



## RESEARCH ARTICLE

# Kajian Sandal Upanat Borobudur: Integrasi Desain, Materialitas, Ergonomi, dan Keberlanjutan dalam Konteks Warisan Budaya

## *A Study of Borobudur Upanat Sandals: Integration of Design, Materiality, Ergonomics, and Sustainability within the Context of Cultural Heritage*

Sri Utami

**Abstract:** This study examines the Upanat sandals of Borobudur as part of cultural heritage through an interdisciplinary approach encompassing design, materiality, ergonomics, and sustainability. It aims to understand the historical and cultural values of Upanat sandals while exploring their potential for contemporary design development relevant to present needs. The methods include literature review, visual observation of Borobudur reliefs, and comparative analysis with modern sandal products. The findings indicate that Upanat sandals feature a simple yet functional design, with opportunities for adaptation using environmentally friendly materials and improved ergonomic aspects. Integrating traditional values with modern design approaches enables the creation of products that are not only aesthetically appealing but also sustainable and contextually relevant. In addition, this study highlights opportunities for culture-based design innovation in supporting creative industries and sustainable economic development. This research contributes to the advancement of culture-based design and reinforces the role of cultural heritage as a source of innovation in the creative industries.

**Keywords:** Upanat sandals, contemporary design, materials, ergonomics, sustainability.

**Abstrak:** Penelitian ini mengkaji Sandal Upanat Borobudur sebagai bagian dari warisan budaya melalui pendekatan interdisipliner yang mencakup desain, materialitas, ergonomi, dan keberlanjutan. Studi ini bertujuan untuk memahami nilai historis dan kultural sandal Upanat sekaligus mengeksplorasi potensinya dalam pengembangan desain kontemporer yang relevan dengan kebutuhan masa kini. Metode yang digunakan meliputi studi literatur, observasi visual terhadap relief Borobudur, serta analisis komparatif terhadap produk sandal modern. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sandal Upanat memiliki karakter desain yang sederhana namun fungsional, dengan potensi adaptasi material yang lebih ramah lingkungan dan peningkatan aspek ergonomi. Integrasi nilai tradisi dengan pendekatan desain modern memungkinkan terciptanya produk yang tidak hanya estetik, tetapi juga berkelanjutan dan kontekstual. Selain itu, kajian ini juga menyoroti peluang inovasi desain berbasis budaya lokal dalam mendukung industri kreatif dan ekonomi berkelanjutan. Penelitian ini berkontribusi pada pengembangan desain berbasis budaya serta memperkuat peran warisan budaya sebagai sumber inspirasi inovasi dalam industri kreatif.

**Kata kunci:** sandal upanat, desain kontemporer, material, ergonomi, keberlanjutan.

### About Author

Sri Utami, Institut Desain dan Bisnis Bali, Indonesia

**To cite this article:** Utami, S. (2026). Kajian Sandal Upanat Borobudur: Integrasi Desain, Materialitas, Ergonomi, dan Keberlanjutan dalam Konteks Warisan Budaya. *Dampeng: Journal of Art, Heritage and Culture*, 2(1), 1–9. <https://doi.org/10.70742/dampeng.v2i1.543>

Received:  
January 21, 2026

Accepted:  
April 3, 2026

Published:  
April 3, 2026

**\*Corresponding author:**  
Sri Utami, Institut Desain dan  
Bisnis Bali, Indonesia  
Email: [utamifd@idbbali.ac.id](mailto:utamifd@idbbali.ac.id)



## Pendahuluan

Borobudur merupakan salah satu warisan budaya dunia yang telah diakui oleh UNESCO, dan menjadi ikon penting sejarah serta kebudayaan Indonesia. Terletak di Magelang, Jawa Tengah, Candi Borobudur dibangun pada abad ke-8 hingga ke-9 Masehi pada masa Dinasti Syailendra. Kompleks candi ini tidak hanya mencerminkan kemajuan arsitektur dan seni rupa masa lampau, tetapi juga menyimpan berbagai nilai filosofis, simbolik, serta jejak kehidupan sosial-budaya masyarakat pada masanya.

Candi Borobudur adalah situs purbakala yang termasuk dalam situs purbakala warisan dunia nomor 592 yang ditetapkan oleh UNESCO. Keberadaan Candi sebagai monumen terbuka sangat rentan terhadap pengaruh iklim yang dapat menyebabkan kerusakan, di sisi lain tingginya jumlah pengunjung yang naik ke atas candi juga merupakan faktor yang mempengaruhi kerusakan. Sebagai monumen dengan batu andesit sebagai struktur utamanya adalah alasan utama mengapa Candi Borobudur saat ini masih dapat kita saksikan kemegahannya. Berjuta – juta orang yang kagum akan candi ini telah berkunjung dan menjejalkan kakinya di atas struktur batu andesit penyusun candi. Banyaknya orang yang berkunjung dan menaiki candi ternyata meninggalkan jejak – jejak kerusakan pada batu struktur candi. Jejak – jejak kerusakan tersebut di antaranya adanya keausan batu khususnya pada tangga dan lantai Candi Borobudur. Aktifitas pengunjung candi yang bermacam – macam ternyata telah menyebabkan beberapa batu yang sering dilalui atau sering bersetuhan (kontak dengan pengunjung) menjadi aus atau rusak. Dalam hal ini, struktur batu paling rentan rusak adalah struktur batu penyusun tangga candi.

Kerusakan karena keausan tersebut tidak bisa disepelekan dan dipandang sebelah mata. Batu yang berkontak langsung dengan pengunjung berangsur – angsur akan menjadi aus dan rusak, hal ini selain mengurangi nilai arkeologis dan sejarah dari candi juga menyebabkan berkurangnya nilai estetis candi dalam kaitannya dengan konservasi. Penyebab keausan yang paling dominan adalah manusia. Pengunjung yang berjalan pada tubuh candi melakukan aktivitas berjalan dan berinteraksi dengan manusia lain dan dengan batu struktur. Aktivitas berjalan dengan alat bantu berupa alas kaki secara tidak disadari dan berangsur – angsur akan merusak struktur batu candi. Sedangkan interaksi dengan manusia lain atau dengan batu struktur maksudnya adalah aktivitas memanjat pada stupa teras atau stupa induk karena maksud tertentu.

Pengamatan kondisi tingkat keausan yang dilakukan di awal tahun 2010, disampaikan bahwa persentase keausan mencapai tingkat yang mengkhawatirkan. Dari hasil pengamatan tersebut dapat disampaikan bahwa persentase keausan rata – rata batu penyusun struktur tangga pada sisi Timur adalah 74,40 %. Persentase keausan rata – rata batu penyusun struktur tangga pada sisi Barat dan Utara adalah 63,39 % dan 27,84%. Sedangkan persentase keausan rata – rata batu penyusun struktur tangga pada sisi Selatan adalah 30,96 % (Setyawan, 2010:50-51).

Berdasarkan data dari hasil penelitian yang sudah dilakukan, faktor aktifitas manusia merupakan satu faktor yang menyumbang keausan batu candi, disamping faktor lain seperti kondisi permukaan dan jenis batuan. Beberapa rekomendasi penanganan keausan sudah disampaikan pada beberapa hasil penelitian yang sudah pernah dilakukan. Taufik (2008:156) menyarankan untuk mengganti batu yang aus dengan batu yang baru. Brahmantara (2008:35) dalam kajiannya mengajukan saran menyangkut penataan dan pengendalian pasir halaman, pengaturan jumlah pengunjung, penggunaan alas kaki khusus untuk naik ke candi, dan pembuatan lapisan pelindung pada tangga candi dengan beberapa bahan yang dapat melindungi dari keausan. Berdasarkan permasalahan tersebut sehingga

diperlukan alas kaki khusus yang dibuat berdasarkan berbagai riset sehingga menemukan desain dan formula yang tepat yaitu berupa Sandal Upanat Borobudur.

Salah satu unsur budaya yang menarik untuk diteliti dari keberadaan sandal Upanat, yakni alas kaki khusus yang digunakan oleh para peziarah saat menaiki tangga candi. Sandal ini bukan hanya sekedar perlengkapan fungsional, melainkan juga memiliki makna simbolis yang terkait erat dengan nilai kesakralan dan penghormatan terhadap situs suci Borobudur. Keberadaan sandal ini mencerminkan bagaimana masyarakat Jawa kuno merancang benda fungsional dengan mempertimbangkan nilai spiritual, ergonomi, dan keberlanjutan lingkungan sesuai dengan Sejarah yang tersirat pada Relief karmawibhangga panel 150.

Namun demikian, informasi mengenai desain, fungsi, serta perkembangan bentuk sandal Upanat masih sangat terbatas dan belum banyak dikaji secara mendalam, terutama dari sudut pandang desain produk. Oleh karena itu, penelitian ini penting dilakukan untuk menggali dan mendokumentasikan keberadaan sandal Upanat sebagai bagian dari warisan budaya tak benda Borobudur. Dengan meninjau aspek sejarah, fungsi, estetika, ergonomi, dan keberlanjutan dari desain sandal ini, diharapkan penelitian ini dapat memberikan pemahaman komprehensif yang dapat menjadi dasar bagi pengembangan desain produk berbasis budaya lokal di masa kini.

Berdasarkan latar belakang tersebut, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana sejarah dan makna simbolis sandal Upanat dalam konteks budaya Borobudur?
2. Bagaimana karakteristik desain, material, dan fungsi sandal Upanat?
3. Bagaimana penerapan prinsip desain, ergonomi, dan keberlanjutan pada sandal Upanat Borobudur?
4. Bagaimana potensi pengembangan desain sandal Upanat sebagai produk budaya yang relevan dengan kebutuhan masa kini?

## **Metode**

Karena topiknya lintas bidang (Estetika desain, materialitas, dan keberlanjutan, maka metode penelitian yang digunakan adalah interdisipliner dengan kombinasi kualitatif dan analisis desain.

Pendekatan yang digunakan antara lain :

1. Pendekatan kualitatif interdisipliner: memadukan studi etnografi budaya, analisis material, serta metode penelitian desain.
2. Menggunakan paradigma interpretatif untuk menggali makna nilai tradisional, dan paradigma aplikatif untuk melihat potensi materialitas & desain kontemporer.
3. Jenis Penelitian yang digunakan antara lain:
4. Studi kasus: fokus pada Sandal Upanat sebagai objek utama.
5. Desain eksperimental (parsial): pada uji coba materialitas dan ergonomi sandal.
6. Kajian pustaka historis: menelusuri representasi desain sandal Upanat pada relief Borobudur (panel 150 Karmawibhangga)..

## **Hasil dan Pembahasan**

Candi Borobudur merupakan salah satu mahakarya arsitektur Buddha terbesar di dunia yang dibangun pada masa Dinasti Syailendra sekitar abad ke-8 hingga ke-9 Masehi. Borobudur ditetapkan sebagai Situs Warisan Dunia oleh UNESCO pada tahun 1991 karena memiliki nilai universal luar biasa (Outstanding Universal Value) dalam hal sejarah, arsitektur, seni rupa, dan spiritualitas. Struktur candi yang berbentuk stupa raksasa ini menggambarkan kosmologi Buddha dan jalur spiritual menuju pencerahan. Sebagai situs suci, Borobudur

dahulu menjadi pusat kegiatan keagamaan dan ziarah sehingga volume pengunjung sangat tinggi dan berdampak pada keausan atau kerusakan batu candi.

Kerusakan pada batu yang disebabkan oleh pijakan alas kaki pengunjung telah diteliti oleh Muhammad Taufik pada tahun 2009. Dalam tesisnya, disampaikan bahwa keausan pada Candi Borobudur tersebar di lantai dan tangga candi. Sementara Sutantio (1985) menyampaikan bahwa di Candi Borobudur ditemukan 801 blok batu yang mengalami keausan. Hasil pengamatan di tahun 2000 jumlah batu yang mengalami keausan menjadi 1383 blok batu, hal ini berarti terjadi peningkatan sebesar 582 blok batu. Jika di rata – rata, maka keausan yang terjadi setiap tahunnya adalah 36 blok batu. Apabila keausan batu – batu Candi Borobudur mulai terjadi ketika pertama kali dimanfaatkan sebagai objek wisata, maka keausan tangga sisi Timur adalah antara 0,2 – 1,8 cm sedangkan tangga di ketiga sisi lainnya antara 0,2 – 1,3 cm (Taufik,2005:120). Apabila keausan batu penyusun struktur tangga Candi Borobudur diasumsikan telah terjadi sejak pertama kali candi ini di buka untuk kegiatan pariwisata, maka dengan jumlah pengunjung 35.766.820 orang mengakibatkan keausan sebesar 1,2 – 1,5 cm. Sehingga dapat diperkirakan 20 tahun kemudian dengan jumlah pengunjung yang sama, batu – batu tersebut mengalami keausan yang sudah membahayakan, yaitu 3 cm. keausan batu akan lebih cepat lagi jika pengunjung candi mencapai 3.000.000 orang per tahun, dengan jumlah itu berarti setiap tahun batu – batu pada tangga atau lantai akan mengalami keausan sebesar 0,1 – 0,32 cm (Taufik,2005:156).

Penelitian tentang kondisi keausan batu tangga dan batu lantai Candi Borobudur juga diteliti oleh Brahmantara pada tahun 2008. Melalui Kajian Struktur Permukaan Halaman Candi Borobudur dan Korelasinya Dengan Keausan Batu Tangga”, Brahmantara menyampaikan bahwa keausan yang terbesar disebabkan karena aktifitas manusia. Material pasir yang terbawa pada alas kaki pengunjung candi, dapat memberikan gaya gesekan yang cukup signifikan pada lantai dan tangga candi, sehingga menimbulkan keausan pada permukaan batu. Pada tangga naik dari tahun 2003 sampai 2007 terjadi tingkat keausan sebesar 0,7 cm, dan untuk tangga turun (sisi Utara, Selatan dan Barat) dari tahun 2003 sampai 2007 kenaikan tingkat keausan pertahunnya sebesar 0,8 cm. Dari hasil uji kekesatan permukaan dengan Skid Pendulum Resistance dapat diketahui bahwa nilai kekesatan permukaan Candi borobudur ada pada nilai aman, namun untuk batu tangga, batu dengan asumsi umur 24 tahun yaitu batu yang dipasang pada saat pemugaran mempunyai nilai aman yang kritis dengan nilai skid resistance sebesar 37 BPN. Semakin tinggi tingkat keausan batu, maka memberikan nilai kekesatan permukaan yang semakin lemah.

Berdasarkan data dari hasil penelitian yang sudah dilakukan, faktor aktifitas manusia merupakan satu faktor yang menyumbang keausan batu candi, disamping faktor lain seperti kondisi permukaan dan jenis batuan. Beberapa rekomendasi penanganan keausan sudah disampaikan pada beberapa hasil penelitian yang sudah pernah dilakukan. Taufik (2008:156) menyarankan untuk mengganti batu yang aus dengan batu yang baru. Brahmantara (2008:35) dalam kajiannya mengajukan saran menyangkut penataan dan pengendalian pasir halaman, pengaturan jumlah pengunjung, penggunaan alas kaki khusus untuk naik ke candi, dan pembuatan lapisan pelindung pada tangga candi dengan beberapa bahan yang dapat melindungi dari keausan. Tindak lanjut dari salah satu rekomendasi tersebut kemudian pernah dilakukan sayembara Desain Sandal Borobudur pada tahun 2015. Sayembara tersebut ditujukan untuk mendapatkan model alas kaki yang aman bagi batu Candi Borobudur juga sesuai dan nyaman digunakan pengunjung. Dari hasil sayembara tersebut telah diperoleh beberapa desain pemenang, namun model sandal (prototype) tersebut belum diujikan secara langsung dengan dipakai oleh pengunjung untuk baik ke Candi Borobudur, seberapa besar pengaruhnya dari jenis material yang digunakan, aspek durability, ergonomic dan keselarasan visual.

Berdasarkan beberapa kondisi tersebut, melalui kajian yang dilakukan oleh tim peneliti diharapkan akan diperoleh model alas kaki yang benar-benar bisa digunakan oleh pengunjung dan kemudian bisa dikembangkan pembuatannya melalui pelibatan Usaha Mikro Kecil Menengah (UMKM) yang ada di kawasan Candi Borobudur.

Setelah melalui proses riset yang Panjang akhirnya pada tahun 2022 terciptalah produk sandal yang ditetapkan sebagai alas kaki pengunjung untuk menaikin struktur candi yaitu Sandal Upanat.

Menurut Sejarah Sandal Upanat adalah nama alas kaki sederhana yang secara tradisional dikenakan oleh para peziarah saat menaiki tangga Candi Borobudur. Istilah upanat sendiri merujuk pada alas kaki khusus yang digunakan untuk menghormati tempat suci, agar kaki tidak bersentuhan langsung dengan permukaan suci candi. Sandal ini biasanya dibuat dari bahan alami seperti anyaman serat atau kayu tipis yang ringan, dirancang untuk meminimalkan kerusakan pada permukaan batu candi sekaligus menjaga kesucian area suci. Keberadaan sandal Upanat pada awalnya menjadi bagian dari tata aturan ziarah yang menunjukkan rasa hormat, kerendahan hati, dan kesadaran spiritual. Sejarah tentang sandal upanat ini tergambar pada relief Karmawibhanga panel 150.



Gambar 1 : Relief Karmawibhanga panel 150 yang menceritakan tentang persembahan alas kaki (upanat) (sumber : <https://commons.wikimedia.org>)



Gambar 2 : Gambar 3 : Enhancement foto Relief Karmawibhanga yang menceritakan tentang persembahan alas kaki.  
(Sumber :Hendy Hertiasa, 2020)

Dari hasil pengumpulan data dokumentasi visual maupun kajian akademis tentang bentuk, material, dan fungsi sandal Upanat masih sangat terbatas. Desain berbasis budaya lokal (local wisdom-based design) merupakan pendekatan perancangan produk yang mengangkat nilai-nilai tradisi, simbol, dan filosofi budaya setempat ke dalam produk modern. Pendekatan ini menekankan tiga aspek utama, yaitu:

1. Identitas budaya, agar produk mencerminkan ciri khas dan nilai budaya daerah asalnya
2. Keberlanjutan, dengan menggunakan bahan ramah lingkungan dan teknik produksi yang mempertahankan nilai tradisional.
3. Nilai estetika dan ergonomi, agar produk tetap memenuhi kebutuhan fungsional dan kenyamanan pengguna masa kini.
4. Dalam konteks sandal Upanat, pendekatan desain berbasis budaya lokal dapat menjadi dasar untuk menginterpretasikan kembali bentuk, bahan, dan teknik pembuatan sandal secara inovatif tanpa menghilangkan makna simbolis aslinya.

Berdasarkan rancangan prototipe Sandal Upanat desain alas kaki ini dibuat dalam 3 bentuk desain. Rancangan desain ini mengacu pada 3 kriteria yaitu : durability, ergonomic dan keselarasan visual. Proses desain Sandal upanat ini awalnya dilakukan dengan berbagai cara diantaranya adalah melalui sayembara /lomba yang diselenggarakan oleh

Balai Konservasi Borobudur untuk menemukan desain yang tepat. Setelah melalui proses kurasi dan riset akhirnya dipilih tiga desain yang dirasa memenuhi kriteria .



Gambar 3: Desain dari hasil sayembara  
(Sumber : Balai konservasi Borobudur)

### Desain Prototype I

Prototipe I ini diperuntukan untuk pengunjung premium : wisatawan mancanegara, tamu VIP dan VVIP. Desain bentuk pada prototipe I ini terinspirasi pada bentuk upanat yang ada pada relief Karmawibhanga panel nomor 150. Sedangkan untuk motifnya diambil dari hasil lomba desain motif batik Balai Konservasi Borobudur.



Gambar 4: Desain Prototype 1  
(Sumber : Balai konservasi Borobudur)

### Desain Prototype II

Prototipe II ini rencana diperuntukan untuk segmentasi pengunjung kelas menengah. Rancangan bentuk tidak terlalu spesifik, menggunakan bentuk yang sederhana namun tetap nyaman untuk digunakan. Kekuatan karakter sandal prototipe II ini lebih kepada motif batik yang digunakan. Motif ini juga merupakan salah satu motif terbaik dalam lomba yang diselenggarakan oleh Balai Konservasi Borobudur.



Gambar 5: Desain Prototype II  
(Sumber : Balaikonservasi Borobudur)

### Desain Prototype III

Sesuai dengan rancangan peruntukannya, desain prototipe III ini juga menggunakan bentuk yang sederhana yaitu sandal jepit. Untuk memberikan kenyamanan ketika digunakan detail bahan jepitnya akan menggunakan kombinasi bahan kain sehingga tidak terasa keras ketika masuk kesela-sela jari kaki. Kekuatan karakter pada desain prototipe III ini juga pada motif batik yang digunakan.



Gambar 6: Desain Prototype III  
(Sumber : Balai Konservasi Borobudur)

#### Desain Prototype IV

Desain bentuk prototype IV terinspirasi dari relief Karmawibangga panel 150 yang menggambarkan sebuah adegan seseorang mempersembahkan sandal kepada seorang pendeta. Desain prototype ini hamper sama dengan prototype I namun material yang digunakan berdeda yaitu dari anyaman daun pandan dipadukan dengan batok kelapa dan alas bagian bawah menggunakan spon hati. Material ini dirasa lebih alami dan memiliki keberlanjutan yang lebih stabil dibandingkan bahan yang lain. Dilihat dari estetika desainnya dirasa lebih indah dan terkesan etnik.



Gambar 7 : Desain Prototype IV  
(Sumber : Balai konservasi Borobudur)

#### Uji Coba Prototipe Sandal

Ujicoba prototipe sandal dilakukan untuk mengetahui respon pengguna kaitannya dengan aspek yang diharapkan dari masing-masing prototipe. Terkait dengan timeline kajian yang direncanakan, uji coba pakai sandal ini dilakukan sebelum pembuatan produk prototipe dibuat untuk mendapatkan masukan dari responden/pengunjung yang melakukan uji pakai sandal ini.

Sampel uji coba pakai sebanyak 4 prototipe dan masing-masing prototipe dicoba oleh dua orang. Jumlah kuesioner untuk uji coba pakai dirasa belum representative karena masih sangat sedikit pada saat itu karena masa Pandemi Covid-19 sehingga kunjungan ke Candi Borobudur dibatasi. Ujicoba pemakaian sandal ini belum menggunakan motif sesuai dengan rancangan desain produk jadinya namun bentuknya sesuai dengan rancangan desain yang dibuat.



Gambar 8: Uji coba prototype Sandal Upanat  
(Sumber : Balai Konservasi Borobudur)

Hasil dari uji coba sandal dilanjutkan pada tahun 2022 dengan hasil responden tertinggi pada Desain prototype ke IV yaitu sandal dengan bahan anyaman daun pandan . Setelah melalui berbagai Analisa akhirnya di tetapkan desain terpilih yang digunakan sebagai sandal khusus untuk pengunjung candi Borobudur adalah Desain ke IV.

Uji coba Sandal Upanat Borobudur pada pengunjung dilakukan sebagai bagian penting dalam proses evaluasi desain untuk menilai aspek fungsional, ergonomis, material, serta penerimaan pengguna (user acceptance). Pengujian ini bertujuan memastikan bahwa sandal yang dirancang tidak hanya memenuhi kebutuhan konservasi cagar budaya, tetapi juga nyaman, aman, dan layak digunakan oleh pengunjung dengan karakteristik yang beragam.

#### **Aspek Kenyamanan dan Ergonomi**

Hasil uji coba menunjukkan bahwa sebagian besar pengunjung merasakan tingkat kenyamanan yang baik saat menggunakan Sandal Upanat Borobudur. Hal ini terlihat dari respons positif terkait bantalan alas kaki, fleksibilitas material, serta kesesuaian bentuk sandal dengan kontur telapak kaki. Desain ergonomis yang mempertimbangkan distribusi beban tubuh membantu mengurangi kelelahan saat berjalan di area candi yang memiliki permukaan batu tidak rata. Namun demikian, terdapat beberapa masukan dari pengunjung terkait ukuran dan penyesuaian tali sandal. Hal ini menunjukkan bahwa keberagaman ukuran kaki dan preferensi pengguna menjadi faktor penting yang perlu diperhatikan dalam pengembangan desain lanjutan.

Dari aspek keamanan, Sandal Upanat Borobudur dinilai mampu memberikan perlindungan yang cukup bagi kaki pengunjung, khususnya dari permukaan batu yang keras dan panas. Material alas yang tidak licin (anti-slip) berperan penting dalam mengurangi risiko tergelincir, terutama pada area candi yang cenderung licin akibat faktor cuaca dan keausan batu.

Selain melindungi pengunjung, fungsi utama sandal sebagai media perlindungan struktur batu candi juga mendapat perhatian. Hasil observasi menunjukkan bahwa penggunaan sandal ini berpotensi meminimalkan gesekan langsung antara telapak kaki dan permukaan batu, sehingga sejalan dengan prinsip konservasi cagar budaya.

#### **Aspek Material dan Daya Tahan**

Pengunjung menilai material sandal relatif ringan dan tidak mengganggu aktivitas berjalan. Namun, uji coba juga mengungkap kebutuhan untuk meningkatkan daya tahan material, terutama jika sandal digunakan secara intensif oleh banyak pengunjung setiap hari. Temuan ini menjadi dasar penting untuk mempertimbangkan material yang lebih kuat, ramah lingkungan, dan mudah dirawat tanpa mengurangi kenyamanan pengguna.

#### **Aspek Estetika dan Identitas Budaya**

Selain aspek teknis, pengunjung juga memberikan tanggapan terhadap tampilan visual sandal. Unsur estetika yang terinspirasi dari nilai budaya Borobudur dinilai mampu memperkuat identitas lokal dan memberikan pengalaman wisata yang lebih bermakna. Sandal tidak hanya dipersepsikan sebagai alat fungsional, tetapi juga sebagai bagian dari narasi budaya yang menyertai kunjungan ke situs warisan dunia.

Secara umum, tingkat penerimaan pengunjung terhadap Sandal Upanat Borobudur tergolong baik. Mayoritas pengunjung bersedia menggunakan sandal tersebut selama berkunjung, terutama ketika diberikan pemahaman mengenai fungsi sandal dalam menjaga kelestarian Candi Borobudur. Edukasi menjadi faktor kunci dalam meningkatkan kesadaran dan kepatuhan pengunjung.

Berdasarkan hasil uji coba, dapat disimpulkan bahwa Sandal Upanat Borobudur memiliki potensi besar untuk dikembangkan lebih lanjut sebagai solusi desain yang mengintegrasikan aspek ergonomi, konservasi, dan pengalaman wisata. Masukan dari

pengunjung menjadi landasan penting dalam penyempurnaan desain, baik dari segi ukuran, sistem penguncian, material, maupun aspek estetika.

### **Kesimpulan**

Dari berbagai data penelitian sebelumnya yang terjait dengan permasalahan keausan batu Candi Borobudur diketahui bahwa faktor utama terjadinya keausan batu Candi Borobudur adalah tingkat kunjungan yang tidak dibatasi dan belum adanya penerapan manajemen pengelolaan pengunjung. Berbagai rekomendasi yang dihasilkan dari suatu kajian tentang upaya pencegahan keausan batu ini tidak akan efektif jika tidak diimbangi dengan penerapan manajemen pengelolaan pengunjung (visitor management). Untuk itu penerapan penggunaan sandal khusus ini juga harus diharmonisasi dan diimbangi dengan pelaksanaan pengelolaan pengunjung (visitor management) yang baik dan konsisten.

Jika penggunaan sandal khusus ini kedepan bisa diterapkan dengan baik, maka perlu dilakukan penelitian pengembangan tentang alternative penggunaan bahan alam sebagai bahan baku pembuatan sandal ini. jika sudah diperoleh bahan alam yang dapat digunakan maka, bahan alam tersebut bisa dibudidayakan di daerah sekitar Candi Borobudur. Akhirnya upaya pelestarian dan pemanfaatan Candi Borobudur melalui pelibatan masyarakat secara nyata dapat menjasi satu siklus ekosistem pelestarian yang tidak terputus. Semua elemen dengan berbagai macam latar belakang kemampuan dapat terlibat dalam proses ini.

### **Daftar Pustaka**

- Bernet Kempers, A. J. (1973). *Borobudur: Mystery events in stone, decline and restoration, old Javanese folk life*. Wassenaar: (Modified reprint).
- Armanto, E., Burhanudin, A., Krisnandi, D. D., Prabowo, D., Ismoyo, & Jamari. (2012). Perancangan mesin uji tribologi pin-on-disc. Dalam *Prosiding SNST ke-3* (hlm. D.40–D.45). Semarang: Fakultas Teknik Universitas Wahid Hasyim.
- Azizah, N. (2017). Pengembangan ekonomi kreatif berbasis kearifan lokal pandanus handicraft dalam menghadapi pasar modern perspektif ekonomi. *Jurnal Aplikasi Ilmu-ilmu Agama*, 17(2), 63–78.
- Setyawan, H., dkk. (2010a). *Pengamatan keausan batu struktur candi pada bagian tangga, stupa teras, dan lantai stupa teras*. Borobudur: Balai Konservasi Peninggalan Borobudur.
- Setyawan, H., dkk. (2010b). *Kajian perbaikan tangga Candi Borobudur*. Borobudur: Balai Konservasi Borobudur.
- Taufik, M. (2005). *Minimalisasi dampak negatif pemanfaatan Candi Borobudur sebagai objek wisata* (Tesis magister, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta).
- Krom, N. J. (1933). *The karmawibhangga at Barabudur*. Amsterdam: Noordhollandsche Uitgevers-Maatschappij.