

PENGARUH MODIFIKASI BENTUK DAN JENIS SAMBUNGAN KAYU BIBIR LURUS BERKAIT TERHADAP KUAT LENTUR PADA LIMBAH KAYU BEKAS PALET

Ahmad Fahrozi¹, Anis Rakhmawati², Ria Miftakhul Jannah³

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Tidar

Jl. Kapten Suparman 39 Potrobangsari, Magelang Utara, Magelang, Jawa Tengah 56116.

Email: ahmadfahrozi66@gmail.com, anisrakhmawati@untidar.ac.id, riamifta@untidar.ac.id

INTISARI

Limbah kayu bekas palet merupakan salah satu limbah yang mempunyai nilai ekonomis. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui panjang variasi efektif pada modifikasi bentuk sambungan yang diterapkan pada sambungan kayu bibir lurus berkait terhadap kuat lentur, serta untuk mengetahui pengaruh panjang variasi pada modifikasi bentuk sambungan bibir lurus berkait terhadap *Modulus of Rupture* (MoR) dan *Modulus of Elasticity* (MoE). Pengujian yang dilakukan terdiri dari uji kadar air, kerapatan kayu, dan kuat lentur. Uji kuat lentur pengacu pada ASTM D4761-19 dengan beban terpusat di tengah bentang. Benda uji masing-masing variasi berukuran 1100 mm x 60 mm x 80 mm. Jumlah benda uji terdiri dari 25 spesimen yang terbagi menjadi 5 variasi dan setiap variasinya terdiri dari 5 sampel. Variasi panjang bentuk modifikasi sambungan yaitu, 0,10h; 0,20h; 0,30h; 0,40h; dan 0,50h. Hasil penelitian menunjukkan panjang variasi yang efektif terjadi pada variasi E_p (0,50h) karena memperoleh nilai MoR dan MoE tertinggi yaitu, sebesar 8,591 MPa dan 2901,989 MPa. Hasil pengujian sambungan bibir lurus berkait dengan penambahan modifikasi bentuk sambungan berpengaruh terhadap kuat lentur.

Kata kunci: kuat lentur, limbah kayu palet, sambungan bibir lurus

ABSTRACT

Pallet wood waste is the one of wastes that has economic value. This study aims to determine effective variation length on the joint of shape modification that applied to the straight lip connection on the flexural strength, as well as to determine the effect of the variation length on the modification of the hooked straight lip connection on the Modulus of Rupture (MoR) and Modulus of Elasticity (MoE). The tests carried out consisted of tests for moisture content, wood density, and flexural strength. The reference flexural strength test is ASTM D4761-19 with a concentrated load in the middle of the span. The specimens for each variation were 1100 mm x 60 mm x 80 mm. The number of specimens consisted of 25 specimens which were divided into 5 variations and each variation consisted of 5 samples. The variations in the length of the modified form of the connection are, 0.10h; 0.20h; 0.30h; 0.40h; and 0.50h. The results showed that the best connection was variation E_p (0.50h) because it obtained the highest MoR and MoE values, 8.591 MPa and 2901.989 MPa. The test results of straight lip joints are related to the addition of modifications to the shape of the connection that affect the flexural strength.

Keywords: flexural strength, pallet wood waste, straight lip joint

I. PENDAHULUAN

Kayu adalah bahan bangunan yang banyak sering digunakan oleh masyarakat Indonesia dikarenakan ringan dan mudah dalam pengerjaannya, antara lain untuk keperluan bahan konstruksi struktur (Sinaga, 2020). Akan tetapi, ketersediaan kayu pada kurun waktu ini mulai menipis, akibatnya,

pembuatan konstruksi dan bahan konstruksi yang berbeda memerlukan solusi dan alternatif yang baru. Adapun alternatif yang digunakan dalam membuat bahan material struktur tersebut adalah limbah kayu palet (Safitri dkk, 2016).

Kayu palet adalah bahan yang sering digunakan oleh eksportir, pengangkut,

perusahaan logistik, dan berbagai industri lainnya sebagai sarana pengangkutan barang untuk keperluan ekspor, pengangkutan, pengapalan, atau penyimpanan. (Jannatin dkk, 2019).

Menurut Kurniawan (2012) keberadaan kayu palet di Indonesia relatif banyak khususnya di kota-kota industri. Semakin banyaknya pabrik-pabrik di kota-kota industri maka semakin banyak dan kian meningkat pula bekas kayu palet yang sudah tidak terpakai lagi, yang kemudian menjadi limbah. Limbah kayu palet merupakan bagian dari suatu limbah tergolong ekonomis. Kayu palet kebanyakan dibuat menggunakan kayu dari jenis kayu pinus yaitu, salah satu spesies kayu tropis utama dengan nilai komersial yang tinggi di pasar. (Herniwati dkk, 2017).

Pemilihan kayu bekas palet sebagai bahan penelitian karena kayu tersebut mudah didapatkan, mudah dibentuk, memiliki tingkat keawetan yang cukup baik, memiliki serat yang lurus, dan tergolong kayu yang memiliki masa yang lebih ringan dibandingkan dengan jenis kayu lainnya (Tantoroputri dkk, 2018). Pada permasalahannya bentang kayu pada bongkaran bekas palet relatif pendek.

Keterbatasan bentang kayu bekas palet yang tersedia dan mengharuskan elemen struktur tersebut disambung. Semakin panjang bahan elemen struktur tersebut, maka gaya lentur yang diterima akan semakin besar. Dari hal tersebut memunculkan pemikiran untuk meneliti sambungan kayu bekas palet terhadap kuat lentur dengan menggunakan metode penyambungan bibir lurus berkait dengan menambah variasi bentuk sambungan.

II. LANDASAN TEORI

1. Kayu Bekas Palet

Pemakaian kayu pinus (bahan pembuatan palet) atau orang menyebutnya Jati Belanda tersebut jumlahnya relatif banyak sehingga harus dimanfaatkan sebaik mungkin (Sutanto dkk, 2017). Pemakaian kayu bekas palet pada saat ini kebanyakan hanya dimanfaatkan sebagai bahan *furniture* seperti meja kursi dan lain-lain, oleh karena

itu kayu bekas palet dijadikan sebagai material struktural.

Ada lebih dari 20 spesies pinus Eropa dengan nama spesies yang berbeda. Pinus Radiata dan Pinus merkus merupakan jenis pinus yang umum digunakan atau banyak diintroduksi di Indonesia dan umumnya dikenal dengan kualitas yang baik. (Kurniawan, 2012).

2. Sambungan Lurus

Jenis sambungan lurus adalah jenis sambungan kayu memanjang. Sambungan tersebut sering diterapkan pada (gording) dan rangka, karena digunakan pada balok pada prinsipnya pada struktur tersebut lebih banyak menerima kekuatan lentur dan tarik (Andriansyah, 2019).

3. Sambungan Perekat

Sambungan perekat adalah istilah aplikasi perekat dan dipahami sebagai jumlah perekat yang diterapkan per satuan luas permukaan perekat. Banyaknya lem atau perekat yang diterapkan mencerminkan jumlah perekat yang diterapkan untuk mencapai garis perekat yang kuat dan berkesinambungan. (Darwis dkk, 2017).

4. ANOVA (*Analysis of Variance*)

ANOVA (*Analysis of Variance*) merupakan teknik statistik yang digunakan untuk menilai apakah mean dari populasi tiga atau lebih adalah sama. Penelitian ini menggunakan ANOVA satu arah (*ANOVA Single Factor*). ANOVA digunakan untuk menguji hipotesis nol untuk perbedaan antara dua cara atau lebih (Sugiharto, 2009).

5. Kadar Air

Kadar air kayu merupakan persentase air yang terkandung di dalam kayu yang didapatkan dari pengujian menggunakan alat atau dengan metode oven. Jenis kayu, suhu, dan kelembapan udara sekitar, dapat mempengaruhi jumlah kandungan air di dalamnya. Perhitungan nilai kadar air kayu berpedoman pada SNI 03-6850-2002 dengan rumus:

$$m = \frac{(W_g - W_d)}{W_d} \times 100\% \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan:

- m = kadar air kayu (%)
- W_g = berat kayu basah (gr)
- W_d = berat akhir atau berat kering oven (gr)

6. Kerapatan

Benda uji yang digunakan dalam pengujian kerapatan kayu menggunakan kayu dalam kondisi segar/basah. Persamaan yang dipakai guna mendapatkan nilai kerapatan kayu berdasarkan SNI ISO 9427:2008 yakni:

$$\rho = \frac{W_g}{V_g} \dots\dots\dots (2)$$

Keterangan:

- ρ = kerapatan kayu (gr/cm³)
- W_g = berat kayu basah (gr)
- V_g = volume kayu basah (cm³)

7. Kuat Lentur

Kekuatan lentur merupakan kemampuan kayu untuk menopang gaya-gaya yang menyebabkan kayu tersebut mengalami pembengkokan. Pada hal ini, ada dua jenis, yang pertama kekuatan lentur statis untuk menahan gaya lambat dan yang kedua kekuatan lentur untuk menahan gaya secara kejut (Pratama, 2015).

Pengujian kuat lentur yang dilakukan mengacu pada ASTM D4761-19 (*Standard Test Methods for Mechanical Properties of Lumber and Wood-Based Structural Materials*) dengan mesin *Flexure Testing Machine*. Pengujian dilakukan untuk mengetahui nilai *Modulus of Rupture* (MoR) dan *Modulus of Elasticity* (MoE).

a. *Modulus of Rupture* (MoR)

Perhitungan nilai MoR ditentukan menggunakan rumus:

$$MoR = \frac{3 P_{maks} L}{2 b h^2} \dots\dots\dots (3)$$

Keterangan:

- MoR = *Modulus of Rupture* (MPa)
- P_{maks} = beban maksimal yang bisa ditahan (N)
- L = bentang bersih (mm)
- b = lebar balok (mm)
- h = tinggi balok (mm)

b. *Modulus of Elasticity* (MoE)

Perhitungan nilai MoE ditentukan menggunakan rumus:

$$E = \frac{P L^3}{48 \Delta I} \dots\dots\dots (4)$$

Keterangan:

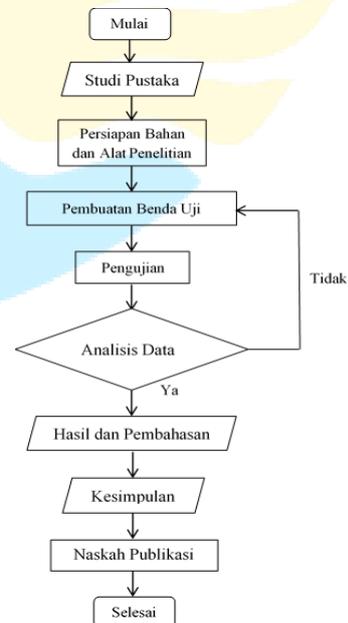
- E = *Modulus of Elasticity* (MPa)
- P = kenaikan tambahan beban (N)
- L = bentang bersih (mm)
- Δ = kenaikan defleksi (mm)
- I = momen inersia (mm⁴)

8. Kegagalan Sambungan Kayu

Kegagalan sambungan kayu adalah terjadinya kerusakan pada kayu atau terjadinya patah sambungan, hal ini menyebabkan alat penyambung mengalami pembengkokan atau defleksi melebihi nilai yang diizinkan (Syafi'i, 2019).

Kegagalan sambungan kayu yang terjadi selama proses pengujian antara lain retak lentur atau diagonal, retak tarik, retak tekan, dan retak belah. (Andrian, 2016). Sedangkan menurut Wikasno dkk (2016) bentuk kegagalan pada pengujian kuat lentur ada dua macam yaitu, retak mendatar (*horizontal tension*) atau searah serat kayu dan retak miring (*cross grain tension*).

III. METODE PENELITIAN



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

1. Lokasi Penelitian

Pembuatan benda uji dan tempat pengujian dilakukan di Laboratorium Struktur, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Tidar.

2. Tahap Pembuatan Benda Uji

Berikut adalah pembuatan benda uji sambungan lurus berkait:

1. Memotong kayu dengan ukuran panjang perbagian kayu yang disambung (AP= 658 mm, BP= 666 mm, CP= 674 mm, DP= 682 mm, EP= 690 mm) x lebar 60 mm x tinggi 80 mm.
2. Membuat bentuk sambungan sesuai yang direncanakan dan memodifikasi penambahan bentuk sambungannya.
3. Melaburkan perekat atau lem presto pada permukaan bibir sambungan secara merata sesuai dengan jumlah perekat yang direncanakan.
4. Menyambungkan antar sambungan sesuai dengan pasangannya.
5. Menjepit benda uji pada bagian yang disambung menggunakan clamp selama 24 jam agar benda uji merekat sempurna.
6. Menandainya tiap benda uji.
7. Mendinginkan benda uji selama 3 hari agar perekat kering sempurna.
8. Memasang benda uji pada mesin Flexure Testing Machine. Memberikan beban tekan pada benda uji hingga mencapai beban maksimum.
9. Mendapatkan hasil pengujian kuat lentur balok pada sambungan bekas kayu palet.

Tabel 1. Benda Uji Sambungan Lurus Berkait

Benda Uji	Panjang Variasi (mm)	Jumlah Sample
A _P	0,10h	5
B _P	0,20h	5
C _P	0,30h	5
D _P	0,40h	5
E _P	0,50h	5

3. Tahap Pengujian

Berikut adalah tahap pengujian kuat lentur sambungan lurus berkait:

1. Menyiapkan benda uji sambungan bibir lurus berkait sebanyak 25 buah dengan ukuran 1100 mm x 60 mm x 80 mm yang telah diberi kode pada setiap benda uji.
2. Mensetting mesin *Flexure Testing Machine*.
3. Meletakkan benda uji ke dalam mesin *Flexure Testing Machine* sehingga beban tekan dapat diterapkan pada badan kayu.
4. Menjalankan mesin *Flexure Testing Machine* agar mendapatkan hasil dari pengujian tersebut.
5. Mencatat hasil pengujian.
6. Mengolah data yang telah didapat dari pengujian



Gambar 2. Pengujian Kuat Lentur

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Kadar Air dan Kerapatan

Hasil pengujian kadar air dan kerapatan benda uji pada sambungan bibir lurus berkait dapat dilihat pada Tabel 2 dan Tabel 3.

Tabel 2. Kadar Air

Benda Uji	Kadar Air Rata-rata (%)
P ₁	12,07
P ₂	11,93
P ₃	11,13
P ₄	11,93
P ₅	11,73
P ₆	12,17
P ₇	12,23
P ₈	12,23
P ₉	11,63
P ₁₀	11,57
P ₁₁	11,77
P ₁₂	11,43

Tabel 3. Kerapatan

Benda Uji	Kerapatan Rata-rata (gr/cm ³)
A _P	0,468
B _P	0,447
C _P	0,454
D _P	0,451
E _P	0,447

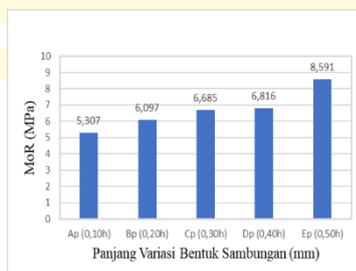
2. Modulus of Rupture (MoR)

Hasil perhitungan *Modulus of Rupture* (MoR) dapat dilihat pada Tabel 4 sebagai berikut:

Tabel 4. Hasil Perhitungan MoR

Benda Uji	MoR Rata-rata (MPa)
A _P	5,307
B _P	6,097
C _P	6,685
D _P	6,816
E _P	8,591

Nilai *Modulus of Rupture* (MoR) dari tiap variasi mendapatkan hasil yang berbeda-beda. Nilai MoR rata-rata yang berbeda salah satunya disebabkan oleh panjang variasi pada modifikasi bentuk sambungan. Grafik hasil perhitungan MoE rata-rata dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Hasil Perhitungan MoR Rata-rata

Berdasarkan grafik di atas nilai MoR rata-rata yang diperoleh pada setiap variasi mengalami peningkatan. Nilai *Modulus of Rupture* (MoR) tertinggi didapatkan pada variasi EP (0,50h) yaitu, sebesar 8,591 MPa.

3. Modulus of Elasticity (MoE)

Hasil perhitungan *Modulus of Elasticity* (MoE) dapat dilihat pada Tabel 4 sebagai berikut:

Tabel 4. Hasil Perhitungan MoE

Benda Uji	MoE Rata-rata (MPa)
A _P	1005,603
B _P	1755,986
C _P	1827,133
D _P	2559,149
E _P	2901,989

Nilai *Modulus of Elasticity* (MoE) dari tiap variasi mendapatkan hasil yang berbeda-beda. Nilai MoE rata-rata yang berbeda salah satunya disebabkan oleh panjang variasi pada modifikasi bentuk sambungan. Grafik hasil perhitungan MoE rata-rata dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Hasil Perhitungan MoE Rata-rata

Berdasarkan grafik di atas nilai MoE rata-rata yang didapatkan pada setiap variasi mengalami peningkatan. Nilai *Modulus of Elasticity* (MoE) tertinggi didapatkan pada variasi EP (0,50h) yaitu, sebesar 2901,989 MPa. Berdasarkan SNI 7973-2013, nilai rata-rata *Modulus of Elasticity* (MoE) tersebut tidak masuk ke dalam kode klasifikasi mutu kayu dikarenakan kurang dari 5000 MPa (Modulus Elastisitas Acuan minimum).

4. Kegagalan Sambungan

Kegagalan sambungan yang terjadi merupakan jenis retak mendatar (*horizontal tension*) sehingga balok terjadi pembelahan pada posisi tengah. Kegagalan pada permukaan tengah sambungan diakibatkan oleh adanya balok yang mengalami kegagalan lentur dan geser pada saat menerima beban atau *debonding*.

5. Analisis ANOVA (*Single Factor*) terhadap MoR dan MoE

Hasil analisis Anova (*Single Factor*) pada rata-rata nilai MoR dan MoE dapat diketahui bahwa nilai $F_{hitung} > F_{critical}$ maka dapat dikatakan H_0 diterima dan H_a ditolak. Mengenai perihal tersebut dapat diambil kesimpulan bahwa penambahan panjang setiap variasi sambungan pada penelitian ini berpengaruh terhadap nilai *Modulus of Rupture* (MoR) dan *Modulus of Elasticity* (MoE).

V. KESIMPULAN DAN SARAN

1. Kesimpulan

- Hasil penelitian didapatkan variasi panjang sambungan yang efektif terjadi pada variasi EP (0,50h) karena memperoleh nilai MoR dan MoE tertinggi yaitu, sebesar 8,591 MPa dan 2901,989 MPa.
- Pengaruh panjang variasi (0,10h; 0,20h; 0,30h; 0,40h; dan 0,50h) pada modifikasi bentuk sambungan berpengaruh terhadap kuat lentur, semakin bertambah nilai panjang variasinya semakin meningkat nilai *Modulus of Rupture* (MoR) dan *Modulus of Elasticity* (MoE) yang didapatkan, hal tersebut diperoleh dari analisis ANOVA *Single Factor*.

2. Saran

- Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai panjang modifikasi bentuk sambungan, sampai mendapatkan nilai panjang yang optimal.
- Metode perekat sebagai penguat sambungan pada jenis sambungan bibir lurus berkait perlu dipertimbangkan untuk penelitian selanjutnya.
- Upaya yang dilakukan untuk meningkatkan nilai kuat lentur yang lebih tinggi perlu dipertimbangkan untuk pemilihan jenis kayu.

DAFTAR PUSTAKA

- Andriansyah, M., F., 2019, *Pengaruh Variasi Panjang Sambungan pada Sambungan Balok Kayu Bibir Miring Berkait Terhadap Kuat Lentur*, Jurusan Teknik Sipil 3(1), Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya, Surabaya.
- Jannatin, R., Hawinuti, R., Gazalie, R., Firdaus, M., 2019, *Pelatihan Pembuatan Furniture Dari Bahan Limbah Kayu Pallet*, Jurnal Implementation and Action 2(1), Politeknik Negeri Banjarmasin, Banjarmasin.
- Kurniawan, R., 2012, *Implementation of Used Material (Pallet) On A living House*, Jurusan Arsitektur 1(1), Fakultas Teknik, Universitas Riau Kepulauan Batam, Batam.
- Safitri, R., Rachmat, G., 2016, *Studi Kelayakan Kayu Bekas Landasan Peti Kemas Sebagai Elemen Interior Lepas*, Institut Seni Budaya Indonesia, Bandung.
- Syafi'i, M., I., 2019, *Pengaruh Variasi Panjang Sambungan Bibir Lurus dan Baut pada Kuat Lentur Balok Bambu Petung Laminasi*, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya, Surabaya.
- Tantoroputri, M., Santosa, A., Poillot, J., F., 2018, *Perancangan Modular Panel dengan Memanfaatkan Limbah Kayu Pinus Bekas*, Jurusan Desain Interior 6(2), Universitas Kristen Petra, Surabaya.