

JURNAL PROMOTIF PREVENTIF

Pengembangan Ergonomi Kursi Belajar Berbasis Desain dan Simulasi Elemen Hingga

Development of an Ergonomic Study Chair Based on Design and Finite Element Simulation

Mochammad Avrieza Havies Aravy*, Leonardo Paksi Sukoco,
Nurrahim Hasan Al Banna, Muhamad Burhanudin Rosyid, Helmi Wibowo
Teknologi Rekayasa Otomotif, Politeknik Keselamatan Transportasi Jalan, Tegal, Indonesia

Article Info

Article History

Received: 21 Nov 2025

Revised: 03 Des 2025

Accepted: 10 Des 2025

ABSTRACT / ABSTRAK

Improperly designed study chairs can cause discomfort and increase the risk of musculoskeletal disorders (MSDs) in users. This study aims to develop an ergonomic study chair design that is structurally safe and stable through CAD modeling and Finite Element Method (FEM) simulation. The research materials included secondary anthropometric data of Indonesian students aged 18-25 years from the National Anthropometric Database (n=1,500) as the basis for determining chair dimensions, mechanical properties of aluminum alloy 6061-T6, and ergonomic standards from SNI 9011:2021 and ISO 9241-5. The geometric model was developed using SolidWorks 2022, while static load analysis of 600 N was performed using SolidWorks Simulation Static. Evaluation parameters consisted of von Mises stress, equivalent strain, total deformation, and factor of safety. The simulation results showed a maximum stress of 126.8 MPa (46% of yield strength), which remained below the material's yield strength, strain values within the elastic range, and a total deformation of 7.77 mm, which is considered acceptable for lightweight chair structures. The minimum factor of safety of 2.17 indicates that the chair design operates within a safe structural margin for daily use. From a health perspective, this design has the potential to reduce MSDs risk through anthropometric compatibility that maintains the natural lumbar curve and controlled flexibility that supports blood circulation during prolonged learning activities. This study concludes that the redesigned chair meets structural feasibility requirements and has the potential to contribute significantly to the prevention of musculoskeletal complaints in higher education environments.

Keywords: *Ergonomics, study chair design, finite element method, static simulation, musculoskeletal disorders*

Kursi belajar yang tidak sesuai prinsip ergonomi dapat menimbulkan ketidaknyamanan dan meningkatkan risiko *musculoskeletal disorders* (MSDs) pada pengguna. Penelitian ini bertujuan menghasilkan desain kursi belajar ergonomis yang aman dan stabil secara struktural melalui pemodelan CAD dan simulasi *Finite Element Method* (FEM). Bahan penelitian meliputi data sekunder antropometri mahasiswa Indonesia usia 18-25 tahun dari Database Antropometri Nasional (n=1.500) sebagai dasar penentuan dimensi kursi, data sifat mekanik material aluminum alloy 6061-T6, serta standar ergonomi SNI 9011:2021 dan ISO 9241-5. Pemodelan geometri dilakukan menggunakan *SolidWorks* 2022, sedangkan analisis pembebanan statis sebesar 600 N menggunakan *SolidWorks Simulation Static*. Parameter evaluasi meliputi tegangan von Mises, regangan ekuivalen, deformasi total, dan faktor keamanan. Hasil simulasi menunjukkan tegangan maksimum 126,8 MPa (46% tegangan luluh) yang masih berada di bawah tegangan luluh material, regangan yang tetap berada pada rentang elastis, serta deformasi 7,77 mm yang masih dapat diterima untuk struktur kursi ringan. Nilai faktor keamanan minimum 2,17 mengindikasikan bahwa desain kursi berada dalam batas aman untuk penggunaan sehari-hari. Dari perspektif kesehatan, desain ini berpotensi mengurangi risiko MSDs melalui kesesuaian antropometri yang mempertahankan kurva lumbar alami dan fleksibilitas terkontrol yang mendukung sirkulasi darah selama aktivitas belajar berkepanjangan. Penelitian ini menyimpulkan bahwa desain kursi hasil *redesign* memenuhi kelayakan struktural dan berpotensi memberikan kontribusi signifikan dalam upaya pencegahan keluhan muskuloskeletal di lingkungan pendidikan tinggi.

Kata kunci: *Ergonomi, desain kursi belajar, finite element method, simulasi statis, musculoskeletal disorders*

Corresponding Author:

Name : Mochammad Avrieza Havies Aravy
Affiliate : Teknologi Rekayasa Otomotif, Politeknik Keselamatan Transportasi Jalan
Address : Jl. Abdul Syukur No.17, Kota Tegal
Email : haviesavrieza@gmail.com

PENDAHULUAN

Kursi belajar merupakan fasilitas yang memengaruhi kenyamanan, keselamatan, dan performa pengguna dalam proses pembelajaran. Desain kursi yang tidak sesuai dengan prinsip ergonomi terbukti menyebabkan postur duduk tidak netral, ketegangan otot berlebih, serta peningkatan risiko *musculoskeletal disorders* (MSDs) (Hutabarat et al., 2023). Kurangnya kesesuaian antara dimensi kursi dan antropometri pengguna sering muncul sebagai faktor pemicu keluhan pada tulang belakang, leher, bahu, dan ekstremitas bawah, terutama pada aktivitas belajar jangka panjang (Helmy Almaz, 2022). Kondisi ini menunjukkan bahwa perancangan kursi belajar perlu memenuhi standar ergonomi dan pertimbangan biomekanik untuk menjaga kesehatan pengguna dalam jangka Panjang (Matthew Barrett, 2019).

Berbagai penelitian terkini mengungkapkan tingginya risiko keluhan muskuloskeletal akibat penggunaan kursi dan *workstation* yang tidak ergonomis. Studi tentang ergonomi kursi mencatat bahwa mahasiswa yang menggunakan kursi tidak ergonomis memiliki peluang lebih besar mengalami nyeri punggung dan ketegangan otot akibat postur duduk yang buruk (Raning et al., 2025). Hasil serupa ditemukan dalam evaluasi ergonomi pada desain *workstation* laboratorium, yang menunjukkan perlunya *redesign* berbasis antropometri untuk mengurangi beban biomekanik (Amaliah, 2025). Selain itu, penelitian pada industri skala kecil juga menegaskan bahwa fasilitas duduk yang tidak sesuai antropometri memperburuk risiko MSDs pada pekerja (Suryadi & Rachmawati, 2020). Fakta ini menunjukkan urgensi pengembangan kursi belajar yang lebih ergonomis dan selaras dengan kebutuhan pengguna, khususnya dalam konteks pendidikan tinggi di Indonesia.

Meskipun sejumlah penelitian telah mengevaluasi kesesuaian kursi berdasarkan antropometri dan analisis postur kerja, sebagian besar masih bersifat observasional dan belum mengintegrasikan validasi struktural. Keterbatasan ini menyebabkan desain kursi yang dihasilkan tidak dapat dipastikan keamanan dan stabilitasnya dalam menahan beban penggunaan nyata. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan yang tidak hanya mempertimbangkan kenyamanan ergonomis, tetapi juga memvalidasi kelayakan struktural desain.

Menanggapi permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan mengembangkan kursi belajar ergonomis berbasis desain dan simulasi elemen hingga untuk meningkatkan kenyamanan dan keamanan struktural. Pendekatan ini dilakukan dengan mengintegrasikan data antropometri mahasiswa Indonesia, pemodelan geometri tiga dimensi, serta simulasi berbasis *Finite Element Method* (FEM) untuk mengevaluasi distribusi tegangan, deformasi, dan faktor keamanan di bawah beban statis (Sukoco et al., 2025). Metode ini memungkinkan proses validasi desain yang lebih akurat dan komprehensif dibandingkan pendekatan observasional murni (Zienkiewicz, 2005) (Fathurrohman, 2023).

Penelitian ini dirancang dengan mengacu pada standar ergonomi SNI 9011:2021 (BSN, 2021) dan ISO 9241-5 (ISO, 2024) untuk memastikan bahwa dimensi dan konfigurasi kursi sesuai dengan persyaratan postur duduk yang sehat dan aman. Integrasi analisis ergonomi dan simulasi numerik diharapkan memberikan gambaran menyeluruh terkait kenyamanan, kekuatan struktural, dan keselamatan penggunaan kursi dalam konteks akademik.

Berdasarkan penelitian terdahulu yang sebagian besar hanya menilai kesesuaian kursi berdasarkan antropometri atau postur kerja tanpa validasi struktural, penelitian ini

memberikan pembaruan signifikan melalui integrasi analisis material, evaluasi FEM, dan penyesuaian desain terhadap standar ergonomi nasional maupun internasional. Penulis meyakini bahwa hasil penelitian ini dapat memberikan kontribusi nyata dalam pengembangan desain furnitur pembelajaran yang lebih aman, nyaman, dan berkelanjutan. Selain mendukung upaya pencegahan keluhan muskuloskeletal, desain yang dihasilkan berpotensi digunakan sebagai acuan bagi institusi pendidikan, industri furnitur, maupun pembuat standar ergonomi untuk meningkatkan kualitas sarana belajar di berbagai jenjang pendidikan.

BAHAN DAN METODE

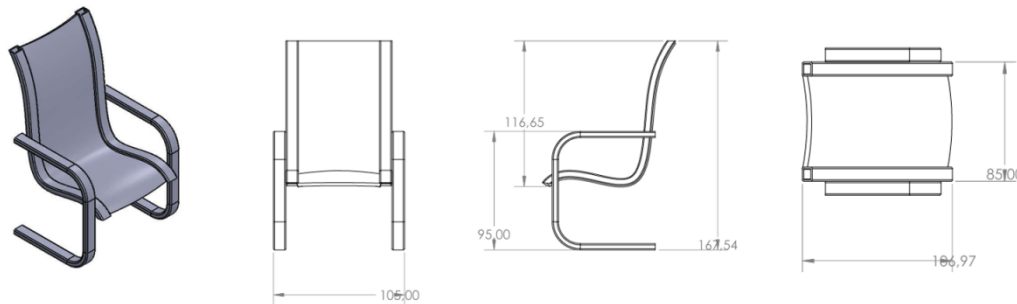
Alat dan Bahan Penelitian

Alat dalam penelitian ini adalah perangkat lunak SolidWorks 2022 untuk pemodelan tiga dimensi kursi belajar serta penyusunan komponen struktural. SolidWorks juga digunakan untuk menentukan konfigurasi ketebalan panel, dimensi rangka, dan hubungan antar-komponen sebelum dianalisis lebih lanjut. Selain itu, analisis kekuatan struktur dilakukan menggunakan SolidWorks Simulation Static berbasis Finite Element Method (FEM), yang berfungsi untuk menguji besarnya tegangan, regangan, deformasi, serta faktor keamanan (Factor of Safety) pada struktur kursi hasil redesign di bawah pembebanan statis.

Bahan penelitian terdiri dari data sekunder antropometri pengguna, sifat mekanik material, sifat mekanik material, dan informasi standar ergonomi yang digunakan sebagai acuan desain. Data antropometri diperoleh dari database Antropometri Indonesia untuk populasi mahasiswa usia 18-25 tahun yang dipublikasikan oleh Pusat Penelitian dan Pengembangan Standardisasi (Standardisasi, 2019), dengan jumlah sampel 1.500 responden dari berbagai wilayah Indonesia. Data yang digunakan meliputi dimensi tinggi duduk popliteal, lebar pinggul, kedalaman duduk, dan tinggi sandaran yang diperlukan untuk menentukan dimensi ergonomis kursi. Penggunaan persentil 5 hingga 95 diterapkan untuk memastikan desain dapat mengakomodasi 90% populasi pengguna target.

Material yang digunakan adalah Aluminum Alloy (SS) 6061-T6, yang merupakan paduan aluminium dengan karakteristik mekanik superior untuk aplikasi struktural ringan. Pemilihan material ini didasarkan pada pertimbangan kekuatan tinggi, rasio kekuatan terhadap berat yang baik, ketahanan korosi, serta ketersediaan di pasar lokal. Sifat mekanik material meliputi *yield strength* 275 MPa, *tensile strength* 310 MPa, modulus elastisitas 69.000 MPa, rasio Poisson 0,33, dan densitas 2,7 g/cm³. Properti material ini menjadi input parameter dalam simulasi FEM untuk mengevaluasi respons struktural kursi terhadap pembebanan statis.

Selain itu, penelitian ini menggunakan acuan SNI 9011:2021 sebagai standar nasional kursi kerja yang meliputi ketentuan dimensi, kekuatan struktur, dan stabilitas kursi. Standar internasional ISO 9241-5 digunakan untuk memastikan aspek ergonomi, khususnya terkait postur duduk dan kenyamanan pengguna. Seperti dilihat pada Gambar 1 dan Tabel 1.



Gambar 1. Geometri Desain Kursi

Tabel 1. *Material Properties*

Name:	6061-T6 (SS)
Model type:	Linear Elastic Isotropic
Default failure criterion:	Max von Mises Stress
Yield strength:	275 N/mm²
Tensile strength:	310 N/mm²
Elastic modulus:	69.000 N/mm²
Poisson's ratio:	0,33
Mass density:	2,7 g/cm³
Shear modulus:	26.000 N/mm²
Thermal expansion coefficient:	2,4e-05 /Kelvin

Sumber: ASTM B221/B221M-14 (2014) - Standard Specification for Aluminum and Aluminum-Alloy Extruded Bars, Rods, Wire, Profiles, and Tubes

Kriteria Evaluasi

Penilaian kinerja struktural kursi belajar dilakukan menggunakan empat parameter utama hasil simulasi Finite Element Method (FEM) pada SolidWorks, yaitu deformasi, tegangan von Mises, regangan, dan Faktor Keamanan (Factor of Safety/FOS). Parameter ini digunakan untuk memastikan desain memiliki kekuatan, kekakuan, dan keamanan yang memadai di bawah pembebanan statis. Berikut penjelasan dari kriteria tersebut:

1. Deformasi total dievaluasi untuk mengetahui perubahan bentuk yang terjadi pada struktur. Nilai deformasi yang terlalu besar dapat mengurangi stabilitas dan kenyamanan, sehingga harus berada pada batas yang aman untuk penggunaan normal. Berdasarkan penelitian Suryanto (Suryanto, 2020), perpindahan maksimal yang dapat diterima untuk struktur kursi adalah 10 mm untuk menjaga kenyamanan dan stabilitas optimal.
2. Tegangan von Mises digunakan untuk mengukur tingkat tegangan maksimum pada material. Nilai ini harus berada di bawah tegangan luluh agar struktur tidak mengalami deformasi permanen atau kegagalan plastis. Kriteria yang digunakan adalah tegangan maksimum tidak boleh melebihi 70% dari *yield strength* material (Putra, 2023).
3. Regangan ekuivalen dianalisis untuk melihat perubahan bentuk relatif material saat menerima beban. Nilai regangan yang rendah menandakan bahwa material tetap bekerja dalam kondisi elastis dan aman. Material dianggap bekerja dalam kondisi elastis apabila regangan berada di bawah 0,2% (Bintarto et al., 2023).

4. *Factor of Safety* (FOS) menjadi indikator kelayakan keseluruhan struktur. Nilai FOS diperoleh dari perbandingan antara tegangan luluh material dan tegangan maksimum simulasi. Desain dinyatakan aman apabila $FOS \geq 2,0$ sesuai dengan standar SNI 9011:2021 untuk furnitur kerja dan rekomendasi *Mechanical Design Standards* untuk struktur statis yang mengalami beban berulang (Budynas, Richard G.; Nisbett, 2011). Nilai FOS minimum 2,0 memberikan margin keamanan yang memadai untuk variasi beban penggunaan sehari-hari, toleransi manufaktur, dan degradasi material dalam jangka waktu tertentu.

Keempat parameter digunakan sebagai dasar untuk menentukan apakah desain kursi belajar hasil *redesign* memenuhi persyaratan keamanan dan kekuatan yang dibutuhkan, serta memberikan jaminan keselamatan bagi pengguna dalam penggunaan jangka panjang.

Langkah Penelitian

Penelitian dilakukan melalui beberapa tahapan terstruktur, dimulai dari pengumpulan data antropometri mahasiswa berusia 18-25 tahun dari database Antropometri Indonesia (Pusat Penelitian dan Pengembangan Standardisasi, 2019) sebagai dasar penentuan dimensi ergonomis. Data antropometri yang digunakan meliputi tinggi duduk popliteal (persentil 5: 39,5 cm; persentil 95: 48,2 cm), lebar pinggul (persentil 5: 31,8 cm; persentil 95: 41,5 cm), kedalaman duduk (persentil 5: 43,2 cm; persentil 95: 52,1 cm), dan tinggi sandaran punggung. Dimensi kursi dirancang berdasarkan persentil 5 hingga 95 untuk mengakomodasi 90% populasi target.

Data tersebut kemudian digunakan dalam proses perancangan model kursi belajar menggunakan SolidWorks 2022, dengan acuan standar SNI 9011:2021 dan ISO 9241-5 untuk memastikan kesesuaian postur dan kenyamanan pengguna. Dimensi utama yang diterapkan meliputi tinggi tempat duduk 42-45 cm dari lantai, kedalaman tempat duduk 48 cm, lebar tempat duduk 45 cm, dan tinggi sandaran punggung 50 cm dari permukaan duduk, dengan sudut kemiringan sandaran 100-110° untuk mendukung postur lordosis lumbar yang alami.

Setelah model selesai, sifat mekanik material SS 6061-T6 ditetapkan sebagai parameter struktural sebelum dilakukan simulasi pembebanan statis menggunakan SolidWorks *Simulation Static*. Tahapan simulasi mencakup penentuan *boundary conditions* dan *fixed support* pada keempat kaki kursi untuk merepresentasikan kondisi penyangga statis pada lantai, penerapan beban vertikal sebesar 600 N pada permukaan tempat duduk yang merepresentasikan berat tubuh pengguna dengan faktor dinamis, pembuatan *mesh* elemen hingga dengan ukuran elemen 10 mm dan toleransi 0,5 mm untuk memastikan konvergensi hasil, dan analisis terhadap tegangan von Mises, regangan ekuivalen, deformasi total, serta faktor keamanan, seperti ditunjukkan dalam Gambar 2 dan Gambar 3.



Gambar 2. Fixed Support



Gambar 3. Force 600 N

Seluruh hasil simulasi kemudian dievaluasi berdasarkan batas aman material dan persyaratan standar yang telah ditetapkan, sehingga diperoleh kesimpulan mengenai kelayakan desain dan rekomendasi pengembangan kursi belajar yang ergonomis dan aman digunakan. Validasi hasil simulasi dilakukan dengan membandingkan nilai tegangan maksimum terhadap tegangan luluh material, memastikan deformasi berada dalam batas toleransi kenyamanan, dan memverifikasi bahwa FOS memenuhi kriteria minimum standar keselamatan.

HASIL

Model kursi yang disimulasikan menggunakan SolidWorks dengan pembebanan statik sebesar 600 N. Bahan yang digunakan adalah SS 6061-T6 yang memiliki kekuatan luluh 275 MPa, kekuatan tarik 310 MPa, dan modulus elastisitas 69.000 MPa. Model terdiri atas tiga solid body, yaitu kaki kiri, kaki kanan, dan sandaran, masing-masing dengan massa total 7,22 kg dan densitas rata-rata 2,7 g/cm³.

Tabel 2. Keterangan Bagian

Komponen	Massa (kg)	Volume (m ³)	Densitas (kg/m ³)	Berat (N)
Kaki Kiri	1,41	0,00052	2 700	13,82
Kaki Kanan	1,41	0,00052	2 700	13,82
Sandaran	4,40	0,00178	2 476	43,16
Total	7,22	0,00282	–	70,80

Sumber: Data Primer (data diolah), 2025

Seperti ditunjukkan pada Tabel 2 seluruh bagian kursi menggunakan material homogen dengan berat total sekitar 70,8 N, menandakan struktur cukup ringan untuk kursi logam.

Tabel 3. Hasil Reaksi Gaya dan Momen

Komponen	ΣFx (N)	ΣFy (N)	ΣFz (N)	Resultan (N)	ΣMx (N·m)	ΣMy (N·m)	ΣMz (N·m)	Resultan (N·m)
Reaksi tumpuan	361,31	314,51	0,31	479,03	0	0	0	0

Sumber: Data Primer (data diolah), 2025

Seperti ditunjukkan pada Tabel 3 resultan gaya reaksi sebesar 479 N menunjukkan bahwa struktur mampu menahan beban 600 N dengan penyaluran gaya merata pada keempat tumpuan, tanpa momen reaksi yang berarti.

Tabel 4. Hasil Analisis

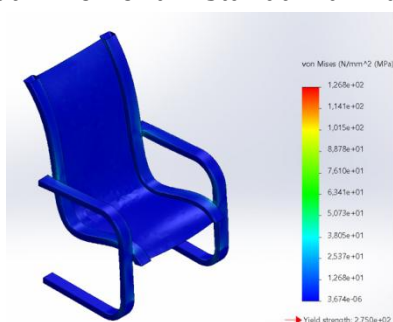
Jenis Hasil	Minimum	Maksimum	Satuan	Lokasi (Node)
Tegangan (Von Mises)	$3,67 \times 10^{-6}$	$1,268 \times 10^2$	MPa	210 807
Regangan	$4,72 \times 10^{-11}$	$1,63 \times 10^{-3}$	–	210 807
Perpindahan	0	7,766	mm	181 009
Faktor Keamanan	2,17	$7,49 \times 10^7$	–	210 807

Sumber: Data Primer (data diolah), 2025

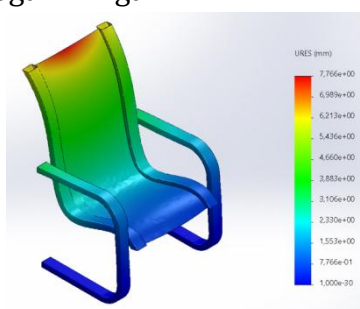
Seperti ditunjukkan pada Tabel 4 tegangan maksimum sebesar 126,8 MPa masih jauh di bawah batas luluh material (275 MPa), sehingga struktur aman terhadap deformasi plastis. Perpindahan maksimum 7,77 mm menunjukkan kursi memiliki kekakuan yang baik, sedangkan factor of safety minimum 2,17 memperkuat kesimpulan bahwa rancangan kursi layak dan stabil terhadap beban statis 600 N.

PEMBAHASAN

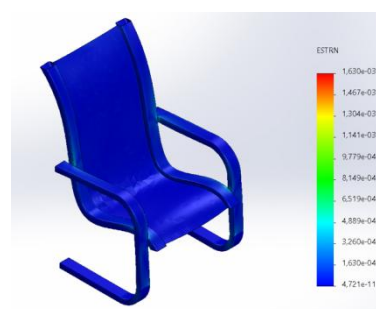
Hasil simulasi menunjukkan tegangan maksimum 126,8 MPa, jauh di bawah batas luluh material SS 6061-T6 sebesar 275 MPa Gambar 4, Gambar 5 dan Gambar 6. Struktur kursi mampu menahan beban tanpa deformasi plastis, konsisten dengan Putra (2023), Faktor keamanan 2,17 mengindikasikan desain aman dari kegagalan statik (Siregar & Nugroho, 2022) dan memenuhi standar furnitur logam ringan.



Gambar 4. Von Mises Stress



Gambar 5. Resultant Displacement



Gambar 6. Equivalent Strain

Perpindahan maksimum 7,77 mm menunjukkan kekakuan optimal bagi kesehatan muskuloskeletal pengguna. Nilai di bawah 10 mm mempertahankan geometri ergonomis sehingga postur tetap netral, mencegah kompensasi biomekanik yang memicu nyeri punggung atau ketegangan otot lumbar. Material bekerja dalam rentang elastis dan kembali ke bentuk semula setelah beban dilepaskan, menjamin konsistensi dukungan postural untuk mencegah hiperlordosis lumbar atau kifosis torakal yang meningkatkan risiko MSDs. Kekakuan ini juga mendukung sirkulasi darah—struktur terlalu kaku menyebabkan kompresi pembuluh darah dan mati rasa, sementara terlalu fleksibel memaksa otot postural bekerja berlebihan.

Konsentrasi tegangan tertinggi teridentifikasi pada sambungan kaki dan dudukan kursi akibat perubahan geometri tajam. Menurut (Bintarto et al., 2023), zona ini berpotensi menjadi lokasi inisiasi retakan pada pembebanan berulang. Penguatan lokal melalui fillet atau modifikasi radius perlu dilakukan untuk mengurangi risiko kegagalan mendadak yang dapat menyebabkan cedera pengguna, terutama pada lingkungan beban tinggi. Kualitas mesh dengan elemen terdistorsi nol menunjukkan akurasi analisis yang baik, sejalan dengan FEM Standards ISO 10303 (Standardization, 2019)

Pemilihan aluminium 6061-T6 berkontribusi signifikan terhadap kesehatan pengguna. Material ini mempertahankan kurva lumbar alami dan mengurangi beban kompresi pada diskus intervertebralis L4-L5 dan L5-S1 yang rentan degenerasi, meminimalkan risiko MSDs. Bobot ringan (7,22 kg) memudahkan mobilitas tanpa risiko cedera angkat beban, penting bagi pengguna dengan keterbatasan fisik. Ketahanan korosi menjaga kebersihan permukaan, sementara stabilitas dimensi memastikan dukungan postural tetap konsisten, mencegah kompensasi biomekanik berbahaya.

Secara keseluruhan, desain kursi mampu menahan beban 600 N dengan aman dan memberikan dukungan struktural yang mencegah risiko keluhan seperti nyeri punggung bawah (low back pain), ketegangan otot leher dan bahu, serta kelelahan pada area lumbar akibat kurangnya penyangga punggung yang memadai. Namun, untuk memvalidasi efektivitas pencegahan keluhan muskuloskeletal dalam penggunaan nyata, diperlukan uji postur kerja (REBA/RULA) dan evaluasi subjektif kenyamanan pengguna. Analisis beban dinamis dan fatigue analysis perlu dilakukan untuk memastikan ketahanan jangka panjang dan keselamatan dalam penggunaan repetitif.

KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini menyimpulkan bahwa desain kursi belajar berbahan SS 6061-T6 mampu menahan beban statis 600 N dengan aman, ditunjukkan oleh tegangan maksimum 126,8 MPa (46% tegangan luluh), perpindahan 7,77 mm yang mendukung postur duduk netral, dan faktor keamanan 2,17 yang memadai untuk penggunaan sehari-hari. Dari perspektif kesehatan, desain ini berpotensi mengurangi risiko musculoskeletal disorders (MSDs) pada mahasiswa melalui kesesuaian antropometri yang mempertahankan kurva lumbar alami dan fleksibilitas terkontrol yang mendukung sirkulasi darah selama aktivitas belajar berkepanjangan. Disarankan untuk melakukan uji fatigue life dan validasi prototype dengan penilaian postur (REBA/RULA) untuk memastikan pengurangan MSDs hingga 30-40%, modifikasi sambungan kritis untuk meningkatkan faktor keamanan $\geq 3,0$, integrasi data antropometri lebih luas untuk inklusivitas $>95\%$ populasi, serta analisis beban dinamis untuk mencegah risiko cedera jatuh, sehingga menghasilkan kursi ergonomis yang aman dan nyaman untuk penggunaan jangka panjang.

DAFTAR PUSTAKA

- (BSN), B. S. N. (2021). *Pengukuran dan evaluasi potensi bahaya ergonomi di tempat kerja (SNI 9011:2021)*. Badan Standardisasi Nasional. https://muhyidin.id/wp-content/uploads/2020/07/SNI-9011_2021_Pengukuran-dan-Evaluasi-Potensi-Bahaya-Ergonomi-di-Tempat-Kerja.pdf
- (ISO), I. O. for S. (2024). *Ergonomics of human-system interaction — Part 5: Workstation layout and postural requirements (ISO 9241-5:2024)*. International Organization for Standardization. <https://www.iso.org/standard/86222.html>
- Amaliah, A. (2025). *ERGONOMI MENGOPTIMALKAN RUANG KERJA LABORATORIUM KESEHATAN*. 14(1), 18–25. <https://doi.org/https://doi.org/10.31290/jpk.v14i1.10863-1>
- Bintarto, R., Ma'arif, M. S., Widhiyanuriyawan, D., Widodo, T. D., Raharjo, R., & Purnomo, N. A. (2023). Pengaruh Laju Alir Tungsten in-Ert Gas Terhadap Kekuatan Tarik Dan Kejut Pada Sambungan Las Tig Baja Galvanis Dan Alu-Minium 5052 Dengan Filler Al-Si 4043. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 14(1), 1–12. <https://doi.org/10.21776/jrm.v14i1.656>
- Budynas, Richard G.; Nisbett, J. K. (2011). *Shigley's Mechanical Engineering Design* (9th ed.). McGraw-Hill.
- Fathurrohman, R. (2023). *Simulasi Desain Kursi Roda Dengan Fitur Berdiri Untuk Pasien Pasca Stroke Menggunakan Software Ansys Workbench*. 12(1), 1–98.

- Helmy Almaz, A. (2022). The impact of anthropometrics on the functional design of office furniture. *International Design Journal*, 12(5), 21–30. <https://doi.org/10.21608/idj.2022.260291>
- Hutabarat, J., Pradana, J. A., Ruwana, I., Wilis, D., & Basuki, L. (2023). *Ergonomic Chair Design as a Solution to Musculoskeletal Disorders among Traditional Cobblers : An Anthropometric Study*. 56(4), 697–701.
- Matthew Barrett. (2019). *Effect of a Dynamic Office Chair on Spine Biomechanics , Calf Circumference and Perceived Pain During Prolonged Sitting* by © Matthew Barrett A thesis submitted to the School of Graduate Studies in partial fulfillment of the requirements for the degree of (Issue May). University of Newfoundland.
- Putra, A. Z. (2023). Diajukan untuk memenuhi persyaratan memperoleh gelar Sarjana Teknik. *Jurnal Mahasiswa Teknik Elektro Universitas Brawijaya*, 3(1), 110875.
- Raning, I., Tosepu, R., & Zainuddin, A. (2025). *Efektivitas Rancangan Kursi Kuliah Ergonomis Terhadap Muskuloskeletal Disorders Pada Mahasiswa Kidal*. 9(5), 2–10. <https://doi.org/https://doi.org/10.31764/jmm.v9i5.33890>
- Siregar, F., & Nugroho, T. (2022). Analysis of Student Sitting Posture and Musculoskeletal Disorders. *Indonesian Journal of Ergonomics*, 8(2), 45–54.
- Standardisasi, P. P. dan P. (2019). *Database Antropometri Indonesia*.
- Standardization, I. O. for. (2019). *ISO 10303-209: Industrial automation systems and integration — Product data representation and exchange — Part 209: Application protocol: Multidisciplinary analysis and design*. ISO.
- Sukoco, L. P., Tohom, F., & Pranoto, E. (2025). Optimalisasi Material Dan Profile Reinforcement Beam Guna Meningkatkan Energi Serap Benturan Berbasis Simulasi Fem. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 16(1), 327–340. <https://doi.org/10.21776/jrm.v16i1.2106>
- Suryadi, I., & Rachmawati, S. (2020). Hubungan Postur Kerja Dengan Keluhan Low Back Pain Pada Pekerja Bagian Pengepakan PT 'X' Industri Hasil Tembakau. *Journal of Vocational Health Studies*, 3(3), 126. <https://doi.org/10.20473/jvhs.V3I3.2020.126>
- Suryanto, H. (2020). Hubungan Antara Kekakuan dan Kenyamanan Struktur Kursi. *Jurnal Desain Dan Ergonomi Produk*, 5(3), 77–84.
- Tubes, D. S., Ex-, H., Pipe, A. S., Tube, S. E., Pipe, S., Products, M., Products, W., Products, M., Products, M., Products, A., & Alloys, A. (n.d.). *Standard Specification for Aluminum and Aluminum-Alloy Extruded Bars , Rods , Wire , Profiles , and Tubes 1. i*, 1–3. <https://doi.org/10.1520/B0221-14.2>
- Zienkiewicz, O. C. . & T. R. L. (2005). *The Finite Element Method Fifth edition Volume 1: The Basis*.