

EVALUATION OF MANUAL SHOE REFERENCE DESIGNS FOR FOOT COMFORT

EVALUASI DESAIN ACUAN SEPATU MANUAL TERHADAP KENYAMANAN KAKI

Abimanyu Yogadita Restu Aji^{1,*}, Achmad Basri¹, Delia Agustin Indrayanto¹

¹Teknologi Pengolahan Produk Kulit, Politeknik ATK Yogyakarta, Indonesia

* Corresponding author: abimanyuyr@gmail.com

Abstract:

The handcrafted shoe industry, or traditional shoemaking, holds significant cultural and economic value, yet still faces challenges in ergonomics and user comfort. Currently, many artisans rely on experience and intuition when creating shoe molds. Mismatches between the mold shape and the user's foot anatomy can lead to uneven pressure distribution. This study aimed to evaluate the suitability of a wooden handcrafted shoe mold design for wearer comfort. Testing was conducted by comparing the mold contour to foot anatomy data and a five-day wear test to observe user comfort responses. The evaluation results indicated that the manual mold met general size requirements for length and heel, but inaccuracies were found in the ball girth and waist arch, which tended to be narrow and asymmetrical. This condition causes excessive pressure on the instep and little toe, leading to pain and potential irritation during repeated wear. Furthermore, the less flexible nature of the upper material makes the shoe's adjustment process to the foot shape take longer and hinders even pressure distribution. Based on these findings, refinement of the mold design is needed to adjust the mold dimensions based on local anthropometric data to improve shoe comfort and ergonomic performance.

Keywords: shoe last, plantar pressure distribution, ergonomics

Intisari:

Industri sepatu manual atau kriya sepatu tradisional memiliki nilai budaya dan ekonomi yang tinggi, namun masih menghadapi tantangan dari sisi ergonomi dan kenyamanan pengguna. Saat ini, banyak perajin masih mengandalkan pengalaman dan intuisi dalam membuat acuan. Ketidakesesuaian antara bentuk acuan dan anatomi kaki pengguna dapat menyebabkan distribusi tekanan yang tidak merata. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kesesuaian desain acuan sepatu manual berbahan kayu terhadap kenyamanan pemakai. Pengujian dilakukan dengan membandingkan kontur acuan terhadap data anatomi kaki serta uji pakai selama lima hari untuk mengamati respons kenyamanan pengguna. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa acuan manual telah memenuhi kesesuaian ukuran secara umum pada bagian panjang dan tumit, namun ditemukan ketidaktepatan pada area ball girth dan lengkung waist yang cenderung sempit dan asimetris. Kondisi tersebut memicu tekanan berlebih pada punggung kaki dan jari

kelingking hingga menimbulkan rasa sakit serta potensi iritasi saat pemakaian berulang. Selain itu, karakter material upper yang kurang fleksibel menyebabkan proses penyesuaian sepatu terhadap bentuk kaki berlangsung lebih lama dan menghambat distribusi tekanan yang merata. Berdasarkan temuan tersebut, diperlukan penyempurnaan desain acuan agar menyesuaikan dimensi acuan berdasarkan data antropometri lokal sehingga kenyamanan dan kinerja sepatu dapat ditingkatkan secara ergonomis.

Kata kunci: acuan sepatu, distribusi tekanan kaki, ergonomi.

Pendahuluan

Industri sepatu merupakan salah satu sektor penting yang memiliki nilai seni, fungsionalitas, serta nilai ekonomi. Dalam proses produksinya, baik proses pembuatan sepatu secara manual atau tradisional (handmade), terdapat banyak tahapan penting yang menentukan kualitas akhir dari sepatu yang dihasilkan. Salah satu tahapan utama yang sangat menentukan adalah pembuatan dan penggunaan acuan sepatu atau shoe last. Acuan sepatu atau shoe last berfungsi sebagai dasar bentuk sepatu yang sedang dibuat, menentukan proporsi dari sepatu, dan dimensi keseluruhan dari hasil akhir sepatu [1]. Dalam praktik pembuatan sepatu secara custom ataupun tradisional, banyak yang masih menggunakan acuan yang dibuat berdasarkan ukuran langsung dari pemesannya. Proses pembuatan acuan sering kali dibuat berdasarkan pengalaman, intuisi, dan kebiasaan perajin yang diwariskan secara turun-temurun [2]. Meskipun metode ini memiliki keunikan dan nilai budaya tinggi, namun pendekatan tersebut cenderung mengabaikan prinsip-prinsip ilmiah, khususnya yang berkaitan dengan antropometri (pengukuran dimensi tubuh manusia) dan ergonomi. Ketidaksesuaian antara acuan sepatu dan bentuk kaki pengguna dapat menimbulkan masalah kenyamanan pada produk yang nanti akan dihasilkan. Salah satu konsekuensi dari acuan yang tidak ergonomis adalah distribusi tekanan yang tidak merata pada telapak kaki saat sepatu digunakan. Tekanan yang terpusat pada area tertentu dan tidak sesuai dengan kebutuhan anatomi manusia dapat menyebabkan ketidaknyamanan, hingga risiko cedera jangka panjang. Tekanan untuk bagian atas sepatu menunjukkan bahwa penurunan gaya dan tekanan punggung berhubungan dengan penurunan kenyamanan bagian atas [3].

Sementara itu, sepatu yang dirancang dengan memperhatikan distribusi tekanan yang seimbang terbukti mampu meningkatkan kenyamanan, kestabilan, dan performa gerak penggunanya [4]. Sementara itu, penelitian lain membuktikan bahwa penggunaan insole khusus yang dirancang berdasarkan morfologi kaki dapat secara signifikan mengurangi tekanan puncak di area sensitif, sehingga meningkatkan kenyamanan dan mencegah cedera akibat penggunaan sepatu dalam jangka panjang [5]. Dalam konteks ini, penting untuk melakukan penelitian lebih dalam mengenai pendekatan perancangan acuan dalam kriya sepatu manual agar menghasilkan acuan yang sesuai terhadap kebutuhan anatomi manusia. Di tengah meningkatnya kesadaran masyarakat terhadap pentingnya kenyamanan alas kaki dan tren personalisasi produk, pembuatan sepatu secara manual memiliki peluang besar untuk berkembang jika mampu melakukan inovasi berdasarkan kenyamanan dari penggunanya. Dalam penelitian lain, menekankan pentingnya integrasi data antropometri dan ergonomic dalam desain sepatu, terlebih lagi dalam hal produksi sepatu custom [6].

Penerapan prinsip ergonomi, pemanfaatan data antropometri lokal, serta integrasi teknologi sederhana seperti pemetaan tekanan kaki dapat menjadi solusi antara nilai-nilai tradisional dan tuntutan fungsional modern. Evaluasi terhadap kesesuaian desain acuan dari sisi kenyamanan pengguna dan distribusi tekanan bukan hanya menjadi kebutuhan teknis, tetapi juga berfungsi dalam hal peningkatan mutu produk alas kaki yang berdaya saing tinggi. Oleh karena itu, penelitian ini berfokus pada evaluasi desain acuan sepatu manual dengan memfokuskan pada aspek kenyamanan kaki saat pemakaian. Tujuan dari penelitian ini adalah memberikan rekomendasi perbaikan desain yang relevan dan dapat diterapkan secara langsung dalam proses pembuatan acuan sepatu secara manual. Melalui pendekatan yang mengkombinasikan teknik kriya tradisional dengan prinsip ergonomi, penelitian ini diharapkan mampu menghasilkan acuan sepatu yang tidak hanya nyaman dipakai, tetapi juga tetap mencerminkan kekayaan nilai lokal. Hasil penelitian ini diharapkan dapat mendorong pengembangan inovasi dalam industri sepatu manual serta memperkuat keberlanjutan kriya lokal di tengah persaingan pasar nasional maupun global.

Metode Penelitian

Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah alat ukur antropometri seperti meteran, jangka sorong, dan penggaris. Bahan yang digunakan meliputi acuan sepatu kayu tradisional dari perajin lokal, bahan pelapis sepatu seperti kulit atau kanvas, serta insole standar dan modifikasi.

Metode

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan metode eksperimen. Metode eksperimen dipandang sebagai pendekatan penelitian yang memiliki kredibilitas tinggi secara ilmiah, sebab pelaksanaannya melibatkan pengawasan yang ketat terhadap faktor-faktor luar yang berpotensi mengganggu variabel utama yang sedang diuji [7]. Penelitian eksperimen merupakan bentuk penyelidikan ilmiah yang bertujuan mengidentifikasi variabel serta memahami keterkaitan atau hubungan yang terjadi di antara variabel-variabel tersebut. Dalam pandangan klasik, metode ini digunakan untuk menguji bagaimana suatu perlakuan tertentu memberikan pengaruh terhadap variabel lain yang menjadi sasaran dalam sebuah pengamatan [8]. Metode kerja pada penelitian ini adalah dengan cara melakukan eksperimen terhadap sampel sepatu dengan menggunakan acuan yang dibuat dengan menggunakan teknik manual sebagai cetakannya. Diawali dengan penggunaan pola yang dibalut pada acuan tersebut, kemudian akan dilakukan eksperimen dengan membuat upper sepatu hingga selesai. Dari data hasil pengamatan, kemudian dibuat perbandingan secara langsung dengan karakteristik acuan manual untuk melihat bagian yang tidak sesuai dengan anatomi kaki pengguna. Temuan ini menjadi dasar rekomendasi perbaikan terkait proporsi, bentuk, dan dimensi acuan.

Hasil dan Pembahasan

Penelitian ini merupakan kegiatan penelitian dengan menggunakan metode eksperimen. Obyek penelitian berupa pengaruh kenyamanan sepatu yang dihasilkan dari cetakan acuan yang dibuat secara manual. Acuan sepatu manual yang dibuat oleh perajin lokal memiliki karakter yang kuat, terlihat dari bentuk, proporsi, serta ketelitian detailnya yang mengikuti kontur kaki manusia, dalam penelitian ini contoh ukuran yang diambil adalah untuk ukuran 41. Bagian ujung depan dirancang dengan lekukan halus dan volume yang membulat, mencerminkan estetika desain sepatu wanita yang bersifat klasik. Kelanjutan garis lengkung dari punggung kaki hingga tumit menunjukkan harmonisasi bentuk, meskipun pada observasi mendalam masih ditemukan sedikit perbedaan kesamaan bentuk dan ukuran antara sisi kiri dan kanan. Material kayu mahoni

berkualitas dengan serat padat digunakan sebagai dasar pembentuk acuan, memberikan daya tahan yang baik terhadap benturan selama proses pengerjaan. Permukaannya telah diampelas hingga halus, namun belum diberi finishing pelindung seperti vernis. Bagian punggung acuan dilengkapi potongan khusus sebagaiudukan pengait besi dan sistem penguncian ketika proses lasting berlangsung. Selain itu, konstruksi acuan yang dapat dibuka pada bagian punggung memudahkan pelepasan dari sepatu setelah tahap pembentukan selesai. Karakteristik fungsional ini selaras dengan pendapat yang menegaskan bahwa acuan buatan manual tetap mengedepankan mekanisme sederhana agar kompatibel dengan metode lasting tradisional tanpa mengandalkan mesin otomatis, sehingga seluruh proses dapat dijalankan sepenuhnya oleh keterampilan tangan perajin [9].

Untuk memastikan kesesuaian acuan sepatu manual dengan bentuk kaki pengguna, dilakukan pengukuran antropometri pada kaki model uji. Sampel pengukuran kaki menggunakan 1 narasumber untuk diambil ukuran kakinya dengan kondisi memiliki size yang sama dengan acuan. Data ini menjadi acuan untuk menilai kecocokan bentuk acuan sekaligus mengidentifikasi kemungkinan titik tekanan yang dapat memengaruhi kenyamanan dan kestabilan pemakaian. Dengan membandingkan dimensi kaki sebenarnya dengan ukuran acuan, dapat diketahui apakah acuan telah sesuai dengan karakter anatomi atau masih membutuhkan penyesuaian. Data berikut menyajikan hasil perbandingan tersebut.

Tabel 1. Hasil Pengukuran

No	Lokasi Pengukuran	Rata-rata Kaki (mm)	Dimensi acuan manual (mm)	Selisih (mm)	Selisih(%)
1	Panjang kaki	269	270	-1	-0.37%
2	Lebar forefoot	100	98	+2	+2.04%
3	Gemuk kaki	218	210	+8	+3.81%
4	Pinggang kanan	188	190	-2	-1.05%
5	Pinggang kiri	193	190	+3	+1.58%
6	Lebar tumit	55	56	-1	-1.79%
7	Lingkar mata kaki	199	200	-1	-0.50%

Dari hasil pengukuran, menunjukkan bahwa acuan manual telah memenuhi ukuran dasar seperti panjang, lebar, dan lingkaran pergelangan kaki. Secara umum bentuk tumit dan instep juga sudah mengikuti kontur kaki pengguna dengan cukup baik, sehingga area belakang acuan terlihat sesuai. Namun, pemeriksaan lebih mendalam menunjukkan adanya dua ketidaksesuaian utama yang berpengaruh langsung terhadap kenyamanan. Pertama, dimensi ball girth pada acuan lebih sempit dibanding ukuran anatomis kaki pengguna, dengan selisih sekitar 8 mm. Kedua, bentuk pinggang kaki memperlihatkan kontur yang tidak sepenuhnya simetris antara sisi kiri dan kanan. Temuan ini menegaskan bahwa kenyamanan tidak cukup ditentukan oleh kecocokan ukuran makro, melainkan juga ketepatan kontur acuan dalam mengikuti bentuk alami kaki, adapun perbandingan kenyamanan sepatu dapat dilihat pada tabel 2 berikut.

Tabel 2. Perbandingan tingkat kenyamanan

No	Area	Kondisi pada acuan manual	Distribusi tekanan	Dampak
1	Panjang acuan	Ukuran sesuai	Merata	Nyaman
2	Lebar acuan	Ukuran sesuai	Merata	Nyaman
3	Gemuk acuan	Lebih sempit jika dibandingkan dengan acuan pabrikan	Tinggi	Rasa tekanan pada bagian gemuk acuan, cepat lelah
4	Pinggung acuan	Total panjang bagian punggung acuan sama, namun terdapat bentuk yang asimetris	Asimetris	Tekanan lateral kurang seimbang/tidak sama antara kanan dan kiri
5	Tumit acuan	Sesuai dengan kontur kaki	Stabil	Nyaman
6	Lingkar mata kaki	Ukuran sesuai	Merata	Nyaman

Dari hasil analisis dapat dilihat bahwa penyebaran tekanan pada sepatu berbasis acuan manual masih belum berjalan dengan baik. Penilaian kenyamanan dinilai dari apakah kaki bisa masuk ke sepatu tanpa adanya unsur paksaan. Kenyamanan pada tahap ini belum melihat efek dari material yang timbul. Analisis menunjukkan bahwa meskipun acuan manual telah memenuhi ukuran dasar seperti panjang, lebar, tumit, dan lingkaran pergelangan kaki, terdapat ketidaksesuaian penting pada bagian depan dan tengah kaki yang berdampak langsung pada kenyamanan. Ball girth yang lebih sempit menyebabkan tekanan terpusat pada area metatarsal, sementara bentuk lengkung pinggang kaki yang tidak sepenuhnya simetris menghasilkan tekanan lateral yang tidak merata. Kondisi ini menandakan bahwa ruang fungsional pada area kaki yang paling aktif menahan beban belum terpenuhi dengan baik, meskipun ukuran global sepatu tampak sesuai. Akibatnya, pengguna berpotensi merasakan rasa sempit, gesekan, dan kelelahan lebih cepat ketika sepatu digunakan dalam durasi panjang atau aktivitas berat.

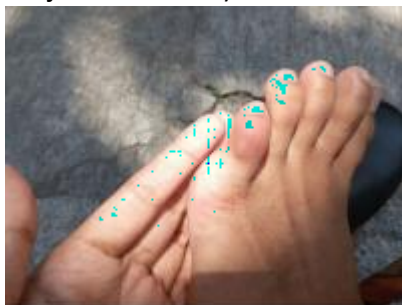
Pola sebaran tekanan tersebut memperlihatkan keterbatasan acuan manual dalam mengikuti kontur anatomi lokal yang lebih kompleks, terutama pada bagian forefoot dan waist yang

membutuhkan tingkat ketelitian lebih tinggi dalam pengerjaannya dibanding bagian tumit atau instep. Ketidakseimbangan distribusi beban selama pemakaian menjadi indikator bahwa kontur acuan belum sepenuhnya selaras dengan gerakan kaki. Oleh karena itu, pembesaran pada area ball girth dan koreksi pada lengkung pinggang kaki menjadi dua rekomendasi utama untuk meningkatkan kenyamanan serta mendekatkan hasil akhir sepatu ke standar ergonomi acuan pabrikan.

Distribusi tekanan tidak hanya mencerminkan bagaimana berat tubuh dialihkan ke setiap area kaki, tetapi juga memperlihatkan sejauh mana konstruksi sepatu, baik dari bentuk acuan maupun karakter material dapat mendukung gerak alami pemakai. Oleh karena itu, pengamatan terhadap perubahan tekanan saat melangkah serta respons kenyamanan pengguna menjadi bagian penting dalam menilai efektivitas acuan manual. Adapun data hasil uji pemakaian disajikan pada tabel 3 berikut ini.

Tabel 3. Hasil Uji Pengguna

No	Hari ke-	Yang dirasakan oleh pengguna
1	1	Penyesuaian dengan kaki, tidak nyaman ketika dipakai saat jalan, seluruh bagian pada kaki merasa sakit, terutama bagian tumit merasa sakit dan bagian depan upper merasa sakit ketika bersentuhan dengan kulit.
2	2	Mulai sedikit berkurang rasa sakit yang muncul ketika menggunakannya, tidak terlalu terasa sakit seperti pada hari pertama
3	3	Sama seperti hari kedua saat digunakan, tapi pada saat jalan mulai terasa sakit pada bagian punggung kaki, dan pada jari kelingking mulai terasa sakit saat digunakan berjalan (seperti umumnya memakai flatshoes lainnya karna terlalu sering jalan).
4	4	Mulai terbiasa dan fleksibel saat digunakan di kaki tapi ketika berjalan merasakan sakit pada bagian kelingking dan bagian punggung kaki.
5	5	Sama seperti hari sebelumnya, tapi jari kelingking mulai terasa sakit ketika berjalan (mulai muncul benjolan), bagian punggung kaki saat bersentuhan dengan sepatu sama seperti hari sebelumnya yaitu sakit (mungkin apabila sering digunakan lebih lanjut akan lecet)



Uji pemakaian selama lima hari menunjukkan adanya proses penyesuaian antara kaki dan sepatu. Pada awal penggunaan, sepatu terasa tidak nyaman terutama pada punggung kaki dan area forefoot karena material masih kaku dan ruang sepatu bagian depan terasa sempit.

Memasuki hari kedua dan ketiga, tingkat ketidaknyamanan mulai berkurang, namun muncul tekanan baru di punggung kaki kiri dan jari kelingking akibat gesekan. Hingga hari kelima, sepatu mulai mengikuti bentuk kaki, tetapi tekanan pada titik tertentu tetap terasa dan kaki bahkan sempat mengalami pembengkakan pada bagian kelingking sehingga pengujian dihentikan untuk mencegah lecet. Secara keseluruhan, penyesuaian telah terjadi namun masih terdapat area yang menimbulkan ketidaknyamanan lokal yang berpotensi mengganggu pemakaian jangka panjang. Distribusi tekanan pada telapak kaki (plantar pressure distribution) berperan penting dalam menentukan kenyamanan suatu desain sepatu. Selama proses berjalan, tekanan berpindah secara bertahap mulai dari tumit saat pertama menyentuh permukaan, lalu ke bagian tengah kaki, hingga akhirnya ke ujung jari ketika kaki mendorong tubuh ke depan. Area tumit dan kepala metatarsal merupakan titik dengan beban tertinggi, sedangkan bagian tengah kaki biasanya menerima tekanan paling rendah. Apabila pola tekanan ini tidak seimbang, pengguna dapat mengalami nyeri, iritasi jaringan lunak, hingga perubahan bentuk kaki dalam jangka panjang. Sebuah studi juga mengungkapkan bahwa sepatu yang terlalu kaku dapat meningkatkan puncak tekanan pada tumit dan metatarsal hingga 20% dibandingkan sepatu yang menggunakan material lebih fleksibel [10].

Temuan uji pemakaian dalam penelitian ini memperlihatkan pola distribusi tekanan yang sejalan dengan studi sebelumnya. Pada awal penggunaan, tekanan tinggi muncul di area tumit, forefoot, dan bagian gemuk kaki karena sepatu belum mengikuti bentuk kaki secara optimal, sehingga menimbulkan nyeri dan potensi iritasi akibat gesekan. Seiring waktu, material sepatu mulai melunak dan mengikuti kontur kaki, membuat tekanan menjadi lebih seimbang dan ketidaknyamanan berkurang. Meski demikian, tekanan lateral berlebih masih dirasakan pada jari kelingking akibat ruang toe-box yang kurang lebar. Karena itu, desain sepatu perlu memperhatikan variasi anatomi serta karakter material agar dapat mengurangi potensi masalah pada jari dan metatarsal dalam jangka panjang. Pendekatan tersebut akan menghasilkan sepatu yang lebih ergonomis dan nyaman digunakan [11].

Kenyamanan kaki ketika memakai sepatu merupakan gabungan dari distribusi tekanan yang merata, pemilihan material yang tepat, serta konstruksi desain yang mendukung gerak kaki secara alami. Sepatu yang terlalu kaku cenderung membatasi kelenturan langkah dan menimbulkan tekanan berlebih pada area tertentu, sedangkan sepatu yang lebih lentur mampu menyesuaikan bentuk kaki sehingga tekanan dapat tersebar dengan lebih baik dan risiko cedera dapat ditekan. Penggunaan insole berbahan lunak terbukti menurunkan tekanan puncak di zona tumit dan metatarsal, sekaligus memperbaiki pengalaman kenyamanan pengguna. Dengan demikian, pendekatan ergonomi yang memperhatikan aspek anatomi dan respons material terhadap gaya selama berjalan menjadi kunci utama dalam perancangan alas kaki yang nyaman [12].

Temuan ini menegaskan bahwa perbaikan utama perlu difokuskan pada akurasi acuan sebagai dasar pembentukan sepatu. Kekurangan ruang pada ball girth dan ketidaktepatan lengkung pinggang kaki menunjukkan bahwa acuan manual belum sepenuhnya mengikuti kebutuhan fungsional kaki. Penambahan volume pada area forefoot serta koreksi kontur pinggang kaki diperlukan untuk mengurangi tekanan berlebih dan menstabilkan distribusi beban. Dengan penyempurnaan pada titik-titik tersebut, acuan dapat menghasilkan bentuk sepatu yang lebih nyaman dan lebih sesuai dengan dinamika gerak kaki. Pada akhirnya, kualitas kenyamanan sepatu bergantung pada sejauh mana acuan mampu mereplikasi anatomi kaki

secara tepat, sehingga revisi acuan menjadi langkah penting untuk meningkatkan ergonomi produk.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian ini dapat diambil beberapa kesimpulan yaitu, meskipun ukuran dasar acuan manual sudah mendekati ukuran kaki pengguna, terdapat ketidaktepatan pada ball girth dan kontur waist yang menyebabkan tekanan tidak merata saat sepatu dipakai. Ruang yang kurang pada forefoot serta lengkung pinggang yang tidak sepenuhnya mengikuti bentuk kaki terbukti menjadi sumber ketidaknyamanan utama. Dengan demikian, penyempurnaan acuan perlu difokuskan pada penyesuaian volume dan kontur pada kedua area tersebut agar distribusi beban lebih seimbang dan kenyamanan pemakaian meningkat. Penyempurnaan desain acuan perlu dilakukan dengan menyesuaikan dimensi acuan berdasarkan data antropometri lokal sehingga kenyamanan dan kinerja sepatu dapat ditingkatkan secara ergonomis.

Ucapan terima kasih

Politeknik ATK Yogyakarta, Kementerian Perindustrian Republik Indonesia

Daftar Pustaka

- [1] Thornton, J.H., Textbook of footwear manufacture, National Trade Press, 1953.
- [2] Basuki, Dwi A., Teknologi dan Produksi Sepatu Jilid I, Citra Medika, Yogyakarta, 2013.
- [3] Jordan, C., & Bartlett, R.. Pressure distribution and perceived comfort in casual footwear. *Gait & Posture*, 3, 215–220. 1995
- [4] Sun, X., Lam, W.-K., Zhang, X., Wang, J., & Fu, W., Systematic Review of the Role of Footwear Constructions in Running Biomechanics: Implications for Running-Related Injury and Performance. <http://www.jssm.org>, 2020
- [5] Simon, S., Dully, J., Dindorf, C., Bartaguiz, E., Becker, S., & Fröhlich, M.. Impact of Fatigue on Ergonomic Risk Scores and Foot Kinetics: A Field Study Employing Inertial and In-Shoe Plantar Pressure Measurement Devices. *Sensors*, 24(4), <https://doi.org/10.3390/s24041175>.
- [6] Ma, X., & Luximon, A.. Design and manufacture of shoe lasts. In *Handbook of Footwear Design and Manufacture*. Woodhead Publishing Limited, 2021, <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-821606-4.00009-0>.
- [7] Borg, W. R., & Gall, M. D., Educational research: an introduction, London: Longman, Inc., 1983.
- [8] Jaedun dan Amat, Metodologi Penelitian Eksperimen, Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta, Yogyakarta, 2011.
- [9] Restu Aji, A. Y., Nugraha, V. S., & Sulistianto. "Modifikasi Acuan Sepatu Berbahan Kayu Secara Manual", *Jurnal Seni Kriya*, 13(1), 2024, <https://doi.org/10.24821/corak.v13i1.9716>.

p-ISSN : 1411-7703

e-ISSN : 2746-2625

- [10] Mirando M, Pavese C, Pingue V, Sozzi S, and Nardone A., "Can plantar pressure distribution during gait be estimated from quiet stance in healthy individuals?", *Journal of Functional Morphology and Kinesiology*, 2025, <https://doi.org/10.3390/jfmk10030301>.
- [11] Bousie J, Blanch P, McPoil T, and Vincenzo B., "Hardness and posting of foot orthoses modify plantar contact area, plantar pressure, and perceived comfort when cycling", *Journal of Science and Medicine in Sport*, 21, 2018, <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2017.11.013>.
- [12] Elgohary H, Allam I, Tolba A, Ali F, Alwhaibi R, Zakaria H, Ragab W, and Elbalawy Y., "Effect of Foot Insole on Planter Pressure Distribution in Patients with Neuropathic Diabetic Foot Ulcer: A Prospective, Randomized, Double-Blinded, Controlled Clinical Trial", *Medicina*, 60,2066, 2024, <https://doi.org/10.3390/medicina60122066>.