

## Pemberdayaan Komunitas PisauMu DIY melalui Pengembangan Desain Ergonomis Pisau Lempar Model Bilah Daun Berbasis Simulasi Numerik

Agus Widianto<sup>1\*</sup>, Paryanto<sup>2</sup>, Moch Solikin<sup>3</sup>, Rinasa Agistya Anugrah<sup>4</sup>, Orlanda Arya Hidayat<sup>5</sup>, RR Laksistya Rania Nur Prita Maira<sup>6</sup>

<sup>1,2,3,5,6</sup> Universitas Negeri Yogyakarta, Yogyakarta, Indonesia

<sup>4</sup> Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Yogyakarta, Indonesia

\*e-mail korespondensi: [aguswidianto@uny.ac.id](mailto:aguswidianto@uny.ac.id)

### Abstract

The development of sports equipment such as throwing knives requires a precise understanding of mechanical structure and impact dynamics to achieve optimal performance. This study aims to design, analyze, fabricate, and evaluate the performance of throwing knives developed for the PisauMu DIY community. The method used is design using SolidWorks 2024 with AISI 420 stainless steel material. Structural analysis was carried out through finite element simulation using ANSYS to evaluate the integrity of the knife when it collided with a wooden target. After validation, the prototype was produced and implemented through training sessions and trials involving 20 community members. Simulation results showed that the maximum equivalent stress (von Mises) was 132 MPa with a safety factor of 1.5682, confirming that the design was safe and operated within the permissible deformation limits. Field trials proved that the knife exhibited stable flight, accurate penetration, and good durability. In addition, outreach and training activities resulted in a 80% increase in participants' knowledge of proper knife throwing techniques. It was concluded that the integration of simulation-based design with practical training successfully produced a safe, functional, and effective throwing knife product for sports development at the community level.

**Keywords:** Throwing knife; Numerical simulation; Finite element method; Community empowerment

### Abstrak

Pengembangan peralatan olahraga seperti pisau lempar memerlukan pemahaman presisi mengenai struktur mekanik dan dinamika tumbukan untuk mencapai kinerja optimal. Penelitian ini bertujuan untuk merancang, menganalisis, memfabrikasi, dan mengevaluasi kinerja pisau lempar yang dikembangkan untuk komunitas PisauMu DIY. Metode yang digunakan adalah perancangan menggunakan SolidWorks 2024 dengan material baja tahan karat AISI 420. Analisis struktur dilakukan melalui simulasi elemen hingga menggunakan ANSYS untuk mengevaluasi integritas pisau saat terjadi tumbukan dengan target kayu. Setelah divalidasi, prototipe diproduksi dan diimplementasikan melalui sesi pelatihan dan uji coba yang melibatkan 20 anggota komunitas. Hasil simulasi menunjukkan tegangan ekuivalen (*von Mises*) maksimum adalah 132 MPa dengan faktor keamanan 1.5682, yang mengonfirmasi bahwa desain aman dan beroperasi dalam batas deformasi yang diizinkan. Uji coba lapangan membuktikan bahwa pisau menunjukkan penerbangan yang stabil, penetrasi akurat, dan daya tahan yang baik. Selain itu, kegiatan sosialisasi dan pelatihan menghasilkan peningkatan pengetahuan peserta sebesar 80% mengenai teknik lempar pisau yang benar. Disimpulkan bahwa integrasi desain berbasis simulasi dengan pelatihan praktis berhasil menghasilkan produk pisau lempar yang aman, fungsional, dan efektif untuk pengembangan olahraga di tingkat komunitas.

**Kata Kunci:** Pisau lempar; Simulasi numerik; Metode elemen hingga; Pemberdayaan komunitas

Accepted: 2025-12-03

Published: 2026-01-10

## PENDAHULUAN

Kegiatan olahraga lempar pisau (*throwing knife*) merupakan salah satu bentuk olahraga rekreatif yang menggabungkan unsur seni, ketepatan, kekuatan, serta koordinasi motorik halus dan kasar secara bersamaan (Pratiwi & Nugraha, 2023; Ramlan & Isnaini, 2023). Aktivitas ini tidak hanya menuntut kemampuan fisik dan konsentrasi tinggi, tetapi juga memiliki nilai edukatif dan terapeutik karena melatih fokus, kestabilan emosi, dan disiplin diri. Dalam beberapa tahun terakhir,

olahraga lempar pisau mulai berkembang di Indonesia sebagai kegiatan komunitas yang berorientasi pada pembinaan karakter dan keterampilan motorik presisi (Aprianto, 2023; Dzakiroh, 2022).

Di Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY), terbentuk komunitas PisauMu DIY (Pisau Muhammadiyah Daerah Istimewa Yogyakarta) sebagai wadah pembinaan dan pengembangan minat masyarakat terhadap olahraga ini. Komunitas ini beranggotakan berbagai kalangan, mulai dari pelajar, mahasiswa, hingga pekerja profesional yang memiliki minat terhadap olahraga presisi dan ketangkasan. Melalui kegiatan latihan rutin, kompetisi internal, serta demonstrasi publik, PisauMu DIY berperan aktif dalam memperkenalkan olahraga lempar pisau sebagai alternatif kegiatan positif yang menyehatkan, mendidik, dan memperkuat solidaritas sosial antaranggota.

Namun demikian, dalam praktiknya komunitas ini masih menghadapi sejumlah kendala teknis dan logistik. Salah satu tantangan utama adalah keterbatasan sarana dan prasarana latihan (Kurniawan, Wahab, Shobirin, & Rohman, 2021), khususnya peralatan pisau lempar yang memenuhi standar ergonomis, keseimbangan massa, serta keamanan penggunaan. Sebagian besar peralatan yang digunakan masih merupakan produk buatan tangan tanpa dasar perhitungan mekanika atau analisis ketahanan material, sehingga tidak selalu memberikan hasil lemparan yang stabil dan berpotensi menimbulkan risiko cedera. Selain itu, belum adanya pedoman desain berbasis rekayasa teknik (*engineering design*) membuat proses pembuatan pisau lempar sangat bergantung pada pengalaman empiris semata.

Kondisi tersebut menimbulkan kebutuhan mendesak akan inovasi dalam desain dan pengembangan pisau lempar yang aman, ergonomis, dan efisien, dengan pendekatan berbasis sains dan teknologi. Melalui penerapan simulasi numerik dan analisis elemen hingga (*Finite Element Analysis/FEA*) (Qian, Zhao, Zhang, Yao, & Liu, 2022; Widyianto et al., 2025), pengembangan desain dapat dilakukan secara sistematis dan terukur untuk memastikan kekuatan, keseimbangan, serta performa aerodinamis pisau sebelum proses fabrikasi dilakukan. Pendekatan ini diharapkan tidak hanya menghasilkan produk yang lebih berkualitas, tetapi juga menjadi media transfer teknologi bagi komunitas PisauMu DIY agar memiliki kemampuan rekayasa dasar dalam pengembangan peralatan olahraga secara mandiri dan berkelanjutan.

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini dilatarbelakangi oleh pentingnya penerapan pendekatan rekayasa berbasis teknologi dalam memberdayakan komunitas hobi dan olahraga tradisional agar memiliki daya saing dan keberlanjutan. Dalam konteks komunitas PisauMu DIY, keterlibatan akademisi dan mahasiswa dalam proses perancangan, simulasi, hingga implementasi produk olahraga menjadi langkah strategis untuk memperkuat sinergi antara dunia pendidikan tinggi dan masyarakat. Melalui kegiatan ini, pengetahuan teknis yang selama ini hanya diterapkan di lingkungan akademik seperti pemodelan tiga dimensi, simulasi numerik, dan analisis kekuatan material dapat diimplementasikan secara langsung dalam konteks pengembangan sarana olahraga komunitas.

Selain menghasilkan produk inovatif berupa pisau lempar model bilah daun berbasis simulasi numerik, kegiatan ini juga berfungsi sebagai sarana transfer ilmu dan teknologi (*transfer of knowledge and technology*) kepada anggota komunitas (Tanto, Mutmainah, Hilmiah, Prasetya, & Amrullah, 2025). Melalui pelatihan teknis, peserta diajak untuk memahami prinsip dasar keseimbangan massa, dinamika gerak rotasi, dan distribusi tegangan pada logam ketika mengalami tumbukan. Dengan demikian, peserta tidak hanya menjadi pengguna alat, tetapi juga memiliki wawasan teknis dalam proses perancangan dan pengujian produk.

Urgensi kegiatan ini semakin relevan karena olahraga lempar pisau kini mulai dilirik sebagai bentuk olahraga rekreatif kompetitif yang berpotensi dikembangkan dalam skala nasional, sebagaimana olahraga panahan dan airsoft. Dengan adanya produk pisau lempar yang aman, ergonomis, dan terstandar, diharapkan komunitas PisauMu DIY dapat menjadi model pembinaan komunitas olahraga presisi berbasis teknologi di tingkat daerah. Lebih jauh, program ini dapat

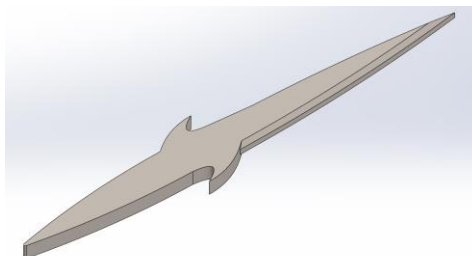
menjadi contoh kolaborasi antara perguruan tinggi vokasi dan masyarakat dalam mengimplementasikan hasil riset dan teknologi tepat guna untuk mendukung aktivitas produktif, sehat, dan berdaya saing. Melalui pelaksanaan kegiatan ini, diharapkan komunitas PisauMu DIY tidak hanya memperoleh produk hasil pengabdian, tetapi juga mengalami peningkatan kompetensi teknis, sikap ilmiah, dan semangat kolaborasi dalam memajukan olahraga lempar pisau sebagai kegiatan positif yang berakar pada kearifan lokal namun berpijak pada kemajuan teknologi modern.

## METODE

Metode dilaksanakan melalui beberapa tahapan sistematis dan terintegrasi, mulai dari proses perancangan desain (*design development*) hingga tahap implementasi dan evaluasi di komunitas. Setiap tahapan dirancang untuk memastikan bahwa produk yang dihasilkan tidak hanya unggul secara teknis, tetapi juga relevan dengan kebutuhan dan kemampuan pengguna di lapangan.

### 1. Pemodelan Geometri dan Material

Proses desain pisau lempar model bilah daun dilakukan menggunakan perangkat lunak *SolidWorks*, yang berfungsi sebagai platform utama dalam merancang bentuk dan struktur pisau secara tiga dimensi. Tahap ini diawali dengan pembuatan sketch dua dimensi berdasarkan ukuran standar pisau lempar kompetitif yang digunakan oleh komunitas PisauMu DIY, kemudian dikembangkan menjadi model tiga dimensi (*3D solid modeling*) yang merepresentasikan keseluruhan geometri bilah dan gagang secara detail. Dalam tahap perancangan, sejumlah parameter ergonomis dan fungsional dijadikan acuan utama agar desain yang dihasilkan tidak hanya menarik secara visual tetapi juga nyaman dan aman digunakan. Parameter tersebut meliputi panjang total pisau (*total length*) yang menentukan jarak efektif lempar, lebar dan ketebalan bilah (*blade width and thickness*) yang berpengaruh terhadap momen inersia dan kestabilan rotasi, serta keseimbangan pusat massa (*center of gravity balance*) yang menjadi faktor kunci dalam menentukan arah putaran dan akurasi saat dilempar.



Gambar 1. Desain pisau lempar model bilah daun

Selain itu, bentuk bilah daun (*leaf-blade design*) seperti terlihat pada Gambar 1, dipilih karena memiliki distribusi massa yang lebih merata antara ujung dan pangkal bilah, sehingga memberikan kestabilan aerodinamis yang baik saat pisau berputar di udara. Untuk mencapai keseimbangan ini, proses desain melibatkan pengaturan dimensi proporsional antara bagian tajam, punggung pisau, dan pangkal pegangan (*handle section*). Bentuk lengkung halus pada tepi bilah juga dirancang untuk mengurangi gaya hambat udara (*drag force*) sekaligus meminimalkan risiko pantulan ketika mengenai target. Model akhir hasil perancangan kemudian diekspor dalam format STEP (.stp) untuk memungkinkan integrasi dengan perangkat lunak simulasi ANSYS Workbench 2024. Format ini dipilih karena kompatibilitasnya yang tinggi dengan berbagai perangkat *Computer-Aided Engineering* (CAE), sehingga geometri model dapat dianalisis secara presisi tanpa kehilangan detail bentuk atau dimensi.

Material utama yang digunakan dalam pembuatan pisau lempar model bilah daun ini adalah AISI 420 Stainless Steel (Suprpto, 2023), yang secara luas dikenal sebagai baja tahan karat

martensitik dengan kombinasi kekuatan mekanik tinggi, ketahanan aus yang baik, dan ketahanan korosi yang memadai. Pemilihan material ini didasarkan pada hasil kajian pustaka serta pertimbangan ketersediaan bahan di pasaran lokal, kemudahan proses manufaktur, dan relevansinya terhadap karakteristik beban dinamis yang dialami pisau lempar saat digunakan di lapangan.

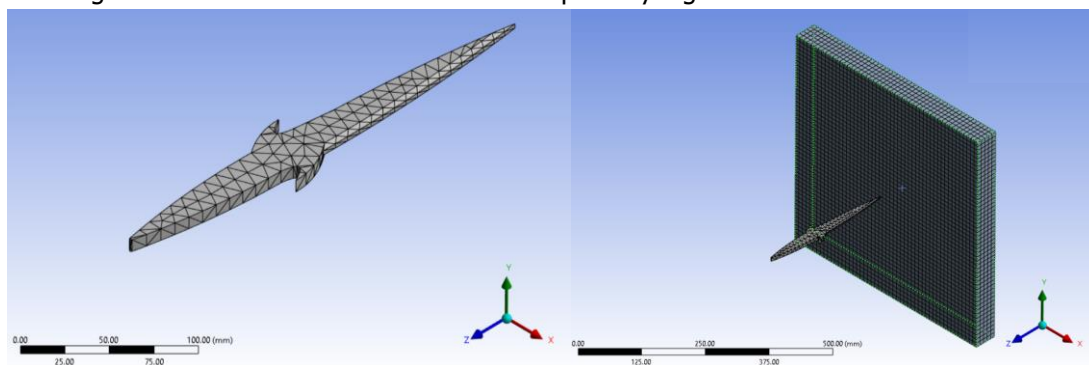
**Tabel 1.** Sifat mekanik dari AISI 420

| No | Sifat Mekanik           | Nilai | Satuan            |
|----|-------------------------|-------|-------------------|
| 1  | Kekuatan Tarik Maksimum | 700   | MPa               |
| 2  | Kekuatan Luluh          | 520   | MPa               |
| 3  | Modulus Elastisitas     | 200   | GPa               |
| 4  | Rasio Poisson           | 0,29  | -                 |
| 5  | Densitas                | 7700  | Kg/m <sup>3</sup> |

Karakteristik tersebut menunjukkan bahwa AISI 420 mampu menahan tegangan tinggi dan mempertahankan bentuk strukturalnya dalam kondisi impak berulang, seperti pada aktivitas lempar pisau yang menghasilkan gaya tumbukan signifikan terhadap target kayu. Nilai modulus elastisitas yang tinggi menunjukkan kemampuan material dalam mempertahankan kekakuan struktural, sedangkan rasio Poisson 0,29 menggambarkan kemampuan material menahan deformasi lateral selama pembebanan aksial. Selain itu, kandungan kromium (Cr) sebesar 12–14% dalam komposisinya memberikan perlindungan terhadap oksidasi dan korosi, menjadikannya cocok untuk penggunaan luar ruangan (*outdoor use*), di mana pisau sering terpapar kelembapan udara dan perubahan suhu. Keunggulan ini sangat penting bagi komunitas PisauMu DIY, yang secara rutin melakukan latihan di area terbuka.

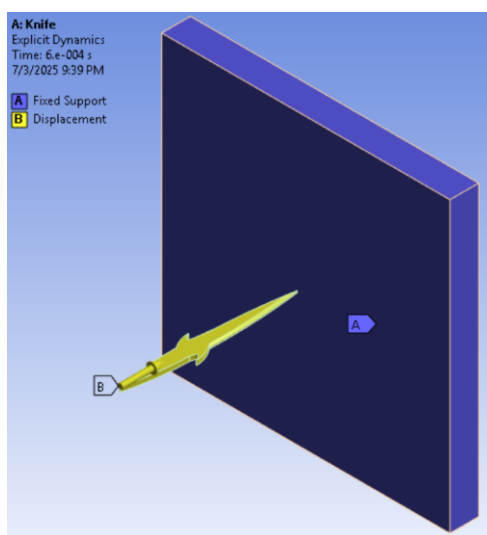
## 2. Simulasi Numerik

Model 3D yang telah dibuat pada tahap perancangan kemudian dianalisis menggunakan ANSYS Workbench 2024, sebuah perangkat lunak berbasis *Finite Element Analysis* (FEA) yang mampu mensimulasikan perilaku mekanik struktur terhadap berbagai kondisi pembebanan. Tujuan utama analisis ini adalah untuk mengevaluasi kekuatan struktural pisau lempar model bilah daun terhadap gaya tumbukan yang terjadi saat mengenai target kayu, sekaligus mengidentifikasi potensi titik lemah pada desain sebelum dilakukan proses fabrikasi. Tahap pertama dalam simulasi adalah proses meshing (Gambar 2), yaitu pembagian geometri model menjadi elemen-elemen diskret untuk memudahkan perhitungan numerik. Dalam penelitian ini, model pisau dibagi menjadi 13.256 elemen tipe tetrahedral solid dengan total 60.848 node. Pemilihan elemen tetrahedral dilakukan karena bentuk bilah pisau memiliki kontur lengkung dan detail geometri yang kompleks, sehingga elemen ini memberikan representasi bentuk yang lebih presisi dibandingkan elemen hexahedral. Ukuran elemen ditentukan melalui proses *mesh sensitivity test*, guna mencapai keseimbangan antara akurasi hasil dan waktu komputasi yang efisien.



Gambar 2. Proses meshing

Tahap selanjutnya adalah penentuan kondisi batas dan pembebanan (*boundary conditions and loading setup*) seperti ditunjukkan pada Gambar 3. Pisau dimodelkan sebagai benda padat (*rigid body*) yang bergerak dengan kecepatan awal sebesar 20 m/s, mengarah langsung ke permukaan target kayu. Kecepatan ini didasarkan pada hasil pengukuran rata-rata kecepatan lempar komunitas PisauMu DIY selama latihan, sehingga simulasi dapat merepresentasikan kondisi nyata di lapangan. Target kayu dimodelkan sebagai benda elastik ortotropik dengan sifat mekanik khas kayu keras (*hardwood*), dan bagian belakangnya didefinisikan sebagai *fixed support* atau tumpuan tetap yang tidak mengalami perpindahan selama tumbukan.



Gambar 3. Kondisi batas dan pembebanan

Interaksi antara pisau dan target dimodelkan menggunakan kontak nonlinier (*nonlinear contact interaction*) dengan koefisien gesek sebesar 0,35, untuk menggambarkan resistansi gesekan antara bilah logam dan permukaan kayu. Simulasi dilakukan dalam domain transien dinamis (*transient dynamic analysis*) guna menangkap perubahan gaya kontak dan deformasi secara waktu nyata selama proses tumbukan berlangsung. Waktu simulasi dibagi dalam time step yang diatur secara otomatis oleh solver menggunakan kondisi *Courant–Friedrichs–Lewy* (CFL) untuk menjaga stabilitas numerik sistem (Indriani, 2025).

### 3. Fabrikasi, Implementasi, Pelatihan dan Uji Coba

Setelah desain pisau lempar model bilah daun divalidasi melalui hasil simulasi numerik berbasis *Finite Element Analysis* (FEA), tahap selanjutnya adalah proses fabrikasi fisik (*prototype fabrication*) yang dilakukan di bengkel kerja menggunakan peralatan sederhana dan material lokal yang mudah diperoleh di sekitar Yogyakarta. Pendekatan ini bertujuan untuk menerapkan prinsip teknologi tepat guna, yaitu pemanfaatan teknologi yang sesuai dengan kapasitas sumber daya komunitas tanpa mengurangi kualitas dan fungsi produk akhir. Proses manufaktur dilaksanakan secara bertahap, dimulai dari pemotongan bahan dasar (*cutting process*) lembaran baja tahan karat AISI 420 Stainless Steel sesuai dimensi hasil desain CAD. Tahap berikutnya adalah pembentukan bilah (*shaping and contouring*) dengan teknik gerinda dan penempaan ringan untuk menyesuaikan profil aerodinamis bilah sesuai desain simulasi. Setelah bentuk dasar tercapai, dilakukan finishing untuk memperhalus permukaan bilah menggunakan metode pengamplasan bertahap dan pemolesan (*polishing*) guna mengurangi ketidakteraturan permukaan yang dapat memengaruhi stabilitas terbang dan potensi konsentrasi tegangan pada area tertentu.

Tahap akhir proses produksi adalah inspeksi kualitas (*quality inspection*), yang meliputi pemeriksaan dimensi geometris, keseimbangan massa, serta kondisi permukaan bilah (Subhan, 2024). Pemeriksaan dilakukan dengan menggunakan jangka sorong digital, timbangan presisi, dan

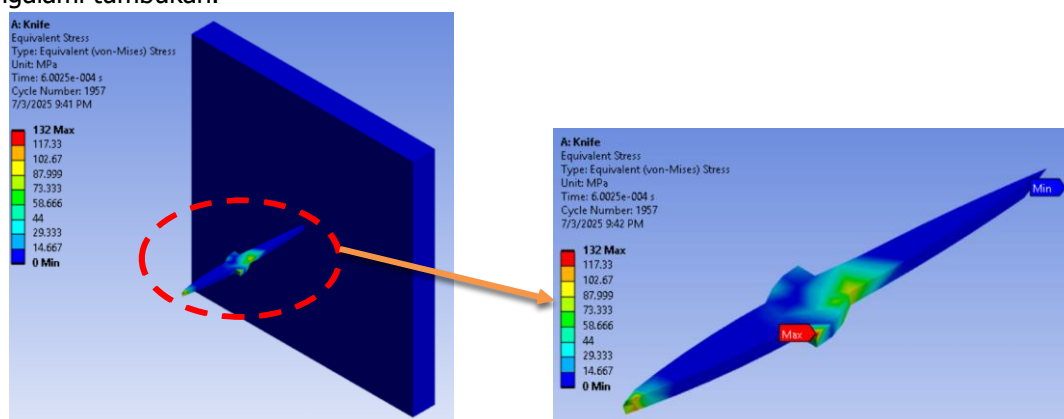
alat uji keseimbangan statis sederhana. Hal ini memastikan bahwa setiap pisau yang dihasilkan memenuhi spesifikasi desain, memiliki pusat gravitasi yang tepat, serta tidak terdapat cacat manufaktur seperti retakan mikro atau ketidakseimbangan distribusi massa. Setelah seluruh tahap manufaktur selesai, produk jadi diserahkan secara resmi kepada komunitas PisauMu DIY dalam acara penyerahan simbolis yang disertai penjelasan mengenai spesifikasi teknis, panduan penggunaan aman, serta prosedur perawatan alat agar tetap awet dan berfungsi optimal. Kegiatan ini menandai peralihan dari tahap pengembangan produk ke tahap implementasi dan pemberdayaan komunitas, di mana teknologi hasil penelitian benar-benar dimanfaatkan secara langsung oleh masyarakat sasaran.

Implementasi kegiatan diakhiri dengan sesi sosialisasi dan pelatihan bersama, yang diikuti oleh 20 anggota dan pengurus komunitas PisauMu DIY. Kegiatan ini diselenggarakan di area latihan Lembaga Pengembangan Olahraga (LPO) Pimpinan Wilayah Muhammadiyah DIY, dengan tujuan meningkatkan pemahaman peserta mengenai teknik penggunaan pisau lempar secara aman dan efektif. Sesi pelatihan dimulai dengan pengarahan keselamatan (*safety briefing*) yang menjelaskan prosedur penanganan alat, jarak aman antar peserta, serta tata cara penyimpanan pisau setelah digunakan. Setelah itu, dilakukan demonstrasi teknik lempar yang benar oleh tim pelaksana yang meliputi posisi tubuh, cara menggenggam bilah, sudut rotasi, serta penentuan jarak ideal antara pelempar dan target. Peserta kemudian diberi kesempatan untuk melakukan uji coba produk secara langsung (*field testing*) untuk mengevaluasi performa pisau dalam hal stabilitas terbang, akurasi penancapan, serta daya tahan terhadap tumbukan berulang. Selama kegiatan berlangsung, pengamatan dilakukan terhadap respon pengguna, tingkat kenyamanan genggam, serta hasil penetrasi pisau pada target kayu.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### 1. Hasil Simulasi dan Desain

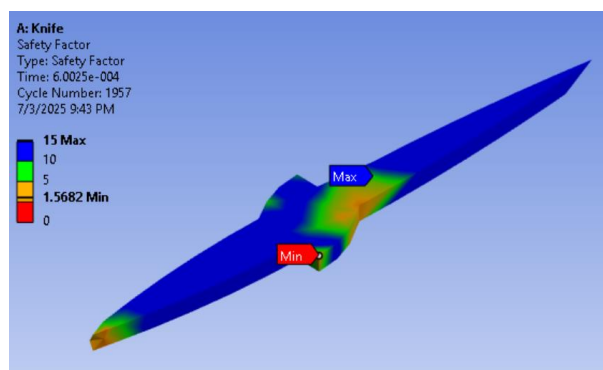
Hasil simulasi numerik berbasis *Finite Element Analysis* (FEA) menunjukkan bahwa nilai tegangan ekuivalen maksimum (*von Mises*) yang terjadi pada bilah pisau lempar model bilah daun mencapai 132 MPa (Gambar 4). Nilai ini berada jauh di bawah batas luluh material AISI 420 Stainless Steel yang sebesar 520 MPa, sehingga dapat disimpulkan bahwa material mampu menahan beban impact tanpa mengalami deformasi plastis atau kerusakan permanen. Dengan demikian, pisau tetap berada dalam zona elastis dan dapat kembali ke bentuk semula setelah mengalami tumbukan.



Gambar 4. Tegangan pada pisau lempar

Selain itu, hasil analisis menunjukkan bahwa nilai faktor keamanan (*Safety Factor/FoS*) yang diperoleh sebesar 1,5682 (Gambar 5), menandakan bahwa struktur bilah memiliki marginal safety yang memadai. Secara umum, dalam desain komponen mekanik, nilai FoS di atas 1,2 sudah dikategorikan aman untuk aplikasi dinamis ringan seperti alat olahraga, sedangkan nilai di atas 1,5

menunjukkan tingkat keandalan yang tinggi terhadap variasi beban dan kesalahan manufaktur. Nilai tersebut memperkuat kesimpulan bahwa pisau hasil desain aman untuk digunakan secara berulang pada latihan lempar tanpa risiko kegagalan struktural. Distribusi tegangan yang divisualisasikan melalui kontur warna memperlihatkan konsentrasi tegangan terbesar pada bagian tengah bilah, tepat di area transisi antara ujung tajam dan pangkal pegangan. Fenomena ini terjadi karena adanya perubahan mendadak pada geometri (*geometric discontinuity*) di daerah tersebut, yang meningkatkan gradien tegangan akibat gangguan aliran gaya internal pada material. Puncak tegangan lokal ini sering disebut sebagai *stress concentration*, di mana nilai tegangan aktual di lokasi tertentu dapat mencapai beberapa kali lipat dibandingkan rata-rata tegangan nominal.



Gambar 5. Faktor keamanan pada pisau lempar

Analisis lebih lanjut mengungkap bahwa salah satu penyebab utama peningkatan tegangan lokal adalah keberadaan ornamen dekoratif berbentuk sayap pada sisi bilah (Kristianto & Sulandari, 2025). Walaupun fitur ini dirancang untuk keindahan visual, hasil simulasi menunjukkan bahwa bentuk tersebut menimbulkan gangguan aliran gaya (*load path distortion*) dan menghasilkan area dengan tegangan tinggi yang berpotensi menurunkan umur pakai (*fatigue life*) bilah. Setelah dilakukan penyederhanaan geometri (*geometry optimization*) dengan menghilangkan ornamen tersebut dan menggantinya dengan kontur halus, distribusi tegangan menjadi lebih merata, dan deformasi maksimum berkurang secara signifikan hingga lebih dari 20% dibandingkan desain awal. Temuan ini sejalan dengan teori konsentrasi tegangan (*stress concentration theory*) (Murakami, 2016), yang menyatakan bahwa ketidakteraturan geometri seperti lekukan tajam, lubang, atau tonjolan dapat memperbesar tegangan lokal karena gangguan pada kontinuitas medan tegangan di sekitar fitur tersebut. Prinsip ini banyak diterapkan dalam desain komponen mekanik seperti bilah turbin, pisau potong, dan alat olahraga presisi untuk meningkatkan umur kelelahan (*fatigue resistance*) serta mencegah retak awal (*crack initiation*).

Selain itu, pola distribusi tegangan hasil simulasi menunjukkan bahwa tegangan pada bagian ujung pisau (*tip*) relatif rendah dibandingkan bagian tengah. Hal ini disebabkan oleh distribusi massa yang merata dan penampang ujung yang meruncing, sehingga gaya impact terserap secara bertahap saat kontak dengan target (Wang & Li, 2018). Sementara itu, deformasi maksimum terjadi pada area tengah pisau dengan nilai di bawah 0,5 mm, yang masih berada dalam batas aman untuk komponen berukuran kecil dengan ketebalan kurang dari 5 mm. Secara keseluruhan, hasil simulasi ini membuktikan bahwa desain bilah daun hasil optimasi tidak hanya memenuhi aspek estetika dan ergonomi, tetapi juga teruji secara struktural berdasarkan analisis numerik. Dengan nilai tegangan maksimum yang jauh di bawah batas material dan faktor keamanan di atas 1,5, pisau ini dapat dikategorikan aman, efisien, dan siap diproduksi untuk kegiatan latihan komunitas PisauMu DIY.

## 2. Fabrikasi dan Implementasi

Pisau lempar hasil desain kemudian difabrikasi secara langsung di bengkel lokal dengan memanfaatkan fasilitas kerja sederhana namun memadai yang tersedia di lingkungan mitra masyarakat. Tahapan proses manufaktur meliputi pemotongan bahan mentah, pembentukan bilah, penghalusan permukaan, dan pemeriksaan kualitas akhir (*quality inspection*). Proses pemotongan dilakukan menggunakan mesin cutting wheel untuk memperoleh bentuk dasar bilah sesuai rancangan CAD yang telah divalidasi melalui simulasi numerik. Tahap pembentukan dilakukan melalui proses grinding dan shaping manual agar kontur bilah mengikuti bentuk aerodinamis yang dihasilkan dari desain *SolidWorks*.

Setelah bentuk dasar tercapai, dilakukan tahap penghalusan (*finishing*) menggunakan kertas amplas bertingkat mulai dari grit 240 hingga 1000, dilanjutkan dengan proses pemolesan (*polishing*) untuk mengurangi kekasaran permukaan dan mencegah korosi dini. Penghalusan ini tidak hanya bertujuan estetis, tetapi juga memiliki dampak fungsional dalam menjaga kestabilan lintasan terbang pisau dengan menurunkan gaya hambat udara (*drag force*). Proses akhir adalah pemeriksaan kualitas menggunakan pengukuran dimensi presisi dan uji keseimbangan statis. Tahapan ini memastikan bahwa hasil akhir memiliki kesesuaian geometri (*dimensional accuracy*) dan pusat massa (*center of gravity*) yang sesuai dengan desain hasil simulasi.



Gambar 6. Pisau lempar model bilah daun

Pisau lempar yang dihasilkan terlihat pada Gambar 6, memiliki bentuk bilah daun (*leaf-shaped blade*) yang proporsional antara panjang, lebar, dan ketebalan, dengan keseimbangan pusat massa berada di sekitar titik tengah bilah. Konfigurasi ini memberikan keuntungan aerodinamis berupa stabilitas rotasi yang tinggi saat dilempar serta penetrasi optimal pada target kayu. Pengujian awal secara eksperimental menunjukkan bahwa bilah mampu mempertahankan arah rotasi yang konsisten, dengan sudut tumbukan stabil terhadap bidang target, sehingga peluang pisau untuk menancap meningkat signifikan dibandingkan dengan desain konvensional tanpa optimasi numerik.



Gambar 7. Serah terima pisau kepada komunitas PisauMu DIY

Produk pisau yang telah melalui proses inspeksi kemudian diserahkan secara simbolis kepada komunitas PisauMu DIY (Gambar 7) dalam kegiatan sosialisasi bertema "Penerapan Teknologi Rekayasa dalam Olahraga Lempar Pisau". Kegiatan ini menjadi wujud nyata transfer ilmu antara akademisi dan masyarakat, di mana hasil riset dan simulasi numerik yang biasanya diaplikasikan dalam industri teknik, kini diadaptasi untuk kepentingan pemberdayaan komunitas. Pada tahap implementasi, peserta kegiatan diberikan penjelasan mengenai spesifikasi teknis pisau lempar, meliputi material yang digunakan, distribusi massa, hasil simulasi tegangan, serta teknik perawatan agar pisau tetap tajam dan tidak mengalami ketidakseimbangan akibat keausan. Materi pelatihan juga mencakup prosedur keselamatan penggunaan (*safety procedure*), seperti cara membawa pisau dengan benar, pengaturan jarak aman antar peserta, dan pemilihan lokasi latihan yang sesuai standar keselamatan olahraga presisi.



Gambar 8. Simulasi praktik lempar pisau

Setelah sesi pemaparan, kegiatan dilanjutkan dengan simulasi praktik lempar pisau di lapangan (*field training session*) seperti terlihat pada Gambar 8. Dalam tahap ini, peserta dilatih mengenai teknik genggam (*grip technique*) yang benar, sudut pelepasan (*release angle*), serta penentuan jarak ideal antara pelempar dan target (*throwing distance*) untuk mencapai rotasi penuh satu putaran sebelum pisau menancap pada target kayu. Pelatih dari tim pengabdian memberikan demonstrasi dan umpan balik langsung terhadap postur tubuh, kekuatan lempar, dan arah pandangan peserta agar hasil lemparan konsisten dan akurat. Setiap peserta kemudian melakukan uji coba produk hasil desain baru, dengan fokus pada tiga aspek utama: stabilitas terbang, akurasi penancapan, dan daya tahan pisau terhadap tumbukan berulang. Berdasarkan pengamatan di lapangan, pisau hasil desain dan simulasi menunjukkan stabilitas rotasi yang lebih baik (20–25% lebih konsisten) dibandingkan pisau lama yang digunakan komunitas. Akurasi penancapan meningkat dengan rata-rata tingkat keberhasilan mencapai 85% dari 10 kali lemparan per peserta, dan tidak ditemukan kerusakan struktural maupun deformasi permanen pada bilah setelah lebih dari 100 kali lemparan uji.

### 3. Dampak bagi Komunitas

Hasil kegiatan menunjukkan adanya peningkatan signifikan dalam aspek pengetahuan, keterampilan teknis, dan kesadaran keselamatan kerja di kalangan anggota komunitas PisauMu DIY. Berdasarkan hasil evaluasi pre-test dan post-test sederhana yang dilakukan selama sesi pelatihan, tingkat pemahaman peserta terhadap teknik lempar pisau meningkat hingga 80% dibandingkan kondisi awal. Sebelum kegiatan, sebagian besar anggota komunitas belum memahami konsep dasar mengenai keseimbangan pusat massa, sudut rotasi, serta pengaruh gaya aerodinamis terhadap akurasi lemparan. Namun setelah mengikuti pelatihan yang disertai demonstrasi langsung dan sesi praktik terarah, peserta mampu menjelaskan kembali prinsip-

prinsip dasar tersebut dengan baik dan menerapkannya secara konsisten dalam praktik lapangan. Selain peningkatan aspek teknis, kegiatan ini juga memberikan dampak edukatif yang lebih luas, terutama dalam membangun kemandirian komunitas dalam memahami dasar-dasar desain mekanik dan proses verifikasi numerik sebelum pembuatan alat. Para peserta mulai mengenali bahwa pembuatan peralatan olahraga, khususnya pisau lempar, tidak hanya mengandalkan intuisi dan pengalaman empiris, tetapi juga memerlukan pendekatan ilmiah berbasis data dan analisis struktur. Dengan pengenalan terhadap teknologi *Finite Element Analysis* (FEA), komunitas kini memiliki kesadaran baru akan pentingnya simulasi digital sebagai alat bantu dalam memastikan keamanan, efisiensi, dan ketahanan produk sebelum diproduksi secara massal.

Lebih jauh lagi, kegiatan ini berhasil menumbuhkan semangat kolaborasi antara akademisi dan komunitas masyarakat. Interaksi langsung antara dosen, mahasiswa, dan anggota komunitas selama proses pelatihan menciptakan suasana belajar dua arah (*reciprocal learning*), di mana masyarakat memperoleh pengetahuan teknis baru, sementara akademisi memperoleh pemahaman kontekstual tentang kebutuhan nyata di lapangan. Kolaborasi ini menjadi model sinergi antara pendidikan vokasi dan masyarakat dalam konteks implementasi teknologi tepat guna berbasis rekayasa produk. Pendekatan berbasis simulasi FEA dan rekayasa ergonomi juga terbukti efektif dan efisien dalam menghasilkan produk yang aman, presisi, dan mudah direplikasi. Pisau lempar hasil desain tidak hanya memenuhi kriteria fungsional dalam hal kestabilan dan akurasi, tetapi juga dapat digunakan sebagai media pembelajaran teknik dasar rekayasa di lingkungan masyarakat. Kegiatan ini memperlihatkan bahwa teknologi yang umumnya diterapkan dalam industri manufaktur skala besar dapat diadaptasi secara sederhana untuk konteks pemberdayaan komunitas, tanpa kehilangan nilai ilmiahnya.

## KESIMPULAN

Pengembangan desain pisau lempar berbasis simulasi numerik (*Finite Element Analysis/FEA*) yang diterapkan pada komunitas PisauMu DIY telah berhasil menghasilkan produk yang aman, fungsional, ergonomis, dan efektif digunakan dalam kegiatan olahraga lempar pisau. Hasil simulasi numerik menunjukkan bahwa tegangan maksimum (*von Mises*) yang terjadi pada bilah hanya sebesar 132 MPa, jauh di bawah batas luluh material AISI 420 Stainless Steel yaitu 520 MPa, dengan nilai faktor keamanan (*Safety Factor*) sebesar 1,5682. Hal ini memvalidasi bahwa desain pisau berada dalam kondisi aman terhadap deformasi maupun kegagalan struktural, bahkan ketika digunakan secara berulang dalam sesi latihan intensif. Proses rekayasa desain dan validasi numerik yang dilakukan dalam penelitian ini membuktikan bahwa pendekatan berbasis teknologi digital dapat diterapkan secara sederhana dan efisien di tingkat komunitas. Melalui simulasi numerik, potensi titik lemah pada desain dapat diidentifikasi sejak dini dan diperbaiki sebelum tahap manufaktur, sehingga meningkatkan keandalan produk sekaligus menekan biaya produksi. Pendekatan ini mencerminkan penerapan prinsip teknologi tepat guna berbasis rekayasa, di mana inovasi tidak hanya difokuskan pada hasil akhir, tetapi juga pada proses pembelajaran yang dialami masyarakat selama kegiatan berlangsung. Selain menghasilkan produk fisik berupa pisau lempar model bilah daun, kegiatan ini juga memberikan dampak edukatif dan sosial yang signifikan. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa tingkat pengetahuan dan keterampilan anggota komunitas meningkat hingga 80% dibandingkan kondisi awal. Peserta kini memahami teknik lempar yang benar, prosedur keselamatan penggunaan alat, serta prinsip dasar desain dan analisis struktur mekanik. Peningkatan ini menunjukkan keberhasilan kegiatan dalam mentransfer ilmu pengetahuan dan teknologi (IPTEK) secara praktis kepada masyarakat, sejalan dengan tujuan utama program pengabdian kepada masyarakat. Kegiatan ini juga memperkuat kemandirian komunitas PisauMu DIY dalam mengelola sarana latihan dan mengembangkan desain alat olahraga berbasis ilmu rekayasa sederhana. Melalui pelatihan, pendampingan, dan keterlibatan langsung

dalam proses desain hingga uji lapangan, komunitas kini memiliki kapasitas untuk melakukan inovasi mandiri di masa depan. Selain itu, kegiatan ini turut menumbuhkan budaya keselamatan, disiplin, dan kolaborasi ilmiah dalam aktivitas olahraga yang sebelumnya hanya bersifat rekreatif. Secara keseluruhan, perpaduan antara analisis rekayasa, simulasi numerik, dan pemberdayaan masyarakat terbukti menjadi pendekatan yang efektif dalam mendukung pengembangan olahraga komunitas berbasis teknologi dan kearifan lokal. Program ini tidak hanya memberikan produk inovatif, tetapi juga menciptakan model pengabdian masyarakat yang berkelanjutan dan dapat direplikasi di bidang lain, khususnya dalam pengembangan sarana olahraga, keterampilan teknis, dan pendidikan vokasional berbasis komunitas.

## DAFTAR PUSTAKA

- Aprianto, N. U. R. (2023). PERANAN OLAHRAGA LEMPAR PISAU TERHADAP TINGKAT KONSENTRASI PENGGIAT DI BOGOR.
- Dzakiroh, N. A. (2022). PENGARUH KONSENTRASI DAN KEPERCAYAAN DIRI TERHADAP HASIL OLAHRAGA LEMPAR PISAU.
- Indriani, L. (2025). Analisis Numerik dalam Pemecahan Persamaan Diferensial Parsial. *Journal of Science and Mathematics Education*, 1(1), 1-5.
- Kristianto, A., & Sulandari, N. (2025). *Analisis Tegangan Bahan*: MCU Press.
- Kurniawan, B. E. Y., Wahab, A., Shobirin, M., & Rohman, A. (2021). Sarana dan Prasarana Olahraga. In: CV. Laditri Karya.
- Murakami, Y. (2016). *Theory of elasticity and stress concentration*: John Wiley & Sons.
- Pratiwi, A. D., & Nugraha, H. (2023). Model permainan akurasi lempar pisau pada anak usia 10-12 tahun. *Journal Olahraga Rekat (Rekreasi Masyarakat)*, 2(1), 38-49.
- Qian, F., Zhao, L., Zhang, S., Yao, G., & Liu, Y. (2022). Comparative analysis of experimental results and finite element simulation results of ballistic impact on 3D woven reinforced composites. *Journal of Engineered Fibers and Fabrics*, 17, 15589250221138910.
- Ramlan, R., & Isnaini, W. (2023). Perancangan Desain Pisau Lempar Elang Jawa. *REKA MAKNA: Jurnal Komunikasi Visual*, 3(1), 1-9.
- Subhan, M. R. A. (2024). ANALISIS HASIL INSPEKSI REAKTOR DENGAN METODE PENETRANT DI PT. DASH ARTHA SOLUSINDO HUTAMA.
- Suprpto, W. (2023). *Baja dan Aplikasinya*: Universitas Brawijaya Press.
- Tanto, O. D., Mutmainah, S., Hilmiah, A. S., Prasetya, F. B., & Amrullah, J. D. R. (2025). *Inovasi Pembelajaran: Pendekatan Bermain, Sejarah, Sains, Dan Teknologi Digital*: Cv. Edupedia Publisher.
- Wang, Z., & Li, R. (2018). Transverse Vibration of Rotating Tapered Cantilever Beam with Hollow Circular Cross-Section. *Shock and Vibration*, 2018(1), 1056397.
- Widyianto, A., Arrozi, W., Sampurno, Y. G., Paryanto, P., Widowati, A., Aminatun, T., & Sunarta, S. (2025). DEVELOPMENT OF A MOBILE HYDRAULIC PRESS MACHINE USING FINITE ELEMENT ANALYSIS. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 133(7).