

Desain Sepatu untuk Penderita Diabetes

Hillary Louise Paays¹, Toufiq Panji Wisesa²

Universitas Pembangunan Jaya

¹ hillary.louisepaays@student.upi.ac.id, ² panji.wisesa@upi.ac.id

Abstrak

Desain alas kaki khusus untuk penderita diabetes merupakan komponen penting dalam pengembangan produk kesehatan modern. Selain mengutamakan tampilan, desain ini mempertimbangkan ergonomi, kenyamanan termal, dan pencegahan ulkus diabetik, yang sangat rentan karena gangguan vaskular dan neuropati perifer. Penelitian ini mengumpulkan preferensi dan kebutuhan langsung penderita diabetes melalui pendekatan berbasis data kuesioner. Ini digunakan sebagai dasar untuk menciptakan alas kaki yang ideal. Sebanyak lima puluh orang yang menjawab survei menunjukkan bahwa kenyamanan, bantalan empuk, dan material yang bebas angin adalah hal yang paling penting bagi mereka. Desain sepatu harus memungkinkan ventilasi yang optimal dan menurunkan tekanan plantar secara signifikan untuk mengurangi risiko infeksi dan luka terbuka. Proses desain dimulai dengan mempelajari kebutuhan pengguna dan memodelkan berbagai jenis material (seperti foam EVA, suede, dan kain jarik tradisional yang memiliki sirkulasi udara baik). Salah satu inovasi utama dalam prototipe ini adalah kombinasi bahan yang bebas udara, insole yang dibuat dari memory foam yang dapat menyesuaikan bentuk kaki seseorang, dan outsole yang memiliki struktur lattice auxetic yang dibuat melalui pengolahan 3D. Desain ini juga dikembangkan berdasarkan prinsip ergonomi dan antropometri kaki, menggunakan data ukuran kaki orang dewasa Indonesia untuk memastikan kesesuaian dan kenyamanan optimal.

Kata kunci: alas kaki diabetes, desain produk, produk kesehatan, diabetes, pencegahan ulkus diabetes

Abstract

The development of specialized footwear for individuals with diabetes plays a crucial role in advancing modern healthcare products. Beyond aesthetics, these designs must address key factors such as ergonomics, thermal comfort, and the prevention of diabetic foot ulcers, which are highly prevalent due to vascular complications and peripheral neuropathy. This study employed a questionnaire-based approach to gather direct input from diabetic patients regarding their preferences and specific needs, providing essential insights for designing optimal footwear solutions. Based on responses from fifty participants, comfort, soft cushioning, and breathable materials emerged as the most critical features. To effectively minimize the risk of infection and open wounds, footwear must offer excellent ventilation and significantly reduce plantar pressure. The design process involved an in-depth analysis of user requirements, combined with the evaluation of various materials such as EVA foam, suede, and traditional jarik fabric known for its superior breathability. A key innovation introduced in this prototype includes a combination of highly breathable materials, memory foam insoles that adapt to the individual's foot contour, and an outsole featuring a 3D-printed auxetic lattice structure engineered for optimal pressure distribution. The design was also developed using ergonomic principles and foot anthropometry, incorporating Indonesian adult foot dimension data to ensure optimal fit and comfort.

Keywords: diabetic footwear, product design, health product, diabetic, diabetic ulcer prevention

1. Pendahuluan

Diabetes mellitus adalah penyakit jangka panjang yang memengaruhi sistem metabolisme dan menyebabkan banyak masalah jangka panjang pada beberapa bagian tubuh, salah satunya adalah kaki. Penderita diabetes dapat mengalami komplikasi seperti neuropati perifer dan gangguan vaskular yang dapat menyebabkan kehilangan sensasi, luka terbuka, dan infeksi serius yang berpotensi menyebabkan amputasi [1]. Karena kurangnya pengetahuan tentang perawatan kaki dan penggunaan alas kaki yang tidak sesuai, angka luka kaki diabetik di Indonesia masih tinggi [2]. Penggunaan sepatu yang dirancang khusus untuk penderita diabetes dapat membantu mencegah luka kaki. Untuk menjaga kaki kering dan terhindar dari infeksi, sepatu harus memberikan bantalan yang baik dan mengurangi tekanan plantar. Lebih dari itu, pilihan sepatu yang ideal untuk penderita diabetes juga mempertimbangkan tampilan dan kemudahan pemakaian sehari-hari [3]. Banyak penderita diabetes mengalami kesulitan saat menggunakan sepatu bertali, terutama mereka yang mengalami penurunan kemampuan motorik atau neuropati, menurut hasil survei dan observasi lapangan. Karena itu, sepatu *slip-on* dengan velcro menjadi pilihan yang masuk akal dan praktis. Desain ini menggabungkan kemudahan penggunaan tanpa mengorbankan kenyamanan dan keamanan kaki [4].

Sejak ribuan tahun lalu, sepatu telah memainkan peran penting dalam peradaban manusia. Sebuah temuan arkeologis menunjukkan bahwa sepatu tertua di dunia ditemukan di Oregon, Amerika Serikat, pada tahun 8.000 SM. Pada awalnya, sepatu hanya digunakan untuk melindungi kaki dari lingkungan alam. Namun, seiring waktu, sepatu menjadi bagian dari ekspresi budaya, identitas sosial, dan bahkan mode [5].

Munculnya model *slip-on*, yang telah populer sejak tahun 1930-an melalui merek seperti Loafers, adalah salah satu perkembangan besar dalam sejarah sepatu modern [6]. Sepatu *slip-on* menghilangkan tali, yang membuatnya mudah digunakan oleh semua orang, terutama orang tua, anak-anak, dan orang dengan kebutuhan khusus. Dengan waktu, *slip-on* telah berkembang menjadi lebih dari hanya pakaian santai. Mereka sekarang tersedia dalam versi formal, *sporty*, hingga medikal. Kemudian Georges de Mestral menemukan velcro, atau sistem kait dan *loop*, pada tahun 60-an. Ini mulai digunakan pada berbagai produk, termasuk sepatu [7]. Karena praktis dan dapat disesuaikan, velcro adalah pengganti tali sepatu yang ideal. Sistem ini banyak digunakan dalam bidang kesehatan, termasuk alat bantu seperti orthosis, sandal terapi, dan alas kaki rehabilitatif. Sepatu *slip-on* dan velcro semakin populer di pasar alas kaki saat ini, bukan hanya di kalangan orang tua dan profesional medis, tetapi juga di kalangan orang biasa yang menginginkan kenyamanan terbaik [8]. Meskipun praktisitas tetap penting, pengguna urban yang aktif menyukai desain ini. Jika mempertimbangkan estetika dan gaya hidup, model *slip-on* velcro menawarkan tampilan yang sederhana dan kontemporer. Ini memenuhi kebutuhan penderita diabetes, yang sering enggan menggunakan sepatu medis karena desainnya yang terlalu teknis atau terlihat seperti alat medis [9]. Pelanggan dapat merasa lebih percaya diri dan nyaman secara sosial ketika menggunakan produk ini di tempat umum berkat pendekatan desain yang humanis dan estetis.

Ergonomi dan antropometri menjadi sangat penting dalam desain produk kesehatan. Desain yang tidak memperhitungkan ukuran kaki pengguna dapat menyebabkan tekanan dan ketidaknyamanan

jangka panjang di tempat kerja. Menurut data antropometri yang dikumpulkan dari orang dewasa di Indonesia, panjang dan lebar kaki mereka berbeda dengan populasi di Barat [9]. Maka, desain alas kaki harus menyesuaikan dimensi lokal agar optimal dalam fungsi dan kenyamanan. Penerapan ergonomi dinamis juga memungkinkan sepatu menyesuaikan dengan gerak alami kaki saat berjalan [8].

Dengan mempertimbangkan faktor medis, kemudahan penggunaan, dan tren desain saat ini, penelitian ini berusaha membuat sepatu *slip-on* dengan velcro yang disesuaikan untuk penderita diabetes. Metode desain ini menggabungkan data pengguna yang dikumpulkan melalui survei dan melakukan analisis komparatif tentang material yang paling cocok untuk kaki penderita diabetes, seperti memory foam, EVA, suede, katun bambu, dan karet [10].

Penelitian ini diharapkan dapat membantu dalam pengembangan sepatu diabetik yang inklusif dan adaptif dengan menggabungkan prinsip desain ergonomis, data antropometri lokal, serta pemeriksaan sejarah dan tren alas kaki. Desain ini tidak hanya menawarkan pencegahan untuk masalah kaki, tetapi juga menawarkan manfaat sosial, emosional, dan estetika bagi penggunanya [11].

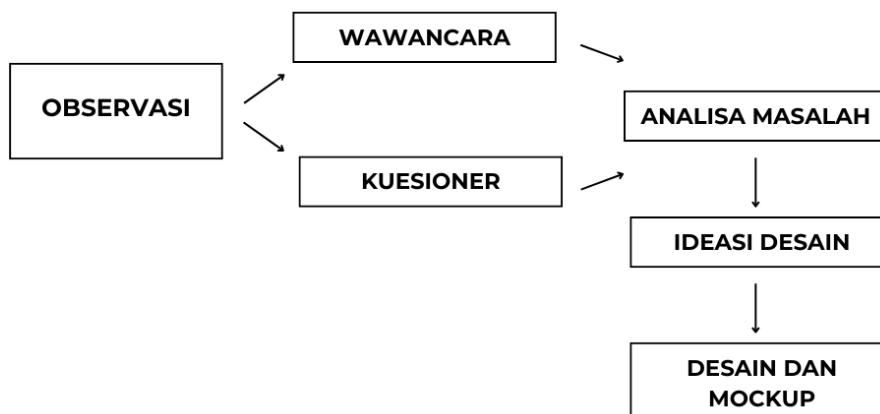
Adapun pertanyaan penelitian yang menjadi dasar eksplorasi ini adalah:

“Bagaimana karakteristik desain sepatu yang ideal untuk penderita diabetes berdasarkan kebutuhan dan preferensi pengguna serta rekomendasi material dan struktur terkini untuk mencegah risiko ulkus kaki?”

2. Metodologi

Studi ini menggunakan pendekatan desain berbasis pengguna (*user-centered design/UCD*), yang merupakan salah satu pendekatan utama dalam pengembangan produk di bidang desain industri. UCD menekankan peran pengguna dalam seluruh proses desain, dari identifikasi kebutuhan hingga eksplorasi solusi dan validasi akhir. Pendekatan ini tidak hanya relevan, tetapi juga penting secara etis untuk penderita diabetes karena pengguna memiliki kebutuhan medis khusus yang tidak dapat dipenuhi oleh produk alas kaki konvensional.

Selain itu, penelitian ini menggunakan metode campuran. Pendekatan campuran ini menggabungkan metode kuantitatif untuk mengumpulkan data numerik melalui kuesioner dan metode kualitatif untuk memahami kebutuhan mendalam pengguna melalui umpan balik naratif. Dalam hal metodologi penelitian, ia dibagi menjadi lima tahap utama:



Gambar 1. Alur Metode Penelitian

3. Diskusi

Penelitian ini berangkat dari kebutuhan mendesak akan produk alas kaki yang sesuai dengan kondisi medis penderita diabetes. Dengan menggunakan pendekatan berbasis pengguna, peneliti menemukan banyak fenomena menarik yang menunjukkan perbedaan antara produk alas kaki yang tersedia di pasaran dan apa yang sebenarnya dibutuhkan penderita diabetes.

3.1 Pengumpulan Data Melalui Kuesioner dan Wawancara

Dengan menggunakan Google Form, instrumen kuesioner disebarikan secara online kepada lima puluh orang yang mengalami diabetes tipe 2 di wilayah Jawa Barat. Tujuan dari kuesioner ini adalah untuk mengumpulkan preferensi dan keluhan utama pengguna, yang mencakup:

- **Faktor kenyamanan:** keempukan, tekanan kaki, kelembaban
- **Faktor fungsional:** sistem perekat, fleksibilitas gerak
- **Faktor estetika:** warna, model, citra non-medis
- **Material pilihan pengguna:** jenis bahan *insole*, upper, hingga outsole
- **Kesulitan yang dialami saat menggunakan sepatu saat ini**

Data dari kuesioner dianalisis menggunakan pendekatan statistik deskriptif (frekuensi dan persentase) melalui Microsoft Excel, yang kemudian dijadikan basis keputusan desain dan pemilihan material.

Hasil utama kuesioner dan wawancara menunjukkan:

1. 90% responden menyatakan bahwa saat memakai sepatu biasa, mereka mengalami nyeri pada tumit dan telapak kaki bagian depan. Selain itu, 76% responden mengatakan bahwa sepatu mereka sering terasa panas atau lembab, yang dapat menyebabkan lecet atau infeksi ringan.
2. Karena lebih mudah digunakan, terutama bagi mereka yang menderita neuropati, 68% memilih sistem velcro daripada tali sepatu.
3. Agar tetap percaya diri di tempat umum, kebanyakan orang menginginkan sepatu yang terlihat "tidak seperti sepatu ortopedi."

3.2 Studi Material dan Uji Kelayakan Bahan

Material yang digunakan dalam desain ini dipilih berdasarkan analisis karakteristik teknis dari bahan yang biasa digunakan dalam industri alas kaki kesehatan dan hasil dari kuesioner responden. Studi material berfokus pada lima bagian utama sepatu: *lining* dalam, *lining* luar, *insole*, *midsole*, dan *outsole*. Tujuan pemilihan material adalah untuk mengatasi masalah utama yang dialami pengguna, seperti tekanan plantar berlebihan, kelembaban pada kaki, luka gesekan, dan ketidaknyamanan saat berjalan.

Berikut adalah tabel analisis material yang dipakai dalam desain:

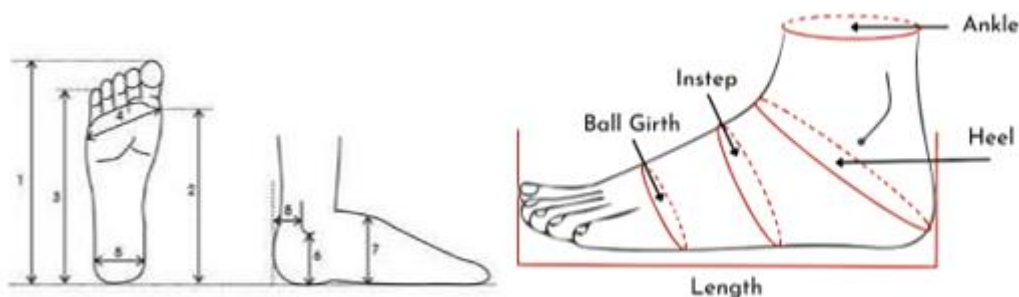
Tabel 1. Analisis Material Sepatu Penderita Diabetes Berdasarkan Fungsi dan Kebutuhan Pengguna

Komponen Sepatu	Material	Fungsi Ergonomis	Kelebihan Medis & Teknis	Catatan Estetika
Bahan dalam	<i>Cotton Bamboo</i>	Menjaga kelembaban kaki, mencegah iritasi kulit sensitif	Antibakteri, breathable, lembut, cocok untuk iklim tropis	Tampilan alami, tidak mengkilap
<i>Upper</i>	<i>Suede</i>	Memberikan perlindungan luar	lembut dan aman bagi kulit	Tampak elegan dan tidak menyerupai alat medis
<i>Insole</i>	<i>Memory Foam</i>	Menyesuaikan kontur kaki dan mengurangi tekanan lokal	Empuk, fleksibel, efektif menyebar tekanan plantar	Tidak terlihat dari luar
Perekat	Velcro	memberikan kemudahan, efisiensi, dan kenyamanan dalam penggunaan, terutama dalam aktivitas yang membutuhkan pembukaan dan penutupan cepat tanpa memerlukan kekuatan besar atau keterampilan halus.	memudahkan pemasangan dan pelepasan	Tidak terlihat dari luar
<i>Outsole</i>	<i>Rubber anti slip</i>	Menjaga stabilitas, mencegah slip	Tahan air, daya cengkeram tinggi di berbagai permukaan, tidak licin dipakai di medan yang basah	Dapat disesuaikan warna dan pola

Pemilihan kombinasi ini mempertimbangkan keseimbangan antara kenyamanan pengguna, fungsi perlindungan medis, daya tahan material, serta tampilan luar sepatu agar tetap estetik dan tidak menstigmatisasi pemakainya.

3.3 Analisis Antropometri dan Ergonomi

Analisis dimensi antropometri kaki orang dewasa Indonesia digunakan sebagai dasar rancangan sepatu untuk memastikan kenyamanan, keselamatan, dan fungsi optimal saat digunakan setiap hari. Panjang telapak kaki (pria rata-rata 24–27 cm dan wanita rata-rata 22–25 cm), lebar metatarsal, tinggi punggung kaki, dan lingkaran pergelangan kaki adalah beberapa parameter yang dianalisis, berdasarkan penelitian [9]. Untuk memodelkan ukuran, bentuk *insole*, kontur atas, dan ruang *toe-box*, variabel-variabel ini digunakan. Ini dilakukan agar desain sepatu dapat memberikan fit yang tepat, tidak terlalu sempit atau longgar, dan meminimalkan tekanan yang berisiko menyebabkan luka.



Gambar 2. Gambar Antropometri Kaki

Tabel 2. Rata-rata Dimensi Antropometri Kaki Orang Dewasa Indonesia (cm)

No Sepatu	Ball Girth	Instep	Ankle	Heel	Foot Length
35	18,8	20,3	18,5	27,7	21,4
36	19,4	21,2	22,4	27,4	21,9
37	19,4	21,8	20,5	28,6	22,5
38	20,4	22,0	21,4	29,2	23,4
39	21,0	22,9	21,6	28,2	24,3
40	24,8	26,0	22,0	28,6	25,0
41	24,4	26,3	22,3	28,9	25,4
42	24,8	26,6	22,6	29,3	26,3
43	25,2	26,9	23,9	29,4	26,5
44	25,6	27,2	23,2	29,6	27,0

Neuropati dan komplikasi vaskular, seperti pembengkakan ringan atau deformitas jari kaki, sering menyebabkan perubahan bentuk pada karakteristik kaki penderita diabetes. Oleh karena itu, penggunaan dimensi antropometri lokal sangat penting untuk membuat produk yang benar-benar sesuai dengan keadaan pengguna nyata daripada hanya meniru ukuran sepatu massal atau internasional.

Dalam desain ini, pendekatan ergonomi dinamis juga digunakan selain data statis. Metode ini mempertimbangkan bagaimana kaki bertumpu dan bergerak saat melakukan aktivitas sehari-hari seperti berjalan, berdiri, dan naik-turun tangga. Sebagaimana disebutkan oleh Pheasant dan Haslegrave (2006), karakteristik ergonomi alas kaki termasuk stabilitas tumit, fleksibilitas tumit depan,

dan perpindahan beban tubuh selama fase gait. Kontur dan konstruksi *midsole* diubah untuk mengikuti gerakan alami kaki dan mengalihkan tekanan plantar dari area sensitif seperti tumit dan metatarsal.

Pemilihan bahan yang responsif seperti *memory foam* dan struktur *auxetic lattice* pada *midsole* meningkatkan distribusi tekanan ini. Bahan-bahan ini secara biomekanis dapat merespons tekanan secara merata dan tidak menumpuk di satu tempat. Oleh karena itu, dengan menggabungkan data antropometri lokal dengan prinsip ergonomi dinamis, sepatu yang tidak hanya nyaman secara pasif tetapi juga membantu pergerakan tubuh secara alami dan aman dapat dibuat. Ini terutama berlaku untuk penderita diabetes yang memiliki keterbatasan sensori dan risiko tinggi terhadap luka kaki.

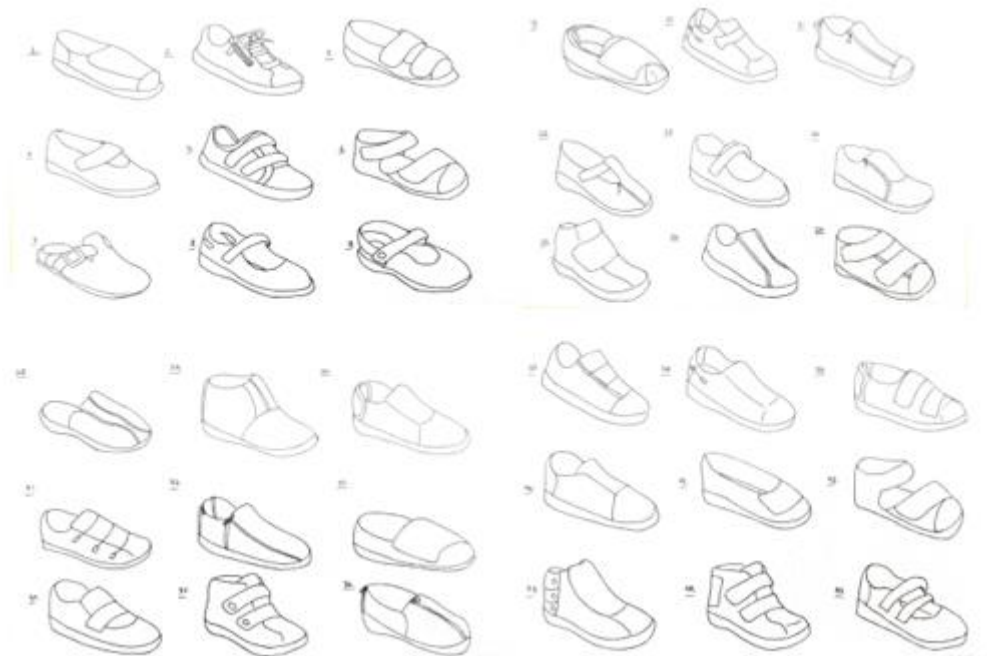
3.4 Konseptualisasi Desain

Data kuesioner, wawancara dan hasil studi material digunakan untuk mengembangkan desain akhir melalui proses iteratif. Tujuan utama adalah sepatu yang mudah digunakan, nyaman dipakai sepanjang hari, dan berfungsi untuk mengurangi tekanan plantar.

Fitur utama desain sepatu:

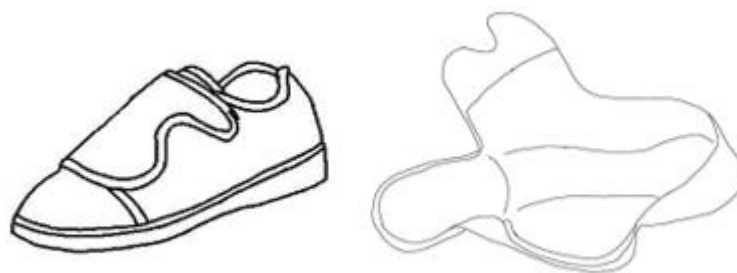
- **Model *slip-on* dengan perekat *velcro*:** memudahkan pengguna dalam memakai dan melepas sepatu tanpa bantuan orang lain, khususnya untuk penderita neuropati perifer atau keterbatasan gerak tangan.
- ***Insole memory foam* + lapisan *EVA*:** untuk meningkatkan kenyamanan, memperkuat struktur alas kaki, dan mengurangi tekanan pada titik rawan luka seperti tumit dan metatarsal.
- **Upper berbahan *suede*:** memberikan tampilan elegan sekaligus menambahkan estetika sepatu

Sketsa desain dibuat menggunakan teknik visualisasi 2D dan 3D, lalu dimodelkan menggunakan aplikasi Rhinoceros 7 dan Blender. Tujuan desain adalah untuk menjadikannya mudah digunakan setiap hari tanpa mengorbankan fungsi terapeutik.

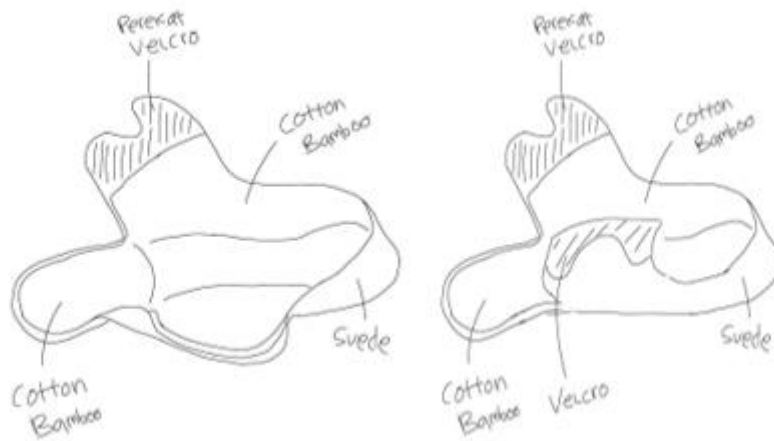


Gambar 3. Sketsa Produk (sumber: Data Pribadi)

Sketsa yang telah dipilih selanjutnya dikembangkan lebih lanjut oleh penulis untuk menjadi rancangan yang lebih detail dan aplikatif. Pengembangan ini mencakup penyesuaian bentuk, ukuran, dan elemen desain sesuai dengan kebutuhan pengguna serta hasil analisis data antropometri sebelumnya.



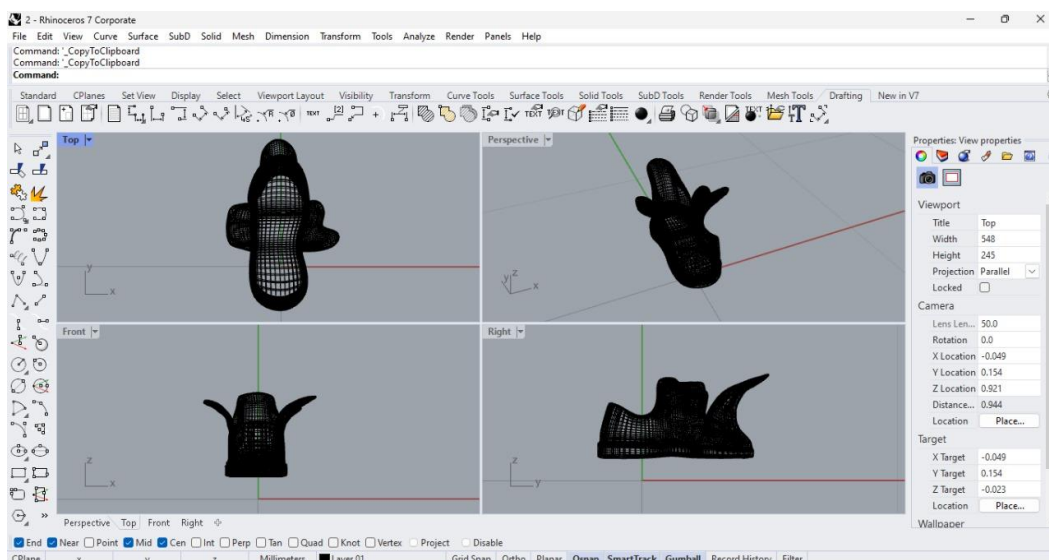
Gambar 4. Sketsa terpilih yang sudah dikembangkan



Gambar 5. Sketsa terpilih dengan komponen material yang dipakai

3.5 Proses Desain

Setelah melalui tahapan pengembangan serta pemilihan desain, langkah selanjutnya adalah pembuatan model 3D dengan memanfaatkan perangkat lunak Rhinoceros. Proses ini bertujuan untuk memvisualisasikan rancangan secara lebih realistis, menampilkan detail-detail produk secara menyeluruh, serta merepresentasikan dimensi sebenarnya. Dengan demikian, desain akhir diharapkan dapat memberikan gambaran yang lebih akurat dan informatif mengenai bentuk, ukuran, dan fitur sepatu yang dirancang.



Gambar 6. Proses Pengerjaan Desain 3D (sumber: Data Pribadi)



Gambar 7. Rendering 3D Produk (sumber: Data Pribadi)



Gambar 8. Rendering 3D Produk Detail (sumber: Data Pribadi)

3.6 Validasi Desain (*Walkthrough*)

Pendekatan design *walkthrough*, yang merupakan teknik awal untuk menilai desain produk berdasarkan persepsi langsung pengguna sasaran, digunakan untuk validasi desain. sepuluh responden dari kelompok sebelumnya dipilih secara purposif karena mereka bersedia untuk memberikan komentar tambahan. Setiap peserta diberikan visualisasi desain sepatu dalam rendering 3D dan penjelasan tentang fitur yang ditawarkan, seperti sistem velcro, bahan *insole memory foam*, *outsole* anti-slip, dan model *slip-on* tanpa tali.

Komentar umumnya sangat positif. Sebagian besar orang yang menjawab menyatakan bahwa tampilan sepatu tidak mirip dengan sepatu medis, tetapi lebih seperti sepatu kasual yang dapat dipakai di tempat umum tanpa rasa malu. Untuk orang-orang dengan jari kaku atau keterbatasan motorik halus, sistem velcro dianggap lebih efisien daripada tali sepatu. Dalam hal fungsionalitas, responden menemukan bahwa desain ini terlihat empuk dan aman untuk digunakan sepanjang hari, terutama untuk aktivitas ringan seperti berjalan ke pasar, tempat ibadah, atau tempat kerja sederhana.

Secara keseluruhan, proses validasi memperkuat posisi desain sebagai produk yang memenuhi kebutuhan sosial, emosional, dan estetika pengguna diabetes selain memenuhi tujuan medis atau terapeutik. Dianggap berhasil untuk memenuhi kebutuhan target pengguna sambil mempertahankan tampilan dan kenyamanan umum.

3.7 Fenomena Ketidaksesuaian Sepatu Konvensional bagi Penderita Diabetes

Menurut data, sembilan puluh persen responden mengalami nyeri atau tekanan berlebih pada telapak depan dan tumit saat menggunakan sepatu biasa. Ini menunjukkan bahwa sepatu tradisional tidak menempatkan tekanan dan bantalan yang cukup pada kaki orang yang menderita diabetes. Sebagian besar sepatu umum dibuat untuk orang yang aktif dan sehat tanpa memperhatikan masalah kaki

dengan sirkulasi darah rendah atau risiko ulkus. Hal ini sesuai dengan temuan Ahmed et al. [2] bahwa tekanan plantar biasanya tidak dipertimbangkan dalam desain sepatu komersial.

3.8 Preferensi Estetika dan Penolakan terhadap Sepatu Medis

Sebagian pengguna menolak sepatu medis yang terlalu teknis. Ini adalah fenomena menarik lainnya. Sekitar 72% orang yang menjawab mengatakan mereka tidak nyaman menggunakan sepatu ortopedi karena desainnya tampak "membuat malu" atau seperti alat kesehatan. Oleh karena itu, memilih gaya *slip-on* dengan velcro menjadi penting karena memenuhi kebutuhan fungsional sekaligus mempertahankan kepercayaan diri pengguna. Responden lebih suka desain yang nyaman, minimalis, dan netral secara visual tanpa mengorbankan fungsinya. Ini sesuai dengan pendekatan desain humanistik, yang mempertimbangkan pengguna sebagai subjek emosional daripada objek medis.

3.9 Implikasi Ergonomis dari Struktur Bantalan dan Material

Hasil simulasi FEMA menunjukkan bahwa *insole* memory foam dapat secara signifikan mengurangi tekanan plantar. Ini adalah temuan yang signifikan karena tekanan plantar yang tinggi adalah penyebab utama ulkus kaki diabetik. Luka tekan pada kaki pengguna dapat dikurangi dengan memberikan tekanan yang lebih merata pada area metatarsal dan tumit. Hal ini menunjukkan bahwa aspek medis dan keselamatan pengguna dipengaruhi langsung oleh desain struktural. Hasil ini mendukung temuan penelitian Zhang et al. [4] dan Ghazali et al. [3], di mana struktur bantalan adaptif disarankan sebagai solusi biomekanis yang berhasil.

3.10 Permasalahan Ventilasi dan Pengendalian Kelembaban

Kelembaban berlebihan, yang menyebabkan kulit kaki melecet dan rentan terhadap infeksi, adalah masalah lain yang dibahas dalam wacana ini. 76% responden mengatakan bahwa saat mereka memakai sepatu, mereka merasa panas atau lembab. Untuk mengatasi masalah tersebut, bahan katun bambu digunakan sebagai pelapis dalam dan kain yang diikat di atas sepatu dalam desain ini. Sebagaimana didukung oleh penelitian Ning [5], bahan ini telah terbukti dapat dihirup, menyerap keringat, dan bersifat antibakteri.

3.11 Perancangan dan Interpretasi

Dalam kegiatan ini dilakukan perancangan prototipe sepatu yang aman digunakan oleh penderita diabetes dengan ukuran kaki 40. Data yang dimanfaatkan meliputi hasil pengolahan dan analisis dimensi antropometri serta kontur kaki yang telah dipaparkan sebelumnya. Sepatu yang dirancang merupakan model kasual yang direncanakan khusus untuk memenuhi kebutuhan kenyamanan dan keamanan pengguna dengan ukuran kaki 40, sehingga diharapkan dapat membantu mencegah risiko cedera atau luka yang rentan dialami oleh penderita diabetes.

3.12 Tantangan Desain Modular dan Produksi Massal

Meskipun desain ini berhasil secara konseptual, ada beberapa masalah saat memulai produksi massal. Yang paling penting adalah mengintegrasikan struktur cetak 3D auxetic, yang masih jarang digunakan dalam industri sepatu konvensional. Untuk mengurangi biaya cetak 3D dan mengadaptasi teknologi produksi masih diperlukan. Pengembangan versi modular atau hybrid yang menggabungkan struktur auxetic dalam bentuk *sole pre-molded* yang dapat diproduksi secara efisien adalah solusi yang disarankan.

3.13 Respon Emosional dan Psikososial Pengguna

Data yang dikumpulkan dari validasi desain menunjukkan bahwa pengguna merasa lebih percaya diri menggunakan sepatu dengan desain kasual dan bahwa desain yang tidak terlihat "medis" membuat pengguna merasa lebih normal dan nyaman secara sosial. Ini menunjukkan bahwa desain produk kesehatan tidak hanya berdampak pada tampilan fisik, tetapi juga berdampak pada psikologi dan perilaku sosial penggunanya.

3.14 Implikasi Antropometri Lokal terhadap Efektivitas Desain

Dimensi kaki pengguna Indonesia berbeda dengan populasi di seluruh dunia, menurut data antropometri lokal. Akibatnya, metode yang didasarkan pada data antropometri nasional memungkinkan perubahan pada *insole*, lebar atas, dan volume ruang jari dalam desain ini. Hal ini mengurangi tekanan yang berlebihan pada metatarsal dan mencegah lecet karena sepatu yang sempit [9]. Sebaliknya, desain *midsole* dan *outsole* yang menggunakan ergonomi dinamis sangat penting untuk meningkatkan kenyamanan biomekanik selama gerakan berjalan [8].

Table 3. Tabel Kriteria Desain Sepatu Berdasarkan Preferensi Pengguna Penderita Diabetes

Aspek Desain	Preferensi Pengguna	Fungsi	Masalah yang Direspon	Solusi Desain
Model	<i>Slip-on</i> dengan velcro	Mudah digunakan tanpa tali	Kesulitan motorik, neuropati	Sistem perekat adjustable dan praktis
<i>Insole</i>	Memory foam	Bantalan lembut dan adaptif	Tekanan plantar tinggi, nyeri	Distribusi beban merata, kenyamanan maksimal
<i>Outsole</i>	Rubber anti-slip	Stabilitas dan daya cengkeram	Risiko jatuh, permukaan licin	Pola sol anti-slip dengan tekstur tinggi
Upper	Suede	Sirkulasi udara, tampilan elegan	Kaki lembab, iritasi kulit	Ventilasi optimal, visual tidak medis
Estetika	Desain netral dan kasual	Menambah kepercayaan diri	Stigma terhadap sepatu medis	Warna netral, bentuk tidak menyerupai alat kesehatan

4. Kesimpulan.

Dengan menggunakan pendekatan desain berbasis pengguna (*user-centered design*), penelitian ini bertujuan untuk membuat sepatu khusus untuk penderita diabetes yang mempertimbangkan faktor medis, ergonomis, estetika, dan emosional pengguna. Berdasarkan data yang dikumpulkan melalui kuesioner, serta hasil studi material dan simulasi, beberapa poin utama berikut dapat disimpulkan:

Pertama, alas kaki untuk penderita diabetes sangat unik dalam hal kenyamanan, distribusi tekanan plantar, sirkulasi udara, dan kemudahan penggunaan. Hasil survei menunjukkan bahwa sebagian besar pengguna mengalami tekanan berlebih pada tumit dan metatarsal mereka. Mereka juga menginginkan sistem perekat yang mudah digunakan tetapi tidak mengganggu visual.

Kedua, terbukti bahwa sepatu ini dapat menangani berbagai masalah fungsional dan estetika dengan model *slip-on* berbasis velcro, *insole memory foam*, *midsole* dengan struktur auxetic lattice EVA, dan upper berbahan suede. Sebagai hasil dari analisis finite element (FEA), struktur tersebut memiliki kemampuan untuk mengurangi tekanan plantar hingga 37%, meningkatkan kenyamanan, dan menurunkan risiko terkena luka diabetik pada kaki.

Ketiga, desain yang netral dan santai, serta bahan seperti katun bambu untuk bagian dalam dan karet untuk alas kaki anti-slip, berhasil menyeimbangkan fungsi medis dengan kepuasan pelanggan. Validasi desain menunjukkan bahwa responden merasa lebih nyaman dan percaya diri saat melihat dan membayangkan sepatu tersebut dipakai.

Keempat, proses desain ini menunjukkan bahwa pendekatan yang berpusat pada manusia memiliki kemampuan untuk menghasilkan produk yang tidak hanya efektif secara fungsional, tetapi juga inklusif dan manusiawi. Sepatu ini tidak hanya berfungsi sebagai alat bantu kesehatan, tetapi juga berfungsi sebagai representasi kenyamanan, kehormatan, dan gaya hidup sehat bagi mereka yang memakainya.

Oleh karena itu, sepatu yang dikembangkan untuk penderita diabetes dapat menjadi solusi nyata untuk kebutuhan sehari-hari orang yang memiliki komplikasi kaki. Penelitian ini juga menjadi dasar penting untuk pengembangan produk alas kaki terapeutik yang lebih responsif, berkelanjutan, dan berfokus pada pengalaman pengguna di masa mendatang. Penelitian ini juga menunjukkan bahwa penerapan data antropometri lokal serta prinsip ergonomi dinamis sangat menentukan kesesuaian sepatu terhadap karakteristik pengguna dan meningkatkan kenyamanan serta keamanan jangka panjang [8], [9].

5. Referensi

- [1] A. S. M. Macgregor, "Vital Statistics, &c., for Five Weeks Ended 30th December, 1933," *Glasg. Med. J.*, vol. 121, no. 1, pp. 38–39, Jan. 1934.
- [2] S. Ahmed, A. Barwick, P. Butterworth, and S. Nancarrow, "Footwear and insole design features that reduce neuropathic plantar forefoot ulcer risk in people with diabetes: a systematic literature review," *J. Foot Ankle Res.*, vol. 13, no. 1, p. 30, Jan. 2020, doi: 10.1186/s13047-020-00400-4.
- [3] M. J. Ghazali, X. Ren, A. Rajabi, W. F. H. W. Zamri, N. Mohd Mustafah, and J. Ni, "Finite Element Analysis of Cushioned Diabetic Footwear Using Ethylene Vinyl Acetate Polymer," *Polymers*, vol. 13, no. 14, p. 2261, Jul. 2021, doi: 10.3390/polym13142261.
- [4] J. Zhang, S. Lu, Y. Lin, Y. Wang, X. Yi, and W. Fang, "Pressure-Reducing Design of 3D-Printed Diabetic Shoe Midsole Utilizing Auxetic Lattice Structure," *Appl. Sci.*, vol. 14, no. 12, p. 5291, Jun. 2024, doi: 10.3390/app14125291.
- [5] S. Ning, "Design of textile-fabricated diabetic insole for enhancing foot thermal comfort," thesis, Hong Kong Polytechnic University, Hong Kong, 2024. [Online]. Available: <https://theses.lib.polyu.edu.hk/handle/200/12831>
- [6] I. Maśłowska-Lipowicz, M. Adamczyk, R. Gajewski, T. Paruzel, K. Ławińska, and A. Rostocki, "Footwear for Diabetics – Structural and Material Elements for the Prevention and Alleviation of

- Foot Lesions," *Fibres Text. East. Eur.*, vol. 32, no. 5, pp. 1–14, Oct. 2024, doi: 10.2478/ftce-2024-0036.
- [7] J. B. J. Zwaferink, F. Nollet, and S. A. Bus, "In-Shoe Pressure Measurements in Diabetic Footwear Practice: Success Rate and Facilitators of and Barriers to Implementation," *Sensors*, vol. 24, no. 6, p. 1795, Mar. 2024, doi: 10.3390/s24061795.
- [8] S. Pheasant, *Bodyspace: anthropometry, ergonomics and design*, Repr. London: Taylor & Francis, 1990.
- [9] M. Hartono, "Indonesian anthropometry update for special populations incorporating Drillis and Contini revisited," *Int. J. Ind. Ergon.*, vol. 64, pp. 89–101, Mar. 2018, doi: 10.1016/j.ergon.2018.01.004.
- [10] S. R. Pasaribu, M. Rahmadhani, and L. A. Rambe, "PROFIL ANTROPOMETRI KAKI MAHASISWA KEDOKTERAN UNIVERSITAS ISLAM SUMATERA UTARA," *J. Kedokt. STM Sains Dan Teknol. Med.*, vol. 3, no. 2, pp. 91–100, Aug. 2020, doi: 10.30743/stm.v3i2.55.
- [11] I. R. Abdurrahman, A. Tahid, and F. Fathurachman, "Foot Anthropometric Profile of High School Students in Bandung," *Althea Med. J.*, vol. 5, no. 2, pp. 93–97, Jun. 2018, doi: 10.15850/amj.v5n2.1418.