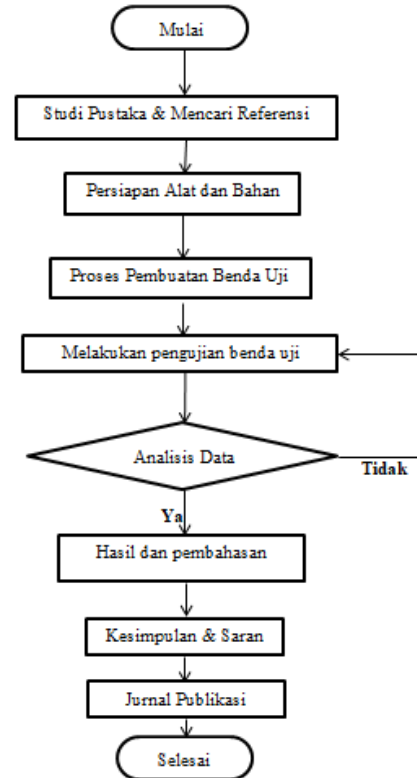


Gambar 2.2 Sambungan dua irisan

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir

Gambar diagram alir dapat dilihat pada Gambar 3.1 berikut:



Gambar 3.1 Diagram alir

3.2 Metode Penelitian

Metode geser dua irisan dengan menggunakan sambungan baut menggunakan alat pengencang *torque wrench*, untuk mendapatkan hasil ataupun data-data yang diteliti mengacu pada NDS 2018.

3.3 Lokasi dan Waktu Penelitian

Pengujian benda uji dilakukan di laboratorium Bahan Bangunan, Jurusan Pendidikan Teknik Sipil dan Perencanaan Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta.

3.4 Sumber dan Jenis Data

Sumber data berasal dari pengujian tahanan lateral dan penelitian terdahulu mengenai kuat lentur sambungan.

3.5 Bahan Penelitian

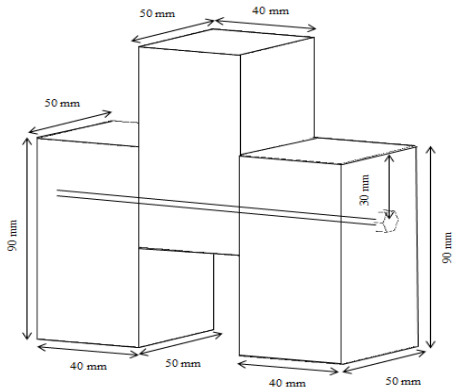
menggunakan bahan sebagai berikut: *Wood Plastic Composite* (WPC), baut dan mur, ring.

3.6 Alat Penelitian

Alat-alat yang digunakan adalah sebagai berikut: *Universal Testing Machine* (UTM), mesin bor, mata bor, mesin potong, jangka sorong, klem, *torque wrench*, meteran, kunci pas ring

3.7 Skema Pengujian

Skema pengujian membuat benda uji sebanyak 20 buah sampel. Gambar benda uji dapat dilihat pada Gambar 3.2 berikut:



Gambar 3.2 Skema benda uji dengan metode dua irisan

3.8 Pengujian Kuat Sambungan WPC

Langkah langkah pengujian kuat sambungan WPC adalah sebagai berikut:

1. Balok WPC dipotong dengan ukuran 40 mm x 50 mm x 90 mm.
2. Melubangi balok WPC menggunakan mata bor.
3. Penyambungan WPC jati menggunakan baut berdiameter 10 mm dengan kekencangan 6 Nm, 9 Nm, 12 Nm dan 15 Nm.
4. Meletakkan benda uji pada mesin UTM.

3.9 Analisis Data

ANOVA digunakan untuk menguji hipotesis nol tentang perbedaan dua buah variasi atau lebih (Dahlan, 2013).

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Sambungan Wood Plastic Composite

Sambungan kayu *Wood Plastic Composite* jati menggunakan sambungan baut berdiameter 10 mm. Pengencangan menggunakan alat pengencang *torque wrench* dengan menggunakan variasi kekencangan 6 Nm, 9 Nm, 12 Nm dan 15 Nm.

4.2 Mode kegagalan Sambungan

Mode kegagalan pada sambungan dipengaruhi oleh kuat lentur baut dan kuat tumpu WPC. Mode kegagalan sambungan WPC jati dapat dilihat pada Tabel 4.1 berikut:

Tabel 4.1 Tahanan Lateral Pengujian

Variasi kekencangan (Nm)	Deformasi yang terjadi pada alat sambung	Mode kegagalan NDS	Mode Kegagalan
6			IV
9			IV
12			IV
15			IV

4.3 Tahanan Lateral Prediksi dan Pengujian Sambungan

Tahanan lateral prediksi ditentukan berdasarkan nilai tahanan lateral yang terkecil dari beberapa mode kegagalan menurut perhitungan

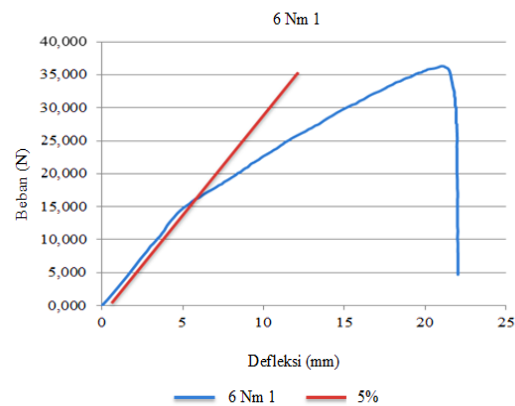
NDS 2018 tanpa memperhitungkan angka aman. Tahanan lateral pengujian sambungan didapatkan melalui metode *Offset 5%* diameter. Tabel tahanan lateral prediksi dapat dilihat pada Tabel 4.2 berikut:

Tabel 4.2 Tahanan Lateral Prediksi

Variasi Kekencangan (Nm)	Kode Benda Uji					Tahanan Lateral Prediksi Rata-rata (N)
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	
6	5360,20	5360,20	5476,09	5476,09	5360,20	5406,55
9	5360,20	5360,20	5476,09	5476,09	5360,20	5406,55
12	5360,20	5593,23	5476,09	5360,20	5593,23	5476,59
15	5360,20	5360,20	5476,09	5593,23	5476,09	5453,16

Berdasarkan Tabel 4.2 menunjukkan bahwa variasi kekencangan 6 Nm, 9 Nm, 12 Nm dan 15 Nm berturut-turut sebesar 5406,55 N; 5406,55 N; 5476,59 N; 5453,16 N.

Nilai tahanan lateral pengujian didapat dari perpotongan grafik metode *5% offset* pengujian. Gambar *5% offset* pada Gambar 4.1 berikut:



Gambar 4.1 Pengujian *5% offset*

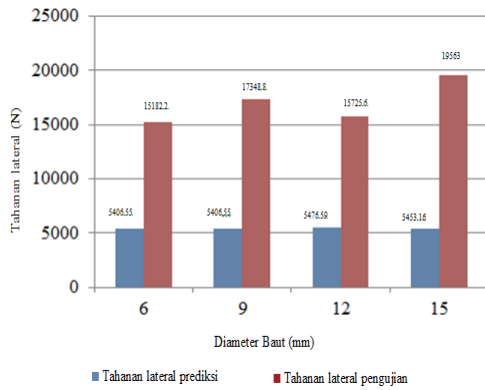
Nilai tahanan lateral pengujian berdasarkan NDS dapat dilihat pada Tabel 4.3 berikut:

Tabel 4.3 Tahanan Lateral pengujian

Variasi Kekencangan (Nm)	Kode Benda Uji					Tahanan Lateral Pengujian Rata-rata (N)
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	
6	15850,0	15602,0	12702,0	16618,0	15139,0	15182,2
9	14596,0	17450,0	16002,0	19580,0	19113,0	17348,2
12	14835,0	25071,0	11488,0	15859,0	11375,0	15725,6
15	17161,0	25740,0	14456,0	17252,0	23206,0	19563,0

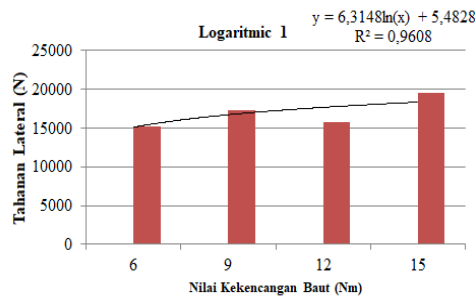
Tabel 4.3 pada tahanan lateral pengujian menunjukkan bahwa pada baut dengan variasi kekencangan 6 Nm, 9 Nm, 12 Nm dan 15 Nm berturut-turut sebesar 15182,2 N; 17348,2 N; 15725,6 N; 19563 N.

Hasil perbandingan perhitungan tahanan lateral prediksi dan hasil perhitungan tahanan lateral pengujian dapat dilihat pada Gambar 4.2 berikut:



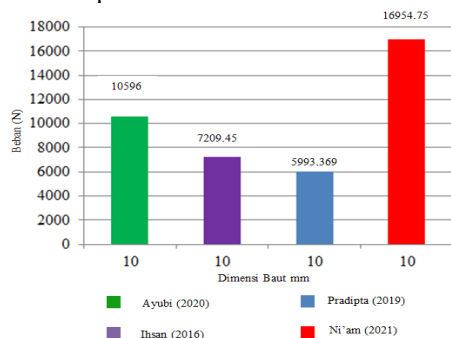
Gambar 4.2 Perbandingan tahanan lateral prediksi dan pengujian

Gambar 4.2 menunjukkan nilai tahanan lateral pengujian lebih besar dibandingkan dengan nilai tahanan lateral prediksi dikarenakan pada EYM tidak memperhitungkan gaya geser antar kayu WPC. Hasil dari nilai tahanan lateral pengujian rata-rata kemudian dibuat grafik *trendline logaritmik 1* untuk variasi kekencangan pada baut. *Trendline logaritmik 1* pada nilai tahanan lateral pengujian dapat dilihat pada Gambar 4.3 berikut:



Gambar 4.3 *Trendline Logaritmik 1*

Perbandingan pada penelitian lain untuk mengetahui nilai tahanan lateral. Perbandingan dapat dilihat pada Gambar 4.4 berikut:



Gambar 4.4 Perbandingan nilai tahanan lateral dengan penelitian lain

Perbandingan nilai tahanan lateral dengan penelitian Ayubi (2020), Ihsan (2016), Pradipta (2019) dapat disimpulkan bahwa penelitian Ni'am (2021) mendapatkan nilai tahanan lateral terbesar dikarenakan pengencangan pada alat sambung menggunakan alat pengencang *torque wrench* yang dapat mengukur kekencangan yang pasti.

4.4 Analisis ANOVA Single Factor

Hasil ANOVA pada tahanan lateral prediksi dan tahanan lateral pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.4 berikut:

Tabel 4.4 Hasil ANOVA Tahanan Lateral Pengujian

SUMMARY						
Groups	Count	Sum	Average	Variance		
6 Nm	5	75911	15182,2	2209242		
9 Nm	5	86741	17348,2	4373168		
12 Nm	5	78628	15725,6	31258110		
15 Nm	5	97815	19563	22154638		
ANOVA						
Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Between Groups	58052571	3	19350857	1,290161	0,311798	3,238872
Within Groups	239980633	16	14998790			
Total	298033204	19				

Pada Tabel 4.4 menunjukkan nilai F didapat 1,29016. *P Value* 0,311798. *F Crit* 3,238872. Nilai *F* lebih kecil dari nilai *Fcrit* ($F < F_{crit}$) maka H_0 ditolak. Variasi kekencangan 15 Nm mendapatkan nilai tahanan lateral terbesar dikarenakan kapasitas kekencangannya tinggi, akan tetapi pada analisis ANOVA *Single Factor* untuk variasi kekencangan 6 Nm, 9 Nm, 12 Nm dan 15 Nm relatif kecil menyebabkan tidak beda nyata atau tidak adanya perbedaan yang signifikan.

5 KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan penelitian ini dapat diambil kesimpulan bahwa nilai Tahanan lateral pengujian WPC Jati dengan menggunakan variasi kekencangan 6 Nm 9 Nm, 12 Nm dan 15 Nm

berturut-turut sebesar 15182,2 N; 17348,2 N; 15725,6 N 19563,0 N. Variasi kekencangan 15 Nm pada baut diameter 10 mm sambungan mendapatkan tingkat kekencangan tertinggi. Nilai kapasitas kekencangannya tinggi menyebabkan nilai tahanan lateral meningkat. Variasi kekencangan 6 Nm, 9 Nm, 12 Nm dan 15 Nm dengan menggunakan baut berdiameter 10 mm pada analisis ANOVA *Single Factor* menunjukkan tidak beda nyata dikarenakan variasi kekencangan relatif kecil. Nilai *F* didapat 1,29016. *P Value* 0,311798. *F Crit* 3,238872. Nilai *F* lebih kecil dari nilai *Fcrit* ($F < F_{crit}$) maka H_0 ditolak dengan demikian pada analisis ANOVA *single factor* variasi kekencangan 6 Nm, 9 Nm, 12 Nm dan 15 Nm menunjukkan tidak beda nyata atau tidak adanya perbedaan yang signifikan.

5.2 Saran

Kuat sambungan WPC jati dengan variasi kekencangan menggunakan *torque wrench* masih membutuhkan banyak penelitian. Penelitian selanjutnya perlu dilakukan analisis dengan kapasitas sambungan WPC jati yang menggunakan variasi kekencangan yang lebih variatif sehingga nantinya bisa menjadi rujukan. Variasi kekencangan yang menggunakan alat pengencang *torque wrench* kemudian dapat dijadikan

sambungan dengan nilai kekencangan yang maksimal. Variasi kekencangan dengan selisih perbedaan yang besar juga perlu diteliti untuk mengetahui adanya perbedaan tahanan lateral pengujian yang beda nyata.

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* Media Komunikasi Teknik Sipil VOLUME 22, NO. 2, Semarang.
- Arnandha, Y., Satyarno, I., Awaludin, A., Fardhani, A., 2017 *Physical and Mechanical Properties of WPC Board from Sengon Sawdust and Recycled HDPE Plastic*, Procedia Enggining 695 – 704 Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Ayubi, K., A., A., 2020, *Studi Penggunaan Baut pada Wood Plastic Composite (WPC) Jati dengan metode Geser Dua irisan*, Skripsi, Universitas Tidar, Magelang.
- Dahlan, M., S., 2013, *Statistik Untuk Kedokteran dan Kesehatan*, Edisi 5 Cetakan 3, Salemba Medika, Jakarta.
- Ihsan, M., 2016, *Studi Penggunaan Alat Sambungan Baut pada Wood Plastic Composite (WPC) dengan Metode geser Satu Irisan*, Skripsi, Program Studi Teknik Sipil Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Nastional Design Specification for Wood Construction* NDS 2018 National Design Specification, Edition, Leesburg : America Wood Council
- Pradipta, A., I., 2019, *Studi Potensi Penggunaan Alat Sambung Baut pada Sistem Sambungan WPC Jati Menggunakan Metode Satu Irisan*, Skripsi, Universitas Tidar, Magelang.
- Soebandono, B., dkk., 2013, *Perilaku Kuat Tekan dan Tarik Beton Campuran Limbah Plastik HDPE*, Jurnal Vol. 16, No. 1, 76-82, Mei 2013.
- Sulistyo, D., F., 2018 *Pengujian Kuat Sambungan Bambu Laminasi dengan Metode Sambungan Geser Satu Irisan Menggunakan Alat Sambung Baut*, Skripsi, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- Standard Test Method for Evaluating Dowel Bearing Strength of Wood*, 2007, ASTM D5764-97a, West Conshohocken, PA: ASTM International.
- Yakass, D., 2015, *Preparation and Characterization of Wood Plastic Composite using Recycled (LDPE/HDPE) Plastic and Sawdust*, Master's Thesis. University Of Science and Technology.
- William, 2016, *Pengujian Kuat Tumpu Balok Wood Plastic Composite Limbah Kayu Jati dan Plastik Daur Ulang HDPE dengan Half Hole Method*, Tugas Akhir, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.