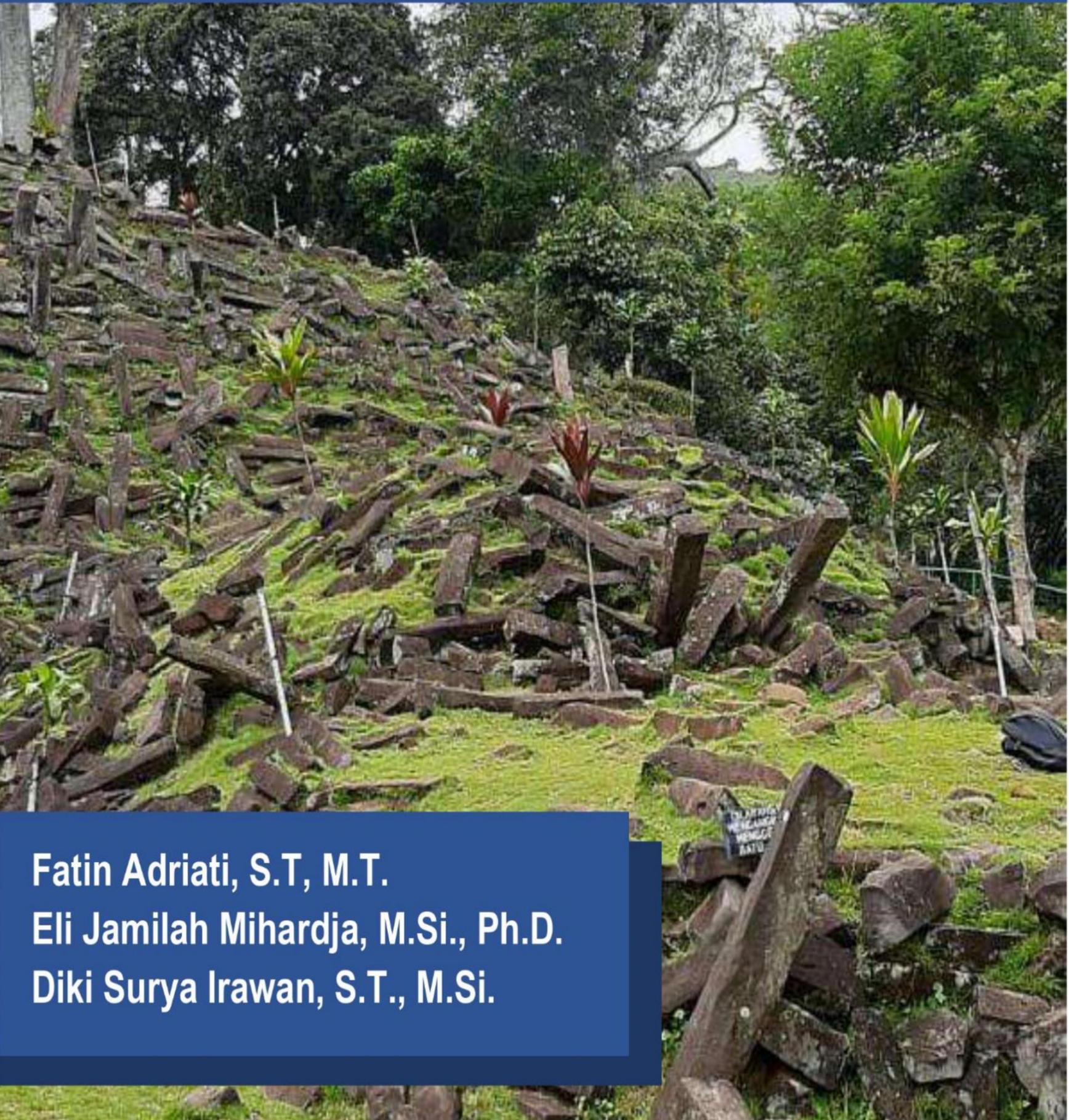


# PENGEMBANGAN GEOWISATA DI CIANJUR: TINJAUAN STABILITAS LERENG, AIR BERSIH DAN SANITASI SITUS GUNUNG PADANG UNTUK *BRANDING* DESTINASI



**Fatin Adriati, S.T, M.T.**

**Eli Jamilah Mihardja, M.Si., Ph.D.**

**Diki Surya Irawan, S.T., M.Si.**

## **UU No. 28 tahun 2014 tentang Hak Cipta**

### **Fungsi dan sifat hak cipta pada Pasal 4**

Hak Cipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 3 huruf a merupakan hak eksklusif yang terdiri atas hak moral dan hak ekonomi.

### **Pembatasan Perlindungan Pasal 26**

Ketentuan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 23, Pasal 24, dan Pasal 25 tidak berlaku terhadap:

- i. Penggunaan kutipan singkat Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait untuk pelaporan peristiwa aktual yang ditujukan hanya untuk keperluan penyediaan informasi aktual.
- ii. Penggandaan Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait hanya untuk kepentingan penelitian ilmu pengetahuan
- iii. Penggandaan Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait hanya untuk keperluan pengajaran, kecuali pertunjukan dan Fonogram yang telah dilakukan Pengumuman sebagai bahan ajar; dan
- iv. Penggunaan untuk kepentingan pendidikan dan pengembangan ilmu pengetahuan yang memungkinkan suatu Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait dapat digunakan tanpa izin Pelaku Pertunjukan, Produser Fonogram, atau Lembaga Penyiaran.

### **Sanksi Pelanggaran Pasal 113**

- Setiap Orang yang dengan tanpa hak melakukan pelanggaran hak ekonomi sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf i untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 1 (satu) tahun dan /atau pidana denda paling banyak Rp 100.000 (seratus juta rupiah).
- Setiap Orang yang dengan tanpa hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf c, huruf d, huruf f, dan/atau huruf h untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 3 (tiga) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp 500.000.000 (lima ratus juta rupiah).

**PENGEMBANGAN GEOWISATA  
DI CIANJUR: TINJAUAN STABILITAS  
LERENG, AIR BERSIH DAN SANITASI  
SITUS GUNUNG PADANG UNTUK  
BRANDING DESTINASI**

**Penulis:**

**Fatin Adriati, S.T, M.T.**

**Eli Jamilah Mihardja, M.Si., Ph.D.**

**Diki Surya Irawan, S.T., M.Si.**



**2020**

# **PENGEMBANGAN GEOWISATA DI CIANJUR: TINJAUAN STABILITAS LERENG, AIR BERSIH DAN SANITASI SITUS GUNUNG PADANG UNTUK BRANDING DESTINASI**

**Jumlah halaman :** 81 halaman

**Ukuran halaman :** 15,5 x 23 cm

**e-ISBN:** 978-602-7989-38-2 (PDF)

**Penulis:**

- **Fatin Adriati, S.T, M.T.**
- **Eli Jamilah Mihardja, M.Si., Ph.D.**
- **Diki Surya Irawan, S.T., M.Si.**

**@ Hak Cipta dan tanggung jawab isi ada pada Penulis**

---

**Hak Cipta dilindungi Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2014 tentang Hak Cipta.**

Siapapun dilarang keras menerjemahkan, mencetak, atau memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku ini tanpa izin tertulis dari penulis dan penerbit

**Cetakan pertama:**

Desember 2020

**Diterbitkan oleh:**

Universitas Bakrie Press



Jl. H. R. Rasuna Said No.2, RT.2/RW.5, Karet,

Kecamatan Setiabudi, Kuningan,

Daerah Khusus Ibukota Jakarta 12940

<https://ubakriepress.bakrie.ac.id/>

email: [ubakriepress@bakrie.ac.id](mailto:ubakriepress@bakrie.ac.id)

# Daftar Isi

Halaman Awal .....	ii
Daftar Isi .....	iii
Daftar Gambar .....	v
Daftar Tabel .....	vii
Abstrak .....	ix
Kata Pengantar .....	xiii
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	4
1.3. Tujuan Penelitian .....	5
1.4. Batasan Masalah .....	5
1.5. Manfaat Penelitian .....	6
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>7</b>
2.1. Analisis Stabilitas Lereng .....	7
2.2. Perkuatan Lereng .....	10
2.3. Air Bersih .....	15
2.3.1 Sumber Air .....	15
2.3.2 Kriteria Kualitas Air Bersih .....	17
2.3.3 Jenis Pengolahan Air Bersih .....	18
2.3.4 Kebutuhan Air Bersih .....	19
2.3.5 Penyediaan Air Bersih .....	20
2.3.6 Jaringan Perpipaan Sistem Distribusi Air Bersih .....	21

---

2.4. Air Limbah Domestik .....	22
2.4.1 Sumber Air Limbah .....	22
2.4.2 Sistem Pengolahan Air Limbah Domestik .....	23
2.4.3 Syarat Pengaliran Air Limbah .....	25
2.5. Geowisata Situs Gunung Padang .....	25
2.6. <i>Branding</i> Destinasi Geowisata Situs Gunung Padang .....	27
<b>BAB III METODOLOGI .....</b>	<b>31</b>
3.1. Pengumpulan Data .....	31
3.2. Analisis Penelitian .....	34
<b>BAB IV PEMBAHASAN .....</b>	<b>41</b>
4.1. Stabilitas Lereng .....	41
4.1.1 Stabilitas Lereng dengan Perkuatan Rekayasa Geoteknik ...	45
4.1.2 Stabilitas Lereng dengan Perkuatan Rekayasa Vegetatif .....	48
4.2. Sistem Penyediaan Air Minum (SPAM) dan Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik (SPALD) .....	53
4.2.1 Sistem Penyediaan Air Bersih .....	57
4.2.2 Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik .....	63
4.3. <i>Branding</i> Destinasi .....	66
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>73</b>
5.1. Kesimpulan .....	73
5.2. Saran .....	74
Daftar Pustaka .....	75
Tentang Penulis .....	81

# Daftar Gambar

Gambar 1. Situs Gunung Padang .....	2
Gambar 2. Longsor di Situs Gunung Padang .....	3
Gambar 3. Ilustrasi Analisis Stabilitas Lereng .....	8
Gambar 4. Analisis Stabilitas Lereng dengan Metode Irisan .....	9
Gambar 5. Perkuatan Lereng dengan Geotekstil .....	11
Gambar 6. Perkuatan Lereng dengan <i>Soil Nailing</i> .....	12
Gambar 7. Mekanisme Hidrologi dari Tanaman .....	13
Gambar 8. Hierarki Tahapan Pengumpulan Data .....	32
Gambar 9. Hierarki Tahapan Analisis Data .....	34
Gambar 10. Pemilihan Jenis Tanaman .....	35
Gambar 11. (a) Titik-Titik Pengambilan Data GPS (b) Elevasi Lereng Timur Zona Penyangga Gunung Padang .....	41-42
Gambar 12. (a) Geometri Lereng Utuh (b) Geometri Bagian Lereng yang Mengalami Longsor .....	42-43
Gambar 13. Grafik Distribusi Ukuran Butiran .....	44
Gambar 14. Estimasi Bidang Longsor untuk Lereng Utuh .....	45
Gambar 15. Estimasi Bidang Longsor untuk Bagian Lereng yang Pernah Longsor .....	45
Gambar 16. Estimasi Bidang Longsor untuk Lereng dengan Perkuatan <i>Pile</i> .....	47
Gambar 17. Estimasi Bidang Longsor untuk Lereng dengan Perkuatan <i>Soil Nailing</i> .....	47
Gambar 18. Lokasi Longsor .....	50
Gambar 19. Ilustrasi Luasan Rencana Rekayasa Vegetatif .....	52

Gambar 20. Ilustrasi Elevasi Lokasi Rekayasa Vegetatif .....	53
Gambar 21. Kondisi Perpipaan Distribusi Air Bersih .....	54
Gambar 22. Pipa Distribusi Air Bersih yang Tidak Tertanam di Tanah .....	55
Gambar 23. Penghubung Antar Segmen pada Perpipaan Distribusi Air Bersih.....	57
Gambar 24. Kondisi Selang yang Melilit dan Terhalangi oleh Tumbuhan .....	57
Gambar 25. Peta Perencanaan Jalur Alternatif Sistem Penyediaan Air Bersih Kawasan Situs Gunung Padang .....	59

# Daftar Tabel

Tabel 1. Mekanisme secara Hidrologi dan Pengaruh .....	14
Tabel 2. Parameter Tanah .....	43
Tabel 3. Detail Elemen <i>Pile</i> .....	46
Tabel 4. Detail Elemen <i>Soil Nailing</i> .....	47
Tabel 5. Data Debit dan Kecepatan Air di Kawasan Situs Gunung Padang .....	56
Tabel 6. Jumlah Pengunjung di Kawasan Situs Gunung Padang .....	56
Tabel 7. Kebutuhan Air di Kawasan Situs Gunung Padang .....	58
Tabel 8. Rekapitulasi Kebutuhan Air di Kawasan Situs Gunung Padang .....	58
Tabel 9. Hasil Uji Laboratorium Sampel Mata Air di Kawasan Situs Gunung Padang .....	60
Tabel 10. Penilaian Alternatif Teknologi Pengolahan Air Bersih .....	62
Tabel 11. Efisiensi Penyisihan Saringan Pasir Lambat .....	63
Tabel 12. Rekapitulasi Debit Air Limbah .....	64
Tabel 13. Penilaian Pemilihan Alternatif Pengelolaan Air Limbah ...	65



# Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi keamanan dan kesiapan kawasan Situs Gunung Padang sebagai obyek geowisata. Keamanan situs ditinjau dari stabilitas lereng zona penyangga yang juga merupakan akses menuju situs. Sementara itu, kesiapan situs ditinjau dari fasilitas air bersih dan sanitasi. Hasil penelitian terkait dengan keamanan dan kesiapan kawasan Situs Gunung Padang kemudian menjadi salah satu dasar dalam pengembangan branding destinasi. Penelitian ini menggunakan mix method (field study dan laboratory study) baik untuk pengumpulan data maupun analisis. Analisis terkait stabilitas lereng menggunakan metode elemen hingga. Sementara itu, analisis terkait air bersih dan sanitasi menggunakan analisis kebutuhan dan perancangan sistem air bersih serta perhitungan dan analisis debit air limbah domestik. Analisis branding destinasi sendiri menggunakan pendekatan deskriptif kualitatif. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kawasan Situs Gunung Padang khususnya lereng zona penyangga aman terhadap bahaya longsor dan peningkatan stabilitas lerengnya dapat dilakukan dengan penanaman vegetasi yang cocok seperti Cempedak dan Kemiri. Selain itu, perlu perbaikan fasilitas penyediaan air bersih dan penambahan fasilitas sanitasi. Kedua hasil tersebut kemudian menjadi salah satu dasar pembentukan branding destinasi dengan strategi storytelling. Rekomendasi berdasarkan hasil penelitian ini ditujukan bagi pengelola kawasan Situs Gunung Padang untuk dapat memastikan keamanan kawasan dan kenyamanan pengunjung dan masyarakat sekitar situs.

Kata kunci: air bersih, branding destinasi, rekayasa vegetasi, sanitasi, stabilitas lereng.

## ***Abstract***

*This research aims to identify the safety and readiness of the Gunung Padang site as a geotourism object. The safety is reviewed from the slope stability of buffer zone which also accesses lead to the site. Meanwhile, the readiness is reviewed from clean water and sanitation facilities. The results of the research related to the safety and readiness of the Gunung Padang site then be used as destination branding development. This research used the mixing method (field study and laboratory study) for data collection and analysis. Slope stability analysis utilizes finite element method. Meanwhile, clean water and sanitation analysis utilizes necessity analysis and clean water system design, and wastewater discharge. Branding destination analysis utilizes a descriptive qualitative approach. The results show that the Gunung Padang site, especially its buffer zone, is safe from landslide, and the slope stability can be improved by planting suitable vegetation, e.g. Cempedak and Kemiri. Moreover, it is required to improve the clean water facilities and to add sanitation facilities. Both results become the basis of destination branding formation with storytelling strategies. The recommendation based on this research aimed at the manager of the Gunung Padang site to ensure the safety of the site and the convenience for the visitor and surrounding society.*

*Key words: clean water, destination branding, sanitation, slope stability, vegetation engineering*

# Kata Pengantar

Rasa syukur kami panjatkan kehadirat Allah SWT karena rahmat dan hidayah-Nya sehingga kami dapat menyelesaikan monograf yang berjudul “Pengembangan Geowisata di Cianjur: Tinjauan Stabilitas Lereng, Air Bersih, dan Sanitasi Situs Gunung Padang untuk *Branding* Destinasi”. Monograf ini merupakan rangkuman hasil penelitian yang membahas tentang pengembangan Situs Gunung Padang sebagai *branding* destinasi bidang geowisata. Dalam pengembangan *branding* destinasi tersebut, dilakukan beberapa tinjauan untuk mengetahui keamanan dan kesiapan fasilitas Situs Gunung Padang. Beberapa tinjauan tersebut antara lain terkait stabilitas lereng zona penyangga Situs Gunung Padang berikut alternatif metode perkuatan lereng, sistem penyediaan air bersih, dan sistem pengelolaan air limbah domestik.

Tidak lupa kami mengucapkan terima kasih kepada Universitas Bakrie yang telah memberikan kesempatan dan dukungan serta membiayai penelitian sehingga monograf ini dapat terwujud. Kami mengucapkan terima kasih juga kepada pengelola Situs Gunung Padang yang telah mengizinkan, mendampingi, dan membantu selama proses pengambilan data. Dan tentunya dalam monograf ini masih terdapat banyak kekurangan, untuk itu kami mengharapkan kritik dan saran dari seluruh pihak demi kesempurnaan monograf ini. Akhir kata, semoga monograf ini dapat bermanfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan dan pemahaman para pembaca sekalian. Terima kasih.

Jakarta, November 2020

Penulis



# Bab 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Sama seperti daerah-daerah lain di Indonesia, Kabupaten Cianjur – Jawa Barat juga memiliki potensi pariwisata yang cukup menjanjikan. Salah satu potensi pariwisata tersebut bahkan sudah tertulis dalam Rencana Induk Pengembangan Pariwisata Daerah (RIPPDA) yaitu berupa kawasan wisata berbasis peninggalan sejarah atau situs purbakala yang dikenal sebagai Situs Gunung Padang (lihat Gambar 1). Situs Gunung Padang yang berlokasi di wilayah tengah Kabupaten Cianjur itu merupakan situs megalitik Punden Berundak yang dibangun untuk kepentingan ritual sesuai kepercayaan masyarakat di masa itu (Bronto dan Langi, 2016). Sutarman dkk (2016) bahkan menyebut bahwa situs tersebut adalah situs megalitikum terbesar di Asia Tenggara.

Situs Gunung Padang sebagai potensi pariwisata Kabupaten Cianjur tentu saja menjadi fokus utama pemerintah daerah untuk dikembangkan (Hanan, 2017). Bahkan sebelumnya sudah ada keputusan pemugaran yang tertuang dalam Perpres No.148 Tahun 2014 tentang Pengembangan, Perlindungan, Penelitian Pemanfaatan, dan Pengelolaan Situs Gunung Padang (Anonim1, 2018). Salah satu tindakan nyata pengembangan Situs Gunung Padang adalah peresmian sebagai Cagar Budaya Nasional Gunung Padang. Selain itu, baik pemerintah pusat, pemerintah provinsi Jawa Barat, maupun pemerintah kabupaten Cianjur, sudah secara total melakukan

pembangunan fasilitas-fasilitas untuk mendukung pengembangan aksesibilitas menuju Situs Gunung Padang (Rizal, 2019).

Situs Gunung Padang terletak di puncak bukit yang dikelilingi oleh lembah dan perbukitan (Sutarman dkk, 2016). Berkaitan dengan lokasinya tersebut, Situs Gunung Padang menjadi rawan terhadap bencana longsor, seperti yang sudah terjadi pada tahun 2012 dan Juni 2019 lalu. Pada tahun 2012, longsor tanah dan batu terjadi di 20 titik yang sempat menutup akses jalan menuju kawasan situs namun tidak sampai merusak zona inti (Aziz, 2012). Pada bulan Juni 2019, bencana longsor kembali terjadi di lereng bagian timur dan barat. Diberitakan bahwa longsor tanah di lereng bagian timur mempunyai lebar 30 m sepanjang 67 m, sedangkan di lereng bagian barat hanya selebar 7 m (lihat Gambar 2). Meskipun tidak sampai merusak zona inti sama seperti sebelumnya, longsor kali ini hanya berjarak 100 m dari zona inti Situs Gunung Padang tersebut. Batu-batu di Situs Gunung Padang pun dikatakan masih aman karena telah dilakukan tindakan pencegahan secara langsung dengan pematokan bambu sistem terasering oleh Balai Besar Cagar Budaya dan Kepurbakalaan (Gunawan, 2019).



Gambar 1. Situs Gunung Padang  
(Sumber: <https://sains.kompas.com> dan <https://kumparan.com>)



Gambar 2. Longsor di Situs Gunung Padang  
(Sumber: <https://cianjur.pojoksatu.id> dan <https://www.ayobandung.com>)

Beralasan potensi kebencanaan dan longsor yang telah terjadi, dan mempertimbangkan aspek keamanan baik bagi penduduk di sekitar kawasan Situs Gunung Padang maupun bagi wisatawan yang berkunjung, serta kelestarian dari Situs Gunung Padang itu sendiri, maka menjadi penting untuk dilakukan tindakan pencegahan berupa perkuatan lereng. Perkuatan lereng bukanlah hal baru terutama dalam bidang teknik sipil khususnya geoteknik. Perkuatan lereng umumnya dilakukan dengan beberapa metode seperti cerucuk, *ground anchor*, *soil nailing*, geosintetik dan sebagainya. Selain metode yang bersifat *constructed* tersebut, metode penanaman vegetasi yang cocok juga dapat diterapkan sebagai upaya untuk menjaga stabilitas lereng, karena keberadaan tanaman di tempat yang kurang tepat jika tidak ditangani dengan benar dapat semakin membahayakan lereng secara keseluruhan, misalnya sisa pohon mati yang jika tergesa-gesa diangkat dapat menyebabkan kedudukan batu di seputar akar menjadi terbongkar. Metode-metode tersebut bisa saja diterapkan pada kawasan Situs Gunung Padang, namun permasalahan berikutnya yang mungkin muncul adalah kesesuaian dan keamanan pelaksanaan metode tersebut terhadap kelestarian Situs Gunung Padang.

Berlatar belakang penjelasan sebelumnya, maka penelitian ini diajukan untuk menyelidiki stabilitas lereng di kawasan Situs Gunung Padang, khususnya lereng sebelah timur yang termasuk dalam zona penyangga. Penyelidikan kemudian dilanjutkan dengan penentuan metode perkuatan lereng yang tidak hanya aman secara geoteknik tapi juga aman dari sudut pandang lingkungan. Selain itu, Situs Gunung Padang sebagai salah satu lokasi wisata yang berbasis geowisata juga dituntut untuk memiliki fasilitas pendukung yang baik dan dapat mencukupi kebutuhan pengunjung yaitu sistem penyediaan air bersih dan pengelolaan air limbah domestik. Namun kondisi eksisting sistem penyediaan air bersih dan pengelolaan air limbah domestik di Situs Gunung Padang ini belum dapat memenuhi kebutuhan pengunjung tertinggi. Berlatar belakang penjelasan tersebut, maka perlu luaran tambahan penelitian untuk merancang sistem penyediaan air bersih dan pengelolaan air limbah domestik yang layak dan dapat memenuhi kebutuhan wisatawan. Hasil penelitian terkait stabilitas lereng dan fasilitas air bersih ini kemudian menjadi salah satu dasar dalam pengembangan *branding* destinasi khususnya bidang geowisata.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Dalam penelitian ini, permasalahan yang dibahas dirumuskan sebagai berikut:

1. Bagaimana keamanan kawasan Situs Gunung Padang – Cianjur dan aksesibilitasnya ditinjau dari stabilitas lereng?
2. Bagaimana pelaksanaan perlindungan hulu dan lereng dengan penanaman vegetasi yang cocok di kawasan Situs Gunung Padang – Cianjur?

3. Bagaimana upaya penyediaan air bersih di kawasan Situs Gunung Padang dan pengelolaan air limbah domestik untuk dapat mencukupi kebutuhan pengunjung?
4. Bagaimana penyusunan dan penerapan strategi *branding* destinasi untuk pengembangan geowisata Situs Gunung Padang – Cianjur?

### **1.3 Tujuan Penelitian**

Berdasarkan permasalahan yang telah dirumuskan sebelumnya, penelitian ini memiliki tujuan sebagai berikut:

1. Mengidentifikasi keamanan kawasan Situs Gunung Padang dan aksesibilitasnya ditinjau dari stabilitas lereng
2. Merencanakan perlindungan hulu dan lereng dengan penanaman vegetasi yang cocok di kawasan Situs Gunung Padang – Cianjur
3. Merancang sistem penyediaan air bersih dan merancang sistem pengelolaan air limbah domestik di kawasan Situs Gunung Padang
4. Menyusun dan menerapkan strategi *branding* destinasi untuk pengembangan geowisata Situs Gunung Padang – Cianjur

### **1.4 Batasan Masalah**

Dalam penelitian ini terdapat pembatasan sebagai berikut:

1. Peninjauan stabilitas lereng difokuskan pada lereng sebelah timur yang pernah mengalami kelongsoran
2. Muka air tanah diasumsikan berada jauh dari permukaan lereng sehingga dalam analisis tidak memperhitungkan pengaruh muka air tanah
3. Perhitungan kebutuhan air bersih menggunakan data jumlah pengunjung tertinggi, diameter pipa, perhitungan hidrolis sistem penyediaan air bersih, debit air limbah domestik, jumlah toilet per

jenis kelamin, serta pembuatan jalur alternatif sistem transmisi dan distribusi air bersih menuju toilet

4. Analisis teknologi pengolahan air bersih sederhana dan pengolahan air limbah domestik berdasarkan efisiensi penyisihan terbesar dan kemudahan dalam pemeliharaan.

### **1.5 Manfaat Penelitian**

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat berupa:

1. Menyumbangkan pengetahuan mengenai kajian geoteknik dan lingkungan khususnya penyelidikan stabilitas lereng pada pengembangan kawasan wisata Situs Gunung Padang
2. Menjadi referensi untuk para praktisi dan para pengambil kebijakan dalam pengembangan kawasan wisata Situs Gunung Padang, Cianjur – Jawa Barat.

# Bab 2

## TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Analisis Stabilitas Lereng

Lereng dapat diartikan sebagai suatu permukaan tanah yang miring dengan sudut tertentu terhadap bidang horisontal, yang dapat terjadi secara alamiah atau buatan. Bila permukaan tanah tidak datar (memiliki sudut terhadap bidang datar), maka komponen berat tanah yang sejajar dengan kemiringan lereng dapat menyebabkan tanah bergerak ke arah bawah atau mengalami kelongsoran. Semakin besar sudut terhadap bidang datar, maka lereng semakin rentan untuk mengalami kelongsoran. Dalam bidang teknik sipil khususnya geoteknik, pemeriksaan stabilitas lereng atau yang lebih dikenal sebagai analisis stabilitas lereng merupakan hal yang umum untuk dilakukan. Analisis stabilitas lereng dilakukan dengan menghitung dan membandingkan tegangan geser yang terbentuk sepanjang permukaan retak yang paling mungkin dengan kekuatan geser dari tanah yang bersangkutan.

Analisis stabilitas lereng adalah menentukan angka keamanan atau *safety factor* (SF). Secara sederhana SF dapat diartikan sebagai perbandingan antara besaran yang menahan longsor (tegangan geser tanah yang bersangkutan –  $\tau_f$ ) dengan besaran yang menyebabkan longsor (tegangan geser yang terbentuk sepanjang permukaan retak yang paling mungkin –  $\tau_d$ ) yang diilustrasikan pada Gambar 3.

$$SF = \frac{\tau_f}{\tau_d} = \frac{c + \sigma \tan \phi}{c_d + \sigma \tan \phi_d}$$

dengan:

$SF$  = angka keamanan terhadap kekuatan tanah

$\tau_f$  = kekuatan geser rata-rata dari tanah (kN/m<sup>2</sup>)

$\tau_d$  = tegangan geser rata-rata yang bekerja sepanjang bidang longsor (kN/m<sup>2</sup>)

$c$  = kohesi tanah (kN/m<sup>2</sup>)

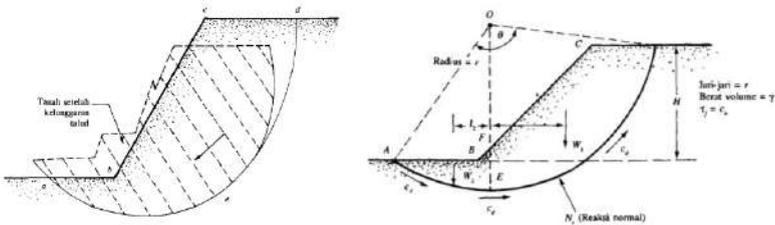
$c_d$  = kohesi yang bekerja sepanjang bidang longsor (kN/m<sup>2</sup>)

$\sigma$  = tegangan normal rata-rata pada permukaan bidang longsor (kN/m<sup>2</sup>)

$\phi$  = sudut geser tanah (°)

$\phi_d$  = sudut geser yang bekerja sepanjang bidang longsor (°)

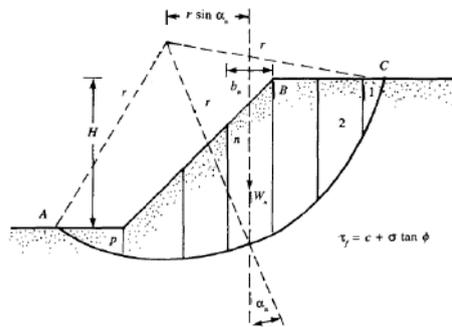
Jika nilai  $\tau_f$  lebih besar dari nilai  $\tau_d$ , maka akan diperoleh nilai  $SF > 1$  yang mengindikasikan bahwa lereng dalam kondisi stabil. Sebaliknya jika nilai  $\tau_f$  lebih kecil atau sama dengan nilai  $\tau_d$ , maka akan diperoleh nilai  $SF \leq 1$  yang mengindikasikan bahwa lereng dalam kondisi kritis atau tidak stabil yang sama artinya bahwa lereng tersebut tidak aman dan rawan terhadap kelongsoran.



Gambar 3. Ilustrasi Analisis Stabilitas Lereng

Dalam menganalisis stabilitas lereng perlu untuk mengasumsikan lebih dulu tentang bentuk umum dari potensi bidang gelincir atau longsor yang akan terjadi, baru kemudian dilakukan perhitungan stabilitasnya. Salah satu

metode perhitungan stabilitas lereng yang umum digunakan adalah metode irisan (*method of slices*), yang dapat dijelaskan dengan menggunakan Gambar 4. Tanah yang berada di atas bidang gelincir atau longsor percobaan dibagi dalam beberapa irisan-irisan paralel tegak dengan lebar dari tiap irisan tidak harus sama, kemudian stabilitas dari tiap-tiap irisan dihitung secara terpisah. Metode irisan lebih teliti karena tanah yang tidak homogen dan tekanan air pori dapat dimasukkan ke dalam perhitungan. Perhitungan metode irisan terbagi menjadi dua, yaitu metode irisan Fellenius dan metode irisan Bishop.



Gambar 4. Analisis Stabilitas Lereng dengan Metode Irisan

Seiring dengan perkembangan teknologi, proses iterasi *trial and error* dalam menentukan nilai SF minimum untuk analisis stabilitas lereng secara manual dapat dikurangi. Pengurangan analisis secara manual perlu dilakukan terkait proses perhitungan yang memakan waktu lama dan tingkat keakuratan yang cukup rendah. Untuk menggantikan analisis stabilitas lereng secara manual tersebut, penggunaan program (*software*) yang salah satunya berbasis *Finite Element Method* (FEM) menjadi alternatif yang memudahkan. Terkait dengan topik penelitian, belum ada penelitian terdahulu yang membahas tentang stabilitas lereng di kawasan Situs Gunung

Padang, sehingga penelitian ini hanya mengacu kepada teori dasar yang telah dijelaskan sebelumnya.

## **2.2 Perkuatan Lereng**

Tujuan utama dari analisis stabilitas lereng adalah untuk menilai kemungkinan kelongsoran yang dapat terjadi. Keruntuhan atau kelongsoran lereng dapat terjadi karena adanya perubahan-perubahan, baik itu perubahan topografi (geometris penampang lereng), kadar air dan aliran air tanah, perubahan tegangan maupun musim/iklim/cuaca serta getaran atau gempa (Pangemanan dkk, 2014). Selain kondisi alam yang mengalami perubahan tersebut, keruntuhan atau kelongsoran lereng juga dapat terjadi karena berbagai kegiatan manusia (Azizah, 2014).

Penanggulangan longsor atau yang lebih dikenal sebagai perkuatan lereng, merupakan tindakan yang bersifat pencegahan sebelum longsor terjadi pada daerah potensial dan setelah longsor terjadi jika belum runtuh total. Pada prinsipnya terdapat dua cara dalam dan perkuatan lereng, yaitu 1) memperkecil gaya penggerak atau momen penyebab longsor, misalkan dengan mengubah bentuk lereng; dan 2) memperbesar gaya lawan atau momen penahan longsor, misalkan dengan pemasangan tiang pancang atau dinding penahan tanah (Pangemanan dkk, 2014). Dalam praktek nyata terdapat beberapa metode dan perkuatan lereng, namun dalam penelitian ini hanya dibahas 4 metode, antara lain:

### **a. Geotekstil**

Geosintetik (*geosynthetic*) adalah bahan sintesis (pada umumnya berbahan plastik) yang digunakan untuk aplikasi teknik sipil dalam lingkungan tanah, yang memiliki fungsi perkuatan (*reinforcement*), pemisah (*separation*), filter (*filtration*), dan drainase (*drainage*). Geotekstil

merupakan bahan geosintetik berbentuk seperti tekstil yang mudah meloloskan air (*permeable*).



Gambar 5. Perkuatan Lereng dengan Geotekstil  
(Sumber: <http://www.geosinindo.co.id/>)

Geotekstil sering digunakan dalam perbaikan dan perkuatan lereng karena memiliki keunggulan-keunggulan, antara lain mudah dalam pelaksanaan, murah, dan dapat meningkatkan stabilitas lereng secara efektif. Untuk perkuatan lereng, pemasangan geotekstil dapat dilakukan pada bagian lereng dengan jarak dan panjang tertentu seperti terlihat pada Gambar 5 (Chasanah, 2012).

### **b. Pile (Tiang)**

Selain digunakan sebagai pondasi, *pile* juga digunakan untuk menstabilkan kelongsoran tanah aktif. *Pile* sebagai perkuatan lereng cenderung dibebani oleh gaya lateral akibat perpindahan horisontal tanah di sekelilingnya, sehingga lebih dikenal sebagai *pile* pasif (Nurmanza dkk, 2014). Prinsip kerja *pile* sama dengan cerucuk kayu/bambu dalam memperkuat stabilitas lereng, karena keduanya mampu memotong bidang longsor lereng. Baik *pile* maupun cerucuk kayu/bambu, mampu meningkatkan gaya geser pada lereng dan mampu melawan gaya geser longsor yang terjadi. Peningkatan gaya geser tersebut yang kemudian mampu meningkatkan stabilitas lereng (Rusdiansyah, 2016).

### c. Soil Nailing

*Soil nailing* merupakan metode perkuatan lereng yang ekonomis dengan sistem pekerjaan cepat karena menggunakan peralatan *portable* (mudah dipindah) yang bisa diubah sesuai kebutuhan (disesuaikan dengan sudut kemiringan lereng) dan tidak membutuhkan tempat yang luas. *Soil nailing* memanfaatkan tekanan pasif yang akan dikerahkan jika terjadi gerakan, umumnya dipasang dengan sudut  $10^{\circ}$ -  $20^{\circ}$  terhadap bidang datar dan dilaksanakan dari atas ke bawah (*top down constructed*). *Soil nailing* termasuk perkuatan kaku (*rigid*) yang dapat memikul gaya normal, gaya lintang dan gaya momen, yang sesuai untuk lereng alam (lihat Gambar 6). *Soil nailing* yang berupa paku atau tulangan umumnya terbuat dari batang baja, pipa baja atau batang metal yang dipasang dengan cara ditekan atau dibor lebih dahulu, dan kemudian *digrouting* atau ditutup dengan larutan semen (Sinarta, 2004).



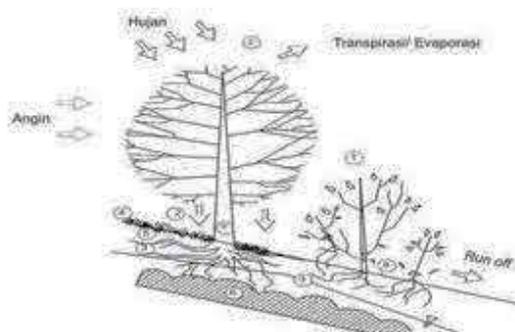
Gambar 6. Perkuatan Lereng dengan *Soil Nailing*  
(Sumber: <https://www.indiamart.com/>)

### d. Peran Vegetasi untuk Stabilisasi Lereng

Penggunaan vegetasi sebagai *bioengineering* telah dicoba. Dengan solusi *green/bioengineering* perlu pertimbangan yang tepat, berdasarkan iklim, tipe tanah dan biaya. Pada daerah dengan kondisi iklim panas, tanah cukup kuat dan kohesif, barangkali cukup hanya

dengan ditutup rumput biasa sebagai proteksi lereng (Noor, 2011). Tanaman dengan tipologinya yaitu tentang tajuk dan perakaran mempunyai peran yang penting dalam mencegah atau mengeliminir kejadian longsor. Vegetasi dengan penyebarannya yang luas, dengan struktur dan komposisinya yang beragam diharapkan mampu menyediakan manfaat yang besar bagi kehidupan manusia antara lain sebagai pengendali longsor lahan. Peran tersebut antara lain terhadap intersepsi, evapotranspirasi, infiltrasi, lengas tanah dan lain-lain. Peran tersebut diilustrasikan yang menggambarkan mekanisme secara hidrologi maupun mekanisme secara mekanik dari tanaman, sebagaimana Gambar 7 dan Tabel 1.

**Peran pertama vegetasi** dimulai dari peran **tajuk** menyimpan air intersepsi → mengurangi jumlah air hujan yang sampai permukaan tanah → mengurangi jumlah air yang terinfiltrasi dan pemenuhan lengas tanah. Semakin tinggi/berat kerapatan tajuk → kemampuan tajuk untuk menangkap air hujan dalam bentuk air intersepsi juga semakin besar.



Gambar 7. Mekanisme Hidrologi dari Tanaman  
(Sumber: Greenway 87 dlm Hardiatmo 2012)

**Peran kedua** adalah **morfologi akar**. Berbagai jenis vegetasi memiliki ciri khas sistem perakaran yang beragam. Pada lahan-lahan yang miring diperlukan vegetasi dengan jenis **perakaran yang dalam** dan **akar serabut yang banyak**. Hal ini akan meningkatkan daya cengkram tanah oleh akar dan akan mampu mengurangi kemungkinan terjadinya pergerakan tanah → **menaikkan kuat geser tanah**

**Peran ketiga** adalah **evapotranspirasi**. Pada kawasan yang memiliki intensitas hujan yang tinggi, proses evapotranspirasi berperan mengurangi kejenuhan tanah agar tidak terjadi akumulasi air di lapisan impermeabel yang justru akan menjadi bahan gelincir dalam kejadian longsor dangkal.

Tabel 1. Mekanisme secara Hidrologi dan Pengaruh

No	Mekanisme Secara Hidrologi	Pengaruh
1	Daun-daunan memotong hujan, menyebabkan hilangnya absorpsi dan transpirasi yang mereduksi air hujan untuk berinfiltrasi	(+)
2	Akar dan batang menambah kekasaran permukaan tanah dan permeabilitasnya, sehingga menambah kapasitas infiltrasi	(-)
3	Akar menyerap air dari tanah, air yang hilang ke udara oleh transpirasi, menyebabkan tekanan air pori berkurang	(+)
4	Pengurangan kelembaban tanah akibat penyerapan akar dapat menyebabkan tanah retak, sehingga menambah kapasitas infiltrasi	(-)
5	Akar memperkuat tanah, menambah kuat geser	(+)
6	Akar pohon menembus sampai ke lapisan kuat, memberikan dukungan pada tanah bagian atas, karena	(+)

No	Mekanisme Secara Hidrologi	Pengaruh
	berfungsi sebagai penyangga dan member efek lengkung	
7	Berat pohon membebani lereng, menambah komponen gaya normal dan gaya ke bawah lereng	(-) (+)
8	Tumbuh-tumbuhan mengirim gaya dinamik ke lereng akibat angin	(-)
9	Akar mengikat partikel tanah di permukaan dan menambah kekasaran permukaan, sehingga mengurangi kemudahan tererosi	(+)

(Sumber: Rekeyasa Vegetatif Untuk Mengurangi Risiko Longsor, 2016)

## 2.3 Air Bersih

Air bersih merupakan kebutuhan mendasar makhluk hidup untuk mempertahankan kehidupannya yang harus dipenuhi. Menurut Permenkes No. 492 tahun 2010, air bersih adalah air yang dapat digunakan melalui proses pengolahan atau tanpa melalui proses pengolahan terlebih dahulu dan telah memenuhi persyaratan kesehatan dan dapat diminum. Syarat kesehatan tersebut bermakna bahwa air harus memenuhi baku mutu yang telah ditetapkan baik secara fisika, kimia, biologi, dan radiologi sehingga tidak terjadi efek samping saat dikonsumsi.

### 2.3.1 Sumber Air

Dalam penyediaan sistem air bersih, sumber air menjadi aspek penting yang harus diperhatikan dalam memenuhi kebutuhan air baku sebagai air bersih. Secara umum, sumber air dapat dibagi menjadi empat bagian besar dan masing-masing memiliki karakteristik yang berbeda, yaitu:

## 1. Air Tanah

Air tanah merupakan air yang terkandung pada lapisan di bawah permukaan tanah yang melewati rongga-rongga batuan di dalam zona jenuh (*saturated zone*). Air tanah memiliki kualitas air yang cukup baik dan dapat digunakan langsung apabila diambil dengan cara yang sesuai. Tetapi, untuk digunakan sebagai air bersih, air tanah ini diperlukan proses klorinasi agar terhindar dari bahaya kontaminasi. Air tanah terbagi menjadi tiga macam, yaitu:

- Air tanah dangkal, merupakan air yang letaknya dekat dengan permukaan bumi, yaitu berkedalaman 5-15 meter yang bagian bawahnya dilapisi oleh lapisan kedap air, dan memiliki tekanan air yang sama dengan tekanan udara luar.
- Air tanah dalam, merupakan air tanah yang berada di bawah air tanah dangkal dengan kedalaman lebih dari 20 meter hingga mencapai kedalaman ratusan meter dan terletak antara dua lapisan batuan kedap air.
- Mata air, merupakan air yang memancar ke permukaan bumi melalui celah batuan yang terdapat di lapisan aquifer yang biasanya dijumpai pada daerah pegunungan perbukitan dan kemudian mengalir menuju sungai.

## 2. Air permukaan

Air permukaan adalah air yang berada mengalir di permukaan bumi. Air permukaan terbentuk karena air yang berasal dari limpasan curah hujan tidak dapat meresap ke dalam tanah. Kualitas air permukaan mudah tercemar karena mendapat pengotoran selama pengalirannya, seperti terdapat lumpur, batang-batang kayu, daun-daun, limbah industri dan domestik, dan sebagainya

sehingga diperlukan pengolahan air sebelum dijadikan sebagai air baku air bersih. Air permukaan ada dua macam yaitu air sungai dan air rawa atau danau.

3. Air atmosfer atau air hujan

Air hujan dapat dijadikan sebagai air baku air bersih, namun memerlukan pengolahan terlebih dahulu karena kemungkinan terjadinya kontaminasi dengan kotoran-kotoran yang berada di udara seperti debu dan lainnya.

4. Air Laut

Air laut yang akan dijadikan sebagai air baku air bersih harus melalui proses desalinasi air laut, untuk menghilangkan kadar larutan garam. Rasa asin yang ditimbulkan pada air laut dikarenakan terkandungnya garam NaCl di dalamnya. Kadar garam NaCl dalam air laut 3%. Namun, dengan keadaan ini air laut jarang digunakan sebagai air baku untuk keperluan air minum karena tidak memenuhi syarat untuk air minum.

### 2.3.2 Kriteria Kualitas Air Bersih

Air bersih yang dikonsumsi harus memenuhi persyaratan kualitas yang telah ditetapkan dalam baku mutu air bersih yaitu menurut Peraturan Menteri Kesehatan No 492 Tahun 2010 tentang persyaratan kualitas air minum adalah sebagai berikut:

a) Persyaratan fisik

Air bersih yang wajar adalah tidak berwarna, tidak berbau dan tidak berasa. Air bersih yang memenuhi syarat memiliki suhu yang sama dengan suhu udara yaitu  $\pm 25^{\circ}\text{C}$ , dengan batas toleransi yaitu  $25^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ .

b) Persyaratan kimiawi

Air bersih yang akan dikonsumsi tidak boleh mengandung bahan-bahan kimia dalam jumlah yang melampaui batas baku mutu. Persyaratan kimia yang dimaksud dalam Permenkes No. 492 Tahun 2001 ini antara lain pH, total solid, zat organik, CO<sub>2</sub> agresif, kesadahan, kalsium (Ca), besi (Fe), mangan (Mn), tembaga (Cu), seng (Zn), chlorida (Cl), nitrit, flourida (F), serta logam berat.

c) Persyaratan bakteriologis

Air bersih yang mengandung bakteri patogen dapat mengganggu kesehatan, oleh sebab itu persyaratan bakteriologis untuk air bersih ini ditandai dengan tidak adanya bakteri *E. coli* atau *fecal coli* dalam air.

d) Persyaratan radioaktifitas

Air bersih yang memenuhi baku mutu untuk radioaktifitas adalah air yang tidak mengandung bahan atau zat yang mengandung radioaktifitas di dalamnya seperti sinar alfa, sinar beta, dan sinar gamma.

### 2.3.3 Jenis Pengolahan Air Bersih

Air bersih sangat dibutuhkan untuk memenuhi kebutuhan keseharian hidup manusia. Air bersih yang digunakan harus layak digunakan dan sudah memenuhi baku mutu yang ditetapkan pada Permenkes No. 492 Tahun 2010 dan PP No. 82 Tahun 2001, yang didapatkan dengan cara melakukan pengolahan terhadap air baku tersebut. Pengolahan air bersih adalah suatu kegiatan bersifat teknis yang dilakukan untuk melindungi sumber air baku sehingga mencapai mutu yang diizinkan sesuai dengan peruntukannya

yang dapat digunakan oleh masyarakat sekitar. Terdapat 2 macam pengolahan air minum yaitu:

1. Pengolahan Tidak Lengkap

Pengolahan tidak lengkap merupakan pengolahan yang terhadap air baku yang hanya memiliki beberapa parameter saja untuk diturunkan sesuai baku mutu. Pengolahan ini hanya menggunakan beberapa unit pengolahan yang terdapat dalam pengolahan lengkap. Sumber air yang biasa diolah dengan pengolahan ini adalah air baku yang berasal dari mata air atau air dengan kualitas yang masih relatif baik.

2. Pengolahan Lengkap

Pengolahan lengkap adalah pengolahan yang biasa digunakan untuk air baku yang berasal dari air permukaan atau air baku dengan kualitas yang jelek. Pengolahan ini melibatkan pengolahan secara kimia, fisika dan biologi.

### **2.3.4 Kebutuhan Air Bersih**

Kebutuhan air bersih merupakan jumlah air yang diperlukan untuk memenuhi kebutuhan dasar suatu unit. Kebutuhan air akan berfluktuasi dari waktu ke waktu baik dalam skala jam, hari, minggu, bulan dan dalam kurun waktu satu tahun. Menurut Ditjen Cipta Karya (2000), standar kebutuhan air bersih dibedakan menjadi dua macam, yaitu:

1. Standar kebutuhan air domestik yang terdiri dari kebutuhan air yang digunakan pada tempat – tempat hunian pribadi untuk memenuhi keperluan sehari – hari seperti memasak, minum, mencuci dan keperluan rumah tangga lainnya. Menurut SNI 03-2399-2002 tentang Tata Cara Perencanaan Bangunan MCK

Umum, kebutuhan air untuk kesatuan MCK adalah sebagai berikut:

- Minimal 20 l/org/hr untuk keperluan mandi
  - Minimal 15 l/org/hr untuk keperluan cuci
  - Minimal 10 l/org/hr untuk keperluan kakus
2. Standar kebutuhan air non domestik yang terdiri dari kebutuhan air bersih di luar keperluan rumah tangga. Kebutuhan air non domestik antara lain:
- a. Penggunaan komersil dan industri, yaitu penggunaan air oleh badan-badan komersil dan industri.
  - b. Penggunaan umum, yaitu penggunaan air untuk bangunan-bangunan pemerintah, rumah sakit, sarana pendidikan dan tempat-tempat ibadah.

### **2.3.5 Penyediaan Air Bersih**

Menurut Dharmasetiawan (2004) dalam Morell (2017), sistem penyediaan air bersih berfungsi untuk memenuhi kebutuhan air bersih penduduk di suatu wilayah. Secara umum, sistem penyediaan air bersih terdiri dari dua jenis, yaitu sistem produksi dan sistem distribusi. Sistem produksi merupakan sistem dalam pengambilan air bersih yang bersumber dari sungai, danau, mata air, maupun air tanah yang menggunakan sumur. Air yang diambil dari alam tidak langsung disalurkan ke konsumen atau masyarakat, melainkan melalui tahapan pengolahan terlebih dahulu hingga air tersebut layak dikonsumsi. Sedangkan sistem distribusi merupakan pengaliran air bersih dari tempat penampungan berupa tangki sampai ke konsumen, melalui saluran terbuka atau saluran tertutup (sistem perpipaan).

Menurut Howard S Peavy et.al (1985) sistem pengaliran air adalah sebagai berikut;

- a. Cara Gravitasi, digunakan apabila terdapat perbedaan yang cukup besar pada elevasi sumber air dengan elevasi daerah pelayanan, sehingga tekanan yang diperlukan dapat dipertahankan. Cara gravitasi ini hanya memanfaatkan beda ketinggian lokasi saja, sehingga cukup ekonomis.
- b. Cara Pemompaan, dalam mendistribusikan air bersih dari reservoir kepada konsumen, diperlukan peningkatan tekanan. Saat elevasi sumber air atau instalasi pengolahan air tidak dapat memberikan tekanan ke daerah pelayanan, maka cara ini sangat tepat untuk digunakan.
- c. Cara Gabungan, merupakan gabungan kedua cara di atas yang digunakan untuk mempertahankan tekanan yang diperlukan selama periode pemakaian tinggi dan pada kondisi darurat.

### **2.3.6 Jaringan Perpipaan Sistem Distribusi Air Bersih**

Sistem jaringan perpipaan dalam pendistribusian air terdiri dari dua macam, yaitu:

#### **1. Sistem Makro**

Sistem makro atau sistem pipa induk berfungsi sebagai penghantar jaringan pipa tetapi tidak dapat langsung mengalirkan air ke konsumen karena penurunan energy yang sangat besar. Sistem ini terdiri dari pipa induk utama (*primary feeder*) dan pipa induk kedua (*secondary feeder*).

## 2. Sistem Mikro

Sistem ini berfungsi sebagai sistem jaringan pipa pelayanan yang memiliki peran dalam mendistribusikan air ke konsumen yang bersumber pada pipa sekunder. Yang termasuk dalam sistem mikro adalah pipa pelayanan utama dan pipa pelayanan ke rumah penduduk (*house connection*).

### 2.4 Air Limbah Domestik

Air limbah adalah sisa dari kegiatan manusia yang berwujud cair yang berasal dari kegiatan rumah tangga, industri maupun tempat-tempat umum lainnya yang dapat membahayakan kehidupan makhluk hidup dan mengganggu kelestarian lingkungan karena mengandung bahan-bahan berbahaya. Menurut (Metcalf & Eddy, 2003), tiga jenis air limbah berdasarkan asalnya adalah air limbah domestik, air limbah industri dan air hujan. Air limbah domestik menurut Permen PUPR No 4 tahun 2017 adalah air buangan yang sudah tidak dapat digunakan lagi yang berasal dari usaha dan/atau kegiatan pemukiman, rumah makan, perkantoran, perniagaan, apartemen, dan asrama.

#### 2.4.1 Sumber Air Limbah

Menurut Sugiharto (2008), sumber air limbah dapat diklasifikasikan menjadi dua yaitu:

##### 1. Air limbah domestik/rumah tangga

Air limbah domestik mengandung bahan pencemar organik, nonorganik, dan bakteri yang sangat potensial untuk mencemari sumber air, namun bahan organik adalah pencemar utama dalam limbah domestik. Air limbah domestik diklasifikasikan menjadi *black water* dan *grey water*. *Grey water* berasal dari buangan dapur, kamar

mandi, dan tempat cuci, sedangkan *black water* berasal dari air WC. Sebagian penduduk masih membuang *black water* langsung ke sungai, dan sebagian sudah memiliki *septic tank*. Sedangkan *grey water* hampir seluruhnya dibuang langsung ke sungai melalui saluran. Air limbah domestik dapat menjadi potensi pencemar terbesar yang masuk ke perairan, karena sebanyak 60-80% dari air bersih akan menjadi air limbah yang dibuang ke lingkungan.

## 2. Air limbah non domestik/industri

Air limbah non domestik merupakan air buangan yang bukan berasal dari pemukiman seperti wilayah industri, rumah sakit, laboratorium, dan lainnya. Jumlah air limbah non domestik ini tergantung dari jenis dan besar kecilnya industri.

### 2.4.2 Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik

Air limbah domestik harus dikelola sesuai dengan standar agar tidak membahayakan kesehatan manusia serta mencemari lingkungan. secara umum, pengolahan air limbah domestik terdiri atas dua macam, yaitu:

#### 1. Sistem setempat (*on-site*)

Sistem *on-site* adalah suatu sistem dimana air limbah dibuang dan langsung diolah ditempat tanpa melalui penyaluran terlebih dahulu. Sistem *on-site* ini biasanya digunakan dalam skala kecil (keluarga), namun dapat juga digunakan dalam skala besar (WC umum). Sistem ini dapat digunakan untuk daerah-daerah yang memenuhi standar teknis terhadap lokasi seperti tidak memiliki riol kota atau masih memiliki lahan kosong (Irawan, 2019). Menurut Permen PUPR No. 4 Tahun 2017 tentang

Penyelenggaraan Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik, sistem pengolahan setempat adalah sistem pengolahan yang dilakukan dengan mengolah air limbah domestik di lokasi sumber, yang selanjutnya lumpur hasil olahan diangkut dengan sarana pengangkut ke Sub-sistem Pengolahan Lumpur Tinja. Sistem pengolahan setempat dapat dibagi menjadi dua berdasarkan kapasitas pengolahannya, yaitu (Permen PUPR No. 4 Tahun 2017):

- a. Skala individu yang diperuntukkan bagi satu unit rumah tinggal
  - b. Skala komunal yang diperuntukkan bagi 2-10 unit rumah tinggal, serta Mandi Cuci Kakus (MCK)
2. Sistem terpusat (*off-site*)

Sistem terpusat merupakan sistem pengolahan dimana air limbah yang berasal dari seluruh daerah pelayanan dikumpulkan terlebih dahulu pada riol pengumpul dan dialirkan riol kota menuju Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) dan diolah hingga memenuhi baku mutu, sehingga dapat dibuang ke lingkungan tanpa dapat mencemarinya (Hakim, 2017). Menurut Permen PUPR No. 4 Tahun 2017 Penyelenggaraan Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik, sistem pengolahan terpusat adalah sistem pengelolaan yang dilakukan dengan mengalirkan air limbah domestik dari sumber secara kolektif ke Sub-sistem Pengolahan Terpusat untuk diolah sebelum dibuang ke badan air permukaan. Cakupan pelayanan sistem pengolahan terpusat yaitu:

- a. Skala perkotaan, digunakan untuk lingkup perkotaan dengan minimal layanan 20.000 jiwa

- b. Skala permukiman, digunakan untuk lingkup permukiman dengan layanan 50 – 20.000 jiwa
- c. Skala kawasan, digunakan untuk kawasan komersial dan kawasan rumah susun

### **2.4.3 Syarat Pengaliran Air Limbah**

Menurut (Dirjen Cipta Karya, 2003), beberapa hal yang harus diperhatikan dalam perencanaan jaringan pengaliran air buangan adalah sebagai berikut:

- a. Pengaliran harus secara gravitasi
- b. Pada saat kondisi debit minimum, harus dapat membawa material yang berada di dalam saluran
- c. Selama proses penyaluran, diharapkan dapat membersihkan saluran sendiri (*self-cleaning*) dengan kecepatan tertentu yang tidak menyebabkan kerusakan pada saluran serta dapat membersihkan saluran dari material lain yang dapat mengganggu proses pengaliran
- d. Saluran pengaliran diharapkan dapat mensirkulasikan udara atau gas-gas sehingga tidak terakumulasi dalam saluran
- e. Berdasarkan karakteristik mikroorganisme yang akan mendegradasi air buangan, waktu detensi air buangan untuk berada di dalam saluran tidak lebih dari 18 jam sehingga senyawa-senyawa dalam air buangan dapat diubah menjadi senyawa septic

### **2.5 Geowisata Situs Gunung Padang**

*Geosites* adalah situs yang menarik minat ilmiah berdasarkan geologi atau geomorfologi dan dapat mengakomodasi berbagai keperluan seperti penelitian, konservasi, pendidikan, pariwisata, dan pembangunan

berkelanjutan. Konsep *geotourism* mulai dikembangkan oleh Hose (1995) yang menyebutkan bahwa terdapat dua sudut pandang *geotourism* yaitu geologi dan geomorfologi. *Geotourism* adalah pariwisata yang berkelanjutan dengan fokus utama pada fitur geologi bumi dengan cara menumbuhkan pemahaman lingkungan dan budaya, apresiasi, konservasi, dan keuntungan lokal. *Geotourism* memiliki hubungan dengan ekowisata, wisata budaya, dan wisata petualangan, namun tidak identik dengan salah satu dari bentuk-bentuk pariwisata tersebut.

Konsep ini menciptakan suatu produk *geotourism* yang melindungi *geoheritage*, membantu membangun masyarakat, berkomunikasi dan mempromosikan warisan geologi dan bekerja secara holistik. Secara keseluruhan, *geotourism* terdiri dari unsur geologi seperti ‘bentuk’ dan ‘proses’ yang dikombinasikan dengan komponen pariwisata seperti atraksi, akomodasi, wisata, kegiatan, interpretasi serta perencanaan dan manajemen. Hose (2013) memberikan pandangan lima kunci prinsip yang mendefinisikan *geotourism*, yaitu berdasarkan geologi (*geoheritage* bumi), berkelanjutan (ekonomis, meningkatkan kehidupan masyarakat dan membantu pelestarian geologi), edukatif (dicapai melalui interpretasi geologi), menguntungkan masyarakat lokal, dan menghasilkan kepuasan bagi wisatawan.

Ketiga karakteristik pertama dianggap penting untuk suatu produk ‘*geotourism*’ sementara dua karakteristik terakhir dipandang sebagai sesuatu yang diinginkan untuk semua bentuk pariwisata. Kunci untuk memanfaatkan potensi ditawarkan melalui pembangunan *geotourism* untuk memaksimalkan peluang dan meminimalkan dampak negatif melalui perencanaan pembangunan lingkungan yang berkelanjutan. Jika hal ini dilakukan maka dukungan telah ditetapkan untuk *geotourism* untuk

berkembang selaras dengan lingkungan alam dan budaya yang menjadi penunjang.

## **2.6 *Branding Destinasi Geowisata Situs Gunung Padang***

Gunung Padang adalah salah satu cagar budaya yang berada di Kabupaten Cianjur. Situs ini masih dalam tahap perencanaan destinasi wisata. Situs Gunung Padang adalah peninggalan megalitik terbesar di Asia Tenggara dengan luas bangunan purbakalanya sekitar 900 m<sup>2</sup> dan areal situsnya sekitar 3 Ha (Nafila, 2013). International Council on Monuments and Sites (ICOMOS) (2012) menyatakan pariwisata budaya meliputi semua pengalaman yang didapat oleh pengunjung dari sebuah tempat yang berbeda dari lingkungan tempat tinggalnya. Dalam pariwisata budaya pengunjung diajak untuk mengenali budaya dan komunitas lokal, pemandangan, nilai dan gaya hidup lokal, museum dan tempat bersejarah, seni pertunjukan, tradisi dan kuliner dari populasi lokal atau komunitas asli (sumber website resmi ICOMOS: <http://www.icomosictc.org>). Oleh karena itu pengembangan pariwisata budaya tidak lepas dari pengelolaan aset budaya yang menjadi daya tarik. Hal tersebut merupakan salah satu hal yang dipertimbangkan dalam pengembangan destinasi wisata budaya.

Menurut Undang-undang No. 10 tahun 2009 tentang Kepariwisataan, Destinasi Pariwisata adalah kawasan geografis yang berada dalam satu atau lebih wilayah administratif yang di dalamnya terdapat daya tarik wisata, fasilitas umum, fasilitas pariwisata, aksesibilitas, serta masyarakat yang saling terkait dan melengkapi terwujudnya kepariwisataan. Situs Megalitikum Gunung Padang merupakan tempat yang mempunyai daya tarik wisata budaya. Daya tarik wisatanya bukan hanya terletak pada situs arkeologi Gunung Padang tapi juga memiliki daya tarik-daya tarik pendukung lainnya termasuk budaya masyarakat lokal dan masyarakat yang

masih menjadikan situs ini sebagai tempat ritual pemujaan kepercayaan Sunda Kuna.

Situs Megalitikum Gunung Padang berada di Kecamatan Campaka yang di dalam RIPPDA 2009-2013 Kabupaten Cianjur termasuk ke dalam Sub-SKKP II.1. Pengelompokan Sub SKKP digolongkan berdasarkan kantong pengembangan kawasan sesuai dengan posisi daya saing, kemampuan dan produk wisata. Sub-SKKP II-1 merupakan kantong Kawasan Wisata Agro yang meliputi Perkebunan Teh Penyairan, Perkebunan Teh Nusamba, Perkebunan Teh PT. Linggasingharum, Perkebunan Teh Pasir Nangka dan Situs Gunung Padang Selain daya tarik inti Gunung Padang, di sekitar situs ini terdapat Stasiun dan Terowongan Lampegan yang merupakan stasiun pertama dan jalur kereta api pertama yang menghubungkan Bandung dengan Jakarta sebelum jalur kereta api Padalarang dibangun. Kereta api ini berfungsi pada tahun 1879 – 1882

Situs ini memang sedang direncanakan menjadi destinasi wisata tetapi saat ini tahap perencanaan belum selesai, jumlah pengunjung meningkat drastic (Nafila, 2013: 72). Sementara itu, infrastruktur, seperti jalan, rumah makan, fasilitas pendukung lainnya belum lengkap. Sampai sekarang sudah ada pembangunan fasilitas seperti pembangunan pusat informasi, loket tiket dan menara pandang. Rumah makan hanya ada ketika akhir pekan. Infrastruktur seperti pos polisi ataupun pos kesehatan juga belum terbangun di kawasan ini. Infrastruktur yang adapun masih belum memadai dan dalam keadaan tidak layak.

Situs Megalitikum Gunung Padang terdiri dari sambungan kolumnar yang sudah dihancurkan dari batu andesit yang disemen oleh tanah liat. Menurut data yang didapat selama penggalian, pengeboran, geolistrik, georadar, dan tomografi seismik dilakukan secara mandiri dan terintegrasi

---

tim peneliti (2014), pada kedalaman 15 meter ada tubuh lava. Tubuh lava ini menunjukkan formasi alami gunung berapi Padang. Ada budidaya manusia seperti di Gunung Padang, ditunjukkan oleh posisi batu kolom yang tertata dengan baik hampir sejajar bidang lapisan, padahal sebenarnya orientasi sendi kolom adalah tegak lurus terhadap arah aliran magma/lava. Selain itu, ada matriks antara kolom batu di Gunung Padang. Situs Megalitikum Gunung Padang diklasifikasikan sebagai situs budaya pariwisata, subkategori Zaman Batu muda megalitik (Putra, Sari Kusumayudh, dan Raharjo, 2017).



# Bab 3

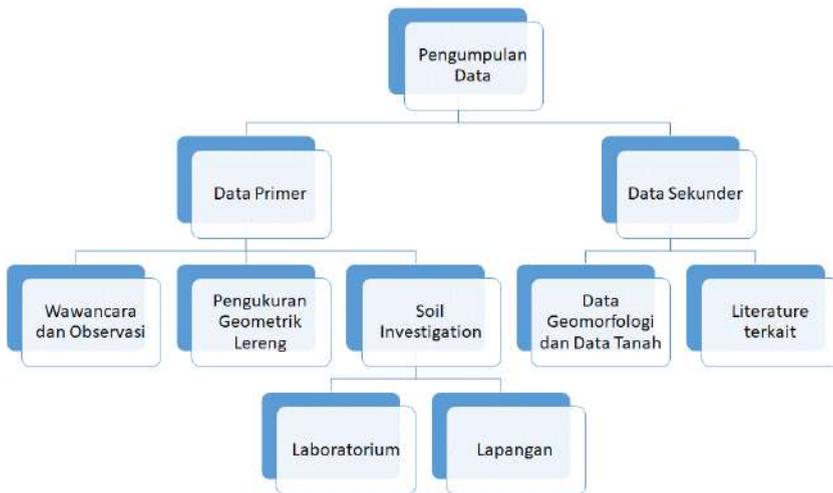
## METODOLOGI

Penelitian dilakukan di kawasan Situs Gunung Padang yang berlokasi di Kabupaten Cianjur, Jawa Barat. Penelitian terhadap Situs Gunung Padang ini meninjau dua aspek, yaitu aspek keteknikan dan sains, serta aspek sosial dan budaya. Berdasarkan aspek keteknikan dan sains, sasaran penelitian difokuskan pada sisi bagian timur dari lereng zona penyangga Situs Gunung Padang, sedangkan berdasarkan aspek sosial dan budaya difokuskan pada kawasan Situs Gunung Padang sebagai obyek geowisata secara utuh.

### 3.1 Pengumpulan Data

Tahapan pertama dari rangkaian penelitian terkait Situs Gunung Padang adalah pengumpulan data yang diperlukan untuk analisis, baik secara keteknikan dan sains yang terbagi lagi menjadi dua aspek yaitu aspek teknik sipil dan teknik lingkungan, maupun secara sosial dan budaya melalui pendekatan deskriptif kualitatif terhadap studi kasus.

Data yang digunakan dalam penelitian terbagi menjadi data primer dan data sekunder yang dikumpulkan sesuai hierarki tahapan pengumpulan data pada Gambar 8. Data primer sebagai data langsung diperoleh melalui wawancara dan observasi, pengukuran geometrik lereng dan soil investigation, baik yang dilakukan di lapangan maupun di laboratorium. Untuk data sekunder sebagai data tidak langsung diperoleh melalui studi literature dan pengajuan permintaan data geomorfologi dan data tanah ke dinas-dinas terkait.



Gambar 8. Hierarki Tahapan Pengumpulan Data

### 1. Wawancara dan Observasi

Data studi kasus dapat diperoleh dari semua pihak yang bersangkutan, baik melalui wawancara, partisipasi, dan dokumentasi. Data dikumpulkan melalui wawancara dengan pemangku kepentingan, analisis dokumen dan bahan pustaka, serta observasi lapangan. Data yang diperoleh dari berbagai cara itu hakikatnya untuk saling melengkapi. Data studi kasus dapat diperoleh tidak saja dari kasus yang diteliti, tetapi juga dari semua pihak yang mengetahui dan mengenal kasus tersebut dengan baik. Data atau informasi bisa dari banyak sumber, tetapi perlu dibatasi hanya pada kasus yang diteliti. Untuk memperoleh informasi yang mendalam terhadap sebuah kasus, maka diperlukan informan yang handal yang memenuhi syarat sebagai informan, yakni *maximum variety*, yakni orang yang tahu banyak tentang masalah yang diteliti, kendati tidak harus bergelar akademik tinggi. Selain

wawancara, observasi juga dilakukan untuk mengetahui kondisi nyata di kawasan Situs Gunung Padang, baik terkait tutupan lahan maupun kondisi sosial dan budaya masyarakatnya.

## **2. Pengukuran Geometrik Lereng**

Pengukuran geometrik lereng meliputi pengukuran elevasi dan kemiringan lereng sisi bagian timur zona penyangga Situs Gunung Padang. Data ini digunakan untuk memodelkan lereng baik untuk menyelidiki stabilitas lereng maupun untuk menentukan perkuatan lereng

## **3. Soil Investigation**

*Soil investigation* dilakukan untuk mengetahui gambaran karakteristik tanah yang ada di lereng sisi bagian timur zona penyangga Situs Gunung Padang yang juga digunakan untuk memodelkan lereng pada program/software stabilitas lereng. *Soil investigation* dilakukan secara dua tahap, yaitu:

- a) Investigasi Lapangan, berupa *hand boring*
- b) Investigasi Laboratorium, meliputi *index properties test*, *Atterberg's limit test*, *sieve and hydrometer test*, dan *triaxial test*, untuk memperoleh data terkait sifat-sifat fisik dan sifat-sifat mekanis tanah

## **4. Data Primer Air Bersih dan Air Limbah Domestik**

Data ini didapatkan langsung dari kegiatan survei lapangan yang terdiri:

- a. Lokasi sumber air bersih
- b. Debit air bersih
- c. Pengambilan sampel air

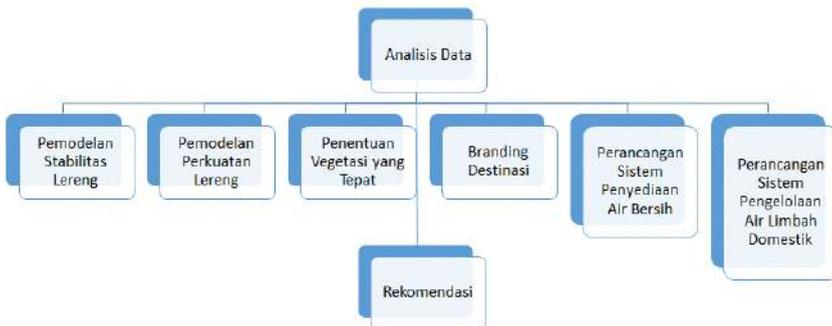
- d. Kondisi toilet seperti jumlah yang tersedia, jumlah air limbah, teknologi pengolahan air limbah yang digunakan
- e. Pengukuran elevasi tanah pada sumber air menuju toilet menggunakan GPS
- f. Pengambilan dokumentasi pribadi untuk menunjang kegiatan penelitian

### 5. Data Sekunder Air Bersih dan Air Limbah Domestik

Data sekunder merupakan data yang didapatkan dari instansi-instansi terkait dalam merancang penyediaan air bersih dan pengelolaan air limbah domestik, yaitu data jumlah pengunjung di Situs Gunung Padang.

## 3.2 Analisis Data

Tahapan terakhir sebelum pengambilan keputusan dari rangkaian penelitian terkait Situs Gunung Padang adalah analisis data yang digambarkan dalam hierarki tahapan analisis data pada Gambar 9. Analisis data terbagi menjadi lima bagian, yaitu: pemodelan stabilitas lereng eksisting, pemodelan perkuatan lereng, penentuan vegetasi yang tepat, SPAM dan SPALD, serta *branding* destinasi.



Gambar 9. Hierarki Tahapan Analisis Data

### 1. Pemodelan Stabilitas Lereng

Pemodelan stabilitas lereng dilakukan dengan menggunakan metode elemen hingga untuk menentukan angka keamanan lereng yang menjadi indikator kestabilan lereng.

### 2. Pemodelan Perkuatan Lereng

Pemodelan perkuatan lereng merupakan tahapan lanjutan dari pemodelan stabilitas lereng dengan menambahkan bentuk-bentuk perkuatan berupa geotekstil, pile (tiang) dan soil nailing. Bentuk-bentuk perkuatan tersebut didesain sedemikian rupa untuk mendapatkan angka keamanan lereng yang memadai.

### 3. Penentuan Vegetasi yang Tepat

Penentuan vegetasi yang tepat merupakan kunci penting dalam keberhasilan pengendalian longsor lahan secara rekayasa vegetatif. Selain didasarkan pada tiga peran vegetasi tanaman keras (pohon) dan zona potensi longsor, pemilihan jenis juga didasarkan pada pemilihan jenis tanaman sesuai dengan kemiringan lahan dan elevasi tempat tumbuh tanaman. Elevasi adalah rentang ekologis untuk tumbuh tanaman di mana ada tanaman yang memiliki rentang ekologis sempit dan lebar.



Gambar 10. Pemilihan Jenis Tanaman

#### **4. Perhitungan dan Analisis Air Bersih dan Air Limbah**

##### **Domestik**

##### **a. Analisis Kebutuhan dan Perancangan Sistem Air Bersih**

Untuk mengetahui kebutuhan air bersih di Situs Gunung Padang menggunakan jumlah pengunjung rata-rata selama tiga tahun terakhir, didapatkan dari Koordinator Juru Pelihara Situs Gunung Padang. Kebutuhan air ini akan berbeda pada hari biasa (*weekday*) dan hari maksimum (*weekend*), sehingga diperlukan perhitungan kebutuhan air dengan asumsi jumlah pengunjung pada masing-masing hari tersebut. Kemudian dari kebutuhan air per masing-masing hari ini akan dijumlahkan sehingga didapatkan debit air rata-rata, debit harian maksimum, dan debit jam puncak. Perhitungan ini akan menggunakan standar kebutuhan air minimal sebesar 20 liter/orang/hari menurut SNI 03-2399-2002 tentang Tata Cara Perencanaan Bangunan MCK Umum. Perhitungan kebutuhan air bersih ini dapat dilihat pada persamaan di bawah ini (Sadewa, Sukmaputri dan Wahyono, Hadi. 2013).

##### **i. Perhitungan jumlah pengunjung pada hari biasa dan hari maksimum**

- Asumsi jumlah hari biasa dalam 1 tahun = 269 hari
- Asumsi jumlah hari maksimum dalam 1 tahun = 96 hari
- Y = Jumlah pengunjung di hari biasa
- X = Jumlah pengunjung di hari maksimum
- $X = 2,5 Y$  (asumsi)
- Z = Rata-rata pengunjung 3 tahun terakhir
- Sehingga,

$$96 X + 269 Y = Z$$

**ii. Kebutuhan air di hari biasa**

= Standar kebutuhan air perhari x Pengunjung di hari biasa

**iii. Kebutuhan air di hari maksimum**

= Standar kebutuhan air perhari x Pengunjung di hari maksimum

**iv. Total kebutuhan air**

= Kebutuhan air di hari biasa + Kebutuhan air di hari maksimum.

Hal yang mempengaruhi fluktuasi kebutuhan air ini adalah pemakaian harian maksimum dan kebutuhan puncak. Perhitungan Hidrolis dalam perencanaan sistem penyediaan air minum adalah sebagai berikut:

- a) Panjang pipa ekuivalen
- b) Kemiringan hidrolis
- c) Kecepatan aliran
- d) Diameter pipa
- e) Kehilangan tekanan dalam pipa
- f) Sisa tekan (Rh)
- g) Hydraulic Grade Line (HGL)
- h) Energy Grade Line (EGL)
- i) Penggunaan Software EPANET 2.0 untuk perancangan perpipaan

**b. Analisis Kebutuhan dan Perancangan Sistem Air Bersih**

Debit air limbah domestik merupakan air sisa atau air buangan yang berasal dari rumah tangga yang dibuang ke saluran pengumpul. Debit air limbah domestik ini berkisar antara 60-80% dari debit air minum. (Permen PUPR No. 4 Tahun 2017).

$$Q_{ab} = (60 - 80\%) \times Q_{\text{air minum}}$$

Keterangan:

$Q_{\text{air minimum}}$  = pemakaian air minum (L/org/hr)

$Q_{\text{ab}}$  = debit air limbah domestik (L/org/hr)

Debit air limbah pada saat pemakaian air minimum dinyatakan dalam debit air limbah minimum ( $Q_{\text{min}}$ ). Untuk mendapatkan jumlah debit air limbah pada saat pemakaian minimum ini dibutuhkan populasi ekuivalen dan debit air limbah rata-rata. Penduduk ekuivalen adalah jumlah limbah organik yang berasal dari aktivitas rumah tangga maupun komersial yang terurai (Martono, 2015).

$$Q_{\text{min}} = 0,2 \times \text{Populasi ekuivalen}^{0,2} \times Q_{\text{ab}}$$

Keterangan:

$Q_{\text{min}}$  = debit air limbah minimum (l/s)

Populasi ekuivalen = Jumlah populasi/1000 jiwa

$Q_{\text{ab}}$  = debit air limbah domestik (l/s)

Debit air limbah maksimum ( $Q_{\text{max}}$ ) adalah debit air limbah yang dinyatakan saat pemakaian air maksimum. Debit air limbah maksimum ini dapat dihitung dengan menggunakan nilai faktor harian maksimum dan debit air limbah domestik (Martono, 2015).

$$Q_{\text{max}} = f_m \times Q_{\text{ab}}$$

Keterangan:

$Q_{\text{max}}$  = debit air limbah maksimum (l/s)

$f_m$  = faktor harian maksimum (1,2)

Menurut Martono (2015), kebutuhan air air limbah suatu daerah dinyatakan sebagai debit jam puncak yang merupakan total air saat pemakaian terbesar dalam satu hari. Persamaan debit jam puncak dapat dilihat di bawah ini.

$$Q_{\text{peak}} = f_{\text{peak}} \times Q_{\text{ab}}$$

Keterangan:

$Q_{\text{peak}}$  = debit jam puncak (l/s)

$Q_{\text{ab}}$  = debit air limbah domestik (l/s)

$f_{\text{peak}}$  = faktor jam puncak

## 5. Penyusunan Strategi Branding Destinasi

Penyusunan strategi *branding* destinasi dilakukan dengan menggunakan pendekatan deskriptif kualitatif. Metode yang digunakan adalah studi kasus. Untuk penelitian Studi Kasus, langkah-langkah berikut dapat digunakan sebagai pedoman, yakni: (1) penentuan fokus kajian (*focus of study*), yang mencakup kegiatan memilih masalah yang memenuhi syarat kelayakan dan kebermaknaan, (2) pengembangan kepekaan teoretik dengan menelaah bahan pustaka yang relevan dan hasil kajian sebelumnya, (3) penentuan kasus atau bahan telaah, yang meliputi kegiatan memilih dari mana dan dari siapa data diperoleh, (4) pengembangan protokol perolehan dan pengolahan data, yang mencakup kegiatan menetapkan piranti, langkah dan teknik perolehan dan pengolahan data yang digunakan, (5) pelaksanaan kegiatan perolehan data, yang terdiri atas kegiatan mengumpulkan data lapangan atau melakukan pembacaan naskah yang dikaji, (6) pengolahan data perolehan, yang meliputi kegiatan penyandian (*coding*),

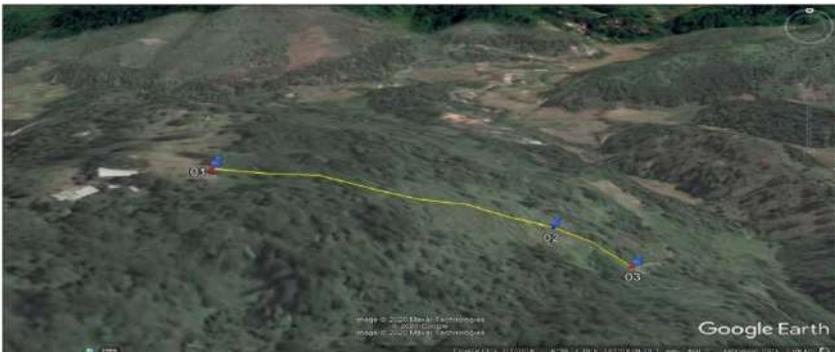
pengkategorian (*categorizing*), perbandingan (*comparing*), dan pembahasan (*discussing*), (7) negosiasi hasil kajian dengan subjek kajian, dan (8) perumusan simpulan kajian, yang meliputi kegiatan penafsiran dan penyatu-paduan (*interpreting and integrating*) temuan ke dalam bangunan pengetahuan sebelumnya, serta saran bagi kajian berikutnya. Penyusunan strategi *branding* destinasi Gunung Padang merupakan pengembangan dari hasil penelitian mengenai keamanan situs Gunung Padang ditinjau dari aspek kemiringan lereng dan pengelolaan lingkungan.

# Bab 4

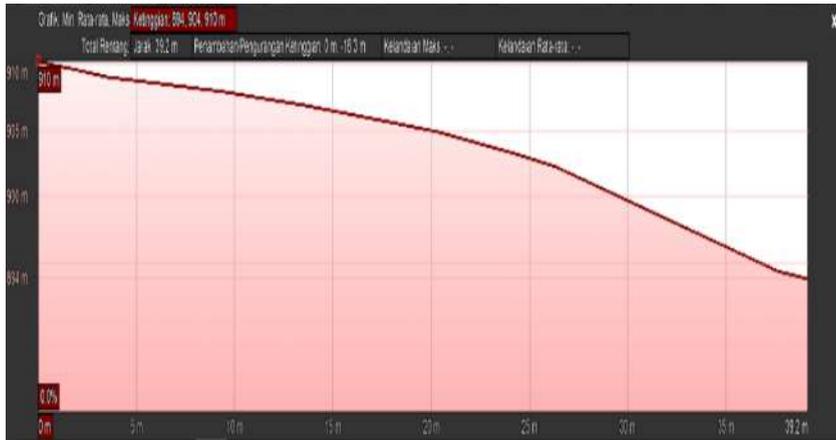
## PEMBAHASAN

### 4.1 Stabilitas Lereng

Berdasarkan hasil pengukuran (elevasi dan kemiringan) lereng yang dilakukan menggunakan alat *Global Positioning System* (GPS) (lihat Gambar 11), diperoleh geometri lereng seperti pada Gambar 12. Sesuai dengan geometri lereng pada Gambar 10 tersebut, terdapat dua kondisi peninjauan analisis stabilitas lereng eksisting (tanpa perkuatan) yaitu (1) lereng secara utuh (mulai dari titik 1 – puncak lereng hingga titik 3 – dasar lereng), dan (2) bagian lereng yang mengalami kelongsoran (mulai dari titik 2 – titik awal kelongsoran hingga titik 3). Stabilitas lereng secara utuh ditinjau sebagai bentuk tindakan pencegahan sebelum longsor terjadi, khususnya pada daerah potensial yang baru. Sementara itu, bagian yang mengalami kelongsoran ditinjau stabilitasnya untuk mengetahui potensi longsor lanjutan karena lereng belum runtuh total



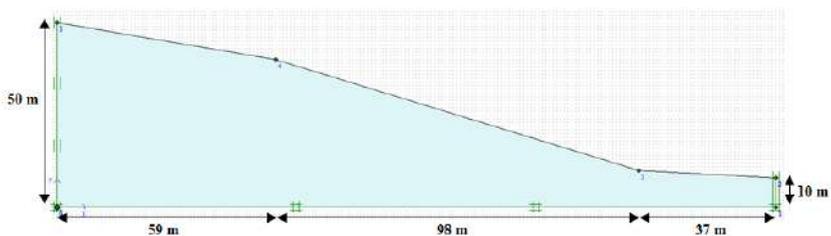
(a)



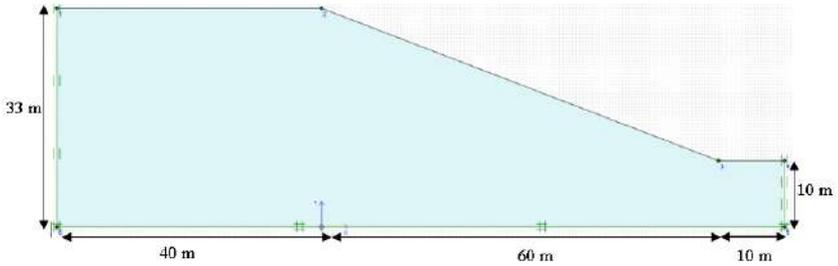
(b)

Gambar 11. (a) Titik-Titik Pengambilan Data GPS (b) Elevasi Lereng Timur Zona Penyangga Gunung Padang

Sementara itu, dari hasil *soil investigation* diketahui bahwa tanah di lereng bagian timur zona penyangga Situs Gunung Padang diklasifikasikan ke dalam tanah pasir berlempung (SC) berkepadatan *medium dense*. Penentuan klasifikasi tanah tersebut selain didasarkan pada parameter-parameter tanah pada Tabel 2, juga didasarkan pada distribusi ukuran butiran yang dapat dilihat pada grafik dalam Gambar 13.



(a)

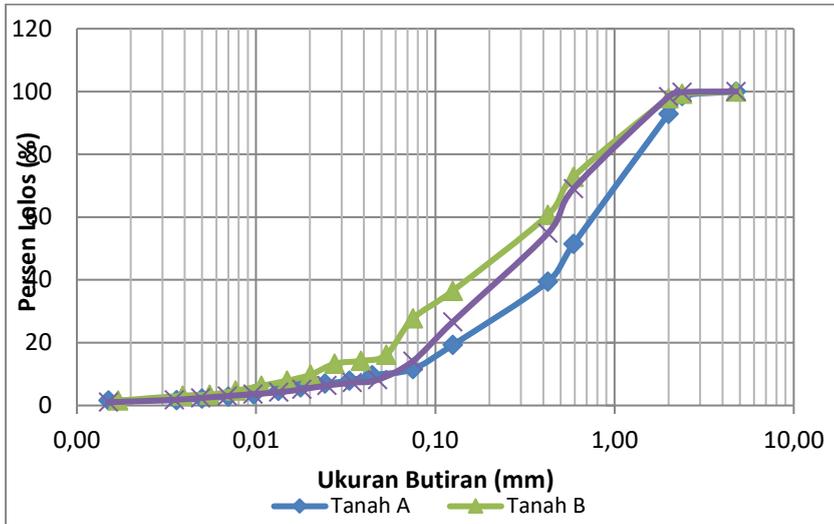


(b)

Gambar 12. (a) Geometri Lereng Utuh (b) Geometri Bagian Lereng yang Mengalami Longsor

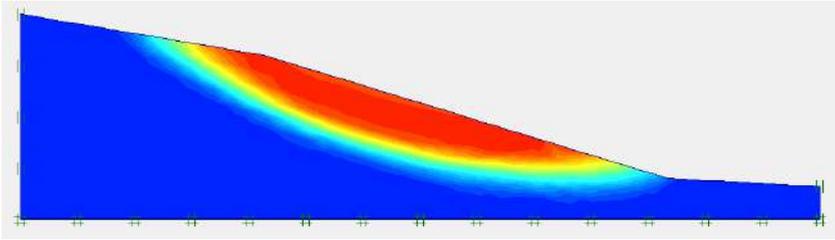
Tabel 2. Parameter Tanah

Parameter	Satuan	Nilai
Kadar Air ( $w_c$ )	%	45,38 – 45,95
Berat Jenis ( $G_s$ )	-	2,67 – 2,70
Berat Volume Kering ( $\gamma_d$ )	kN/m <sup>3</sup>	11,27
Berat Volume Basah ( $\gamma_{unsat}$ )	kN/m <sup>3</sup>	16,37
Berat Volume Jenuh ( $\gamma_{sat}$ )	kN/m <sup>3</sup>	18,01
Persentase Tanah Berbutir Kasar	%	72,31 – 88,41
Persentase Tanah Berbutir Halus	%	11,59 – 27,69
Batas Cair (LL)	%	40,97 – 66,70
Batas Plastis (PL)	%	32,27 – 39,92
Indeks Plastisitas (PI)	%	5,26 – 17,49
Permeabilitas arah horisontal ( $k_x$ )	m/hari	8,64
Permeabilitas arah vertikal ( $k_y$ )	m/hari	8,64
Modulus Young (E)	kN/m <sup>2</sup>	25000
Angka Poisson ( $\mu$ )	-	0,25
Kohesi (c)	kN/m <sup>2</sup>	16,68
Sudut geser ( $\phi$ )	°	35

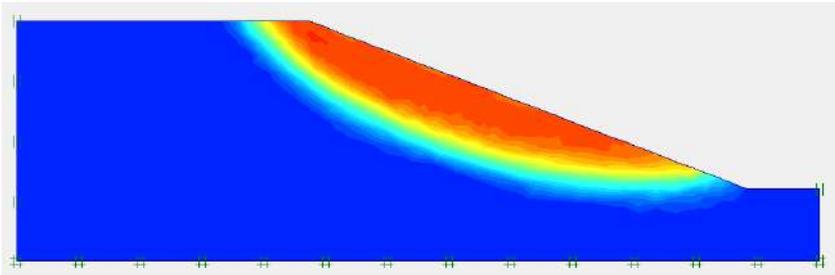


Gambar 13. Grafik Distribusi Ukuran Butiran

Hasil analisis stabilitas lereng secara utuh menunjukkan bahwa bidang longsor yang mungkin terjadi (lihat Gambar 14) memiliki nilai *safety factor* (SF) atau angka keamanan sebesar 2,96 dengan estimasi deformasi lereng mendekati nol yaitu sebesar  $2,4 \times 10^{-14}$  cm. Hasil analisis tersebut mengindikasikan bahwa lereng secara utuh dalam kondisi aman dan diprediksi tidak akan mengalami kelongsoran dalam jangka waktu yang lama ( $SF > 1,5$ ). Sama halnya dengan lereng secara utuh, untuk bagian lereng zona penyangga Situs Gunung Padang yang pernah mengalami kelongsoran, hasil analisis stabilitas menunjukkan bahwa bidang longsor yang mungkin terjadi (lihat Gambar 15) memiliki nilai SF sebesar 2,61 dan estimasi deformasi lereng juga mendekati nol yaitu sebesar  $1,3 \times 10^{-14}$  cm. Nilai SF sebesar 2,61 diartikan bahwa lereng juga dalam kondisi aman dan diprediksi tidak akan mengalami kelongsoran dalam jangka waktu yang lama. Selain itu, dapat juga diartikan bahwa lereng tersebut telah mengalami kelongsoran total pada longsor sebelumnya.



Gambar 14. Estimasi Bidang Longsor untuk Lereng Utuh



Gambar 15. Estimasi Bidang Longsor untuk Bagian Lereng yang Pernah Longsor

#### 4.1.1 Stabilitas Lereng dengan Perkuatan Rekayasa Geoteknik

Perkuatan lereng dengan rekayasa geoteknik pada dasarnya bertujuan untuk meningkatkan stabilitas lereng yang dinyatakan dengan peningkatan nilai angka keamanan. Peningkatan nilai angka keamanan dapat tercapai apabila kuat geser tanah yang menahan longsor meningkat, yang dapat dilakukan melalui pemberian elemen perkuatan. Pada penelitian ini, elemen perkuatan lereng yang diusulkan khususnya untuk lereng yang pernah mengalami kelongsoran adalah *pile* dan *soil nailing*. Elemen perkuatan lereng tersebut kemudian ditempatkan sedemikian rupa agar memotong bidang longsor. Berdasarkan bidang longsor yang mungkin terjadi (lihat Gambar 15), diperoleh panjang minimal untuk elemen perkuatan *pile* adalah 15 m, sedangkan untuk *soil nailing* adalah 20 m. Detail parameter *pile* and *soil nailing* yang diusulkan sebagai elemen perkuatan lereng, sekaligus

digunakan dalam pemodelan metode elemen hingga dapat dilihat pada Tabel 3 dan 4.

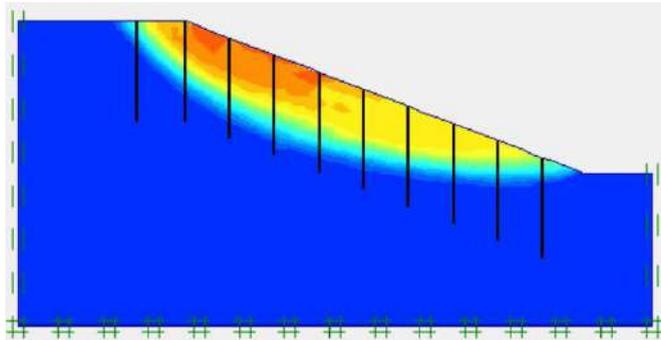
Tabel 3. Detail Elemen *Pile*

<b>Type</b>	<b><i>Spun Pile</i> (Beton)</b>	
<b>Parameter</b>	<b>Nilai</b>	<b>Satuan</b>
Mutu Beton	52	MPa
Diameter <i>Pile</i>	45 - 60	cm
Panjang <i>Pile</i>	15 - 17	m
Jarak Antar <i>Pile</i>	8D – 12D	cm

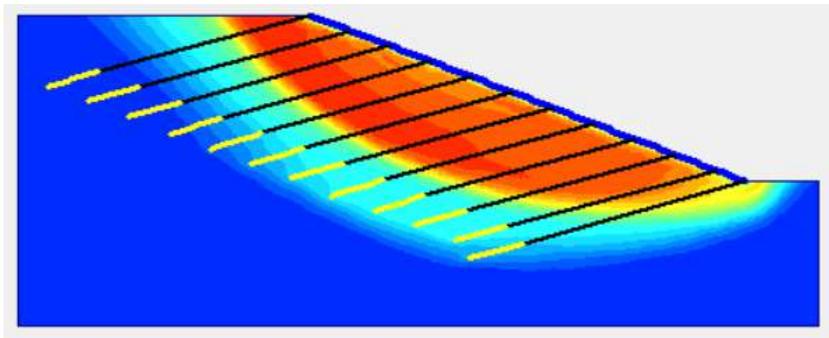
Hasil analisis stabilitas lereng dengan perkuatan, baik dengan *pile* maupun *soil nailing*, menunjukkan peningkatan nilai SF. Perkuatan lereng dengan *pile* meningkatkan nilai SF sebesar 1,50% - 3,03%, dengan nilai SF terbesar adalah 2,62. Peningkatan tersebut tidak signifikan jika dibandingkan dengan perkuatan lereng dengan *soil nailing* yang mampu meningkatkan nilai SF hingga 33,51% - 38,04%, dengan nilai SF terbesar adalah menjadi 3,57. Selain dari peningkatan nilai SF, pengaruh *pile* dan *soil nailing* juga dapat terlihat dari bidang longsor yang mungkin terjadi setelah pemberian elemen perkuatan. Pada Gambar 16 terlihat perubahan warna pada bidang longsornya, dari kemerahan ke kekuningan jika dibandingkan dengan Gambar 15. Hal tersebut menandakan terjadinya penurunan tegangan yang terjadi pada tanah di area bidang longsor. Sementara itu, pada Gambar 17 terlihat bahwa area bidang longsor mengecil dengan warna biru muda yang meluas jika dibandingkan dengan Gambar 15. Hal tersebut juga menandakan terjadinya penurunan tegangan penyebab longsor.

Tabel 4. Detail Elemen *Soil Nailing*

Type	<i>Grouted Soil Nailing (Baja)</i>	
Parameter	Nilai	Satuan
Kuat Tarik	525	MPa
Modulus Elastisitas	$2 \times 10^8$	kN/m <sup>2</sup>
Sudut Kemiringan <i>Nail</i>	15	°
Diameter <i>Nail</i>	25 - 32	mm
Panjang <i>Nail</i>	25 - 30	m
Tebal <i>Shotcrete</i>	0.1	m
Mutu <i>Shotcrete</i> (Beton)	20.75	MPa



Gambar 16. Estimasi Bidang Longsor untuk Lereng dengan Perkuatan Pile



Gambar 17. Estimasi Bidang Longsor untuk Lereng dengan Perkuatan Soil Nailing

Berdasarkan analisis stabilitas lereng menggunakan metode elemen hingga, baik untuk lereng tanpa perkuatan maupun lereng dengan perkuatan (*pile* dan *soil nailing*), diperoleh hasil bahwa lereng zona penyangga Situs Gunung Padang dalam kondisi stabil atau aman. Meskipun stabil atau aman terhadap kelongsoran, lereng masih tetap rentan terhadap adanya erosi, khususnya oleh air hujan. Kerentanan tersebut salah satunya disebabkan oleh jenis tanah yang mendominasi yaitu tanah pasir berlempung (Boechori dan Suprayogo, 2018). Oleh karena itu, elemen geotekstil yang mulanya diusulkan sebagai elemen perkuatan dialihfungsikan sebagai elemen perlindungan terhadap erosi (*erosion control*) yang nantinya semakin meningkatkan stabilitas lereng. Dalam fungsinya sebagai perlindungan terhadap erosi, elemen geotekstil dapat dikombinasikan dengan angkur sebagai perkuatan tambahan maupun dengan vegetasi (Sinarta, 2014). Jenis geotekstil yang sesuai untuk digunakan sebagai *erosion control* diantaranya adalah geotekstil non-woven dan geogrid, yang diaplikasikan dengan cara ditutupkan atau dihamparkan di atas permukaan lereng.

#### **4.1.2 Stabilitas Lereng dengan Perkuatan Rekayasa Vegetatif**

Sesuai hasil soil *investigation*, tanah yang terdapat di lereng zona penyangga Situs Gunung Padang didominasi oleh jenis tanah pasir berlempung. Menurut Kocher dan John (2006), tanah dengan tekstur pasir dan debu memiliki resiko tinggi terjadinya longsor dibandingkan tanah dengan tekstur liat yang memiliki daya tahan air lebih baik, sehingga jenis tanah pasir, pasir berlempung dan lempung berpasir umumnya memiliki sifat yang lunak serta mudah dilalui air yang meningkatkan potensi terjadinya longsor. Salah satu cara yang dapat dilakukan untuk mencegah terjadinya longsor adalah dengan melakukan rekayasa vegetatif.

Vegetasi mempunyai peran yang penting dalam mengurangi kecepatan aliran permukaan yang bisa menghanyutkan partikel-partikel tanah yang tidak padat. Selain itu, akar tumbuhan dapat mengikat butir-butir tanah dan menjaga pori-pori tanah agar air hujan dapat mengalir ke dalam tanah dan terinfiltrasi dengan sempurna. Menurut Peraturan Menteri Pertanian Nomor 47 Tahun 2006, tanaman yang dianjurkan untuk ditanam adalah jenis tanaman berakar dalam serta akar serabut yang banyak, yang dapat menembus lapisan kedap air, mampu merembeskan air ke lapisan yang lebih dalam, dan mempunyai massa yang relatif ringan. Tumbuhan yang terdapat di lereng zona penyangga Situs Gunung Padang umumnya adalah tumbuhan dengan akar yang tidak terlalu dalam dan tidak berserabut banyak, sehingga memungkinkan air hujan tidak terinfiltrasi dengan sempurna dan terjadi longsor. Oleh sebab itu diperlukan rekayasa vegetatif di lereng zona penyangga Situs Gunung Padang sebagai salah satu cara untuk meminimalisir terjadinya longsor.

Jika dilihat dari pergerakannya, longsor yang terjadi di lereng zona penyangga Situs Gunung Padang dapat dikategorikan menjadi longsor translasi dimana tanah yang bergerak berbentuk rata atau menggelombang landai. Pergeseran tanah ini berkaitan dengan tekstur tanah pasir berlempung yang kasar dengan daya ikat antar partikel yang tidak kuat sehingga menyebabkan tanah jenis ini mudah hancur. Lokasi longsor dapat dilihat pada Gambar 18.



Gambar 18. Lokasi Longsor

Vegetasi berperan dalam menjaga kestabilan lereng, mencegah erosi, mengurangi infiltrasi dan air limpasan, mencegah longsor, serta memperkuat lereng melalui akar tumbuhan yang mengikat agregat tanah. Prinsip dari pencegahan longsor dengan rekayasa vegetatif adalah mencegah air terakumulasi di atas bidang miring. Pada lahan yang miring atau pada lereng diperlukan vegetasi dengan jenis perakaran yang dalam dan akar serabut yang banyak, hal ini dikarenakan perakaran dapat menahan lapisan tanah, sehingga semakin banyak akar cabangnya maka semakin kuat tanaman tersebut menahan tanah dan kestabilan tanah meningkat (Suryatmojo dan Soedjoko, 2008). Pemilihan jenis tanaman merupakan kunci penting dalam keberhasilan pengendalian longsor lahan secara rekayasa vegetatif.

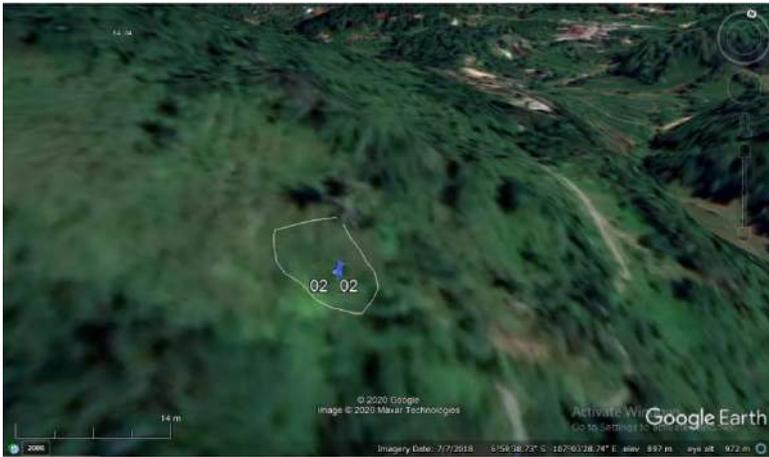
Jenis vegetasi yang direkomendasikan dalam Peraturan Menteri Pertanian Nomor 47 tahun 2006 tentang Pedoman Umum Budidaya pada Lahan Pegunungan adalah tanaman Sonokeling, Akar Wangi, Flemingia, Kayu Manis, Kemiri, Cengkeh, Pala, Petai, Jengkol, Melinjo, Alpukat, Kakao, Kopi, Teh, dan Kelengkeng. Namun, masing-masing memiliki

kriteria pemilihan berdasarkan ketinggian lahan dari permukaan laut.

Menurut Riyanto, H. D. (2016) terdapat tiga zona potensi longsor yaitu:

- a. Zona tipe A, berpotensi longsor pada daerah yang memiliki kemiringan lereng  $> 40\%$  dan ketinggian  $> 2000$  meter di atas permukaan laut seperti lereng gunung, lereng bukit, dan tebing sungai.
- b. Zona tipe B, berpotensi longsor pada daerah dengan kemiringan lereng antara  $21-40\%$  dan berada pada ketinggian  $500-2000$  meter di atas permukaan laut seperti pada daerah kaki gunung, kaki bukit.
- c. Zona tipe C, berpotensi longsor pada daerah dengan kemiringan lereng antara  $0-20\%$  dengan ketinggian  $0-500$  meter di atas permukaan laut seperti pada daerah dataran rendah, dan lembah sungai.

Berdasarkan tiga kategori zona tersebut, Situs Gunung Padang berada pada ketinggian  $>950$  mdpl dan lokasi longsor berada pada ketinggian  $>900$  mdpl. Kemudian lokasi longsor di lereng zona penyangga Situs Gunung Padang ini berada pada kemiringan  $21$  derajat atau  $\pm 36\%$ , sehingga dapat dikategorikan pada zona tipe B. Luasan rencana rekayasa vegetatif ini adalah sebesar  $241 \text{ m}^2$  sebagaimana dapat dilihat pada Gambar 19 dan 10.



Gambar 19. Ilustrasi Luasan Rencana Rekayasa Vegetatif

Menurut Stokes *et al* (2009), tumbuhan dapat mencegah dan mengatasi terjadinya longsor dengan dua acara yaitu memodifikasi tanah seperti menjaga kelembaban tanah melalui evapotranspirasi sehingga tidak semua air hujan yang tersimpan di tanah dan akan menghilang melalui proses penguapan, dan menguatkan tanah melalui akarnya sampai kedalaman >5 meter. Kemudian menurut Van Dijk *et al* (1996), hal utama yang mempunyai peran penting dalam memperkuat tanah adalah tinggi tanaman dan luasan tutupan kanopi tanaman tersebut. Selain itu, tumbuhan yang cocok untuk mitigasi longsor harus memenuhi persyaratan yaitu tipe perakaran dalam, transparansi tinggi yang ditandai dengan kemampuan menghasilkan serasah tinggi, dan tidak berpotensi mengikat air. Menurut Riyanto, H. D. (2016), jenis tanaman yang cocok untuk ditanam pada zona B dalam upaya mitigasi longsor adalah Cempedak, Kemiri, Nangka, Jambu Menté, Aren, Bambu, Kenanga, Johar, Durian, Ekaliptus, Bungur, Rambutan, Petai, Alpukat, Mahoni, Cengkeh, dan Laban. Selain jenis tanaman, hal yang harus diperhatikan dalam upaya mitigasi longsor dengan

rekayasa vegetatif ini adalah pengaturan jarak tanam. Jarak tanam ini ditentukan oleh kerapatan tajuk. Menurut Herwanti (2012), tanaman dengan jumlah tajuk yang tinggi ditanam di antara baris tanaman, sedangkan tanaman yang bertajuk rendah ditanam di bawah tanaman bertajuk sedang.



Gambar 20. Ilustrasi Elevasi Lokasi Rekayasa Vegetatif

#### 4.2 Sistem Penyediaan Air Minum (SPAM) dan Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik (SPALD)

Seperti tempat wisata lainnya, kawasan Situs Gunung Padang dituntut untuk memiliki fasilitas pendukung yang baik dan dapat mencukupi kebutuhan pengunjung yaitu sistem penyediaan air bersih dan pengelolaan air limbah domestik. Namun kondisi eksisting sistem penyediaan air bersih dan pengelolaan air limbah domestik di kawasan Situs Gunung Padang ini belum dapat memenuhi kebutuhan pengunjung tertinggi.

Air bersih di kawasan Situs Gunung Padang berasal dari mata air yang berada pada ketinggian 1031 meter di atas permukaan laut dan berjarak lebih kurang setengah kilometer dari Situs Gunung Padang. Berdasarkan survei, air bersih disalurkan menggunakan pipa PVC yang tidak tertata dengan rapi

di mana pipa tidak tertanam dengan baik. Kemudian pada beberapa segmen hanya dihubungkan menggunakan selang air seperti yang dapat dilihat pada Gambar 21 hingga Gambar 24. Dengan kontur yang tidak rata dan lokasi mata air yang berada di hutan, menyebabkan pipa penyaluran air tidak tertanam dengan baik dan selang yang melilit tumbuhan. Kemudian air di kawasan Situs Gunung Padang ini didistribusikan langsung tanpa adanya pengolahan terlebih dahulu, di mana terdapat beberapa parameter yang melebihi baku mutu menurut Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 dan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 492 Tahun 2010. Hasil perhitungan debit air bersih yang tersedia di kawasan Situs Gunung Padang yang langsung dilakukan di lapangan adalah sebesar 0,06 l/s dengan kecepatan 0,02 m/s yang dapat dilihat pada Tabel 5. Data debit dan kecepatan ini digunakan untuk menganalisis ketersediaan debit dalam mencukupi kebutuhan air bagi pengunjung di kawasan Situs Gunung Padang.



Gambar 21. Kondisi Perpipaan Distribusi Air Bersih



Gambar 22. Pipa Distribusi Air Bersih yang Tidak Tertanam di Tanah

Berdasarkan Tabel 6, dapat dilihat bahwa jumlah pengunjung tertinggi berada pada bulan Juli tahun 2016 yaitu sebanyak 18.111 orang. Namun sistem pengelolaan air limbah domestik di tempat wisata ini belum memenuhi kebutuhan pengunjung, di mana hanya memiliki 3 toilet dan tidak ada pemisahan penggunaan toilet berdasarkan jenis kelamin. Kemudian tinja dan air limbah di toilet ini hanya dialirkan melalui pipa menuju cubluk, sehingga mempengaruhi timbulan air limbah domestik serta dapat mencemari kualitas tanah dan air tanah. Oleh sebab itu diperlukan peningkatan fasilitas penyediaan air bersih dan pengelolaan air limbah domestik di kawasan Situs Gunung Padang sebagai fasilitas pendukung yang berbasis gowisata dan ramah lingkungan.

Tabel 5. Data Debit dan Kecepatan Air di Kawasan Situs Gunung Padang

Volume (L)	Waktu (s)	Debit mata air (l/s)	Jarak (m)	Waktu (s)	Waktu rata-rata (s)	Kecepatan pengaliran (m/s)
2	34	0,06	0,14	7	6,3	0,02
				6		
				6		

Tabel 6. Jumlah Pengunjung di Kawasan Situs Gunung Padang

Bulan / Tahun	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
<b>Januari</b>	4788	4578	4656	13578	9846	11509	6019	6817
<b>Februari</b>	6120	3535	4446	6652	6759	4190	4334	4437
<b>Maret</b>	8426	4322	6035	7587	6739	6122	4714	3568
<b>April</b>	7800	5216	7522	7503	5203	6189	5385	4124
<b>Mei</b>	9449	5421	9395	10920	9048	7234	6835	2850
<b>Juni</b>	7308	6152	9150	8334	3356	9529	13946	10560
<b>Juli</b>	16800	4426	1509	14592	18111	9497	6093	3740
<b>Agustus</b>	13127	8820	15887	6805	6093	4187	4828	2489
<b>September</b>	7494	4020	7461	7301	6466	5216	4846	3467
<b>Oktober</b>	7821	5030	9200	7627	6458	3856	4197	3100
<b>November</b>	6094	4082	9225	6220	5453	4183	5254	3247
<b>Desember</b>	8500	4000	11395	8991	7962	7451	6850	3841
<b>Total</b>	<b>103727</b>	<b>59602</b>	<b>95881</b>	<b>106110</b>	<b>91494</b>	<b>79163</b>	<b>73301</b>	<b>52240</b>



Gambar 23. Penghubung Antar Segmen pada Perpipaan Distribusi Air Bersih



Gambar 24. Kondisi Selang yang Melilit dan Terhalangi oleh Tumbuhan

#### 4.2.1 Sistem Penyediaan Air Bersih

Perencanaan sistem penyediaan air bersih di kawasan Situs Gunung Padang bertujuan untuk memenuhi kebutuhan para wisatawan atau pengunjung, terutama untuk mensuplai air bersih untuk toilet. Perencanaan yang dilakukan adalah perhitungan kebutuhan air bersih untuk pengunjung, perencanaan sistem transmisi beserta pengolahan air bersih, dan sistem distribusi air bersih menuju toilet, di mana masing-masingnya memiliki dua

alternatif jalur. Dari dua alternatif tersebut, kemudian dilakukan pemilihan jalur terbaik. Peta perencanaan jalur alternatif sistem penyediaan air bersih di kawasan Situs Gunung Padang dapat dilihat pada Gambar 25.

Kebutuhan air bersih harus diperhitungkan dengan baik agar dapat memenuhi kebutuhan pengunjung hingga mencapai jumlah tertinggi. Berdasarkan Tabel 6, jumlah pengunjung tertinggi berada pada bulan Juli tahun 2016 yaitu sebanyak 18.111 orang. Kebutuhan air bersih perorang adalah sebesar 20 liter/orang/hari menurut SNI 03-2399-2002, sehingga didapatkan kebutuhan air pada hari biasa dan hari maksimum yang dapat dilihat pada Tabel 7 dan 8.

Tabel 7. Kebutuhan Air di Kawasan Situs Gunung Padang

Hari	Standar Keb. Air Bersih	Jumlah Pengunjung	Kebutuhan Air Bersih
	l/org/hari	jiwa (tahun)	(l/hari)
Hari biasa	20	421	8420,00
Hari maksimum	20	1053	21050,00
<b>Total Debit Air Bersih</b>			29470,00

Tabel 8. Rekapitulasi Kebutuhan Air di Kawasan Situs Gunung Padang

Total Debit Air Bersih (l/s)	Debit Maksimum Harian (fm=1.5) (L/s)	Debit Minimum Harian (fm=0.2) (L/s)	Debit Jam Puncak (fp=1.8) (L/s)
0,34	0,51	0,07	0,61



Gambar 25. Peta Perencanaan Jalur Alternatif Sistem Penyediaan Air Bersih Kawasan Situs Gunung Padang

Tabel 8 menunjukkan bahwa penyediaan air bersih di kawasan Situs Gunung Padang belum dapat memenuhi kebutuhan pangunjung, di mana dengan jumlah pengunjung tertinggi sebanyak 18.111 orang dibutuhkan debit sebesar 0,51 l/s untuk memenuhi kebutuhan pengunjung.

Perencanaan sistem transmisi dilakukan secara gravitasi dan menggunakan sistem tertutup menuju pengolahan air. Pipa yang digunakan adalah pipa HDPE dengan diameter 32 mm. Pemilihan jenis pipa ini karena medan di lokasi mata air yang cukup ekstrim dengan kontur yang bervariasi dan berada di hutan serta sering terjadi longsor. Hal ini sangat sesuai dengan kelebihan pipa HDPE yang memiliki fleksibilitas yang tinggi, memiliki kekuatan yang tinggi serta tahan benturan. Kemudian kedua jalur alternatif sistem distribusi air bersih dipilih dengan cara simulasi menggunakan *EPANET 2.0*, sehingga yang terpilih adalah jalur alternatif 2 dengan kriteria penilaian sistem pengaliran, panjang pipa, jumlah reservoir, tekanan dalam

pipa dan kecepatan pengaliran. Sama halnya dengan sistem transmisi, sistem distribusi ini dirancang menggunakan pipa HDPE berdiameter 32 mm dan dialirkan secara gravitasi.

Selain perencanaan sistem transmisi dan distribusi air bersih, teknologi pengolahan air bersih menjadi salah satu aspek yang harus diperhatikan. Pada penelitian ini sampel air yang berasal dari mata air diberikan kepada Laboratorium Lingkungan Hidup DKI Jakarta dengan parameter uji TSS, TDS, kekeruhan, besi, mangan, kesadahan, sulfat, nitrit, nitrat, deterjen, total *coliform* dan *E. coli*. Berdasarkan Tabel 9 dapat dilihat bahwa masih terdapat 5 parameter yang diuji belum memenuhi baku mutu menurut PERMENKES No 492 Tahun 2010 dan PP No 82 Tahun 2001 air kelas 1, yaitu untuk digunakan sebagai air baku air minum. Parameter tersebut adalah TSS, TDS, besi, kekeruhan, dan total *coliform*. Tingginya kadar TSS, TDS, dan kekeruhan ini dapat disebabkan oleh faktor alam karena pengambilan sampel dilakukan pada saat musim hujan sehingga mempengaruhi tingginya kadar padatan tersuspensi.

Tabel 9. Hasil Uji Laboratorium Sampel Mata Air di Kawasan Situs Gunung Padang

No	Parameter	Satuan	Hasil Uji	Baku Mutu	Menurut	Keterangan
1	TSS	mg/l	5350	konvensional $\leq 5000$	PP No 82 tahun 2001	Tidak memenuhi
2	TDS	mg/l	2500	500	Permenkes 492 tahun 2010	Tidak memenuhi
3	pH	-	7	6 s/d 9	Permenkes 492 tahun 2010	Memenuhi
4	Besi	mg/l	0,57	0.3	Permenkes 492 tahun 2010	Tidak memenuhi

No	Parameter	Satuan	Hasil Uji	Baku Mutu	Menurut	Keterangan
5	Kekeruhan	NTU	6,83	5	Permenkes 492 tahun 2010	Tidak memenuhi
6	Mangan	mg/l	0,3	0,4	Permenkes 492 tahun 2010	Memenuhi
7	Nitrit	mg/l	0,003	3	Permenkes 492 tahun 2010	Memenuhi
8	Nitrat	mg/l	0,2	50	Permenkes 492 tahun 2010	Memenuhi
9	Detergen	mg/l	0,04	0,05	Permenkes 492 tahun 2010	Memenuhi
10	Sulfat	mg/l	1,78	250	Permenkes 492 tahun 2010	Memenuhi
11	Kesadahan	mg/l	47,51	500	Permenkes 492 tahun 2010	Memenuhi
12	Total <i>coliform</i>	/100 ml sampel	300	0	Permenkes 492 tahun 2010	Tidak memenuhi
13	<i>E. coli</i>	/100 ml sampel	0	0	Permenkes 492 tahun 2010	Memenuhi

Untuk menyisihkan kelima parameter tersebut, terdapat dua teknologi pengolahan secara sederhana dan bersifat konvensional karena tidak memerlukan biaya yang mahal, serta pemeliharannya yang tidak sulit. Dari

kedua rekomendasi teknologi tersebut dipilih satu teknologi dengan beberapa pertimbangan yang dapat dilihat pada Tabel 10.

Berdasarkan pertimbangan dan total nilai di atas, saringan pasir lambat terpilih sebagai teknologi yang akan digunakan dalam pengolahan air bersih di kawasan Situs Gunung Padang. Jenis pasir yang digunakan adalah pasir silika dengan ukuran butiran berkisar antara 0,2-0,4 mm (Kementerian PU, 2014) dan ketebalannya mencapai 70 cm sesuai dengan persyaratan yang telah ditetapkan oleh WHO (1996) dan berdasarkan buku Instalasi Saringan Pasir Lambat yang dikeluarkan oleh Balitbang Kementerian PU (2014). Alasan terbesar menggunakan saringan pasir lambat ini adalah karena teknologi ini memiliki efisiensi penyisihan yang tinggi untuk parameter-parameter yang masih di atas baku mutu menurut Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 492 Tahun 2010 dan Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 200, kemudian operasional dan pemeliharaan teknologi ini tidak terlalu sulit, mengingat lokasi mata air yang jauh dari kawasan Situs Gunung Padang. Efisiensi penyisihan saringan pasir lambat dapat dilihat pada Tabel 11.

Tabel 10. Penilaian Alternatif Teknologi Pengolahan Air Bersih

<b>Kriteria</b>	<b>Saringan Pasir Lambat</b>	<b><i>Cascade aerator dan coarse filter</i></b>
Efektivitas penyisihan		
- Kekeruhan	4	2
- Bakteri	4	3
- Besi dan mangan	4	3*
Biaya konstruksi	2	3
Biaya operasional	3	3
<b>Total Nilai</b>	<b>17</b>	<b>14</b>

(Sumber: Heber, G., 1985)

Keterangan:

4 = Terbaik

1 = Terburuk

\* = Jika dikombinasikan dengan aerasi

Tabel 11. Efisiensi Penyisihan Saringan Pasir Lambat

Unit Pengolahan		TSS (mg/l)	TDS (mg/l)	Kekeruhan (NTU)	Besi (mg/l)		Total coliform (jumlah coliform/100 ml)
Parameter							
Saringan pasir lambat	Konsentrasi awal	5350	2500	280	0,57		300
	Range Removal	99-99,9%	99-99,9%	99-99,9%	30-90%		>99%
	% removal	99%	99%	99%	30%	48%	99%
	Hasil	53,5	25	2,8	0,40	0,296	3
	Baku mutu	< 5000	500	5	0,3		0
	Pemenuhan baku mutu	Memenuhi	Memenuhi	Memenuhi	Tidak Memenuhi	Memenuhi	Tidak Memenuhi

Berdasarkan Tabel 11, dapat dilihat bahwa parameter besi dan total *coliform* masih belum memenuhi baku mutu. Efisiensi penyisihan besi dapat ditingkatkan dengan memvariasikan ketebalan media filter serta jenis media filter yang digunakan (Panigoro, dkk. 2015). Kemudian untuk mengurangi konsentrasi total *coliform* atau bakteri lainnya, dianjurkan untuk menggunakan bangunan pelindung mata air atau bangunan penangkap mata air sesuai dengan ketentuan menurut Peraturan Menteri PUPR No 27 Tahun 2016 tentang Penyelenggaraan Sistem Penyediaan Air Minum. Bangunan ini berfungsi untuk memberikan perlindungan terhadap mata air atau sumber air dari pencemaran seperti kotoran hewan, dan sampah lainnya.

#### 4.2.2 Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik

Banyaknya air limbah yang akan ditampung pada unit pengolahan, merupakan 80% dari kebutuhan air bersih. Debit air limbah yang dihasilkan toilet di kawasan Situs Gunung Padang adalah sebesar 0,61 l/s seperti yang dapat dilihat pada Tabel 12.

Tabel 12. Rekapitulasi Debit Air Limbah

<b>Kebutuhan</b>	<b>Pada saat Bulan Puncak</b>
Debit Air Bersih (l/s)	0,51
Debit Air Buangan ( $f_{ab}=0.8$ )(l/s)	0,41
Penduduk Ekuivalen (/1000 jiwa)	18,11
Q Min (l/s)	0,15
Debit Harian Maksimum ( $f_m=1.2$ )(l/s)	0,49
Debit Jam Puncak ( $f_m=1.5$ )(l/s)	0,61

Jumlah toilet di kawasan Situs Gunung Padang perlu penambahan sesuai dengan kebutuhan per jenis kelamin. Berdasarkan SNI 8153:2015 diasumsikan perbandingan pengunjung pria dan wanita adalah sama yaitu 50%, dengan jumlah pengunjung yang mencapai 1053 orang pada saat hari maksimum, sehingga didapatkan total pengunjung pria dan wanita masing-masingnya adalah sebanyak 527 orang. Situs Gunung Padang dapat dikategorikan pada taman hiburan sehingga jumlah kloset yang harus dipenuhi untuk 527 orang pria adalah sebanyak 3 unit dan 4 unit lainnya untuk urinal, dan untuk 527 orang wanita sebanyak 9 unit kloset sehingga dapat disimpulkan bahwa jumlah toilet yang dihitung dalam bentuk kloset dan urinal di kawasan Situs Gunung belum dapat memenuhi kebutuhan pengunjung yang datang, karena hanya menyediakan 3 unit toilet saja.

Selain toilet yang harus memenuhi kebutuhan pengunjung, suatu tempat wisata harus memiliki teknologi pengolahan air limbah yang tepat dan aman bagi lingkungan sehingga tidak mencemari tanah sekitar atau air permukaan sekitar. Pengolahan air limbah domestik di kawasan Situs Gunung Padang ini hanya menggunakan sistem cubluk. Terdapat dua alternatif teknologi pengolahan air limbah domestik yang

direkomendasikan, dengan satu alternatif teknologi terpilih dengan beberapa kriteria penilaian yang dapat dilihat pada Tabel 13.

Berdasarkan total nilai yang diperoleh dari penilaian alternatif teknologi, anaerobik filter terpilih sebagai teknologi yang tepat digunakan untuk pengolahan air limbah domestik di kawasan Situs Gunung Padang. Media yang digunakan dapat berupa pasir, kerikil, arang, batok kelapa, dan media sarang tawon yang berfungsi sebagai tempat berkembangnya bakteri sehingga membentuk lendir (*film*). Dalam perencanaan ini, tangki septik yang dilengkapi anaerobik filter akan diletakkan pada lokasi yang tidak jauh dari toilet yaitu di depan bangunan toilet dengan jarak diperkirakan kurang lebih 2 meter dan akan diletakkan di bawah tanah dengan perbandingan panjang dan lebar adalah 2:1 hingga 3:1. Kemudian *effluent* air limbah setelah diolah pada anaerobik filter ini akan dibuang ke saluran drainase yang berada di sekitar toilet. Lokasi ini dipilih dengan pertimbangan kemudahan dalam pemeliharaannya. Hal ini disebabkan masih belum akses ada menuju toilet selain menaiki kawasan Situs Gunung Padang, lokasi di sekitar toilet yang masih dikelilingi oleh hutan, serta tidak ada badan air penerima untuk pembuangan *effluent* selain saluran drainase yang ada di sekitar toilet.

Tabel 13. Penilaian Pemilihan Alternatif Pengelolaan Air Limbah

Kriteria	Tangki septik dengan bidang resapan	Anaerobik filter
Tingkat aplikasi (rumah tangga)	1	3
Tingkat pengelola (komunal)	3	1
Kualitas effluent	3	3
Biaya investasi	1	3
Biaya operasional	1	2
Kemudahan operasional	2	2
<b>Total Nilai</b>	<b>11</b>	<b>14</b>

(Sumber: Soedjono. E.S, dkk., 2010)

Keterangan :

1 = Terburuk

2 = Sedang

3 = Terbaik

### 4.3 *Branding Destinasi*

Hasil penelitian Adhitama (2018) menunjukkan bahwa Situs Gunung Padang telah dikembangkan secara serius sejak 2010. Pihak pengelola dan pemerintah membuat *attraction* penunjang seperti dipugar dan difungsikannya kembali Stasiun dan terowongan Lampegan, festival Gunung Padang dan wisata astronomi. Aksesibilitas Situs Megalitik Gunung Padang dicapai dengan mulai diperbaikinya akses jalan menuju lokasi situs walaupun belum ada angkutan umum lain untuk menuju Situs Megalitik Gunung Padang. Faktor amenities disusun berpedukan konsep penataan terpadu situs berupa masterplan ini untuk menentukan zona penyangga, zona inti maupun zona pengembangan situs. Berdasarkan masterplan ini, dilakukan sejumlah pembangunan fasilitas yang menunjang lainnya. seperti *Drainase, toilet, home stay, tourism information centre* dan lahan parkir.

Penemuan situs Gunung Padang diceritakan dalam Sukendar (1985) dimulai sekitar tahun 1979, setelah 3 orang penduduk menemukan misteri yang terkandung dalam semak belukar di bukit Gunung Padang tersebut. Penduduk setempat dikejutkan oleh adanya dinding tinggi dan susunan batu-batu berbentuk balok. Peristiwa itu kemudian dilaporkan kepada pemerintah setempat. Departemen Pendidikan Kebudayaan Kabupaten Cianjur mengadakan pengecekan pada tahun 1979. Diketahui, sebelumnya, temuan

terhadap Gunung Padang juga telah tercatat pada masa colonial Belanda yaitu oleh N. J. Krom pada tahun 1914.

Penelitian terhadap daerah sekeliling menunjukkan bahwa jenis batuan konstruksi Gunung Padang tidak ditemukan di bukit-bukit dan sungai di sekitarnya, oleh karena itu para arkeolog menyimpulkan bahwa jenis batuan Gunung Padang yang merupakan batu-batu balok hanya dihasilkan di bukit Gunung Padang dan lerengnya. Sukendar (1985) mencatat bahwa berdasarkan studi terhadap Peninggalan tradisi megalitik daerah Jawa Barat khususnya dan Cianjur pada umumnya kebanyakan berbentuk: 1) Menhir (batu tegak) 2) Bangunan berundak 3) Batu pelor 4) Batu datar 5) 6) Susunan batu berbentuk persegi panjang, bulat Batu pipisan, lumpang batu. Peninggalan tradisi megalitik di daerah ini biasanya dihubungkan dengan tokoh-tokoh tertentu yang digambarkan sebagai pendiri atau "sesepuh" dan selalu berhubungan dengan legenda(ccriteria rakyat). Beberapa peninggalan tradisi megalitik dihubungkan dengan tempat pemakaman tokoh-tokoh tersebut atau merupakan peninggalan kerajaan jaman

Tradisi megalitik bukanlah hanya sekedar tentang batu besar, namun terkait juga 'perlakuan terhadap batu' tersebut dan makna yang dihasilkan oleh manusia yang mendirikan dan melestarikannya. Terdapat nilai-nilai pada batu-batu megalitik yang dianut secara bersama dan tetap dihormati oleh yang meyakini. Sebagai sistem simbol, tradisi ini terus menerus mengalami perubahan pemaknaan oleh masyarakat. Oleh karena itu, Irianto dan Rajab (2020) menyimpulkan bahwa umum kata megalit dapat diartikan sebagai benda atau sesuatu yang berhubungan dengan batu-batu besar sebagai karya manusia di masa lalu yang memiliki makna.

Megalit dapat merujuk kepada batu-batu besar yang difungsikan pada kebudayaan kuno sebagai monumen atau bagian dari bangunan. Adapun

peninggalan megalitik adalah salah satu bentuk ciptaan manusia yang dicirikan oleh bangunan dari batu. Istilah megalitik itu sendiri berasal dari kata *mega* (besar) dan *lithos* (batu), yang dimaknai secara luas sebagai benda-benda peninggalan arkeologi berbentuk batu-batu besar yang dibuat dan dipakai oleh manusia untuk kepentingan tertentu. Khususnya, merujuk kepada budaya yang mengandung konsep yang dapat dimaknai sebagai perilaku manusia di masa lalu dalam mendirikan batu-batu besar untuk kepentingan upacara atau pemujaan (Prasetyo, 2016:2).

Megalitik sebagai media yang digunakan oleh manusia untuk mempertahankan dan melangsungkan kehidupannya. Media tersebut digunakan dalam pemenuhan kebutuhan bersama kelompok masyarakat berupa sistem nilai yang ditaati oleh anggota masyarakat. Sistem nilai yang dilaksanakan di bawah aturan ajaran tradisi terwujud pada benda-benda yang dianggap memiliki daya kekuatan yang menyatukan gagasan, yang melahirkan kerja sama. Salah satunya melalui kepercayaan terhadap batu besar yang dianggap memiliki kekuatan gaib. Meskipun nampaknya hal ini dipandang sebagai sesuatu yang sepele dan tidak masuk akal, pada sebagian masyarakat kepercayaan ini dianggap sebagai hal yang penting (Firth, 1966:157- 169). Tradisi megalitik masih ada dan sebagian masih dianut oleh masyarakat, contohnya di Maluku Utara (Iriyanto dan Rajab, 2020) serta di Bondowoso (Sumarjono, Swastika, Naim, 2019). Keberadaan situs megalitik berupa menhir, batu meja (dolmen semu), dan lainnya di Pulau Ternate dan Tidore bagaimanapun juga erat kaitannya dengan pengaruh Islam, meskipun pada beberapa *jere* dan *karamat* menunjukkan bukti sebagai situs yang bukan merupakan pengaruh Islam. Situs-situs, baik yang dari masa sebelum dan sesudah Islam, tidak dapat dilepaskan dari adanya upaya penghormatan kepada leluhur sebagai proyeksi kepada sesuatu yang

Asali atau yang mula-mula. Penghormatan kepada leluhur ini juga terkait dengan penghormatan kepada gunung melalui ritual *kolili kie* dan *lufu kie* yang digelar setiap tahun. Hal ini menunjukkan bahwa tradisi megalitik yang masih berlangsung di kedua pulau tidak terlepas dari fenomena yang hampir serupa dengan beberapa tempat lainnya di Indonesia.

Dalam kaitannya dengan penelitian sebagai situs megalitikum, terjadi konflik yang cukup membuat ‘ramai’. Sulistyanto (2014) menerangkan bahwa konflik horisontal warisan budaya, megalitik situs Gunung Padang yang muncul pada 2012, akibat perbedaan dalam memaknai warisan budaya. Bagi kalangan arkeologi, Gunung Padang hanyalah situs megalitik “biasa” yang dikenal dengan istilah punden berundak. Tetapi bagi Tim Terpadu Riset Mandiri, Situs Gunung Padang adalah piramida dan diduga berusia jauh lebih tua dari Piramida Mesir. Konflik horisontal Gunung Padang adalah konflik perbedaan paradigma arkeologi yang berdampak pada perbedaan pandangan dalam menafsirkan keberadaan tinggalan budaya.

Sulistyanto (2014) memperlihatkan, konflik warisan budaya Situs Gunung Padang merupakan isu baru yang muncul pada awal 2012 akibat perbedaan dalam memaknai warisan budaya. Bagi kalangan arkeologi, Gunung Padang adalah situs megalitik yang biasa disebut punden berundak, dibangun pada 2.500 – 1.500oSM, sebagai tempat pemujaan roh leluhur. Sementara bagi Tim Terpadu Riset Mandiri, situs ini adalah bangunan piramida diduga berada pada periode 13.000-an. Kedua pemaknaan yang berbeda tersebut, dalam wacana publik ramai diperbincangkan hingga debat sudah menjadi konsumsi publik saat itu. Keduanya merasa pendapatnya yang paling benar. Hasil identifikasi beberapa pihak yang terlibat dalam pemanfaatan Situs Gunung Padang menunjukkan, bahwa minimal ada

duabelas pihak (stakeholders) sebagaimana terlihat pada table di atas. Dari duabelas pihak tersebut ternyata tidak semua terjadi konflik. Benturan kepentingan atau konflik hanya terdapat antara (1) Ditjen Kebudayaan (beserta jajaran di bawahnya) konflik dengan Tim Terpadu Riset Mandiri, (2) Puslit Arkenas konflik dengan Tim Terpadu Riset Mandiri, (3) pihak akademisi konflik dengan Tim Terpadu Riset Mandiri, (4) pihak Ikatan Ahli Arkeologi konflik dengan Tim Terpadu Riset Mandiri, (5) pihak Pelestari konflik dengan Tim Terpadu Riset Mandiri, (6) pihak Pusat Survei Geologi konflik dengan Tim Terpadu Riset Mandiri, dan (7) pihak Forum Peduli Gunung Padang konflik dengan Tim Terpadu Riset Mandiri. Dari duabelas kelompok stakeholders yang terlibat dalam pemanfaatan warisan budaya Situs Gunung Padang, terdapat 7 (tujuh) pihak di antaranya terjadi konflik atau benturan kepentingan.

Pada dasarnya, menurut Yondri (2014) situs Gunung Padang mencerminkan upaya adaptasi masyarakat pendukung budaya megalitik Gunung Padang terhadap lingkungan yang rawan akan bencana tercermin dari bentuk susunan dan penataan balok batu di setiap bagian konstruksi punden berundak. Hal itu, sebagai wujud kearifan lokal pada masa lalu. Menurut Sampurno (2002), berdasarkan letak punden berundak Gunung Padang yang berada di daerah rawan bencana, bentuk bencana alam yang mengancam punden berundak tersebut dapat berupa runtuhan, gelinciran, dan aliran. Kondisi demikian dapat terjadi karena faktor konstruksi punden berundak Gunung Padang. Punden berundak Gunung Padang, memiliki konstruksi dinding teras yang terbuat dari susunan balok batu andesit secara vertikal yang berada di puncak bukit. Hal itu, tentu saja sangat rawan akan runtuhan. Konstruksi dinding teras yang berada pada bidang miring perbukitan sangat rawan akan bahaya gelinciran. Begitu juga dengan

susunan konstruksi yang berada di daerah yang landai juga sangat rawan akan bahaya aliran. Yondri (2014) menyimpulkan bahwa:

“dari ribuan balok batu andesit yang disediakan oleh alam, masyarakat Gunung Padang pada masa lalu telah mahir memanfaatkan sumber daya batuan yang ada. Batuan andesit itu mereka pilih, mereka pilah, mereka susun sedemikian rupa di bagian puncak Gunung Padang dengan teknik susun yang rawan bahaya longsor, gelinciran, dan runtuhan. Inilah nilai pengetahuan tentang teknologi dan sistem sosial masyarakat yang sangat berharga yang tersimpan di balik punden berundak Gunung Padang”

Dalam catatan Direktorat Kebudayaan, situs Gunung Padang merupakan tempat kegiatan ritual. Kegiatan tersebut baik pada masa dahulu maupun saat ini lebih mengerucut pada sisten kepercayaan Orang Sunda yang mengarahkan Situs Gunung Padang sebagai sebuah bale pemujaan. Menurut cerita para “karuhun” Sunda, yang dituturkan oleh informan, konon yang pertama-tama menghuni buana “panca tengah” (bumi) adalah Sunda. Buana Panca Tengah adalah tempat “nyundakeun diri” (tempat menyucikan diri), tempatnya adalah di Gunung Padang. Itu pula sebabnya kenapa tempat itu disebut Gunung Padang, yang artinya gunung yang luas, bersih dan terang. “Padang” artinya ‘terang’. Ketika itu dunia masih kosong dan bersih. Kemudian datanglah seorang demi seorang ke buana panca tengah, sehingga akhirnya menjadi banyak dan jadilah orang Sunda.

Dengan demikian, storytelling untuk mendukung branding destinasi Gunung Padang adalah pada proses ‘Permulaan Orang Sunda’ untuk membidik sentimen daerah dan etnis yang dapat membangun identitas dan kebanggaan masyarakat sekitar. Namun, bagi lingkup yang lebih luas, Gunung Padang adalah ‘Mysteri Megapyramid’ untuk menunjukkan

bentuknya yang seperti piramida dan kearifan local yang disandangnya sebagai bagian dari tradisi megalitikum.

# Bab 5

## KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari rangkaian analisis yang dilakukan dalam penelitian ini, mulai dari tinjauan stabilitas lereng, penyediaan air bersih dan pengelolaan air limbah domestik hingga *branding* destinasi, diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Kawasan Situs Gunung Padang khususnya area zona penyangga di lereng sebelah timur, yang juga merupakan akses menuju situs berada dalam kondisi aman. Kondisi aman tersebut ditunjukkan oleh nilai *safety factor* (SF) sebesar 2,61 ( $> 1,5$  sebagai syarat minimal faktor keamanan lereng menurut SNI 8460:2017) sebagai hasil analisis stabilitas lereng menggunakan metode elemen hingga.
2. Perlindungan hulu dan lereng kawasan Situs Gunung Padang (termasuk dalam golongan zona B) sebagai upaya mitigasi longsor, dapat dilakukan dengan penanaman vegetasi yang cocok seperti Cempedak, Kemiri, Nangka, Jambu Mente, Aren, Bambu, Kenanga, Johar, Durian, Ekaliptus, Bungur, Rambutan, Petai, Alpukat, Mahoni, Cengkeh, dan Laban.
3. Perencanaan sistem transmisi dan distribusi air bersih dilakukan secara gravitasi dengan menggunakan diameter pipa 32 mm. Alternatif pengolahan air bersih terpilih menggunakan saringan

pasir lambat. Jumlah toilet yang dibutuhkan untuk dapat memenuhi kebutuhan pengunjung pria adalah 3 unit kloset dan 4 urinal, kemudian 9 unit kloset untuk pengunjung wanita. Selain itu, untuk alternatif terpilih pengolahan air limbah domestik adalah *anaerobic filter* dengan efisiensi penyisihan BOD sebesar 70-95%.

4. Strategi *branding* destinasi untuk Situs Gunung Padang menggunakan *storytelling*. *Branding* destinasi “Sunda Wiwitan” (Permulaan Orang Sunda) guna membidik dukungan daerah untuk membangun identitas dan kebanggaan masyarakat sekitar. Sementara itu, “Mystery Megapyramid” adalah *international destination branding* yang diajukan terhubung dengan dugaan adanya piramida sebagai pendukung tradisi megalitikum.

## 5.2 Saran

Berikut ini merupakan beberapa hal yang disarankan dan direkomendasikan untuk keberlanjutan penelitian dengan topik terkait, antara lain:

1. Penelitian ini merupakan kolaborasi antara bidang ilmu teknik sipil, teknik lingkungan, dan ilmu komunikasi yang dapat menghasilkan temuan yang harmonis dan saling melengkapi. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya dapat juga memadukan antara riset dasar dalam bidang teknik dan riset terapan aplikasi kepada masyarakat dalam bidang ilmu sosial.

2. Integrasi kajian teknik sipil dan teknik lingkungan dalam penelitian ini hanya berupa rekomendasi terpisah terkait metode untuk peningkatan stabilitas lereng. Penelitian lebih lanjut perlu untuk dilakukan terutama mengenai perbandingan dan keterpaduan antara metode yang bersifat *constructed* berdasarkan kajian geoteknik dengan metode penanaman vegetasi, yang lebih dikenal sebagai metode *bioengineering*.
3. Perencanaan *branding* destinasi yang lebih lengkap dan terpadu harus dilakukan oleh para *stakeholder* terkait yaitu pemerintah kabupaten dan Direktorat Kebudayaan Kemendikbud RI.



# Daftar Pustaka

- [1] Violetta Gabriella Margaretha Pangemanan, A.E Turangan, and O.B.A Sompie, "Analisis Kestabilan Lereng dengan Metode Fellenius (Studi Kasus: Kawasan Citraland)," *Jurnal Sipil Statik Vol.2 No.1*, pp. 37-46, 2014.
- [2] Albert Yuan Zoki Sihotang, Noegroho Djarwanti, and Raden Harya Dananjaya, "Analisis Stabilitas Lereng yang Diperkuat dengan Cerucuk Kayu di Desa Sendangmulyo, Tirtomoyo, Wonogiri," *e-Journal Matriks Teknik Sipil*, pp. 674-681, 2016.
- [3] Agus Darmawan Adi, Lindung Zalbuin Mase, Theo Pranata, Sebastian Leonard Kuncara, and Desy Sulistyowati, "Stabilitas Lereng Menggunakan Cerucuk Kayu," *Seminar Nasional Geoteknik 2014*, pp. 151-155, 2014.
- [4] Sutikno Bronto and Billy S. Langi, "Geologi Gunung Padang dan Sekitarnya, Kabupaten Cianjur - Jawa Barat," *Jurnal Geologi dan Sumberdaya Mineral (J.G.S.M.) Vol.17 No.1*, pp. 31-49, 2016.
- [5] Sutarman, Haryono Edi Hermawan, and Cecep Hilman, "Gunung Padang Cianjur: Pelestarian Situs Megalitikum Terbesar Warisan Dunia," *Jurnal Surya: Seri Pengabdian kepada Masyarakat Vol.2*, pp. 57-64, 2016.
- [6] Fadhliyah Nurul Azizah, Niken Silmi Surjandari, and Sholihin As'ad, "Penggunaan Geotekstil pada Lereng Sungai Gajah Putih Surakarta," *e-Jurnal Matriks Teknik Sipil Vol.2 No.1*, pp. 140-146, 2014.

- [7] O. Nafila, "Peran Komunitas Kreatif dalam Pengembangan Pariwisata Budaya di Situs Megalitikum Gunung Padang," *Journal of Regional and City Planning Vol.4 No.1*, pp. 65-80, 2013.
- [8] S.P. Ramadina, "Analisis Perupaian Situs Megalitik Gunung Padang di Cianjur, Jawa Barat," *Journal of Visual Art and Design Vol.4 No.1*, pp. 51-66, 2013.
- [9] L. Yondri, "Punden Berundak Gunung Padang: Refleksi Adaptasi Lingkungan dari Masyarakat Megalitik," *Jurnal Sositoteknologi Vol.12 No.1*, pp. 1-14, 2014.
- [10] L. Yondri, "Punden Berundak Gunung Padang Maha Karya Nenek Moyang dan Kandungannya akan Nilai-Nilai Kearifan Lingkungan di Masa Lalu di Tatar Sunda," Bandung, 2012.
- [11] Uswatun Chasanah, "Analisis Stabilitas Lereng dengan Perkuatan Geotekstil Menggunakan Program Geoslope," Surakarta, 2012.
- [12] Iwan Gunawan. (2019, Juni) Pojoksatu.id. [Online]. <https://cianjur.pojoksatu.id/baca/tergerus-aliran-air-sungai-gunung-padang-longsor>
- [13] Deden Abdul Aziz. (2012, Februari) Tempo.com. [Online]. <https://travel.tempo.co/read/386319/jalan-menuju-situs-gunung-padang-longsor/full&view=ok>
- [14] Shofira Hanan. (2017, Maret) Pikiran Rakyat.com. [Online]. <https://www.pikiran-rakyat.com/jawa-barat/2017/03/26/sector-pariwisata-jadi-fokus-pemkab-cianjur-397262>
- [15] Muhammad Fatah Rizal. (2019, April) Media Indonesia.com. [Online]. <https://mediaindonesia.com/read/detail/229817-pemerintah-bersiap-pugar-situs-prasejarah-gunung-padang>

- [16] Anonim1. (2018, Desember) CNN Indonesia.com. [Online].  
<https://www.cnnindonesia.com/teknologi/20181207192748-199-351979/situs-gunung-padang-misteri-pengubah-sejarah-dunia>
- [17] I Nengah Sinarta, "Metode Penanganan Tanah Longsor dengan Pemakuan Tanah (Soil Nailing)," *PADURAKSA Vol.3 No.2*, pp. 1-16, 2014.
- [18] Aspian Noor, Jumadi Vahlevi, and Fathurrozi, "Stabilisasi Lereng Untuk Pengendalian Erosi Dengan Soil BioEngineering Menggunakan Akar Rumput Wangi ," *Jurnal Poros Teknik*, vol. 3, p. 2, 2011.
- [19] Heru Dwi Riyanto, *Rekayasa Vegetatif Untuk Mengurangi Risiko Longsor*. Surakarta: Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, 2016.
- [20] Edwindhi Nurmanza, Widodo Suyadi, and Suroso, "Analisis Stabilitas Lereng dengan Perkuatan Tiang (Pile) dengan Bantuan Perangkat Lunak (Studi Kasus pada Sungai Parit Raya)," *Jurnal Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil Vol.1 No.3*, 2014.
- [21] Rusdiansyah, "Asumsi Sistem Cerucuk sebagai Alternatif Solusi dalam Penanganan Kelongsoran Lereng Jalan di Atas Tanah Lunak," in *Prosiding Seminar Nasional Geoteknik 2016 PS S1 Unlam*, Banjarmasin, 2016.
- [22] Muhammad Iqbal Boechori and Didik Suprayogo, "Efektifitas Pemberian Bahan Biogeotekstil terhadap Keragaman Mikoriza sebagai Upaya Peningkatan Produksi Tanaman Kentang di Andisol, Batu," *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan Vol.5 No.1*, pp. 747-754, 2018.

- [23] I Nengah Sinarta, "Penggunaan dan Perkembangan Konstruksi Hijau untuk Melindungi Lereng," in *Prosiding Seminar Nasional Refleksi 30 Tahun Fakultas Teknik Univ. Warmadewa*, Denpasar, 2014.
- [24] D. Adiatama, "Pengembangan Produk Wisata Heritage Situs Megalitik Gunung Padang," *Tourism Scientific Journal*, vol. 4, no. 1, pp. 23-47, 2018.
- [25] N. Iriyanto and U.H. Rajab, "Megalitik dalam Dinamika Masyarakat di Pulau Ternate (Kajian Fungsi dan Makna pada Masyarakat Pendukungnya)," *Jurnal Pusat Arkeologi dan Kebudayaan (PUSAKA)*, vol. 1, no. 1, 2020.
- [26] H. Sukendar, "Peninggalan Tradisi Megalitik di Daerah Cianjur, Jawa Barat," Badan Direktorat Jenderal Kebudayaan, 1985.
- [27] B. Sulistyanto, *Konflik Horisontal Warisan Budaya Megalitik Situs Gunung Padang*, 2014.
- [28] S. Sumarjono, K. Swastika, and M. Na'im, *Ceritera di Balik Ribuan Megalit: Kehidupan Komunitas Megalitik Besuki di Bondowoso, Jawa Timur*.
- [29] [Online]. <https://kebudayaan.kemdikbud.go.id/bpnbjabar/mitos-tata-ruang-gunung-padang/>
- [30] World Health Organization (WHO), *Fact Sheets on Environmental Sanitation*, 1996.
- [31] Badan Standarisasi Nasional, *SNI 03-2399-2002 tentang Tata Cara Perencanaan Bangunan MCK Umum*, 2002.
- [32] Sugiharto, *Dasar-Dasar Pengelolaan Air Limbah*. Jakarta: Universitas Indonesia Press, 2008.

- [33] Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, Peraturan Menteri Kesehatan RI No.492 Tahun 2010 tentang Persyaratan Kualitas Air Minum.
- [34] Sri Astri Ningsih Panigoro, Dian Saraswati, and Ekawaty Prasetya, "Pengaruh Variasi Ketebalan Pasir dan Karbon Aktif pada Media Saringan Pasir Lambat terhadap Penurunan Kadar Besi (Fe) dan Mangan (Mn) pada Air Sumur," Gorontalo, 2015.
- [35] G. Heber, *Simple Method for Treatment of Drinking Water*. Germany, 1985.
- [36] Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat RI, Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat RI No.27 Tahun 2016 tentang Penyelenggaraan Sistem Penyediaan Air Minum, 2016.
- [37] Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat RI, Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat RI No.4 Tahun 2017 tentang Penyelenggaraan Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik, 2017.
- [38] Howard S. Peavy, *Environmental Engineering*. Singapura: McGraw-Hill, 1985.
- [39] Sukmaputri Sadewa and Hadi Wahyono, "Studi Kelayakan Perencanaan Bangunan Pengolahan Air Laut Menjadi Air Bersih di Wisata Bahari Lamongan," Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2013.
- [40] MetCalf & Eddy, *Wastewater Engineering: Treatment, Disposal dan Reuse*, 4th ed. New York: McGraw-Hill Book Co., 2003.
- [41] Ibrahim Abdul Hakim, "Evaluasi Kapasitas dan Kecepatan Pipa Utama IPAL," Universitas Sebelah Maret, Surakarta, 2017.

- [42] Yonathan Sugiarto Martono, "Perencanaan Sistem Penyaluran Air Limbah Domestik Kota Bekasi," Institut Pertanian Bogor, Bogor, 2015.

## Tentang Penulis



Fatin Adriati ST. MT., diterima di Jurusan Teknik Sipil bidang keahlian Geoteknik, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, pada tahun 2014 dan lulus pada tahun 2017 dengan gelar Magister Teknik (MT). Sembari menempuh pendidikan magister, mendapat kesempatan untuk mengikuti JASSO Short-Term Exchange Program selama satu tahun di Kumamoto University, Jepang. Di Kumamoto University, melanjutkan penelitian mengenai sedimen sungai Bengawan Solo di daerah hilir dan muara yang telah dimulai sejak semester kedua studinya di ITS.

Pada tahun 2007 menempuh pendidikan strata 1 di Jurusan Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, Malang, dan lulus pada tahun 2012 dengan gelar Sarjana Teknik (ST). Sebelum melanjutkan pendidikannya, memperoleh pengalaman dengan bekerja di kontraktor dan konsultan di daerah Jawa Timur. Mulai Juli 2017 menjadi dosen tetap di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Universitas Bakrie, Jakarta.

## Tentang Penulis



Eli Jamilah Mihardja meraih gelar PhD pada bidang Komunikasi Lingkungan dari Universiti Sains Malaysia, Penang, dengan disertasi berjudul “Praktek Jurnalisme Lingkungan di Indonesia dan Malaysia: Studi Kasus Kompas dan Utusan Malaysia” (2017). Lulus dari Universitas Padjadjaran, dengan tesis sarjana "Peran KOWANI dalam Mempromosikan dan Memperluas Kesetaraan Gender di Indonesia, 1946-1998" (2001) dan master tesis "Strategi media massa dalam Produksi Berita di sekitar Kandidat Presiden Indonesia: studi kasus dalam Program Siaran Pemilihan Presiden RI PutaranKedua di Radio Mara 106.7 FM Bandung (2005).

Eli suka bepergian dan menikmatinya saat melakukan penelitian. Oleh karena itu, ia mendalami bidang penelitian dan metodologi dan aktif melakukan penelitian lapangan terutama pada penelitian kualitatif. Penelitian yang sedang berlangsung adalah Hibah Risetdikti PDUPT berjudul "Potensi Ekowisata sebagai Strategi Branding Kota (Studi Kasus Kabupaten Pinrang Sulawesi Selatan)" dan PTUPT berjudul "Model Peningkatan Performa Rumah Susun Berbasis Masalah Keselamatan dan Kesehatan".

## Tentang Penulis



Diki Surya Irawan, ST., MSi, meraih gelar Magister dari Ilmu Lingkungan Universitas Indonesia, memulai karir pada tahun 2004 pada beberapa konsultan multinasional yang bergerak di bidang infrastruktur lingkungan dalam kekhususan *water supply*, *waste water* dan *solid waste*, pada tahun 2005 bergabung dengan konsultan yang berafiliasi dengan Badan Rekonstruksi Rehabilitasi (BRR) NAD-Nias pasca tsunami, menghabiskan 9 tahun terakhir (2007- Juli 2016) sebagai Junior Manager di PT PALYJA menangani *project* dan *study* untuk *key account customers* sekaligus aktif sebagai trainer kompetensi di perusahaan, kemudian bergabung di Universitas Bakrie, hingga saat ini dipercaya menjadi *team leader* dari beberapa *project* infrastruktur lingkungan baik dari beberapa Kementerian maupun beberapa dinas di daerah dan menjadi trainer untuk beberapa dinas dan PDAM di daerah.



## PENGEMBANGAN GEOWISATA DI CIANJUR: TINJAUAN STABILITAS LERENG, AIR BERSIH DAN SANITASI SITUS GUNUNG PADANG UNTUK BRANDING DESTINASI

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi keamanan dan kesiapan kawasan Situs Gunung Padang sebagai obyek geowisata. Keamanan situs ditinjau dari stabilitas lereng zona penyangga yang juga merupakan akses menuju situs. Sementara itu, kesiapan situs ditinjau dari fasilitas air bersih dan sanitasi. Hasil penelitian terkait dengan keamanan dan kesiapan kawasan Situs Gunung Padang kemudian menjadi salah satu dasar dalam pengembangan branding destinasi.

Penelitian ini menggunakan mix method (*field study* dan *laboratory study*) baik untuk pengumpulan data maupun analisis. Analisis terkait stabilitas lereng menggunakan metode elemen hingga. Sementara itu, analisis terkait air bersih dan sanitasi menggunakan analisis kebutuhan dan perancangan sistem air bersih serta perhitungan dan analisis debit air limbah domestik. Analisis branding destinasi sendiri menggunakan pendekatan deskriptif kualitatif.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kawasan Situs Gunung Padang khususnya lereng zona penyangga aman terhadap bahaya longsor dan peningkatan stabilitas lerengnya dapat dilakukan dengan penanaman vegetasi yang cocok seperti Cempedak dan Kemiri. Selain itu, perlu perbaikan fasilitas penyediaan air bersih dan penambahan fasilitas sanitasi. Kedua hasil tersebut kemudian menjadi salah satu dasar pembentukan branding destinasi dengan strategi storytelling. Rekomendasi berdasarkan hasil penelitian ini ditujukan bagi pengelola kawasan Situs Gunung Padang untuk dapat memastikan keamanan kawasan dan kenyamanan pengunjung dan masyarakat sekitar situs



Jl. H. R. Rasuna Said No.2, RT.2/RW.5, Karet,  
Kecamatan Setiabudi, Kuningan,  
Daerah Khusus Ibukota Jakarta 12940  
<https://ubakriepress.bakrie.ac.id/>  
email: [ubakriepress@bakrie.ac.id](mailto:ubakriepress@bakrie.ac.id)

ISBN 978-602-7989-38-2 (PDF)

