



Uji pembebanan statik meja kerja kantor dengan konstruksi pen-lubang dan alur-isian

Bahtiar Rahmat,^{1*} Taufik Ramadhan Fitrianto,² Desy Mulyosari,³ Nurhanifah,⁴ Siska Anggiriani,⁵ Anshah Silmi Afifah⁶

^{1,2,3,4,5,6} Program Studi Teknik Produksi Furnitur, Politeknik Industri Furnitur dan Pengolahan Kayu, Kendal, Indonesia

Abstract

An ergonomic work environment requires furniture to be compatible with the dimensions of the user's body in order to avoid musculoskeletal complaints and decreased productivity. A data-driven anthropometric design approach combined with structural simulation is a strategy to ensure both comfort and strength of the product. This study applies the Finite Element Method (FEM) to analyze the strength of a work table with a hole-and-groove construction before mass production. A combination of mahogany and plywood was chosen for cost efficiency, while the strength of the joints between components was the main focus of the evaluation. The simulation process included 3D modeling, material selection, boundary condition determination, loading in accordance with SNI 8781-2019, meshing, and analysis of results. The desk measured 1200×600×750 mm with four fixed support points on the legs. The results showed good structural performance in all tests. Stability and vertical strength tests showed that the stress and displacement were below the elastic limit of the material. Fatigue tests showed a damage level of only 1 percent, while drop tests resulted in a displacement of 1.55 mm without permanent deformation. Overall, the table design was deemed safe, stable, and suitable for production.

Keywords: work desk design, simulation, load test, fatigue test, drop test

Abstrak

Lingkungan kerja ergonomis menuntut kesesuaian furnitur dengan dimensi tubuh pengguna agar terhindar dari keluhan muskuloskeletal dan penurunan produktivitas. Pendekatan desain berbasis data antropometri yang dipadukan dengan simulasi struktural menjadi strategi untuk menjamin kenyamanan sekaligus kekuatan produk. Penelitian ini menerapkan Finite Element Method (FEM) untuk menganalisis kekuatan meja kerja berkonstruksi pen-lubang dan alur isian sebelum diproduksi massal. Kombinasi kayu mahoni dan *plywood* dipilih untuk efisiensi biaya, sementara kekuatan sambungan antar komponen menjadi fokus utama evaluasi. Proses simulasi meliputi pemodelan 3D, pemilihan material, penentuan kondisi batas, pembebanan sesuai SNI 8781-2019, meshing, dan analisis hasil. Meja berdimensi 1200×600×750 mm dengan empat titik tumpu tetap pada kaki meja. Hasil menunjukkan performa struktural yang baik pada seluruh pengujian. Uji kestabilan dan kekuatan vertikal memperlihatkan tegangan serta pergeseran berada di bawah batas elastis material. Uji lelah menunjukkan tingkat kerusakan hanya 1 persen, sedangkan drop test menghasilkan pergeseran 1,55 mm tanpa deformasi permanen. Secara keseluruhan, desain meja dinilai aman, stabil, dan layak diproduksi..

Kata kunci: desain meja kerja, simulasi, uji beban, uji lelah, uji jatuh bebas

1. Pendahuluan

Lingkungan kerja yang sehat, aman, dan mendukung produktivitas sangat dipengaruhi oleh kesesuaian peralatan kerja, termasuk furnitur seperti kursi dan meja. Kursi dan meja yang tidak dirancang sesuai dengan proporsi tubuh pengguna dapat memicu berbagai keluhan fisik, seperti nyeri punggung,

ketegangan leher, dan gangguan peredaran darah (Kautsar & Dewi, 2020). Dalam bekerja, kenyamanan menjadi salah satu faktor utama yang mempengaruhi produktivitas (Saputri et al., 2025). Sebagian besar aktivitas kantor dilakukan dengan posisi statis dalam jangka waktu yang cukup lama, sehingga pemilihan ukuran kursi dan meja kerja yang sesuai menjadi faktor penting yang berperan dalam pembentuk

* Corresponding author e-mail : bahtiar.rahmat@poltek-furnitur.ac.id

lingkungan kerja fisik, dimana mempengaruhi kinerja dan efektivitas aktivitas bekerja di kantor (Kamdhani et al., 2024).

Desain kursi berbasis data antropometri dan simulasi struktural mampu meningkatkan kenyamanan sekaligus menjamin kekuatan dan umur pakai produk (Santoso et al., 2014). Furnitur yang dirancang secara ergonomis dapat secara signifikan mengurangi keluhan nyeri otot dan meningkatkan postur kerja yang sehat (Salim & Darmayanti, 2024).

Di sisi lain, meja kerja yang terlalu tinggi atau tidak sesuai dengan posisi duduk akan mengganggu postur ideal dan meningkatkan beban otot. Sejumlah penelitian menunjukkan pentingnya merancang meja kerja berdasarkan data antropometri untuk mengurangi risiko ergonomi (Bora et al., 2024; Fitrianto et al., 2025). Desain ulang meja kerja pengemasan beras dengan pendekatan antropometri dan metode *Nordic Body Map* mampu menurunkan risiko cedera dan meningkatkan kenyamanan (Herodion et al., 2024).

Produk furnitur akan mengalami berbagai jenis pembebanan selama pemakaian. Penerapan sistem konstruksi yang tidak sesuai pada furnitur kayu berpotensi menimbulkan konsentrasi tegangan terutama pada area dengan kelemahan struktural seperti sambungan. Sambungan kayu tradisional yang sepenuhnya menggunakan material kayu memiliki peran krusial dalam menentukan perilaku mekanis dan kinerja struktural keseluruhan dari konstruksi kayu (Milch et al., 2017).

Sambungan kayu kerap dianggap sebagai elemen paling kritis dalam suatu struktur, karena bagian ini sering menjadi faktor utama yang berkontribusi terhadap penurunan atau kegagalan integritas struktural secara keseluruhan. Berbagai studi menunjukkan bahwa sekitar 80% kasus kegagalan pada struktur kayu terjadi pada area sambungan (Santos et al., 2009).

Pemilihan jenis sambungan dan posisi dari konstruksi yang tepat, mampu memberikan kekuatan sambungan produk yang optimal (Bardak et al., 2017). Hasil pengujian menunjukkan bahwa peningkatan jarak antara posisi pen dan lubang terhadap kepala kayu dapat meningkatkan kekuatan struktural produk furnitur. Pendekatan ini tidak hanya meminimalkan kebutuhan revisi pada rancangan desain, tetapi juga mengurangi upaya yang diperlukan dalam proses peningkatan kekuatan produk secara keseluruhan (Rahmat et al., 2023). Banyak pengujian teknis maupun studi eksperimental terhadap berbagai jenis konstruksi untuk sambungan furnitur yang menunjukkan jika konstruksi pen-lubang merupakan

jenis sambungan yang paling ideal dalam menahan gaya eksternal (Atar et al., 2022; Purwanto et al., 2024; Rahmat, Fitrianto, et al., 2024).

Jenis sambungan alur isian cenderung memiliki kekuatan yang lebih rendah dibandingkan dengan konstruksi pen-lubang, namun, sambungan ini bisa menjadi pilihan alternatif yang bisa dipertimbangkan terutama jika diterapkan pada komponen yang memiliki ukuran yang relatif tipis, komponen dengan bentuk panel, atau komponen dengan bentuk kompleks, dimana konstruksi jenis pen-lubang tidak bisa diterapkan (Rahmat, Widiyanto, et al., 2024).

Perlu dipahami jika pengujian metode eksperimental memerlukan sumber daya, waktu dan biaya yang tidak sedikit, sehingga dewasa ini diperlukan metode baru yang bisa mempersingkat waktu pengerjaan, mengurangi biaya, namun data yang dihasilkan tetap akurat. Salah satu alternatif metode tersebut adalah pengujian simulasi elemen (*finite element method/FEM*). Metode *Finite Element Method* (FEM) merupakan pendekatan numerik yang digunakan untuk menganalisis dan menyelesaikan masalah rekayasa dengan membagi suatu struktur kompleks menjadi elemen-elemen yang lebih kecil dan terdistribusi. Nilai-nilai hasil analisis dari setiap elemen kemudian diintegrasikan untuk memperoleh solusi yang komprehensif terhadap keseluruhan sistem (Yang, 2023). Secara umum, analisis semacam ini memerlukan pendekatan analitis yang didukung oleh teori-teori struktural guna menentukan besaran serta distribusi gaya yang bekerja pada struktur furnitur, termasuk deformasi atau pergeseran yang terjadi pada area sambungan maupun komponen penyusunnya (Tankut & Tankut, 2011). Berdasarkan data standar uji SNI 8781-2019 Furniture – Meja Kerja Kantor didapatkan beberapa uji yang harus diberikan pada sebuah produk meja kerja kantor, diantaranya; uji kestabilan gaya vertikal, uji kekuatan gaya vertikal, uji lelah gaya vertikal, serta uji jatuh bebas (*drop test*) (Standar Nasional Indonesia (SNI), 2019).

Berdasarkan uraian diatas, pengujian pembebanan statis menggunakan metode FEM pada sebuah produk meja kerja kantor yang diberikan konstruksi pen-lubang dan alur-isian akan dilakukan untuk mengetahui kelayakan dari produk tersebut sebelum diproduksi secara massal. Konstruksi pen-lubang diaplikasikan pada rangka kaki utama meja. Jenis konstruksi ini dipilih karena memiliki kemampuan menahan beban eksternal yang paling baik jika dibandingkan dengan jenis konstruksi yang lain, sedangkan konstruksi alur-isian dipasang antara komponen kaki dengan panel, atau sambungan antara

panel dengan panel, dimana jenis konstruksi ini memiliki keunggulan mampu diaplikasikan pada komponen yang memiliki tebal yang terbatas, dimana konstruksi modern seperti *minifix* atau *insert nut-bolt* tidak bisa diterapkan.

2. Metode

Simulasi uji pembebanan statis pada produk meja kerja dilakukan dari tahap pembuatan desain meja kerja, pemilihan jenis material, penentuan kondisi batas (*boundary condition*) saat pengujian, besaran dan arah pembebanan, penentuan ukuran serta toleransi dari mesh, hingga ke tahap pengujian. Hasil dari simulasi uji akan diperoleh data berupa tegangan von mises, pergeseran (*displacement*), regangan (*strain*) dan angka keamanan (*factor of safety/ FOS*).

Desain meja kantor

Sebuah meja kerja kantor telah berhasil dibuat menggunakan software 3D *parametric design* dengan menggunakan material *plywood* untuk beberapa komponen diantaranya; *Top table*, *cover* depan meja serta *cover* sisi kiri dan kanan. Material lain yakni kayu mahoni, digunakan untuk membuat komponen; Kaki meja, palang depan dan belakang meja. Meja yang dibuat memiliki dimensi keseluruhan panjang x lebar x tinggi: 1200mm x 600mm x 750mm. Tabel 1 secara jelas memperlihatkan ukuran detail dari tiap komponen meja, sementara Gambar 1 menunjukkan desain meja kerja kantor yang digunakan sebagai uji simulasi dalam studi ini.

Penentuan material meja kerja kantor

Pemilihan material menjadi tahap krusial yang menentukan performa struktural, serta keberlanjutan produk. Untuk keperluan uji simulasi, material yang digunakan harus mewakili kondisi aktual penggunaan serta memilih karakteristik mekanis yang relevan terhadap beban kerja meja dalam lingkungan kantor. Material yang dipilih untuk uji simulasi adalah kayu mahoni dan papan *plywood*, dimana material ini adalah material sesungguhnya yang akan digunakan dalam produksi meja kerja kantor. Tabel 2 dan Tabel 3 menunjukkan properti material dari kayu mahoni dan *plywood*. Beberapa properti mekanis dari material seperti; modulus elastisitas, *poisson ratio*, *shear modulus*, densitas, *tensile strength*, *compressive & yield strength* diambil dari *material library* pada software uji simulasi. Kondisi kedua material produk diasumsikan dalam kondisi kering siap produksi, dengan kadar air (*moisture content*) antara 12%~14%, Namun pada tabel *material library software*

Solidworks tidak ada kolom khusus untuk memasukkan parameter tersebut.

Penentuan interaksi antar komponen dan kondisi batas meja kerja

Agar memperoleh hasil simulasi numerik yang merepresentasikan kondisi aktual penggunaan meja kerja kantor, penentuan interaksi antar komponen serta kondisi batas (*boundary condition*) menjadi aspek krusial dalam membangun model analisis elemen hingga. Interaksi antar komponen juga disesuaikan dengan kondisi nyata bagaimana meja kerja kantor akan dirakit nantinya. Semua komponen akan direkatkan dengan lem PVAc, sehingga pada penentuan kontak komponen adalah "*bonded*", kemudian ada lagi satu metode interaksi yakni "*component contact- no penetration*" dimana hal ini dimaksudkan interaksi dari bantalan uji beban dengan komponen *top table*.

Selanjutnya kondisi batas yang ditentukan untuk model kali ini adalah, *fixed geometry* pada 4 sisi alas kaki meja. Hal ini merepresentasikan kondisi nyata saat meja diletakkan pada lantai uji yang datar seperti merujuk pada dokumen SNI 8781-2019 tentang meja kantor kayu.

Tabel 1. Detil ukuran tiap komponen meja kerja

No.	Komponen	Ukuran dalam mm (panjang x lebar x tebal)
1	Top Table	1200 x 600 x 18
2	Cover Depan	1110 x 570 x 15
3	Cover Sisi	600 x 440 x 15
4	Kaki Meja	730 x 60 x 25
5	Palang Meja	1140 x 55 x 25

Sumber: Dokumentasi penulis

Tabel 2. Properti mekanis material kayu Mahoni

No.	Nama material	Properti mekanis	Nilai	Satuan
1	Mahoni	Modulus elastisitas	8200	MPa
		<i>Poisson ratio</i>	0,25	-
		<i>Shear modulus</i>	207	MPa
		Densitas	700	Kg/m3
		<i>Tensile strength</i>	57,5	MPa
		<i>Yield strength</i>	32,5	MPa
		<i>Compressive strength</i>	38,25	MPa

Sumber: *Solidworks material library*

Tabel 3. Properti mekanis material *Plywood*

No.	Nama material	Properti mekanis	Nilai	Satuan
1	<i>Plywood</i>	Modulus elastisitas	9440	MPa
		<i>Poisson ratio</i>	0,35	-
		<i>Shear modulus</i>	900	MPa
		Densitas	643	Kg/m3
		<i>Tensile strength</i>	60,46	MPa
		<i>Yield strength</i>	50,03	MPa
		<i>Compressive strength</i>	25,5	MPa

Sumber: *Solidworks material library*



Gambar 1. Desain meja kerja kantor



Gambar 2. Meja kerja kantor setelah proses *meshing*

Penentuan beban gaya luar untuk uji simulasi

Dalam simulasi numerik untuk mengevaluasi kinerja struktural meja kerja, penentuan pembebanan gaya luar merupakan tahapan penting yang menentukan validitas dan relevansi hasil simulasi terhadap kondisi penggunaan nyata. Beban luar yang diterapkan harus merepresentasikan skenario penggunaan umum di lingkungan perkantoran serta mengacu pada standar teknis yang berlaku. Dalam hal ini, untuk besaran dari beban luar yang diterapkan kembali mengacu pada dokumen SNI 8781-2019 tentang meja kantor kayu.

Uji kestabilan gaya vertikal mengaplikasikan gaya luar sebesar 750N pada bantalan beban uji, Uji kekuatan gaya luar vertikal menerapkan gaya sebesar 1000N, untuk pengujian lelah (*fatigue*) gaya luar vertikal diberikan gaya sebesar 400N dengan repetisi gaya sebanyak 10.000 kali siklus pembebanan. dan terakhir untuk uji jatuh bebas (*drop test*) dilakukan pada ketinggian 100mm dengan pengaturan percepatan gravitasi sebesar $9,81\text{m/s}^2$. Desain meja kerja kantor diperlihatkan Gambar 1.

Penentuan *mesh* meja kerja untuk uji simulasi

Proses *meshing* merupakan salah satu tahap penting yang sangat mempengaruhi akurasi dan efisiensi komputasi dalam simulasi numerik. *Mesh* berfungsi untuk membagi model geometri menjadi elemen-elemen kecil agar persamaan numerik dapat diselesaikan secara lokal dan memberikan distribusi tegangan, regangan, serta deformasi secara lebih detail. Studi kali ini menggunakan *mesh* dengan pengaturan; tipe *mesh solid*, *jacobian points*: 4 titik,

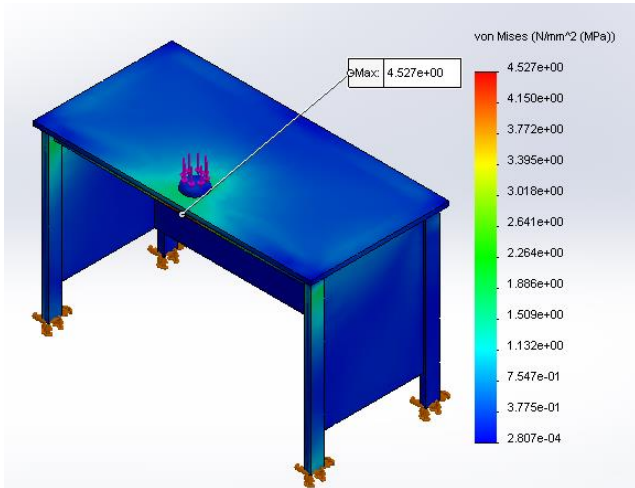
ukuran mesh: 55,97mm dengan toleransi: 1,54mm. Setelah proses *meshing* selesai, diperoleh data *total element*: 9362 dan jumlah *nodes*: 16.199. Selain meningkatkan akurasi prediksi respon struktur meja terhadap beban luar, *meshing* yang tepat mampu Menyediakan detail yang cukup pada area-area kritis seperti sambungan, sudut rangka, dan titik tumpuan serta mengoptimalkan waktu komputasi dengan tetap menjaga efisiensi dan konvergensi solusi. Gambar 2 memperlihatkan meja kerja kantor yang telah melewati proses *meshing*.

3. Hasil dan pembahasan

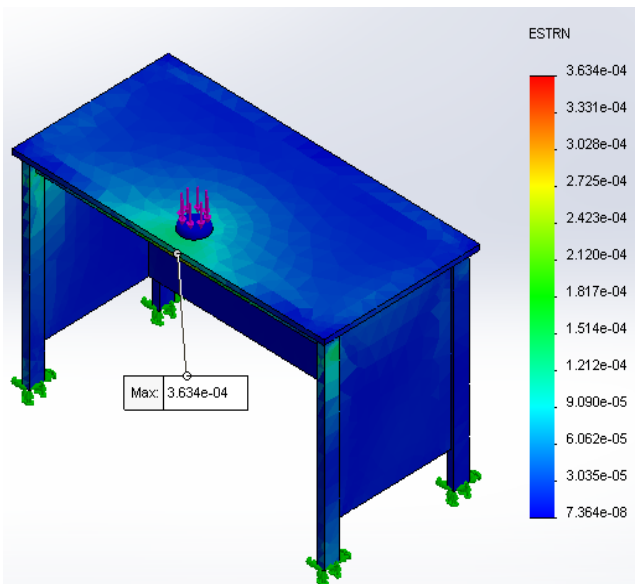
Hasil pengujian kestabilan gaya vertikal

Pengujian simulasi dilakukan untuk mengevaluasi kestabilan struktural meja kerja kantor terhadap pembebanan gaya vertikal. Simulasi ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana respon struktur meja terhadap beban kerja sehari-hari yang berasal dari berat peralatan kantor, tekanan tangan pengguna, dan benda kerja lainnya.

Seperti dijelaskan pada bab sebelumnya, seluruh komponen diatur interaksinya dengan metode *global contact-bonded*, sehingga kondisi ini diharapkan bisa merepresentasikan kondisi sebenarnya. Beban vertikal diterapkan secara terpusat di permukaan bantalan uji, mengacu pada standar beban kerja kantor SNI 8781-2019 tentang Meja kantor kayu. Setelah dilakukan pengujian kestabilan gaya vertikal, diperoleh data sebagai berikut; Tegangan maksimum (*von mises stress*) sebesar 4,527MPa, dengan pergeseran



Gambar 3. Distribusi gaya saat uji kestabilan vertikal



Gambar 4. Titik regangan maksimum saat uji kestabilan vertikal

(*displacement*) komponen tertinggi 0,962mm, *strain* (regangan material) sebesar 0,000363 dan angka keamanan (*factor of safety*) sebesar 7,678.

Hasil simulasi menunjukkan bahwa distribusi tegangan *von mises* tersebar terutama pada titik-titik sambungan antara *top table* dengan rangka kaki atas dan palang serta pada kaki meja bagian bawah. Nilai maksimum tegangan *von mises* sebesar 4,527MPa, dimana nilai masih berada di bawah batas elastis material jika dibandingkan dengan nilai dari tegangan luluh (*yield strength*) sebesar 38,25MPa. Nilai dari tegangan maksimum yang muncul masih jauh di bawah nilai dari tegangan luluh, hal ini mengindikasikan bahwa struktur belum mengalami kegagalan plastis dan masih masuk dalam kategori aman (W. D. Callister & Rethwisch, 2011; Yerlikaya, 2012). Gambar 3 menunjukkan distribusi gaya yang

terjadi pada meja kerja setelah diberikan uji kestabilan arah vertikal.

Pergeseran (*displacement*) tertinggi terjadi pada titik tengah permukaan meja sisi depan, tepatnya di bawah bantalan uji beban sebagai akibat dari beban vertikal yang terpusat. Nilai Pergeseran tertinggi diperoleh sebesar 0,9629mm. Nilai Pergeseran masih dalam batas toleransi deformasi yang diperbolehkan untuk produk meja kerja kantor, dimana jika mengacu pada (Standar Nasional Indonesia (SNI), 2019) mensyaratkan jika meja tidak terguling saat diberikan beban vertikal, hal ini bermakna tidak mengganggu fungsi ergonomis maupun kestabilan meja kerja (Suhartono et al., 2022).

Nilai regangan yang terdistribusi pada struktur meja tetap berada dalam rentang elastis material, dengan konsentrasi tertinggi pada area sambungan (konstruksi), serta titik tengah permukaan meja sisi depan, tepatnya di bawah bantalan uji beban. Nilai regangan maksimum yang muncul sebesar 0,000363. Tidak ditemukan regangan berlebih yang mengindikasikan risiko deformasi permanen (Rescalvo et al., 2024). Nilai regangan yang kecil (<2%) mengindikasikan jika produk dinilai mampu dan cukup kuat untuk menahan gaya luar yang bekerja pada produk tersebut (Hu et al., 2023). Gambar 4 secara jelas menunjukkan distribusi regangan saat uji kestabilan gaya luar vertikal.

Nilai FOS pada sebagian besar area berada di atas 2, dengan nilai terendah masih dalam ambang batas minimum desain aman untuk struktur statis. Semakin tinggi nilai FOS menunjukkan jika semakin aman suatu produk untuk digunakan (Hassan et al., 2014), namun hal ini mengindikasikan pula jika semakin kuat material yang dipakai, namun akan berbanding terbalik dengan kebutuhan biaya produksi yang semakin tinggi pula (Liu et al., 2025). Dari pengujian kestabilan vertikal diperoleh nilai dari FOS minimum sebesar 7,67. Nilai FOS minimum yang tinggi (>2) merefleksikan jika produk sangat aman digunakan (Silva et al., 2025).

Hasil uji kekuatan terhadap gaya luar vertikal

Pengujian kekuatan terhadap gaya luar vertikal dilakukan untuk mengevaluasi kemampuan struktural meja kerja kantor dalam menahan beban kerja yang bekerja secara tegak lurus terhadap permukaan meja. Beban ini mensimulasikan kondisi penggunaan nyata di lingkungan kantor, seperti beban dari komputer, dokumen, tangan pengguna, maupun beban terpusat akibat benda berat yang diletakkan di atas meja.

Seluruh komponen diset interaksinya dengan metode *global contact-bonded*, sehingga kondisi ini

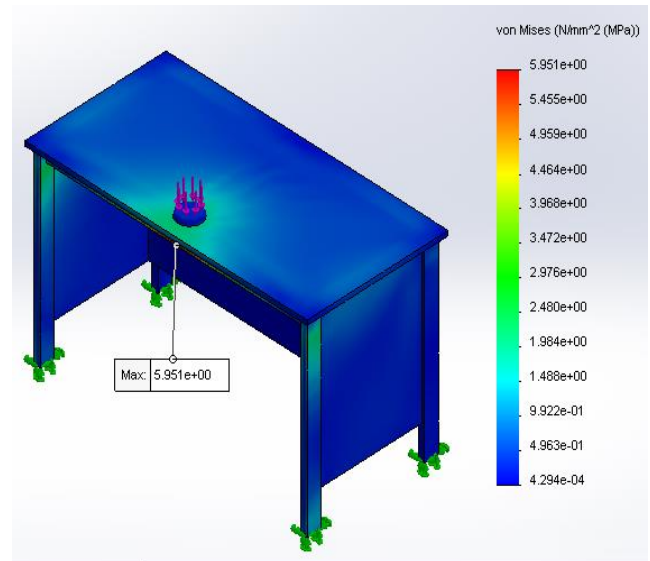
diharapkan bisa mewakili kondisi nyata pada lantai uji. Beban vertikal diterapkan secara terpusat di permukaan bantalan uji sebesar 1000N, mengacu pada standar beban kerja kantor SNI 8781-2019 tentang Meja kantor kayu. Setelah dilakukan pengujian kekuatan gaya vertikal, diperoleh data sebagai berikut; Tegangan maksimum (*von mises stress*) sebesar 5,951MPa, dengan pergeseran (*displacement*) komponen tertinggi 1,271mm, *strain* (regangan material) sebesar 0,000482 dan angka keamanan (*factor of safety*) sebesar 8,407. Gambar 5 menunjukkan distribusi tegangan maksimum saat uji kekuatan gaya luar vertikal.

Hasil simulasi menunjukkan bahwa tegangan tertinggi terjadi di area sambungan antara *top table* dan palang serta di kaki meja bagian bawah. Tegangan maksimum yang terjadi berada di bawah batas luluh (*yield strength*) material, yakni sebesar 5,951MPa sehingga struktur masih bekerja dalam zona elastis (W. D. J. Callister, 2007).

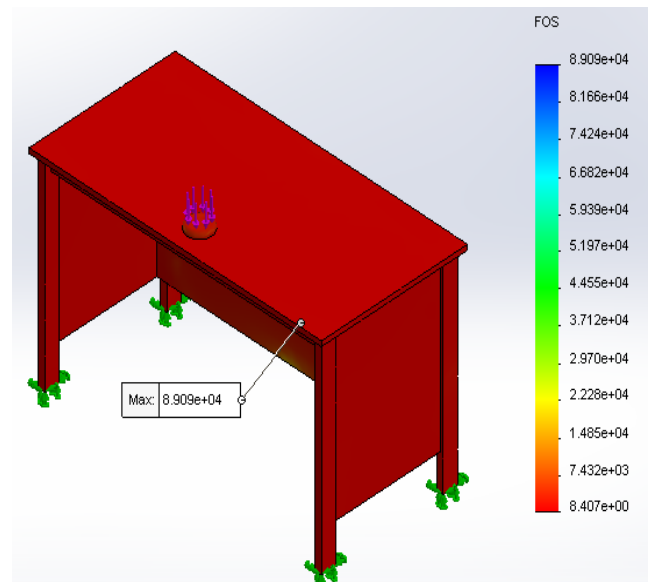
Titik pergeseran (*displacement*) terbesar terletak pada bagian tengah permukaan depan meja, tepat di bawah area penempatan bantalan uji beban, akibat dari penerapan beban vertikal yang terfokus. Nilai pergeseran maksimum tercatat sebesar 1,271mm. Nilai ini masih berada dalam batas *displacement* yang diizinkan untuk kategori meja kerja kantor. Mengacu pada Standar Nasional Indonesia (Standar Nasional Indonesia (SNI), 2019), selama meja tidak terguling saat diberi beban vertikal, maka kestabilan serta fungsi ergonomisnya tetap dianggap terpenuhi (Zuhri & Hasya, 2022).

Nilai regangan tertinggi terjadi pada sambungan struktural, namun masih dalam batas elastis material. Tidak ditemukan regangan yang melampaui batas elastisitas, yang berarti tidak ada deformasi permanen. Distribusi regangan pada struktur meja menunjukkan bahwa seluruh nilai masih berada dalam batas elastisitas material. Konsentrasi regangan tertinggi terdeteksi pada area sambungan serta di bagian tengah permukaan depan meja, tepat di bawah titik pembebanan. Nilai regangan maksimum tercatat sebesar 0,000482. Regangan yang relatif kecil (<2%) ini menunjukkan bahwa produk memiliki kemampuan dan kekuatan yang memadai dalam menahan gaya luar yang bekerja padanya (Hu et al., 2023). Gambar 6 memperlihatkan distribusi angka keamanan saat uji kekuatan gaya luar vertikal.

Nilai FOS yang diperoleh menunjukkan bahwa desain meja memiliki margin keamanan yang cukup untuk menahan gaya luar vertikal. Hasil pengujian kekuatan terhadap gaya vertikal menunjukkan bahwa nilai minimum Faktor Keamanan (FOS) adalah



Gambar 5. Distribusi tegangan maksimum saat uji kekuatan vertikal



Gambar 6. Distribusi angka keamanan saat uji kekuatan vertikal

sebesar 8,4. Nilai FOS yang tinggi (>2) ini mengindikasikan bahwa produk memiliki tingkat keamanan yang sangat baik dan layak digunakan (Hassan et al., 2014).

Hasil uji lelah terhadap gaya luar vertikal

Uji lelah (*fatigue test*) dilakukan untuk mengevaluasi ketahanan struktural meja kerja kantor terhadap beban berulang (*cyclic loading*) dalam arah vertikal. Pengujian ini bertujuan untuk mensimulasikan kondisi penggunaan nyata yang bersifat dinamis, di mana meja mengalami pembebanan berulang dalam jangka waktu panjang akibat aktivitas harian seperti mengetik, meletakkan

barang, atau tekanan dari tangan pengguna. Interaksi metode *global contact-bonded* diterapkan pada seluruh komponen, sehingga kondisi ini diharapkan bisa mewakili kondisi sebenarnya.

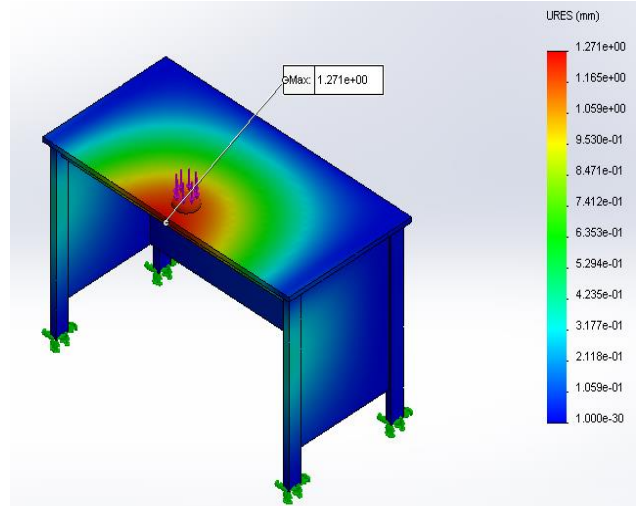
Tujuan dari uji lelah ini adalah untuk mengetahui seberapa persentase kerusakan yang ditimbulkan akibat pembebanan berulang. Aplikasi beban sebesar 400N dengan siklus berulang sebanyak 10.000 kali diterapkan pada uji simulasi meja kantor sesuai dengan standar beban kerja kantor SNI 8781-2019 tentang Meja kantor kayu. Gambar 7 memperlihatkan distribusi pergeseran maksimum saat uji lelah (*fatigue*).

Hasil simulasi menunjukkan bahwa daerah yang paling terpengaruh oleh beban berulang adalah sambungan antara *top table* dengan palang meja bagian tengah, *top table* dengan kaki meja atas serta kaki meja bagian bawah. Tegangan yang muncul bersifat fluktuatif, namun tetap berada di bawah batas kelelahan (*fatigue limit*) dari material penyusun komponen meja kerja (Lesiuk et al., 2024). Nilai maksimum tegangan *von mises* sebesar 2,267MPa, dimana nilai masih berada di bawah batas elastis material jika dibandingkan dengan nilai dari tegangan luluh sebesar 38,25MPa.

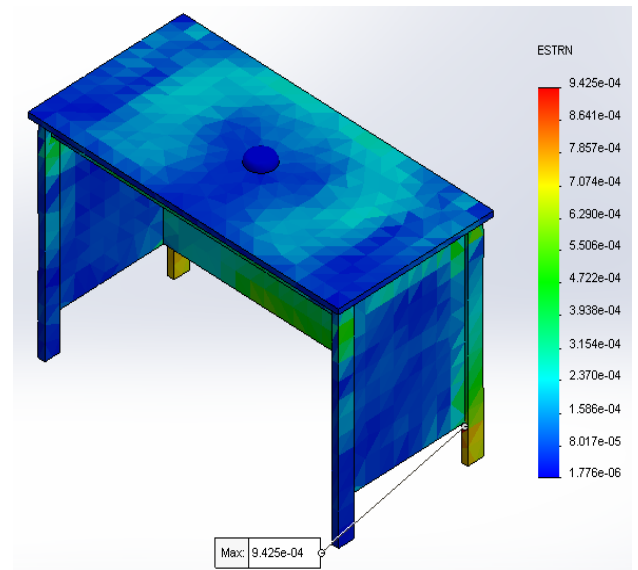
Setelah dilakukan uji lelah gaya vertikal, selain diperoleh tegangan maksimum, data lain seperti pergeseran (*displacement*) komponen tertinggi 0,022mm, *strain* (regangan material) sebesar 0,00000789 serta persentase kerusakan hanya sebesar 1% juga didapatkan. Berdasarkan hasil simulasi uji lelah juga diperoleh data estimasi umur lelah >1.000.000 kali siklus, yang bermakna jika produk mampu bertahan lebih dari 5 tahun penggunaan (Nečemer et al., 2025).

Hasil pengujian jatuh bebas (*drop test*)

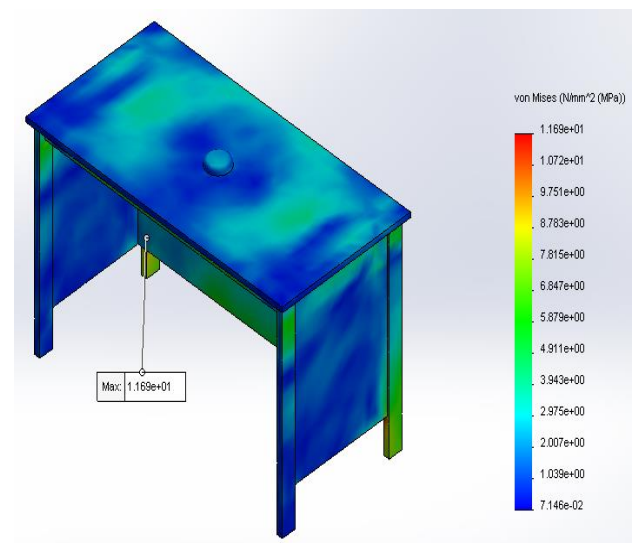
Uji jatuh bebas (*drop test*) merupakan simulasi yang dilakukan untuk mengevaluasi ketahanan struktural dan integritas fisik meja kerja kantor terhadap kejadian tak terduga, seperti terjatuh saat pengangkutan, pemasangan, atau pemindahan. Uji ini menjadi penting untuk memastikan bahwa produk tetap aman, utuh, dan berfungsi setelah mengalami benturan vertikal akibat gaya gravitasi. *Drop test* berfungsi untuk menilai respons struktur meja terhadap benturan tiba-tiba akibat jatuh dari ketinggian tertentu. Selanjutnya, *drop test* juga mampu mengidentifikasi kemungkinan kerusakan pada komponen kritis seperti sambungan, rangka, dan permukaan meja. Selain itu, manfaat dari *drop test* adalah untuk mengevaluasi apakah struktur masih memenuhi fungsi dan kestabilan pasca-insiden.



Gambar 7. Distribusi pergeseran maksimum akibat uji lelah



Gambar 8. Distribusi regangan akibat uji jatuh bebas



Gambar 9. Distribusi tegangan maksimum akibat uji jatuh bebas

Seperti dijelaskan pada bab sebelumnya, seluruh komponen diatur interaksinya dengan metode *global contact-bonded*, sehingga kondisi ini diharapkan bisa menggambarkan kondisi sebenarnya. Gambar 8 menunjukkan distribusi regangan material meja kerja kantor saat uji jatuh bebas (*drop test*).

Ketinggian 100mm diterapkan pada simulasi *drop test* produk meja kerja kantor sesuai dengan standar beban kerja kantor SNI 8781-2019 tentang Meja kantor kayu. Setelah dilakukan *drop test*, diperoleh data sebagai berikut; Tegangan maksimum (*von mises stress*) sebesar 11,69MPa, dengan pergeseran (*displacement*) komponen tertinggi 1,55mm, *strain* (regangan material) sebesar 0,0009425. Gambar 9 menunjukkan titik tegangan maksimum meja kerja kantor setelah uji jatuh bebas.

Uji jatuh bebas (*drop test*) menjadi salah satu parameter layak atau tidaknya suatu produk untuk digunakan, karena pada kondisi nyata, kemungkinan suatu produk untuk terbentur atau terjatuh dari ketinggian tertentu sangat memungkinkan (W. D. Callister & Rethwisch, 2011; Hibbeler & Fan, 2011). Pola distribusi tegangan maksimum yang muncul berbeda dibandingkan dengan uji gaya vertikal maupun horisontal. Jika pada pengujian sebelumnya, konsentrasi tegangan muncul pada palang dan komponen *top table*. Pada uji jatuh bebas kali ini, konsentrasi tegangan tertinggi terjadi pada komponen kaki dan sambungan antara kaki dengan *cover* depan. Karena pada uji jatuh bebas, komponen kaki adalah yang pertama kali kontak dengan lantai uji, sehingga kaki meja secara langsung akan mereaksikan gaya *impact* yang diterima. Pada kasus pengujian jatuh bebas meja kerja kantor, gaya yang diterima kaki, akan diteruskan pada komponen-komponen yang berinteraksi secara langsung. Komponen *cover* yang disambung dengan kaki meja menggunakan konstruksi alur-isian, memiliki luas penampang yang kecil jika dibandingkan dengan konstruksi pada komponen lain, yang berakibat pada munculnya konsentrasi tegangan pada komponen ini (Atar et al., 2022; Slater, 2006).

Hasil distribusi tegangan akibat uji jatuh bebas menunjukkan konsentrasi tegangan maksimum yang terukur mencapai 11,69MPa, terjadi pada bagian konstruksi alur-isian antara *cover* depan dengan kaki depan. Meski tegangan yang muncul cukup besar, namun nilai ini tetap masih berada di bawah batas luluh material. Hal ini mengindikasikan bahwa struktur meja tidak mengalami kegagalan akibat uji jatuh bebas (*drop test*) (Tempelman et al., 2012).

Pergeseran (*displacement*) terbesar terjadi pada bagian tengah *top table*, tepat di bawah bantalan beban uji penyeimbang, dengan nilai sebesar 1,55

mm. Nilai ini masih berada dalam batas toleransi yang aman dan tidak menyebabkan retakan ataupun patahan pada komponen meja, yang menunjukkan bahwa struktur meja memiliki kekakuan lateral yang memadai untuk menahan gaya kejut (*impact*) yang muncul akibat *drop test* (Tempelman et al., 2012).

Regangan maksimum tercatat sebesar 0,0009425 dan terlokalisasi pada area sambungan *cover* depan serta bagian kaki depan meja. Seluruh nilai regangan yang terdeteksi masih dalam batas elastis material (<2%), menandakan bahwa tidak terjadi deformasi permanen dan struktur mampu kembali ke bentuk semula setelah pembebanan (Sciomenta et al., 2025).

Berdasarkan serangkaian hasil uji simulasi di atas, hasil yang positif tercermin dari nilai uji kestabilan arah vertikal dan uji kekuatan arah vertikal yang mengalami tegangan *von mises* di bawah tegangan luluh, uji lelah dan uji jatuh bebas juga menunjukkan tren yang positif dimana estimasi umur lelah >1.000.000 kali siklus dan tegangan maksimum uji jatuh bebas yang juga jauh dari tegangan luluh material. Hasil ini didukung oleh beberapa temuan eksperimental uji kekuatan material kayu mahoni, dimana batas kekuatan luluh mahoni sebesar 50,03 MPa (Karnasudirdja, 1985; Slamet et al, 2023), dan serangkaian uji simulasi menghasilkan tegangan maksimal yang jauh dibawah batas tegangan luluh material itu sendiri.

4. Kesimpulan

Setelah dilakukan serangkaian pengujian simulasi pada meja kerja kantor seperti; uji kestabilan arah vertikal, uji kekuatan arah vertikal, uji lelah (*fatigue test*), serta uji jatuh bebas (*drop test*) dapat disimpulkan jika tegang

an maksimum yang muncul, besaran pergeseran dan regangan material seluruhnya masih dalam kisar nilai batas aman luluh (*yielding*) dari material meja kantor. Berdasarkan empat skema simulasi uji beban juga berhasil menorehkan angka keamanan (*factor of safety*) dengan nilai lebih dari 2 dimana angka ini mengindikasikan jika produk meja kerja kantor sangat aman digunakan bahkan dalam penggunaan jangka panjang. Pengurangan dimensi material juga bisa menjadi alternatif untuk menekan biaya produksi, mengingat, syarat angka kewanaman produk hanya lebih dari satu (>1).

Beberapa rekomendasi sangat disarankan untuk meningkatkan optimasi produk kedepan diantaranya; melakukan penguatan atau redesain sambungan alur-isian antara kaki dan *cover* depan, mengingat area ini

menjadi titik konsentrasi tegangan tertinggi pada uji jatuh bebas. Pengujian eksperimental destruktif tetap diperlukan untuk memvalidasi hasil simulasi dan memastikan performa nyata produk meja kerja kantor.

Daftar pustaka

- Atar, M., Gode, F., Kucuktuvek, M., Akan, A. E., Ormecioglu, H. T., & Keskin, H. (2022). Tensile Performance of Traditional and Modern Corner Joints in Wooden Structures. *Drvna Industrija*, 73(1), 69–80. <https://doi.org/10.5552/drind.2022.2106>
- Bardak, T., Tankut, A. N., Tankut, N., Aydemir, D., & Sozen, E. (2017). The bending and tension strength of furniture joints bonded with polyvinyl acetate nanocomposites. *Maderas. Ciencia y tecnología*, 19(1), 51–62. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-221X2017005000005>
- Bora, M.A., Herman, Hanafie, A., Andriani, M., Zen, Z.H. (2024). *Meningkatkan Kenyamanan dan Produktivitas Pengguna*. Get Press Indonesia. https://www.researchgate.net/profile/M-Bora/publication/388398370_DESAIN_PRODUK_ERGONOMI_MENINGKATKAN_KENYAMANAN_DAN_PRODUKTIVITAS_PENGGUNA/links/6796574e207c0c20fa5c52a1/DESAIN-PRODUK-ERGONOMI-MENINGKATKAN-KENYAMANAN-DAN-PRODUKTIVITAS-PENGGUNA.pdf
- Callister, W. D. J. (2007). Materials Science and Engineering; An Introduction. In *John Wiley & Sons, Inc.* (7th ed., Vol. 26, Issue 14). John Wiley & Sons, Inc. <https://doi.org/10.1007/BF01184995>
- Callister, W. D., & Rethwisch, D. G. (2011). *Fundamentals of Materials Science and Engineering: An Integrated Approach, 4th Edition: An Integrated Approach*. Wiley. <https://books.google.co.id/books?id=8fgbAAAAQBAJ>
- Fitrianto, T. R., Prakoso, G., Nugroho, A. R., Afifah, A. S., Anggiri, S., & Widiastuti, R. (2025). Redesain Kursi Kerja Pegawai berdasar Antropometri Pengguna Guna Meningkatkan Kenyamanan dan Produktivitas. *Integrasi: Jurnal Ilmiah Teknik Industri*, 10(2), 106–116. <https://doi.org/10.32502/integrasi.v10i2.434>
- Hassan, R., Ibrahim, A., Ahmad, Z., & Nizam Shakimon, M. (2014). *Factor of Safety for Dowelled-Double Shear Kempas and Kapur Connections BT - InCIEC 2013* (R. Hassan, M. Yusoff, Z. Ismail, N. M. Amin, & M. A. Fadzil (eds.); pp. 61–73). Springer Singapore.
- Herodion, P., Salmia, L. A., & Sari, S. A. (2024). Perancangan Prototipe Meja Kerja Pengemasan Beras dengan Pendekatan Ergonomi pada UD Loh Jinawi. *Jurnal Valtech*, 7(1), 225–233. <https://doi.org/10.36040/valtech.v7i1.9307>
- Hibbeler, R. C., & Fan, S. (2011). *Mechanics of materials (8th edition in SI units)*. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:133872788>
- Hu, W., Luo, M., Liu, Y., Xu, W., & Caglar Konukcu, A. (2023). Experimental and numerical studies on the mechanical properties and behaviors of a novel wood dowel reinforced dovetail joint. *Engineering Failure Analysis*, 152, 107440. <https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2023.107440>
- Kamdhani, K. E., Kusumarini, Y., & Suprobo, F. P. (2024). Perancangan set furniture ergonomis aktivitas kerja kantor. *Productum: Jurnal Desain Produk (Pengetahuan dan Perancangan Produk)*, 7(2), 145–154. <https://doi.org/10.24821/productum.v7i2.5541>
- Karnasudirdja, S. (1985). Variabilitas Kekuatan Kayu pada Pohon Mahoni. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, Vol 2, No 1 (1985): *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 4–9. <http://ejournal.fordamof.org/ejournal-litbang/index.php/JPHH/article/view/3114/2232>
- Kautsar, A., & Dewi, R. (2020). Assessment of Work Chair Ergonomics Using REBA Method in Non-Process Departments. *Journal of Industrial Engineering*, 15(2), 104–115.
- Lesiuk, G., Junik, K., Duda, S., Socha, T., Kula, K., Denisiewicz, A., Medyński, D., Macek, W., & Correia, J. (2024). Prediction of the fatigue lifetime of PUR structural elements using a combined experimental-numerical approach. *Structures*, 59, 105822. <https://doi.org/10.1016/j.istruc.2023.105822>
- Liu, W., Md Ishak, S. M., & Yahaya, M. F. (2025). Sustainable furniture rental that enhances the furniture experience of young migrants: A literature review. *Heliyon*, 11(2), e41968. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2025.e41968>
- Milch, J., Tippner, J., Brabec, M., Sebera, V., Kunecký, J., Kloiber, M., & Hasníková, H. (2017). Experimental testing and theoretical prediction of traditional dowel-type connections in tension parallel to grain. *Engineering Structures*, 152, 180–187. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2017.08.067>
- Nečemer, B., Fakin, J., Glodež, S., Šraml, M., Klemenc, J., & Fajdiga, G. (2025). Bending quasi-static and fatigue behaviour of Norway spruce wood using experimental approach and FEM analysis. *Case Studies in Construction Materials*, 22, e04734. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.cscm.2025.e04734>
- Purwanto, A. A., Rahmat, B., Widiyanto, W., Wijayanto, A., Muhamad, S., Mulyosari, D., & Nurmadina, N. (2024). Pengaruh Jenis Konstruksi Klasik dan Modern terhadap Kekuatan Produk Berbasis Kayu. *Jurnal Tengawang*, 14(1), 10–22. <https://jurnal.untan.ac.id/index.php/tengawang/article/view/75399>
- Rahmat, B., Fitrianto, T. R., Ulfia, Y. N., & Prakoso, G. (2024). Analisis Simulasi Pembebanan Statis terhadap Sambungan Dowel pada Produk Curved Feet Stool. *Jurnal Ilmiah Desain Dan Konstruksi*, 23(2), 179–189. <http://dx.doi.org/10.35760/dk.2024.v23i2.11820>
- Rahmat, B., Mulyosari, D., Purwanto, A. A., & Widiyanto, W. (2023). Pengaruh Posisi Sambungan Konstruksi Kayu Terhadap Dedain Produk Mebel Berbahan Dasar Kayu. *Jurnal Kreatif: Desain Produk Industri Dan Arsitektur*, 11(1), 8. <https://doi.org/10.46964/jkdpia.v11i1.336>
- Rahmat, B., Widiyanto, W., Purwanto, A. A., Wijayanto, A., Muhamad, S., Mulyosari, D., & Nurmadina, N. (2024). Studi Eksperimental Uji Kekuatan Sambungan Klasik dan Sambungan Modern pada Produk Furnitur. *JIE (Journal of Industrial Engineering): Scientific Journal on Research and Application of Industrial System*, 09(1), 1–13. <http://ejournal.president.ac.id/presunivojs/index.php/journalofIndustrialEngineerin/index>
- Rescalvo, F. J., Portela, M., Cruz, C., Bravo, R., & Lorenzana, J. A. (2024). Relationship between the acoustic emission and the strain field in finger joints of engineered wood products for construction. *Engineering Failure Analysis*, 162, 108411. <https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2024.108411>
- Salim, A. D., & Darmayanti, T. E. (2024). Pengaruh Ergonomi Meja dan Kursi Terhadap Tingkat Produktivitas dan Kenyamanan Pengunjung di Arah Coffee Bandung. *REKAJIVA Jurnal Desain Interior*, 2(1), 50–69.
- Santos, C. L., De Jesus, A. M. P., Morais, J. J. L., & Lousada, J. L. P. C. (2009). Quasi-static mechanical behaviour of a

- double-shear single dowel wood connection. *Construction and Building Materials*, 23(1), 171–182. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2008.01.005>
- Santoso, A., Anna, B., & Purbasari, A. (2014). Perancangan Ulang Kursi Antropometri Untuk Memenuhi Standar Pengukuran. *Profisiensi*, 2(2).
- Saputri, H. P., Kusumarini, Y., & Kayogi, D. T. (2025). Perancangan produk pet furniture untuk home office dengan pendekatan sustainable design. 8(1).
- Sciomenta, M., Tamagnone, G., Gioiella, L., Micozzi, F., Zona, A., Dall'Asta, A., & Fragiacomio, M. (2025). Experimental testing of school furniture designed with life-saving functions in case of earthquakes. *Engineering Structures*, 336, 120389. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2025.120389>
- Silva, E. C., Concha-Opazo, N., Morales-Gutiérrez, F., Piceros-Henríquez, D., Soza-Gallo, R., Castellucci, H. I., Arezes, P., Molenbroek, J. F. M., Viviani, C., & Dianat, I. (2025). Evaluating a novel maximum desk height equation: Integrating biomechanical safety and anthropometric fit in educational furniture design. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 107, 103756. <https://doi.org/10.1016/j.ergon.2025.103756>
- Slamet, S., Santoso, B., & Qomaruddin, Q. (2023). Karakterisasi sifat fisis, mekanis dan redaman akustik kayu lokal sebagai bahan alat musik. *Journal of Mechanical Design and Testing*, 5(2), 101-107. <https://doi.org/10.22146/jmdt.74965>
- Slater, L. (2006). Tongue and Groove. *The Iowa Review*, 36(1), 16–26. <http://www.jstor.org/stable/20152116>
- Standar Nasional Indonesia (SNI). (2019). *SNI 8781-2019: Furnitur – Meja kerja kantor*. <https://akses-sni.bsn.go.id/viewsni/baca/10249>
- Suhartono, R., Suhendar, E., & Wibisono, D. (2022). Analisis Dan Desain Meja Kerja Menggunakan Macroergonomic Analysis And Design Pada PT. Control Systems Para Nusa. *Jurnal Teknologi Dan Manajemen*, 20(2), 81–88. <https://doi.org/10.52330/jtm.v20i2.39>
- Tankut, A. N., & Tankut, N. (2011). Section modulus of corner joints in furniture frames as engineering design criteria for their efficient construction. *Materials & Design*, 32(4), 2391–2395. <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2010.10.027>
- Tempelman, E., Dwaikat, M. M. S., & Spítas, C. (2012). Experimental and Analytical Study of Free-Fall Drop Impact Testing of Portable Products. *Experimental Mechanics*, 52(9), 1385–1395. <https://doi.org/10.1007/s11340-011-9584-y>
- Yang, S.-L. (2023). *The Finite Element Approach* (pp. 7–21). http://dx.doi.org/10.1007/978-981-99-1425-8_2
- Yerlikaya, N. Ç. (2012). Effects of glass-fiber composite, dowel, and minifix fasteners on the failure load of corner joints in particleboard case-type furniture. *Materials and Design*, 39, 63–71. <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2012.02.024>
- Zuhri, S., & Hasya, A. H. (2022). Desain Meja Kerja Multi Fungsi Sebagai Penunjang Kualitas Kerja. *Jurnal ENVIROTEK*, 14(1), 19–25. <https://media.neliti.com/media/publications/160335-ID-kualitas-kerja-kelompok-penyelenggara-pe.pdf>
