



http://ugm.id/borobudur Mulai disusun 10/22/2024

http://ugm.id/borobudur

## Melestarikan Candi Borobudur

disusun oleh [Djoko Luknanto](#)

[Pengasuh Padépokan Daring \(tautan tayangan ini\)](#)



# Daftar Isi

Tanggapan terhadap monitoring geohidrologi tahun 2024

Kondisi Geohidrologi Bukit Candi Borobudur

Keterpaduan Monitoring di Candi Borobudur

Sumbangan pemikiran untuk masa datang





Mulai disusun 10/22/2024

<http://ugm.id/borobudur>

## Tanggapan Monitoring 2024

Djoko Luknanto





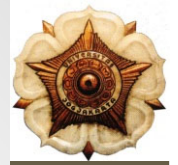
# Tujuan Monitoring Geohidrologi

- Maksud: Untuk mengetahui perilaku air permukaan dan air tanah pada Candi Borobudur.
- Tujuan: Untuk melakukan analisis sejak dini perilaku air terhadap tubuh Candi Borobudur dan lingkungannya.

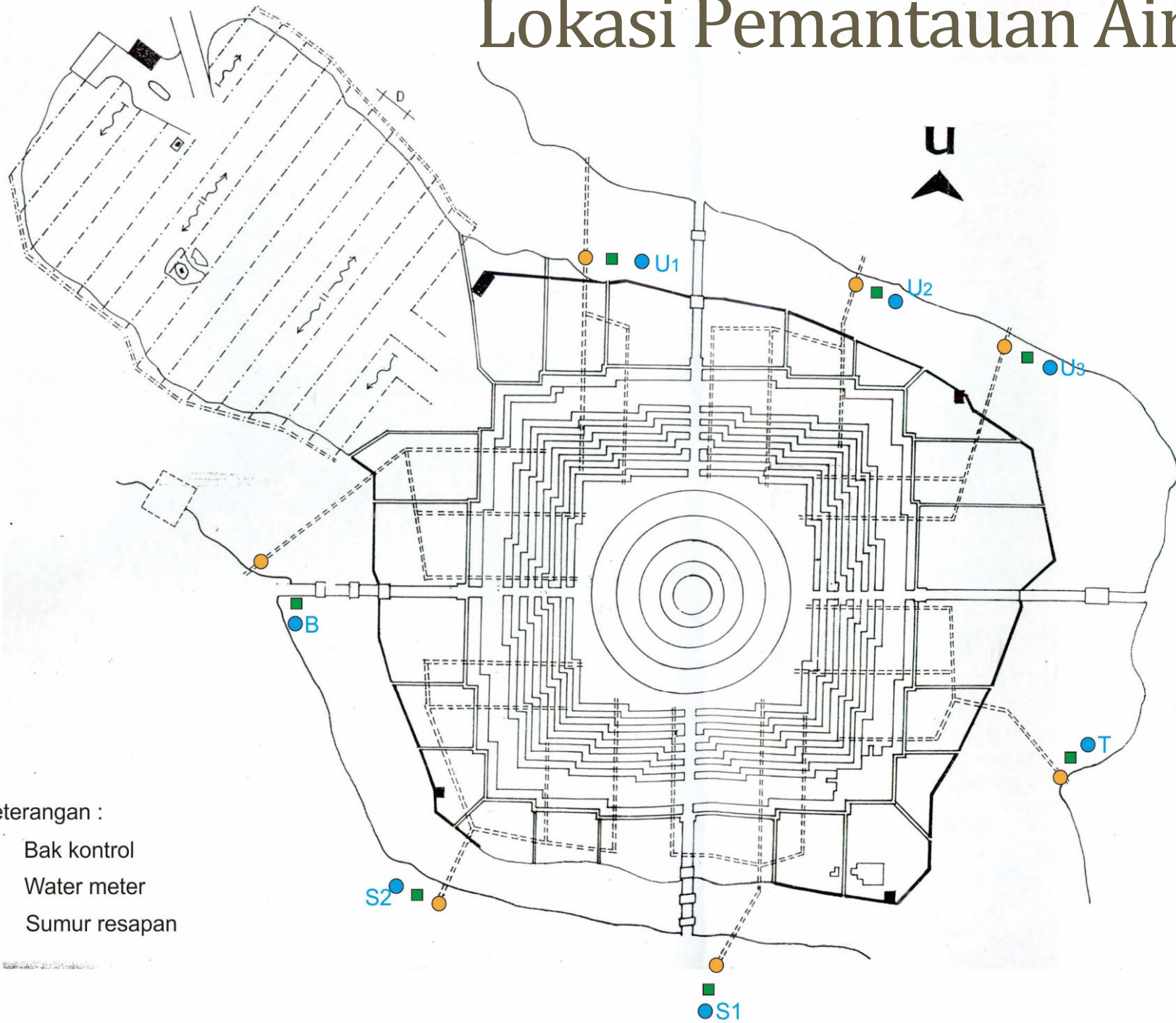
## Kegiatan:

1. Monitoring efektifitas *filter layer* Candi Borobudur.
2. Monitoring *water meter* Candi Borobudur.
3. Monitoring sumur resapan Candi Borobudur.





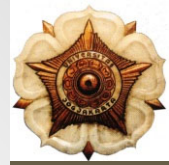
# Lokasi Pemantauan Air



Keterangan :

- Bak kontrol
- Water meter
- Sumur resapan





# Peninjauan ke lapangan







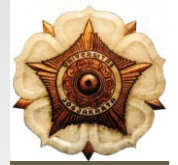
# Peralatan Monitoring Lapangan

Tabung Inklinometer



Bak kontrol *filter layer*

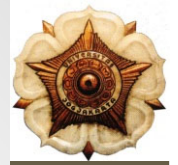




# Tanggapan terhadap monitoring 2024

- Fungsi peralatan monitoring geohidrologi secara keseluruhan masih baik, walaupun beberapa pemeliharaan perlu dilakukan misalkan adanya endapan tanah pada saluran *filter layer*.
- Perlu dipikirkan penggantian *filter layer* yang sudah rusak agar fungsi sebagai penyaring tanah bukit candi tetap terjaga.
- Sistem drainasi pada perbukitan candi perlu diperbaiki yang rusak dan perlu dipetakan secara sistemik.





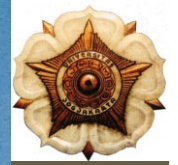
# Tanggapan terhadap monitoring 2024

Perbaikan menerus sistem drainasi di lingkungan Candi Borobudur.

Perlu dipikirkan keterpaduan hasil monitoring geohidrologi dengan monitoring yang lain untuk mendukung kelestarian Candi Borobudur.

Keterpaduan ini harus didukung oleh sebuah model 3D acuan yang akan selalu digunakan sebagai pembanding.





<http://ugm.id/borobudur> Mulai disusun 10/22/2024

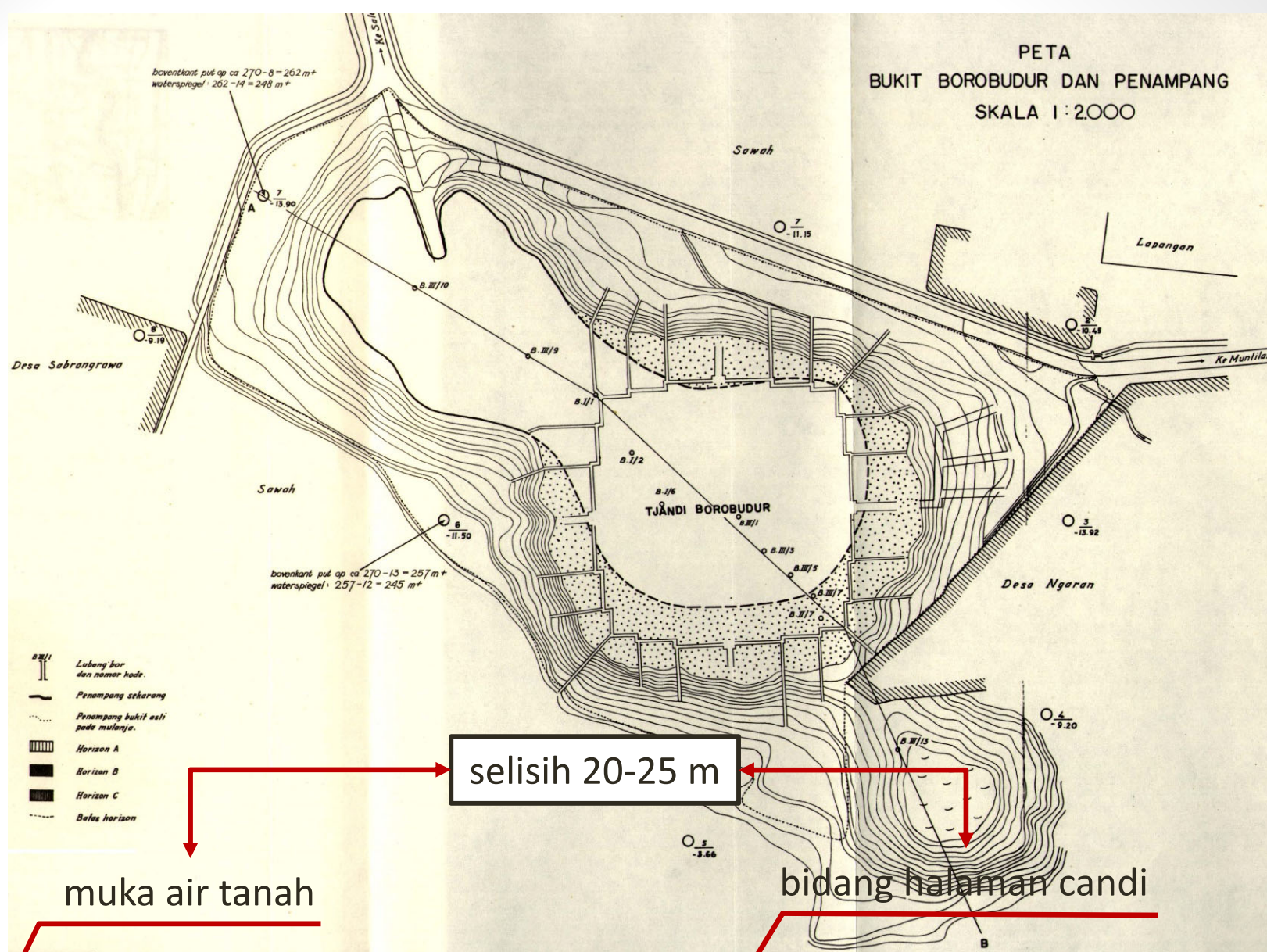
# Kondisi Geohidrologi Bukit Candi Borobudur

Djoko Luknanto





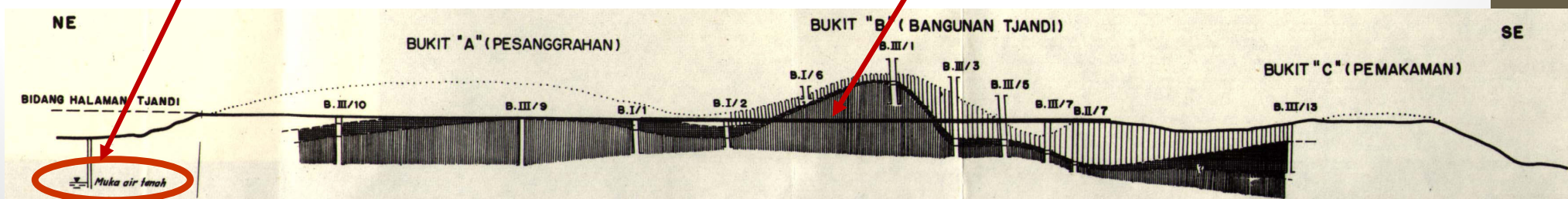
PETA  
BUKIT BOROBUDUR DAN PENAMPANG  
SKALA 1 : 2.000



muka air tanah

selisih 20-25 m

bidang halaman candi





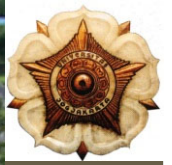
# Sistem Air Tanah di Candi Borobudur

Sistem Air Tanah di Candi Borobudur terbagi menjadi 2 kelompok besar:

1. Sistem Air Tanah yang berasal dari air hujan di atas bangunan Candi Borobudur yang akhirnya masuk ke tubuh bukit di bawah bangunan Candi Borobudur. Sistem Air Tanah inilah yang selalu dilakukan monitoring seperti dilaporkan di atas. (daring, lokal)
2. Sistem Air Tanah yang berada jauh dibawah bukit Candi Borobudur. Merupakan sistem air tanah yang lebih besar, yang berpengaruh kepada lingkungan masyarakat yang bermukim di sekitar Candi Borobudur.

Kedua sistem air tanah ini secara prinsip tidak saling berpengaruh, kecuali tentu saja Butir 1 akan berakhir pada Butir 2.



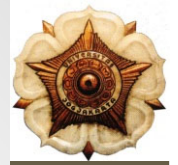


<http://ugm.id/borobudur> Mulai disusun 10/22/2024

# Keterpaduan Monitoring di Candi Borobudur

Djoko Luknanto



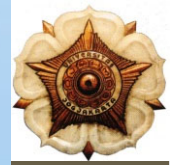
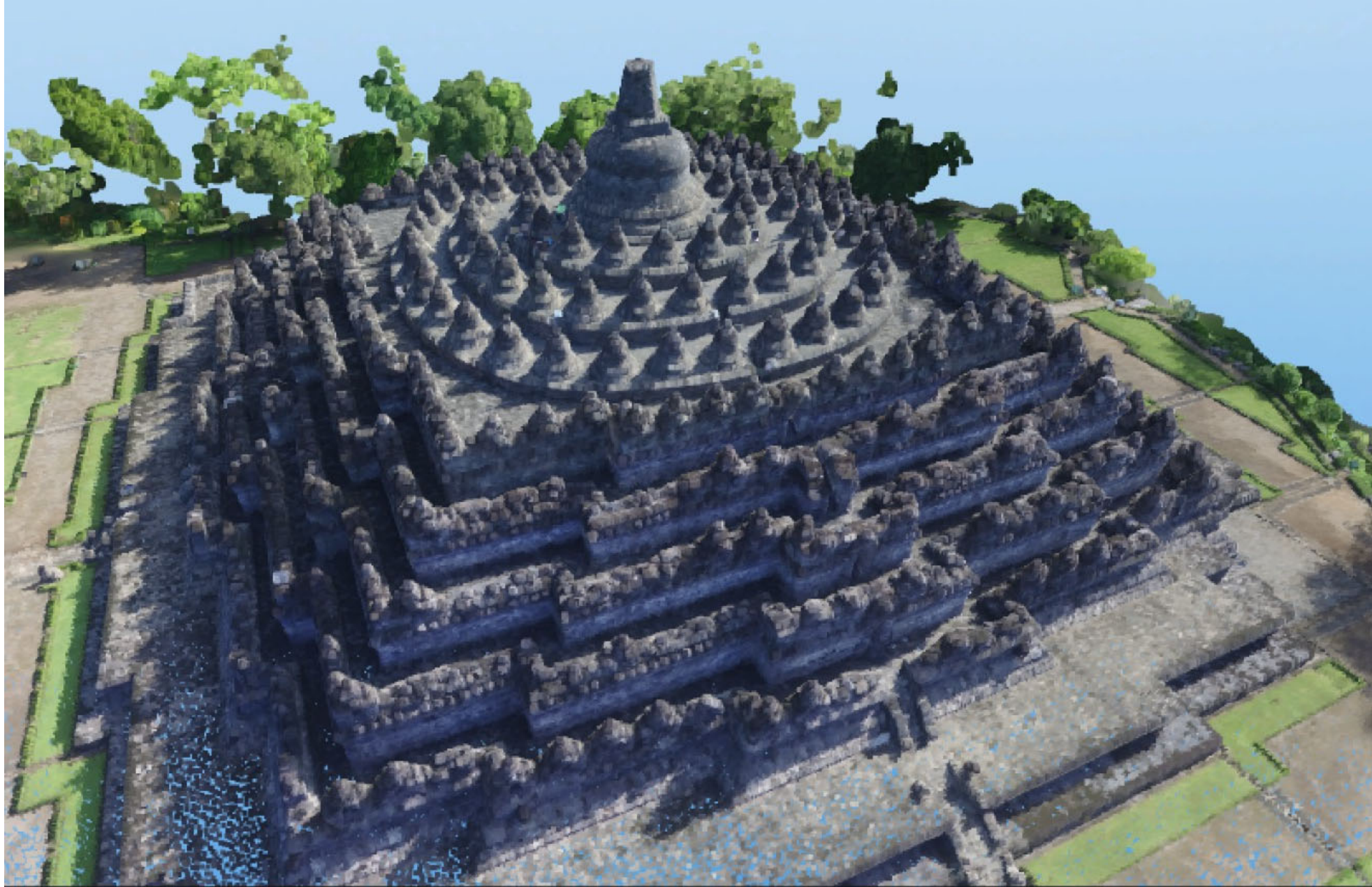


# Renungan Keterpaduan Monitoring

Setelah beberapa tahun diundang kembali sebagai tenaga ahli di Museum dan Cagar Budaya Unit Warisan Dunia Borobudur, saya menemukan beberapa hal yang perlu direnungkan:

- Museum dan Cagar Budaya Unit Warisan Dunia Borobudur telah banyak melakukan kajian konservasi, namun gaung di dunia luar masih kalah dengan kepariwisataan Candi Borobudur.
- Keterpaduan monitoring seharusnya diupayakan untuk pelestarian Candi Borobudur ke depan, untuk pelbagai aspek, antara lain: arkeologi, arsitektural, stabilitas, keterawatan material batu, geohidrologi, kebocoran dinding candi.
- Harus dimulai dengan langkah awal namun digunakan sebagai dasar pijakan untuk masa yang akan mendatang secara menerus.

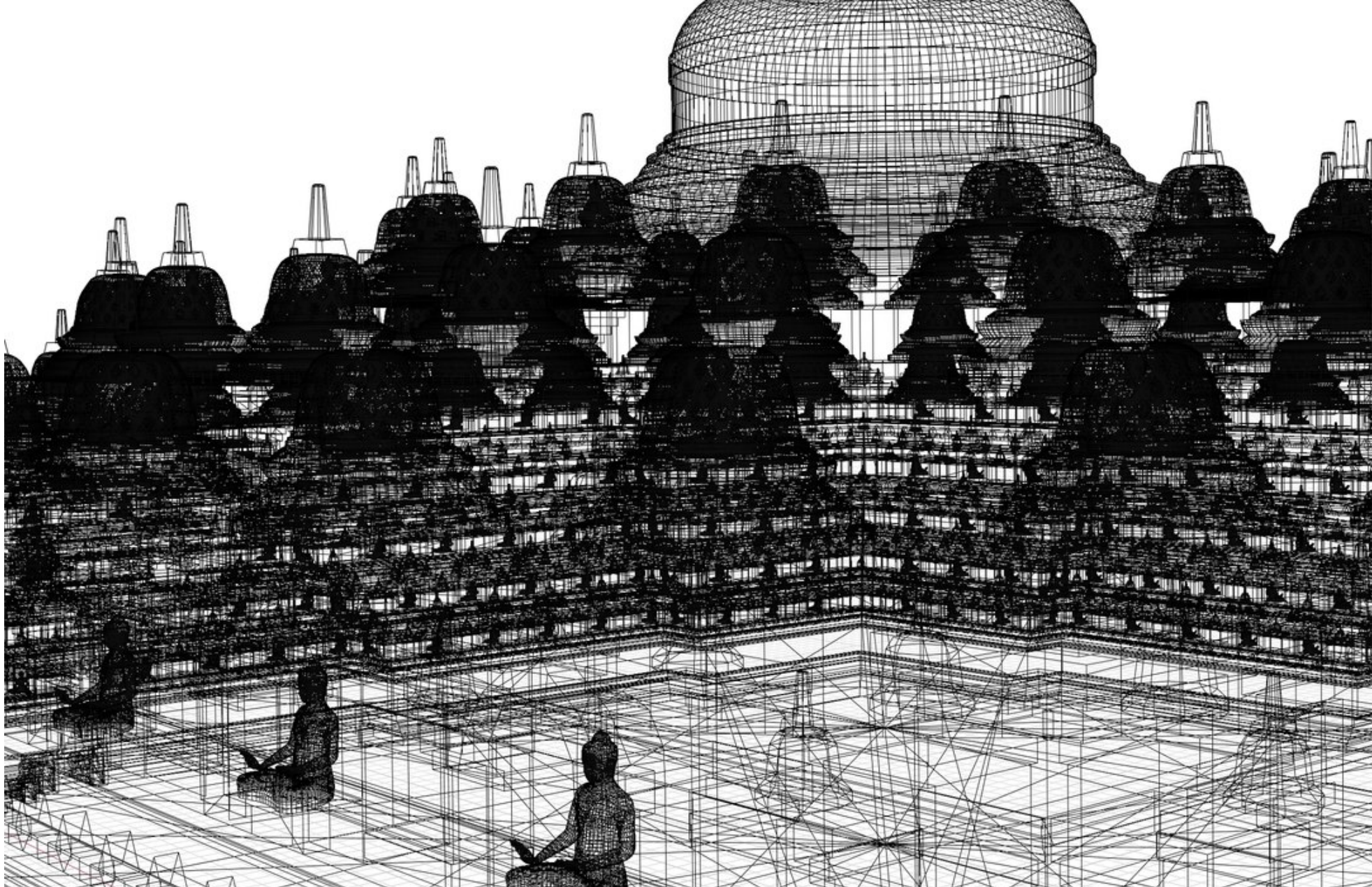




## **Hasil *Virtual Reality* Tahun 2021**

M. Kawato, L. Li, K. Hasegawa, M. Adachi, H. Yamaguchi, F. I. Thufail, S. Riyanto, Brahmantara, S. Tanaka



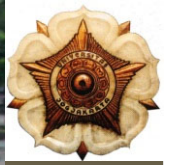


<http://ugm.id/borobudur> Mulai disusun 10/22/2024

## Sumbangan pemikiran untuk masa datang

Djoko Luknanto



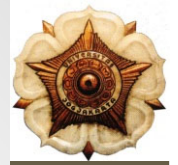


## Tahapan

*Going Digital* secara sistemik:

**Pertama**: Pembuatan model 3 dimensi Bangunan Candi Borobudur secara rinci.





# Lidar Candi Borobudur

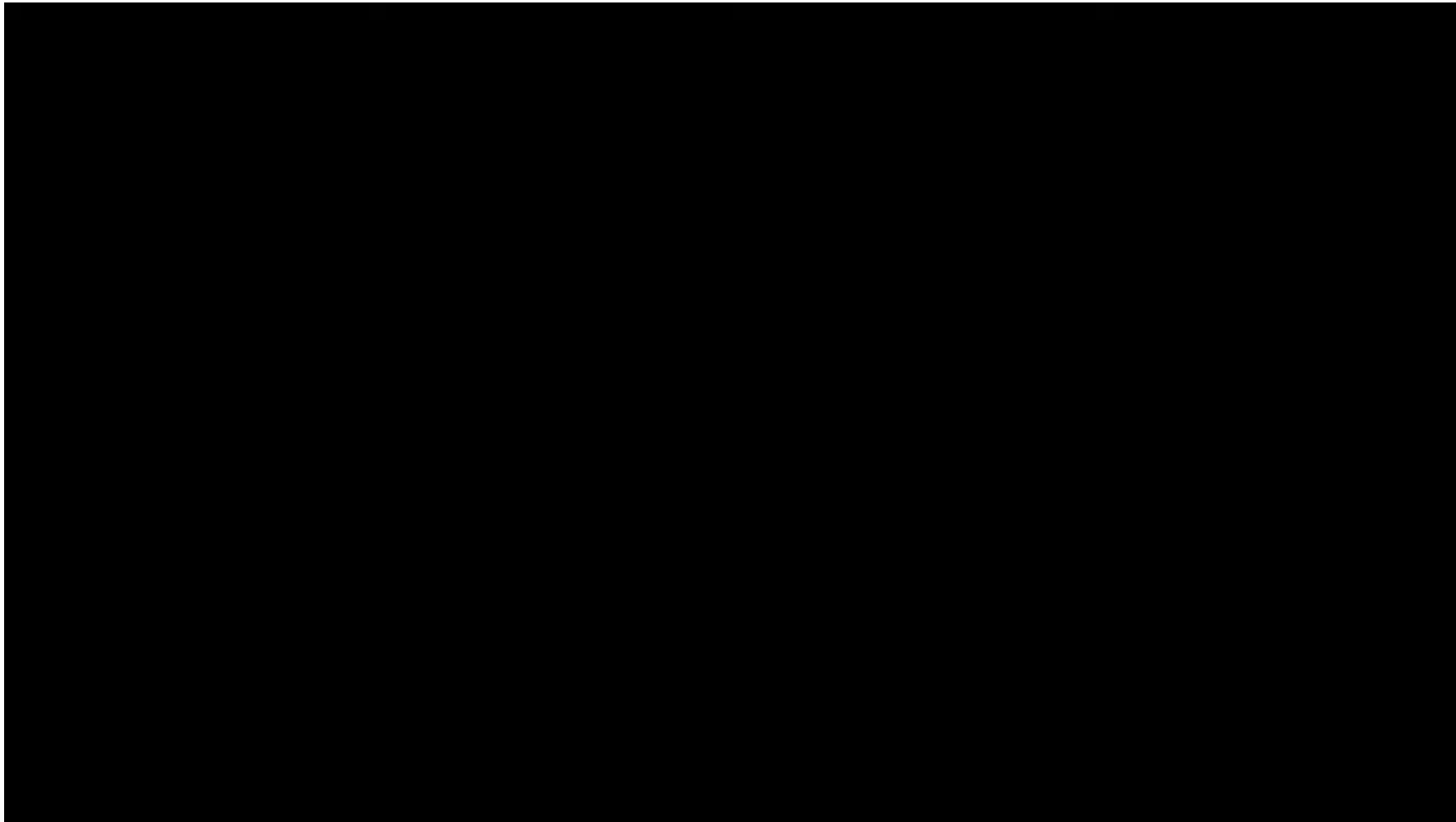






# Candi Borobudur

## Lidar dari Kreasi Handal Selaras

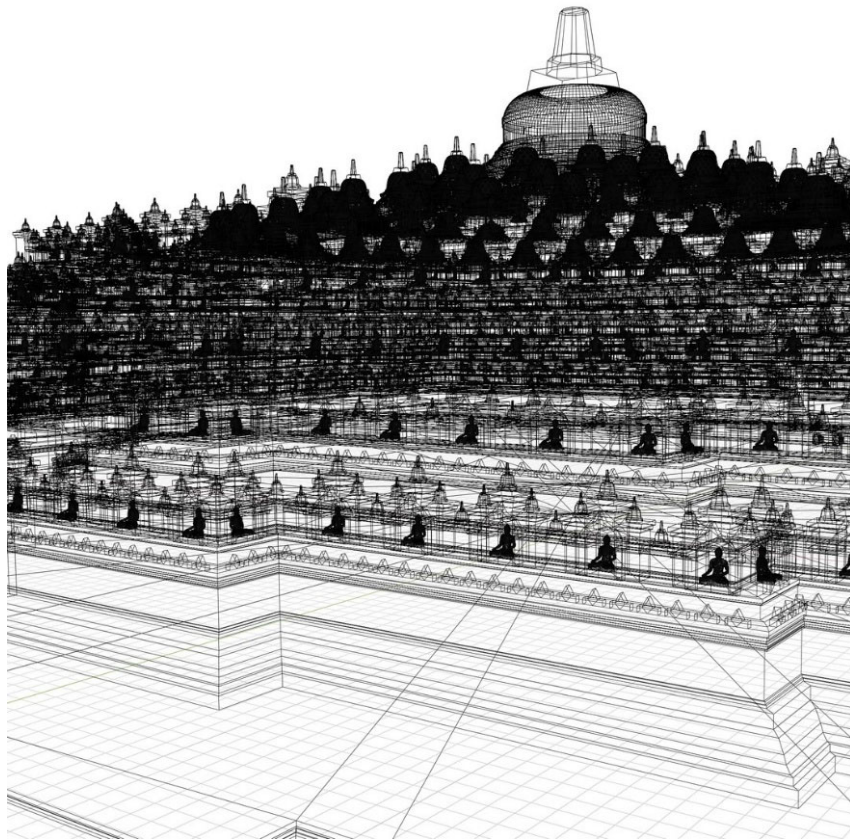




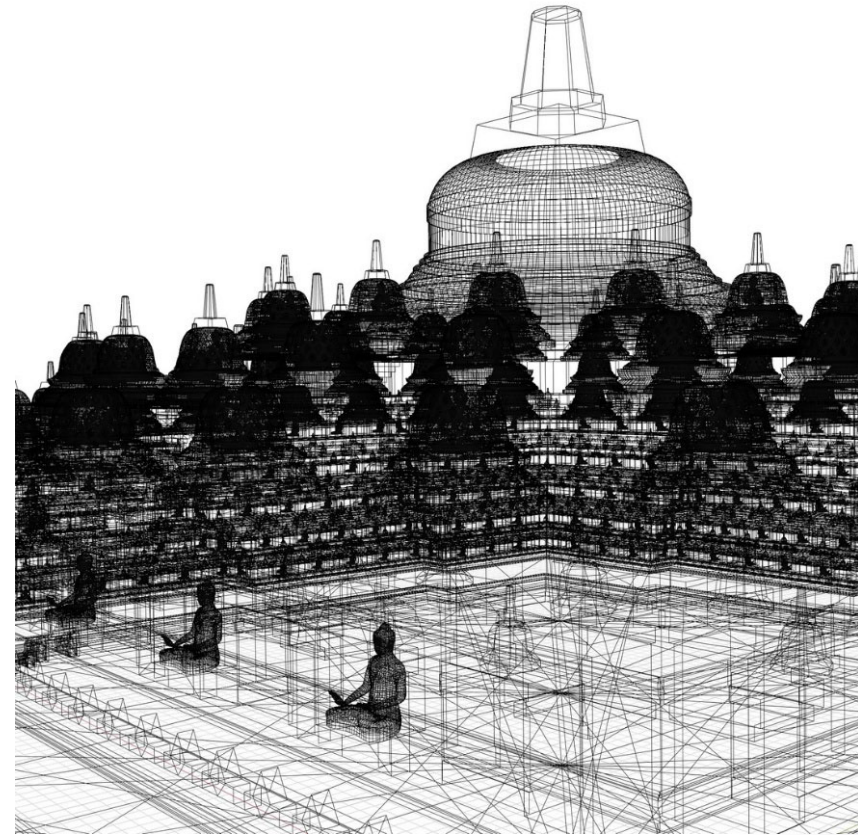


# Pemodelan 3 Dimensi Secara Rinci

Secara Keseluruhan

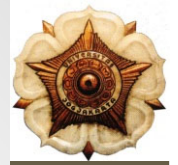


Secara Akademik Rinci



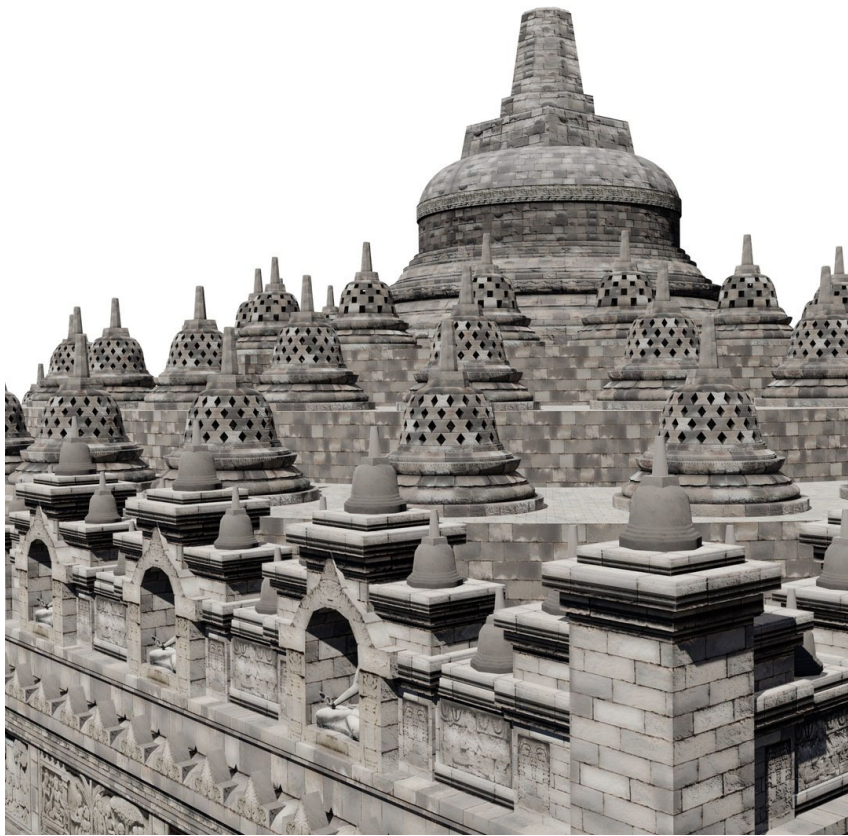
... dibutuhkan pembagian bangunan dan bukit menjadi banyak segmen untuk basis data monitoring dan evaluasi ...





# Pemodelan 3 Dimensi Secara Rinci

## *Rendering 3D*



## Relief Secara Rinci



... dibutuhkan pembagian bangunan dan bukit menjadi banyak segmen untuk data arsitektural dan arkeologis ...





# Pemodelan 3 Dimensi Secara Rinci

- Pemodelan ini bukan sekedar produk populer (semacam *virtual reality* maupun gambar 360) yang banyak beredar di dunia internet.
- Sebagai institusi pengelola konservasi Candi Borobudur harus mempunyai data acuan yang akan digunakan seluruh dunia:
  1. Bentuk bangunan Candi Borobudur harus secara tepat menggambarkan dimensinya sesuai di lapangan dan akan digunakan untuk monitoring dan evaluasi.
  2. Bentuk bukit di bawah Candi Borobudur sebaiknya dimodelkan juga karena merupakan kesatuan fondasi pendukung konstruksi bangunan Candi Borobudur pada Butir 1.
  3. Butir 1 dan 2 dibagi menjadi segmen-segmen untuk keperluan basis data monitoring dan evaluasi secara menerus dan untuk kebutuhan pendidikan generasi muda secara global.





# *Virtual Reality (VR) atau Gambar 360*

- Di internet Candi Borobudur banyak menarik perhatian dunia. Oleh karena itu banyak individu yang membuat *content* (*content creator*) tentang Candi Borobudur.
- Institusi pengelola Candi Borobudur, tidak dalam posisi untuk bersaing dengan *content creator*, bahkan harus lebih dari itu, yaitu sebagai sumber dari segala sesuatu tentang Candi Borobudur secara rinci dan benar.
- Beberapa contoh VR dan Gambar 360 di internet:
  - [Virtual Tour Borobudur – Balai Konservasi Borobudur](#)
  - [Virtual Tour Borobudur: Jelajahi Borobudur Hari Ini \(2,5GB\)](#)
  - [Borobudur : Tur Virtual & VR - Direktorat Jenderal Bimas Buddha](#)
  - <https://indonesiavirtualtour.com/wisata-virtual/candi-borobudur>
  - [Candi Borobudur Virtual tour - 360 Photo, 360 Video and Virtual Tour](#)





<http://ugm.id/borobudur> Mulai disusun 10/22/2024

## Pemodelan 3 Dimensi Candi Borobudur

Penggunaan Kecerdasan Buatan untuk membantu kelestarian Candi Borobudur





# Pemodelan 3D Candi Borobudur

1. **Dokumentasi Digital**
2. **Pemantauan Kerusakan dan Pelapukan**
3. **Analisis Struktur**
4. **Rekonstruksi Virtual**
5. **Pengelolaan Data**
6. **Penyusunan Ulang Fragmen Arca dan Relief**
7. **Simulasi Lingkungan dan Iklim**
8. **Akses Pendidikan dan Wisata Virtual**
9. **Pengembangan Teknologi Restorasi yang Lebih Baik**
10. **Restorasi Berkelanjutan**





# Penggunaan *AI*: Patung Buddha

Input: Misalkan saya punya beberapa patung Buddha tidak berkepala, namun kepalanya ada tersedia pada lokasi yang sama. Bagaimana kepala tersebut ditemukan dengan badannya.

Jawaban ChatGPT:

1. **Pemindaian 3D**
2. **Algoritma Pencocokan Bentuk**
3. **Analisis Pencocokan Permukaan dan Sambungan**
4. **Penggunaan Warna dan Tekstur**
5. **Pencocokan Berdasarkan Ukuran Proporsional**
6. **Pemodelan Virtual**
7. **Basis Data Sejarah**





# Aplikasi Pemodelan 3D

1. AutoCAD
2. Blender
3. MeshLab
4. Autodesk ReCap
5. ZBrush
6. Agisoft Metashape  
(sebelumnya  
Agisoft PhotoScan)
7. SketchUp
8. Rhino 3D
9. RealityCapture
10. 3D Slicer.
11. Autodesk Maya
12. CloudCompare
13. Revit (Autodesk)
14. TinkerCAD
15. CATIA (Dassault  
Systèmes)



# Daftar Pustaka

Tayangan ini merupakan tayangan pemantik diskusi dan semangat untuk teman-teman di Museum dan Cagar Budaya Unit Warisan Dunia Borobudur (Balai Konservasi Borobudur). Tayangan ini disusun berdasarkan pelbagai sumber di internet:

- [Vektor Stok Borobudur Barabudur 9th-century Mahayana Buddhist Temple \(Tanpa Royalti\) 1038367228 | Shutterstock](#)
- [3D Borobudur Models | TurboSquid](#)
- [Borobudur With LiDAR 3D MODEL](#)
- Laporan Proyek Neraca Air pada Balai Konservasi Borobudur:
  - <https://luk.staff.ugm.ac.id/proyek/Borobudur/2014/BorobudurTemple-Water.pdf>
  - <https://luk.staff.ugm.ac.id/proyek/Borobudur/2003/Borobudur6-Jul-2003.pdf>
  - <https://luk.staff.ugm.ac.id/proyek/Borobudur/NeracaAir2001-03.pdf>