

Pengaruh Posisi Sambungan Konstruksi Kayu Terhadap Desain Produk Mebel Berbahan Dasar Kayu

Bahtiar Rahmat,^{1*} Desy Mulyosari², Agung Ari Purwanto³, Wahyu Widiyanto⁴

^{1,2,3,4} Program Studi Teknik Produksi Furnitur, Politeknik Industri Furnitur dan Pengolahan Kayu, Kendal, Indonesia

Diterima : 21 Desember 2022

Direvisi : 29 Desember 2022

Diterbitkan : 3 April 2023

Abstract

Wood furniture products were one of the commodities that have a dominant contribution compared to other furniture materials to the Indonesian economy. In furniture products, the connection system was a weak point in the construction, so a detailed analysis was needed regarding the factors that affect the strength of the construction and the effectiveness of the wood connection system. The purpose of this study was to determine the quality of the wood used as outdoor chair material by carrying out several tests to obtain wood density, moisture content, MOR and MOE values and then carrying out impact tests on actual outdoor chair products. The results showed that the teak wood used in the raw material for making the product had a moisture content of 12% with an average density of 0.68 g/cm³. The results of the static flexural strength test showed that the MOE of the tested teak was 107,108 kg/cm² and the MOR value was 1,018 kg/cm². The compressive strength value parallel to the fiber is 536 kg/cm². The teak sample tested was included in strong class II which is quite strong as a raw material for furniture such as outdoor chairs. Analysis of the results of the construction design found that the type of construction used was tenon mortise, cracks at the joints occurred because the tenon was too close to the head of the wood. Based on the product test results, after the product with a new construction design was made, by lowering the tenon mortise position 3 mm from the initial position. The crack that occurs in the product is caused by an error in product construction design and not from the quality of the product raw materials used.

Key words: Mechanical Testing, Construction, Tenon-Mortise

Abstrak

Produk mebel kayu merupakan salah satu komoditas yang memiliki kontribusi dominan dibandingkan material mebel lain bagi ekonomi Indonesia. Pada produk mebel, sistem sambungan merupakan titik lemah dalam konstruksinya, sehingga diperlukan analisis terperinci terkait faktor yang mempengaruhi kekuatan konstruksi serta efektifitas dalam sistem sambungan kayu. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui kualitas dari kayu yang digunakan sebagai material kursi *outdoor* dengan melakukan beberapa pengujian untuk mendapatkan nilai kerapatan kayu, kadar air, nilai MOR dan MOE kemudian melakukan uji impak pada produk kursi *outdoor* yang sesungguhnya. Hasil penelitian menunjukkan kayu jati yang digunakan pada bahan baku pembuatan produk memiliki kadar air 12% dengan rata-rata kerapatan kayu jati 0,68 g/cm³. Hasil dari pengujian keteguhan lentur statis didapatkan MOE kayu jati yang diuji rata-ratanya sebesar 107.108 kg/cm² dan nilai MOR nya sebesar 1.018 kg/cm². Nilai keteguhan tekan sejajar serat 536 kg/cm². Sampel kayu jati yang diuji masuk dalam kelas kuat II dimana cukup kuat sebagai bahan baku furnitur seperti kursi *outdoor*. Analisa hasil desain konstruksi didapatkan bahwa jenis konstruksi yang digunakan adalah *tenon mortise*, keretakan pada sambungan terjadi karena *tenon* terlalu dekat dengan kepala kayu. Berdasarkan hasil uji produk, setelah produk dengan desain konstruksi yang baru dibuat yaitu dengan menurunkan posisi *tenon mortise* 3 mm dari posisi awal. Retak yang terjadi pada produk tersebut diakibatkan pada kesalahan desain konstruksi produk dan bukan dari kualitas bahan baku produk yang digunakan.

Kata kunci: Pengujian Mekanis, Konstruksi, *Tenon-Mortise*

* Corresponding author : desy.mulyosari@poltek-furnitur.ac.id

1. Pendahuluan

Sebagai produk yang mempunyai nilai tambah yang tinggi serta berdaya saing global, mebel merupakan salah satu komoditas strategis bagi perekonomian Indonesia. Indonesia memiliki kekayaan sumber daya alam yang relatif melimpah, dan didukung oleh keragaman corak serta desain yang mampu memberikan ciri industri lokal pada setiap wilayah. Berdasarkan bahan bakunya, mebel dapat terbuat dari kayu, rotan, bambu, logam, plastik, dan material lainnya. Menurut catatan Kementerian Perindustrian (2015), produk mebel kayu mencapai 80% dari total seluruh produksi, sedangkan mebel yang bermaterial rotan dan bambu berkontribusi sebesar 11%, mebel bermaterial logam 8%, sedangkan mebel plastik hanya mencapai 2% dari keseluruhan produksi mebel Indonesia. Berdasarkan data World Integrated Trade Solution (2017) perdagangan internasional mebel kayu memiliki kontribusi yang dominan dibandingkan mebel yang menggunakan material lain, yakni mencapai 71%, sementara, kontribusi mebel logam sebesar 22%, mebel plastik sebesar 3%, dan untuk material lainnya sebesar 4% (Perindustrian, 2015).

Wilayah Indonesia memiliki kawasan hutan tropis dengan luas mencapai 120,6 juta ha, dengan pengalokasian hutan produksi mencapai 68,8 juta hektar, hutan konservasi 22,1 juta hektar dan hutan lindung 29,7 juta hektar. Jenis kayu yang dimanfaatkan oleh industri pengolahan kayu hampir seluruhnya berasal dari hutan produksi alam (Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, 2018). Dalam pemanfaatan sebagai material produksi, kayu digolongkan ke dalam lima kelas kuat berdasarkan berat jenis, keteguhan lengkung mutlak, dan keteguhan tekan mutlak (Sunardianto, 2012).

Secara umum sistem sambungan merupakan titik terlemah dalam konstruksi mebel, sehingga perlu adanya analisis terperinci mengenai faktor-faktor yang mempengaruhi kapasitas konstruksi serta efektivitas dalam sistem sambungan kayu (Tankut & Tankut, 2010). Produk mebel kayu akan dikenakan banyak jenis beban selama proses penggunaan, sehingga penerapan sistem konstruksi yang kurang sesuai pada produk mebel kayu akan berpotensi menimbulkan efek tegangan atau kerusakan pada bagian-bagian yang lemah, seperti pada titik sambungan (Cai & F., 1993).

Penelitian ini bertujuan untuk memahami pengaruh posisi sambungan konstruksi kayu terhadap desain produk kursi *outdoor*, sehingga dapat digunakan sebagai acuan dalam mendesain produk mebel yang menggunakan material kayu. Dalam penelitian ini diperoleh data berupa hasil uji impak pada beberapa posisi sambungan konstruksi kayu, namun sebelum dilakukan pengujian impak, dilakukan pengujian awal berupa; uji kerapatan, uji kadar air, pengujian keteguhan lentur statis kayu berupa nilai *Modulus of Elasticity* (MOE) dan *Modulus of Rupture* (MOR) untuk memastikan jika kayu yang digunakan pada produk kursi *outdoor* merupakan kayu yang sesuai dengan standar kekuatan produk kayu.

2. Bahan dan Metode

2.1. Bahan dan Peralatan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah kayu jati (*Tectona grandis* L.f.) yaitu jenis kayu yang digunakan pada produk kursi *outdoor*. Peralatan yang digunakan untuk persiapan sampel uji antara lain; jangka sorong, *surface planer*, *thicknesser*, *tabel saw*, *digital weight scale*, *digital moisture meter*, dan *Universal Testing Machine* (UTM).

2.2. Metode

2.2.1. Persiapan bahan untuk pengujian

Pengujian kerapatan kayu & uji kelembaban menggunakan sampel dengan ukuran 2 cm x 2 cm x 2 cm dengan jumlah 6 buah sampel. Sampel dengan ukuran 2 cm x 2 cm x 30 cm dengan total 6 buah disiapkan untuk pengujian keteguhan lentur statis, sedangkan sampel dengan ukuran 2 cm x 2 cm x 6 cm dengan total 6 buah disiapkan untuk pengujian tekan sejajar serat. Jumlah sampel yang digunakan dalam pengujian ini bisa dilihat lebih jelas pada tabel 1. Perhitungan untuk memperoleh nilai MOE dan MOR menggunakan rumus;

$$\text{MOE} = \frac{\Delta P L^3}{4 \Delta y b h^3} \quad \text{MOR} = \frac{3 P_{\text{maks}} L}{2 b h^2}$$

Tabel 1. Jumlah Sampel Uji Mekanis Kayu Jati

No.	Jenis Uji	Jumlah Sampel
1	Uji kerapatan kayu & uji kelembaban	6
2	Uji keteguhan lentur statis	6
3	Uji Tekan Sejajar Serat	6

Pengujian impact dilakukan setelah memperoleh data hasil pengujian mekanis sampel kayu. Pada pengujian impact dilakukan pada produk kursi *outdoor*. Skema pengujian impact dilakukan dengan metode memberikan beban statis sebesar 102 kg pada kursi *outdoor*, kemudian kursi dan beban statis dinaikkan hingga ketinggian 150 mm, lalu dijatuhkan secara bebas. Detail skema pengujian impact bisa dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Skema pengujian impact pada produk kursi *outdoor*

2.2.2. Pengujian sampel kayu

Sampel yang sudah disiapkan sebelumnya diuji dengan alat *digital moisture meter* untuk menentukan kadar air dari sampel, lalu sampel diukur massanya menggunakan *digital weight scale* dimana kemudian hasil pengukuran ini akan digunakan untuk menghitung kerapatan kayu. Enam sampel berikutnya yang sudah disiapkan untuk uji ketangguhan lentur statis diuji dengan UTM dengan kecepatan pembebanan 2 mm/menit. Pada pengujian tekan sejajar serat, sampel diletakkan pada UTM dan anvil diatur dengan jarak 60 mm, lalu diberikan beban tekan maksimum hingga sampel mengalami retak (*crack*).

3. Hasil dan Pembahasan

Pada tabel 2 bisa dilihat hasil pengukuran kerapatan sampel pada kayu jati yang digunakan sebagai bahan baku pembuatan kursi *outdoor* yang memiliki kadar air 12%. Setelah dilakukan pengujian kerapatan pada kondisi kadar air 12% tersebut kerapatan kayu jati yang digunakan rata-ratanya 0,68 g/cm³.

Tabel 2. Kerapatan kayu jati produk kursi *outdoor*

Spesimen	Massa (g)	Dimensi			Kerapatan (g/cm ³)
		P (cm)	L (cm)	T (cm)	
1	17,05	6,07	2,01	2,00	0,70
2	17,05	6,10	2,03	2,07	0,67
3	17,63	6,08	2,04	2,06	0,69
4	17,81	6,03	2,02	2,05	0,71
5	16,63	6,07	2,01	2,03	0,67
6	16,66	6,06	2,02	2,03	0,67
Rata-Rata					0,68
Standar Deviasi					0,02

Hasil penelitian Hadjib et al. (2006) Berat Jenis (BJ) kayu jati super pada umur 4-7 tahun dari berbagai daerah penanaman adalah 0,51-0,65 sedangkan untuk kayu jati lokal nilai BJ nya antara 0,49-0,58. Hasil penelitian Basri dan Wahyudi (Basri E, 2013) kerapatan kayu Jati Plus Perhutani (JPP) umur 9 tahun sebesar 0,61 g/cm³. Kayu jati yang digunakan dalam pembuatan kursi *outdoor* memiliki kerapatan yang tinggi dibanding kayu jati super dan jayu jati lokal. Kerapatan kayu ini dipengaruhi antara lain oleh jenis kayu, umur pohon, dan tempat tumbuh. Semakin bertambah umur pohon kerapatannya akan semakin tinggi. Tempat tumbuh yang subur akan menyebabkan kayu cepat tumbuh sehingga kerapatannya lebih rendah dibanding kayu yang lambat tumbuh.

Tabel 3. Pengujian 3 Point Flexure Bend Test

	Spesimen label	Support span [mm]	Width [mm]	Thickness [mm]	Maximum Load [kgf]	Flexure extension at Maximum Flexure load [mm]
1	J1	280.00	20.000	20.000	196.09	9.79850
2	J2	280.00	20.000	20.000	260.25	8.35125
3	J3	280.00	20.000	20.000	214.83	6.99188
4	J4	280.00	20.000	20.000	181.41	9.31519
5	J5	280.00	20.000	20.000	172.50	9.55669
6	J6	280.00	20.000	20.000	137.98	7.64981
	Mean	280.00	20.000	20.000	193.84	8.61055
	SD	0.0000	0.0000	0.0000	41.44172	1.13254
	Minimum	280.00	20.000	20.000	137.98	6.99188
	Maximum	280.00	20.000	20.000	260.25	9.79850

Pengujian lentur dengan metode *three-point bending* telah dilakukan dan hasilnya bisa dilihat pada tabel 3. Dari pengujian ini diperoleh nilai pembebanan maksimum dan kelengkungan maksimum dari spesimen kayu jati. Kemudian nilai dari hasil pengujian ini digunakan menghitung keteguhan lentur statis kayu berupa nilai *Modulus of Elasticity* (MOE) dan *Modulus of Rupture* (MOR). Nilai MOE kayu jati yang diuji rata-ratanya sebesar 107.108 kg/cm² dan nilai MOR nya sebesar 1.018 kg/cm². Nilai MOR kayu jati unggul dan jati konvensional dengan kerapatan adalah 739 kg/cm² dan 941 kg/cm², sedangkan nilai MOE nya 90.000 kg/cm², dan 108.000 kg/cm² (Hidayati et al. 2016). Dari hasil pengujian sampel bisa dilihat jika nilai MOE sampel lebih baik dibandingkan dengan nilai MOE kayu jati unggul. Nilai dari pengujian keteguhan lentur statis (MOE & MOR) bisa dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Hasil MOE dan MOR sampel kayu jati

Spesimen kayu jati	Modulus (Automatic) (MOE) [kgf/cm ²]	Maximum Flexure stress (MOR) [kgf/cm ²]
1	101,875.03984	1,029.46907
2	152,611.32945	1,366.31937
3	129,306.90065	1,127.88290
4	93,041.33500	952.41332
5	90,622.29541	905.60154
6	75,190.72927	724.37622
Mean	107,107.93827	1,017.67707
Standard deviation	28,562.52700	217.56907
Minimum	75,190.72927	724.37622
Maximum	152,611.32945	1,366.31937

Dari hasil pengujian, nilai keteguhan tekan sejajar serat 535,7 kg/cm². Sedangkan nilai keteguhan tekan sejajar serat kayu jati super 213,79 kg/cm² - 326,29 kg/cm² (Hadjib N, Muslich M, & G., 2006). Keteguhan tekan sejajar serat kayu jati unggul dan kayu jati konvensional sebesar 433 kg/cm² dan 497 kg/cm² (Hidayati F et al., 2016). Berat Jenis (BJ) kayu jati 0,67 dan masuk ke dalam Kelas Kuat II dengan nilai Modulus elastisitas 127.700 kg/cm², nilai modulus rupture 1.031 kg/cm² dan nilai keteguhan tekan sejajar serat 550 kg/cm² (Martawijaya A, Kartasujana I, Kadir K, & SA, 2005). Hasil pengujian tekan sejajar serat bisa dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Pengujian keteguhan Tekan

No.	Spesimen label	Anvil height [mm]	Thickness [mm]	Width [mm]	Maximum Load [kgf]	Extension at Maximum Comp. load [mm]	Load at Break (Standard) [kgf]
1	J1	60.00	20.00	20.00	2,208.926	1.182	1,990.905
2	J2	60.00	20.00	20.00	1,961.629	1.010	1,341.571
3	J3	60.00	20.00	20.00	2,329.200	0.998	1,802.023
4	J4	60.00	20.00	20.00	1,949.989	1.050	1,778.757
5	J5	60.00	20.00	20.00	2,298.665	1.253	1,597.749
6	J6	60.00	20.00	20.00	2,108.429	1.254	1,835.450
Mean		60.00	20.00	20.00	2,142.806	1.125	1,724.409
SD		0.0000	0.00000	0.0000	164.06831	0.11926	225.80332
Minimum		60.00	20.00	20.00	1,949.989	0.998	1,341.571
Maximum		60.00	20.00	20.00	2,329.200	1.254	1,990.905
Range		0.00	0.00	0.00	379.211	0.256	649.334

Dari hasil pengujian keteguhan tekan sejajar serat diperoleh data nilai pembebanan maksimum dan jarak ekstensi tekan. Nilai ini yang akan digunakan untuk menghitung nilai keteguhan tekan sejajar serat. Sedangkan hasil perhitungan keteguhan tekan sejajar serat bisa dilihat pada tabel 6. Keteguhan lentur statis dan keteguhan tekan sejajar serat kayu jati yang digunakan sebagai bahan baku kursi *outdoor* lebih tinggi nilainya dibanding dengan nilai keteguhan kayu jati pada penelitian lain. Tanaman muda yang banyak mengandung kayu remaja, umumnya memiliki berat jenis, modulus patah dan modulus elastisitas yang lebih kecil dari pada kayu sejenis yang umumnya berumur lebih tua.

Tabel 6. Hasil Pengujian Keteguhan Tekan

Sampel kayu jati	Tekanan Max [kgf/cm ²]
1	552.231
2	490.407
3	582.300
4	487.497
5	574.666
6	527.107
Mean	535.702
Standard deviation	41.01708
Minimum	487.497
Maximum	582.300
Range	94.803

Perbedaan sifat pada kayu hutan tanaman yang mengandung banyak kayu remaja itu terutama disebabkan oleh perbedaan berat jenis. Haygreen dan Bowyer (Haygreen & Bowyer, 1996) mengemukakan bahwa kekuatan kayu berhubungan langsung dengan nilai berat jenis, semakin tinggi berat jenis, semakin tinggi nilai-nilai MOR, keteguhan pukul, kekerasan sisi dan keteguhan tekannya. Kayu jati bahan baku kursi *outdoor* masuk dalam kelas kuat II seperti kayu jati pada penelitian Martawijaya (Martawijaya A et al., 2005). Kayu kelas kuat II ini cukup kuat sebagai bahan baku furnitur seperti kursi *outdoor*.

Berdasarkan hasil peninjauan produk kursi *outdoor* keretakan sambungan konstruksi yang terjadi pada produk setelah dilakukan uji impak adalah pada sambungan kaki tengah dan kaki depan produk, pada sambungan kaki tengah produk kursi *outdoor* terdapat tiga pertemuan sambungan konstruksi, berikut adalah gambaran produk yang mengalami *crack* yang terjadi pada sambungan kaki tengah dan kaki depan produk kursi *outdoor* bisa dilihat lebih jelas pada gambar 2.

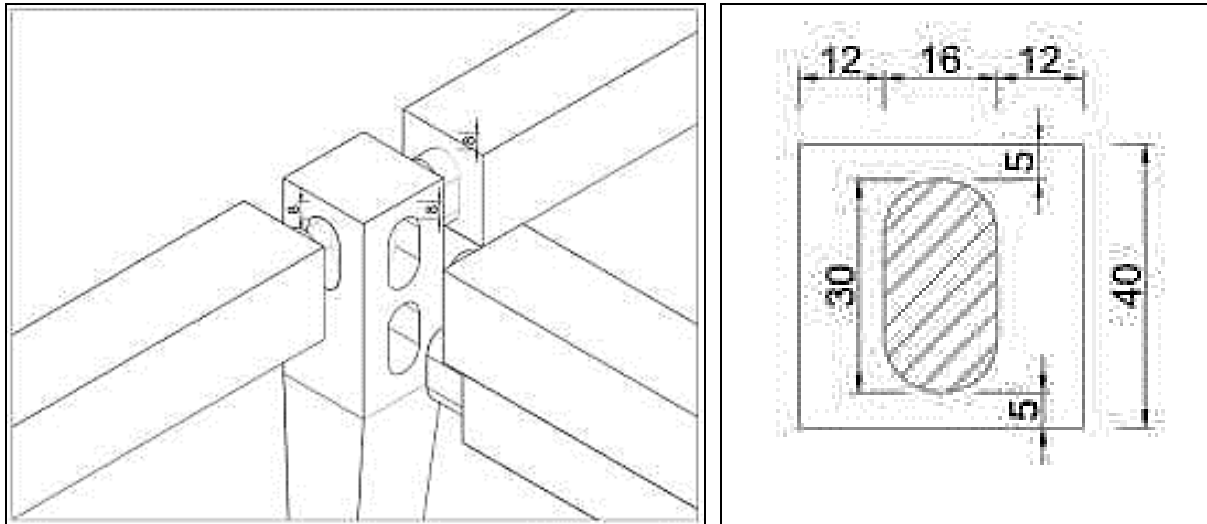


Gambar 2. Crack pada kaki depan dan kaki tengah

Ukuran *crack* yang terjadi pada sambungan kaki depan dan tengah, yaitu seluas ukuran lebar material pada sambungan *mortise*. Untuk gambaran desain produk kursi *outdoor* secara keseluruhan bisa dilihat pada gambar 3. Pada produk kursi *outdoor* jenis konstruksi yang digunakan adalah konstruksi *tenon* dan *mortise*, konstruksi sambungan *tenon-mortise* sifatnya tidak begitu mencolok, bisa di aplikasikan pada komponen dengan dimensi kecil dan mempunyai keunggulan konstruksi yang kuat. Berdasarkan hasil analisis gambar kerja salah satu yang bisa menjadi penyebab terjadinya *crack* pada produk adalah desain konstruksi *tenon-mortise* pada kaki tengah. Detail gambar konstruksi kaki tengah bisa dilihat pada gambar 4. Halil Kilic, dkk (Kılıç, Kasal, Kuşkun, Acar, & Erdil, 2018) mengemukakan bahwa ukuran lebar *tenon* dan panjang *tenon* berpengaruh signifikan terhadap kinerja pada sambungan konstruksi, ukuran dari *mortise* juga sangat berpengaruh terhadap kinerja kekuatan rangka kursi secara keseluruhan. Detail ukuran dari *mortise* bisa dilihat pada gambar 4.

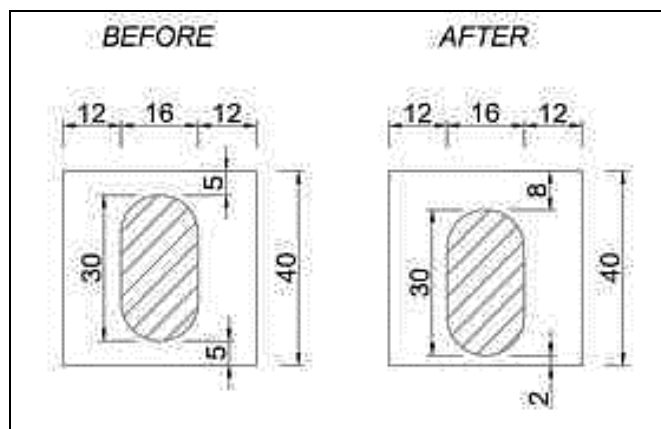


Gambar 3. Gambar kerja produk



Gambar 4. Detail konstruksi dan ukuran sambungan *tenon-mortise*

Perbaikan desain konstruksi *tenon mortise* yang dilakukan adalah dengan menurunkan posisi lubang *mortise* pada bagian yang terlalu dekat dengan kepala kayu. Perubahan desain konstruksi pada kursi *outdoor* tidak mempengaruhi desain produk, perubahan desain konstruksi dilakukan dengan tujuan agar masalah *crack* pada konstruksi sambungannya tidak terjadi lagi. Berdasarkan hasil uji produk, setelah produk dengan desain konstruksi yang baru dibuat yaitu dengan menurunkan posisi *tenon mortise* 3 mm dari posisi awal maka dapat disimpulkan bahwa perubahan desain konstruksi yang baru dapat menghindari keretakan atau *crack* pada konstruksi sambungannya maupun pada kepala kayu atau komponen. Hasil gambaran desain sambungan konstruksi produk setelah direvisi bisa dilihat pada gambar 5.



Gambar 5. Detail konstruksi dan ukuran sambungan *tenon-mortise*

Untuk ukuran lebar *tenon* dan *mortise* dibuat dengan ukuran 16 mm, hal ini diharapkan dengan ukuran *tenon* dan *mortise* yang lebar dapat meningkatkan kinerja dari suatu produk, seperti yang di kemukakan Halil Kilic (Kılıç et al., 2018) Peningkatan lebar *tenon* dan *mortise* dapat meningkatkan kinerja masing-masing produk sekitar 9% dan 15%. Kasal dkk (Kasal, Smardzewski, Kuşkun, & Erdil, 2016) mengemukakan bahwa Lebar *tenon* dan Panjang *tenon* juga berpengaruh terhadap tahanan momen dan kekakuan sendi sambungan.

Keretakan pada sambungan terjadi karena *tenon* terlalu dekat dengan kepala kayu. Gambar 5 menjelaskan bahwa posisi sambungan diturunkan 3 mm agar tidak terlalu dekat dengan kepala kayu sehingga tidak terjadi keretakan. Perubahan desain konstruksi pada kursi *outdoor* tidak mempengaruhi desain produk secara keseluruhan, perubahan desain konstruksi dilakukan dengan tujuan agar masalah *crack* pada konstruksi sambungannya tidak terjadi lagi. Berdasarkan hasil uji impak produk, setelah produk dengan desain konstruksi yang baru dibuat yaitu dengan menurunkan posisi *tenon mortise* 3 mm dari posisi awal maka dapat disimpulkan bahwa perubahan desain konstruksi yang baru dapat menghindari keretakan atau *crack* pada konstruksi sambungannya maupun pada kepala kayu atau komponen.

4. Kesimpulan

Kayu jati yang digunakan sebagai material pada produk kursi *outdoor* memiliki kadar air 12% dengan kerapatan rata 0,68 g/cm³ masuk dalam kayu kelas kuat II yang mana cukup kuat sebagai bahan baku produk furnitur. Dari pengujian keteguhan lentur statis kayu berupa nilai Modulus of Elasticity (MOE) dan Modulus of Rupture (MOR) dari kayu jati diperoleh nilai sebesar 107.108 kg/cm² untuk nilai MOE dan 1.018 kg/cm² untuk nilai MOR. *Crack* yang terjadi pada produk kursi *outdoor* diakibatkan pada kesalahan desain konstruksi produk dan bukan dari kualitas bahan baku produk yang digunakan. Perbaikan desain konstruksi *tenon mortise* yang dilakukan adalah dengan menurunkan posisi lubang *mortise* dan *tenon* 3 mm pada bagian yang terlalu dekat dengan kepala kayu. Perubahan ini selain untuk menghindari terjadinya *ceack* pada produk, juga tidak merubah desain produk secara keseluruhan.

Daftar pustaka

- Basri E, W. I. (2013). Sifat Dasar Kayu Jati Plus Perhutani dari Berbagai Umur dan Kaitannya dengan Sifat dan Kualitas Pengeringan. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 31(2).
- Cai, L., & F., W. (1993). Influence of the stiffness of corner joint on case furniture deflection. *Holz Roh Werkst*, 5.
- Hadjib N, Muslich M, & G., S. (2006). Sifat Fisis dan Mekanis Kayu Jati Super dan Jati Lokal dari Berbagai Daerah Penanaman. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 24(4).
- Haygreen, J. G., & Bowyer, J. L. (1996). *Forest product and wood science: an introduction. Hasil hutan dan ilmu kayu: suatu pengantar. Terjemah Sutjipto A.H.* . Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Hidayati F, Fajrin IT, Ridho MR, Nugroho WD, Marsoem SN, & M, N. i. (2016). Sifat Fisika dan Mekanika Kayu Jati Unggul "Mega" dan Kayu Jati Konvensional yang Ditanam di Hutan Pendidikan Wanagama, Gunungkidul, Yogyakarta. *Jurnal Ilmu Kehutanan*, 10(2).
- Kasal, A., Smardzewski, J., Kuşkun, T., & Erdil, Y. Z. (2016). Numerical analyses of various sizes of mortise and tenon furniture joints. *BioRes*, 11(3), 6836-6853.
- Kılıç, H., Kasal, A., Kuşkun, T., Acar, M., & Erdil, Y. (2018). Effect of tenon size on static front to back loading performance of wooden chairs in comparison with acceptabel design oads. *BioRes*, 13(1), 256-271.
- Martawijaya A, Kartasujana I, Kadir K, & SA, P. (2005). *Atlas Kayu Indonesia Jilid 1* (Vol. 1). Bogor: Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan.
- Perindustrian, K. (2015). *Laporan kinerja kementerian perindustrian*. Jakarta: Biro Perencanaan, Kementerian Perindustrian.
- Sunardianto. (2012). *Teknologi kayu bambu dan serat*. Malang: Fakultas Teknologi Pertanian. Universitas Brawijaya.
- Tankut, A. N., & Tankut, N. (2010). Section modulus or cornet join in furniture frames as engineering design criteria for their efficient construction. *Elsevier Material and Design*, 32.