

**REKONSTRUKSI TIGA DIMENSI AREA PEGUNUNGAN
BERDASARKAN CITRA SATELIT DUA DIMENSI SECARA
OTOMATIS**



Disusun Oleh:

N a m a : Kurniawan Eko Rakhmadi

NIM : 14523132

**PROGRAM STUDI INFORMATIKA – PROGRAM SARJANA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

2021

HALAMAN PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING

**REKONSTRUKSI TIGA DIMENSI AREA PEGUNUNGAN
BERDASARKAN CITRA SATELIT DUA DIMENSI SECARA
OTOMATIS**



Yogyakarta, 9 Agustus 2021

Pembimbing,


(Arrie Kurniawardham, S.Sr., M.Kom.)

HALAMAN PENGESAHAN DOSEN PENGUJI

**REKONSTRUKSI TIGA DIMENSI AREA PEGUNUNGAN
BERDASARKAN CITRA SATELIT DUA DIMENSI SECARA
OTOMATIS**

TUGAS AKHIR

Telah dipertahankan di depan sidang penguji sebagai salah satu syarat untuk
memperoleh gelar Sarjana Komputer dari Program Studi Informatika
di Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia
Yogyakarta, 9 Agustus 2021

Tim Penguji

Arrie Kurniawardhani, S.Si., M.Kom.



Anggota 1

Mukhammad Andri Setiawan, S.T., M.Sc.,
Ph.D.



Anggota 2

Andhika Giri Persada, S.Kom., M.Eng.



Mengetahui,

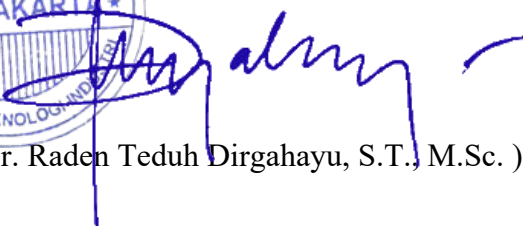
Ketua Program Studi Informatika – Program Sarjana

Fakultas Teknologi Industri

Universitas Islam Indonesia



(Dr. Raden Teduh Dirgahayu, S.T., M.Sc.)



HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Kurniawan Eko Rakhmadi

NIM : 14523132

Tugas akhir dengan judul:

**REKONSTRUKSI TIGA DIMENSI AREA PEGUNUNGAN
BERDASARKAN CITRA SATELIT DUA DIMENSI SECARA
OTOMATIS**

Menyatakan bahwa seluruh komponen dan isi dalam tugas akhir ini adalah hasil karya saya sendiri. Apabila dikemudian hari terbukti ada beberapa bagian dari karya ini adalah bukan hasil karya sendiri, tugas akhir yang diajukan sebagai hasil karya sendiri ini siap ditarik kembali dan siap menanggung resiko dan konsekuensi apapun.

Demikian surat pernyataan ini dibuat, semoga dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Yogyakarta, 9 Agustus 2021



(Kurniawan Eko Rakhmadi)

HALAMAN PERSEMBAHAN

Alhamdulillah hirobbil'alamin.

Segala puji bagi Allah SWT, yang telah melimpahkan segala kesempatan, ridho, rahmat, dan hidayah kepada saya dalam menuntut ilmu, menambah pengalaman dan dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan waktu yang telah ditentukan. Shalawat serta salam peneliti curahkan kepada Nabi Muhammad SAW, yang telah menjadi suri tauladan umat manusia sampai akhir zaman dan telah membimbing umat manusia menuju zaman yang terang benderang. Dengan mengucapkan hamdallah, tugas akhir ini peneliti persembahkan kepada:

1. Kedua orang tua tercinta, yang selalu memberikan motivasi, dukungan, dan do'a kepada saya dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
2. Ibu Arrie Kurniawardhani yang telah membimbing saya dan memberikan motivasi dalam pengerjaan tugas akhir ini.
3. Teman-teman kontrakan Pamungkas & teman-teman kantor Binar Academy yang selalu memberikan semangat dan motivasi untuk menyelesaikan skripsi ini.

Semua teman-teman yang telah memberikan dukungan hingga tugas akhir ini dapat terselesaikan.

HALAMAN MOTO

“There is nothing new under the sun.”

(Pablo Picasso)

“Do. Or do not. There is no try.”

(Yoda)

“Why do we fall sir? so that we can learn to pick ourself up.”

(Alfred Pennyworth)

“Oh yes, the past can hurt. But you can either run from it, or learn from it.”

(Rafiki)

“To see the world, things dangerous to come to, to see behind walls, to draw closer, to find each other and to feel. That is the purpose of life.”

(Walter Mitty)

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr.Wb.

Puji syukur atas kehadiran Allah SWT yang begitu besar atas rahmat, ridho dan hidayahnya yang memberikan kekuatan, kesehatan dan juga kemudahan untuk menyelesaikan tugas akhir ini. Tidak lupa juga kepada junjungan kita Nabi Muhammad SAW. karena dengan cinta dan kasih sayang kita tetap berada pada jalan yang diridhoi dan dilindungi Allah SWT.

Maksud dari tujuan dan pengerjaan tugas akhir ini adalah sebagai salah satu syarat kelulusan yang harus ditempuh untuk memperoleh gelas sarjana di Jurusan Informatika, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.

Dalam penulisan tugas akhir ini tentu saja tidak lepas dari dukungan dan bantuan berbagai pihak, oleh karena itu peneliti ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Dr. Raden Teduh Dirgahayu. S.T., M.sc. Selaku Ketua Program Studi Teknik Informatika, Universitas Islam Indonesia.
2. DThomas Hatta Fudholi, Ph.D. sebagai sekretaris jurusan yang membantu memberikan saran yang membangun.
3. Arrie Kurniawardhani S.Si., M.Kom. selaku dosen pembimbing yang memberikan masukan, motivasi, dan membimbing dalam proses pengerjaan tugas akhir dan penulisan laporan.
4. Orang tua Bapak dan Ibu tercinta yang memberikan do'a dan dukungan tiada henti-hentinya.
5. Adik dan keluarga yang selalu memberikan semangat dan do'a tiada henti-hentinya.
6. Teman-teman kontrakan yang memberikan semangat dan dukungan dalam proses pengerjaan tugas akhir ini.
7. Temen-temen kantor yang memberikan semangat, kritikan, dan dukungan dalam proses pengerjaan tugas akhir ini.
8. Keluarga besar Magnifico, terima kasih atas kerja sama dan kerja kerasnya selama ini sehingga terbentuk kenangan yang indah bersama.
9. Dan semua pihak yang tanpa sengaja dan sepengetahuan peneliti yang membantu dalam pengerjaan tugas akhir ini.

Peneliti menyadari bahwa penulisan laporan tugas akhir ini masih jauh dari kata sempurna, maka dari itu peneliti mengharapkan kritik dan saran yang membangun. Semoga laporan tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi berbagai pihak.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Yogyakarta, 9 Agustus 2021



(Kurniawan Eko Rakhmadi)



SARI

Area pegunungan adalah bentuk geografi dataran muka bumi yang di dalamnya terdapat berbagai macam *texture* bumi berupa gunung, dataran tinggi, maupun pegunungan. Seiring perkembangan teknologi dan ilmu pengetahuan, area pegunungan sering dijadikan sebagai penelitian untuk kepentingan seperti pertambangan, pembangunan infrastruktur dan bahkan dipelajari untuk meminimalisir bencana alam. Sebagai salah satu cara penelitian area pegunungan, manusia melakukan pengamatan melalui berbagai macam cara seperti melakukan observasi langsung di tempat, melakukan observasi menggunakan citra dua dimensi menggunakan citra foto kamera ataupun citra foto satelit. Selain itu terdapat pula pengamatan area pegunungan dengan metode pengamatan model tiga dimensi.

Pada metode pengamatan model tiga dimensi diperlukan alat atau aplikasi yang dapat melakukan rekonstruksi tiga dimensi yang berasal dari data yang dimasukkan. Salah satu sumber data yang bisa dimasukkan adalah citra dua dimensi yang berasal dari satelit. Dikarenakan sumber data dari satelit ini bersifat luas dan global, maka data yang terkandung di dalamnya sangat cocok untuk diolah dan dijadikan sebagai bahan pengamatan lebih lanjut. Maka dari itu peneliti membuat aplikasi yang bisa membangun objek tiga dimensi berdasarkan citra dua dimensi secara otomatis. Pengembangan kali ini dilakukan dengan menggunakan metode ADDIE (*Analysis Design Development Implementation Evaluation*) dan menggunakan Python sebagai Bahasa pemrograman dalam melakukan rekonstruksi 3 dimensi secara otomatis.

Dalam penelitian ini peneliti melakukan pengujian berupa kuisioner untuk mendapatkan validasi secara subjektif berdasarkan pakar yang ahli di bidang geografi pemetaan serta pakar lapangan yang melakukan mitigasi. Selain itu juga dilakukan pengujian secara objektif dengan validasi ketepatan model tiga dimensi *menggunakan pixel counter*. Validasi ketepatan menggunakan pixel counter digunakan untuk melihat persentase kemiripan model tiga dimensi dari aplikasi rekonstruksi tiga dimensi dengan model tiga dimensi yang ada pada Google Earth. Berdasarkan pengujian validasi diatas, aplikasi rekonstruksi tiga dimensi dapat membuat model tiga dimensi yang layak diterima dan bisa digunakan sebagai metode pemantauan area pegunungan.

Kata kunci: ADDIE, Python, Rekonstruksi Tiga Dimensi.

GLOSARIUM

Glosarium memuat daftar kata tertentu yang digunakan dalam laporan dan membutuhkan penjelasan, misalnya kata serapan yang belum lazim digunakan. Contoh penulisannya seperti di bawah ini:

Array	tipe data terstruktur yang berguna untuk menyimpan sejumlah data yang bertipe sama.
API	(<i>Application Programming Interface</i>) sebuah interface yang dapat menghubungkan aplikasi satu dengan aplikasi lainnya.
Library	adalah kumpulan kode yang biasanya terkumpul dalam sebuah <i>package</i> yang dapat di- <i>import</i> / <i>reuse</i> ke program lain.
Longitude	merupakan sebuah garis yang membentang dari arah utara menuju selatan.
Latitude	merupakan garis yang membentang dari timur ke barat mengitari bumi dan memiliki titik tengah kathulistiwa.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN DOSEN PENGUJI.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
HALAMAN MOTO	vi
KATA PENGANTAR	vii
SARI.....	ix
GLOSARIUM.....	x
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian	2
1.5 Manfaat Penelitian	2
1.6 Metodologi	3
1.7 Sistematika Penulisan	3
BAB II LANDASAN TEORI	5
2.1 Bentuk Muka Bumi.....	5
2.2 Mitigasi	5
2.3 Rekonstruksi Tiga Dimensi.....	6
2.4 Python	6
2.5 <i>Django</i>	7
2.6 <i>OpenCV</i>	7
2.7 <i>Library</i> Pembaca Citra Dua Dimensi.....	7
2.8 <i>Library</i> Pengubah Ukuran.....	8
2.9 <i>Library</i> Pengolahan <i>Array</i>	8
2.10 <i>Library</i> Tiga Dimensi Grafik Pengolah <i>Array</i>	9
2.11 Heightmap	10
2.12 Citra Foto Satelit	10
2.13 MapBox	11
2.14 API Flash	11
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	12
3.1 <i>Analysis</i> (Analisis)	12
3.1.1 Kebutuhan Masukan (<i>Input</i>)	13
3.1.2 Kebutuhan Keluaran (<i>Output</i>).....	15
3.1.3 Kebutuhan Fungsional	16
3.1.4 Kebutuhan Non-Fungsional	16
3.2 <i>Design</i> (Perancangan)	17
3.2.1 Desain Alur Aplikasi.....	17
3.2.2 Desain <i>User Interface</i>	25
3.2.3 Evaluasi	26
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	36
4.1 Implementation (Implementasi)	36

4.1.1	Implementasi Proses Pencarian Area	36
4.1.2	Implementasi <i>Pre-Processing</i>	41
4.1.3	Modeling Tiga Dimensi	47
4.2	Evaluasi	49
4.2.1	Pengujian Blackbox	49
4.2.2	Pengujian Kuisisioner	51
4.2.3	Pengujian Validasi	52
	BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	57
5.1	Kesimpulan	57
5.2	Saran.....	57
	DAFTAR PUSTAKA	58
	LAMPIRAN	60



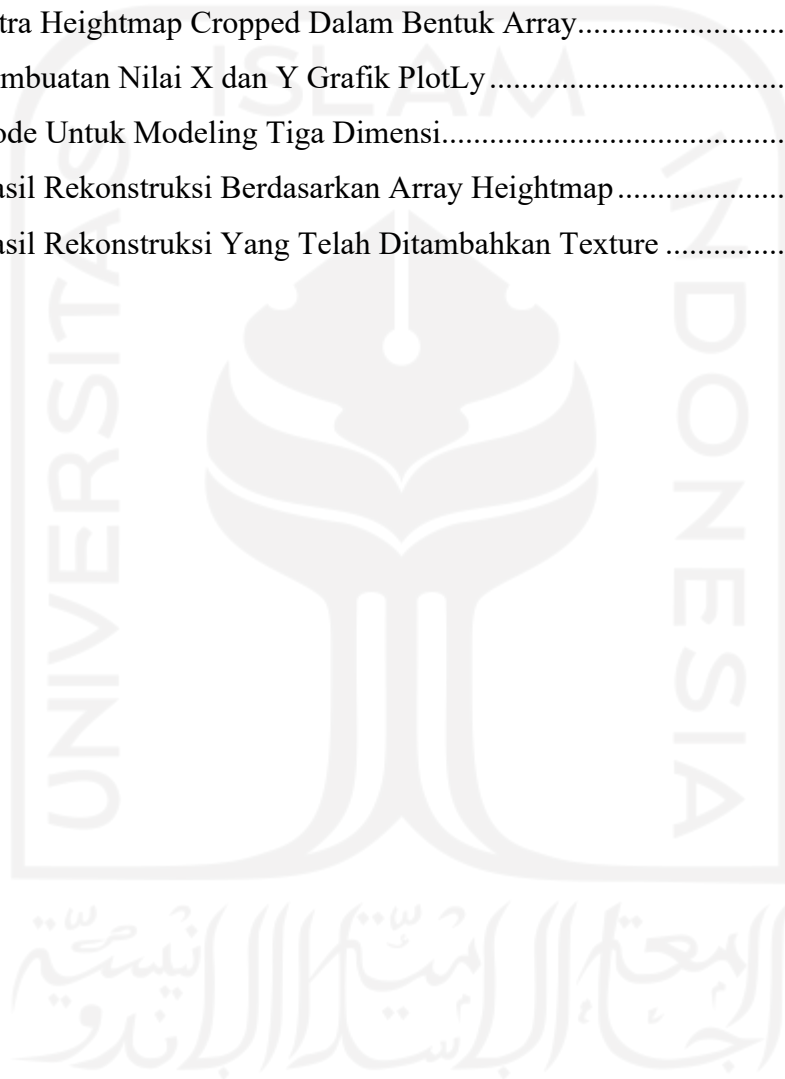
DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Skenario Pengujian Halaman Search.....	27
Tabel 3.2 Skenario Pengujian Halaman Generate 3D	27
Tabel 3.3 Skenario Pengujian Halaman Home	28
Tabel 3.4 Rentang Skor Likert.....	29
Tabel 3.5 Pertanyaan Kuisisioner	29
Tabel 3.6 Validasi Landmark Gunung Sinabung.....	33
Tabel 3.7 Validasi Landmark Gunung Sumbing	34
Tabel 3.8 Validasi Landmark Gunung Tambora	35
Tabel 3.9 Rentang Presentase Kelayakan	35
Tabel 4.1 Skenario Pengujian Halaman Search.....	49
Tabel 4.2 Skenario Pengujian Halaman Generate 3D	50
Tabel 4.3 Skenario Pengujian Halaman Home	50
Tabel 4.4 Pertanyaan Kuisisioner	51
Tabel 3.7 Validasi Landmark Gunung Sinabung.....	53
Tabel 3.8 Validasi Landmark Gunung Sumbing	54
Tabel 3.10 Validasi Landmark Gunung Tambora	55
Tabel 4.10 Tabel Rata-Rata Validasi	56

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Kegunaan Library Pembaca Citra	7
Gambar 2.2 Kegunaan Library Pengubah Ukuran.....	8
Gambar 2.3 Kegunaan Library NumPy	8
Gambar 2.4 Kegunaan Library Surface	9
Gambar 2.5 Bentuk Citra Heightmap	10
Gambar 2.6 Bentuk Citra Foto Satelit.....	11
Gambar 3.1 Tampilan Website Tangram Heightmapper	14
Gambar 3.2 Citra Foto Satelit Gunung Merapi.....	15
Gambar 3.3 Flowchart Rekonstruksi Tiga Dimensi Area Pegunungan Berdasarkan Citra Satelit Dua Dimensi Secara Otomatis Secara Keseluruhan	18
Gambar 3.4 Flowchart Bagian Download Citra Heightmap dan Foto Satelit	19
Gambar 3.5 Flowchart Bagian Pre-Processing	20
Gambar 3.6 Isi Data Geocoder Suatu Area.....	21
Gambar 3.7 Pengambilan Nilai Longitude dan Latitude	21
Gambar 3.8 Pengambilan Nilai Longitude dan Latitude Berdasarkan Pin.....	22
Gambar 3.9 Struktur Link Tangram Heightmap.....	23
Gambar 3.10 Struktur Link Static Map MapBox.....	23
Gambar 3.11 <i>Noise</i> Pada Citra Heightmap	24
Gambar 3.12 Pengaturan Capture Image Google Earth.....	30
Gambar 3.13 Pengaturan Capture Image Aplikasi Rekonstruksi Tiga Dimensi	31
Gambar 3.14 Proses Mendapatkan Perbedaan Pada Kedua Citra Capture Image.....	32
Gambar 4.1 Model Peta Terrain.....	36
Gambar 4.2 Halaman Pencarian Area.....	37
Gambar 4.3 Kode Untuk Mengambil Longitude dan Latitude	37
Gambar 4.4 Pengambilan Nilai Longitude dan Latitude Berdasarkan Pin.....	38
Gambar 4.5 Kode Untuk Edit Link Pada Kedua Website Penyedia Citra Dua Dimensi.....	39
Gambar 4.6 Hasil <i>Edit Link</i> Tangram Heightmap	40
Gambar 4.7 Hasil <i>Edit Link Static Map</i> Mapbox.....	40
Gambar 4.8 Kode <i>Capture</i> Kedua Citra Menggunakan API Flash	41
Gambar 4.9 Input Kedua Citra Untuk Dilakukan Pre-Processing	42
Gambar 4.10 Membaca Citra Dua Dimensi.....	42
Gambar 4.11 Membaca Citra Heightmap	43

Gambar 4.12 Membaca Citra Foto Satelit	43
Gambar 4.13 Kode Untuk Melakukan Crop	44
Gambar 4.14 Hasil Crop Citra Heightmap	44
Gambar 4.15 Kode Untuk Melakukan Crop Citra Foto Satelit	45
Gambar 4.16 Hasil Crop Citra Foto Satelit.....	45
Gambar 4.17 Konversi Citra <i>Heightmap</i> dan Citra Foto Satelit ke <i>Grayscale</i>	46
Gambar 4.18 Melakukan Flip Nilai Citra Secara Horizontal	46
Gambar 4.19 Citra Heightmap Cropped Dalam Bentuk Array.....	46
Gambar 4.20 Pembuatan Nilai X dan Y Grafik PlotLy	47
Gambar 4.21 Kode Untuk Modeling Tiga Dimensi.....	47
Gambar 4.22 Hasil Rekonstruksi Berdasarkan Array Heightmap	48
Gambar 4.23 Hasil Rekonstruksi Yang Telah Ditambahkan Texture	49



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam melakukan pengamatan bentuk muka bumi, seorang pengamat biasanya menggunakan beberapa cara untuk mendapatkan informasi seperti melakukan observasi langsung di tempat, melakukan pengamatan menggunakan satelit, melakukan pengamatan menggunakan foto maupun video, serta melakukan pengamatan menggunakan model tiga dimensi suatu objek geografis.

Pada pengamatan bentuk muka bumi yang berupa area pegunungan, berdasarkan penjelasan dari kepala seksi BPPTKG Yogyakarta yaitu Dr. Agus Budi Santoso, bentuk gunung Merapi diamati dengan cara mengambil citra foto dari pos pemantauan serta melakukan pengamatan melalui citra satelit. Beliau juga mengatakan bahwa pemodelan tiga dimensi dalam area pegunungan akan sangat membantu dalam proses pengamatan karena dapat mengetahui bagaimana bentuk asli suatu bentuk objek gunung tanpa harus mengamati beberapa foto untuk dapat mendapatkan visualisasi asli pada suatu objek. Maka dari itu peneliti mengusulkan sebuah aplikasi untuk melakukan Rekonstruksi Tiga Dimensi Area Pegunungan Berdasarkan Citra Satelit Dua Dimensi Secara Otomatis sebagai objek pengamatan dengan basis bahasa pemrograman Python.

Pemodelan tiga dimensi selalu berkembang setiap harinya. Pemodelan tiga dimensi tidak hanya digunakan untuk pemodelan arsitektur maupun animasi film. Pemodelan tiga dimensi juga dapat digunakan di bidang sains seperti melakukan rekonstruksi tiga dimensi bentuk geografis area pegunungan di permukaan bumi. Pemodelan tiga dimensi dapat mengubah cara pandang manusia dalam mengamati suatu objek. Dengan pemodelan tiga dimensi, pengguna bisa dengan mudah melakukan proyeksi visual bagaimana bentuk objek asli tersebut (Enderson, 2019).

Pemodelan tiga dimensi secara manual bisa menggunakan 3D max, Blender, atau Cinema 4D. Cara pemodelan tiga dimensi secara manual dapat dianalogikan seperti memahat patung. Dengan melihat objek yang sudah ada, pengguna memahat bentuk yang dia inginkan menggunakan alat yang ada pada suatu aplikasi pemodelan tiga dimensi. Berdasarkan website penyedia jasa *freelance*, harga untuk satu model tiga dimensi rata-rata seharga \$100 atau kurang lebih Rp1.400.000. Untuk melakukan pemodelan tiga dimensi secara manual

diperlukan biaya yang mahal dan memakan waktu yang relatif lama. Maka dari itu diperlukan teknik pemodelan yang murah dan tidak memakan waktu yang lama (Vergauwen, M. & Van Gool, L, 2006).

Rekonstruksi tiga dimensi secara otomatis dapat dilakukan dengan melakukan *scanning* menggunakan laser, atau menggunakan citra dua dimensi dalam format tertentu (Guidi & Rizzi, 2008). Untuk melakukan rekonstruksi tiga dimensi suatu area pegunungan, peneliti menggunakan citra dua dimensi foto satelit dalam format *heightmap*. Peneliti menggunakan OpenCV sebagai *library* utama dalam melakukan pengolahan citra dikarenakan murah, praktis, dan lengkap secara kebutuhan. (Pérez & Aquino, 2019)

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang sudah diuraikan sebelumnya maka dapat dirumuskan masalah yaitu bagaimana cara melakukan rekonstruksi tiga dimensi berdasarkan citra dua dimensi yang diambil dari citra satelit?

1.3 Batasan Masalah

Pada penelitian ini peneliti menentukan beberapa batasan masalah agar penelitian bisa terfokuskan, yaitu:

1. Data citra dua dimensi masih sangat tergantung dengan ketersediaan data yang tersedia pada sumber data
2. Rekonstruksi tiga dimensi hanya efektif digunakan pada area yang terdapat dataran tinggi di dalamnya.
3. Warna tekstur rekonstruksi tiga dimensi berupa *grayscale*.
4. Pengguna tidak bisa mengubah luasan area yang akan dilakukan rekonstruksi tiga dimensi.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah membuat aplikasi yang dapat melakukan rekonstruksi tiga dimensi suatu area pegunungan di muka bumi berdasarkan citra dua dimensi yang bisa diperoleh dari citra satelit.

1.5 Manfaat Penelitian

Dengan adanya penelitian yang dilakukan oleh peneliti, diharapkan mendapatkan hasil sebagai berikut:

1. Dapat membantu Balai Penyelidikan dan Pengembangan Teknologi Kebencanaan Geologi dalam memantau bentuk muka bumi area gunung berapi.

2. Memudahkan penyajian data dan visualisasi bentuk dataran muka bumi dalam bentuk tiga dimensi.

1.6 Metodologi

Untuk menjawab rumusan masalah yang telah disebutkan di atas, peneliti menggunakan penggabungan beberapa metode untuk menciptakan rekonstruksi tiga dimensi. Selain itu, penelitian ini akan dilakukan dengan beberapa tahapan berikut:

a. *Analysis* (Analisis)

Pertama kali yang harus dilakukan dalam metode ADDIE adalah *analysis*. Pada tahap ini peneliti melakukan wawancara terhadap narasumber di Balai Penyelidikan dan Pengembangan Teknologi Kebencanaan Geologi. Dengan melakukan wawancara, peneliti dapat menemukan berbagai permasalahan dan membuat solusi dari permasalahan tersebut.

b. *Design* (Desain/Perancangan)

Pada tahap ini peneliti merancang *flow* proses algoritma dan *library* apa yang bisa digunakan untuk mengolah *input* citra dua dimensi menjadi *output* grafik tiga dimensi.

c. *Development* (Pengembangan)

Pada tahap ini akan dilakukan proses rekonstruksi tiga dimensi menggunakan citra dua dimensi menggunakan bahasa pemrograman Python versi 3.9 serta menggunakan framework *Django* dan *Python library*.

d. *Implementation* (Implementasi)

Implementasi dilakukan dengan melakukan *input* citra dua dimensi ke dalam program yang kemudian direkonstruksi secara otomatis.

e. *Evaluation* (Evaluasi)

Evaluasi dilakukan untuk mengetahui hasil dari pengujian. Pengujian yang baik dilakukan dengan probabilitas penemuan yang tidak diduga, sedangkan pengujian yang sukses adalah jika pengujian berhasil mengatasi penyelesaian kesalahan yang tidak diduga (Simarmata, 2010).

1.7 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan tugas akhir bertujuan untuk memudahkan dalam memahami laporan tugas akhir ini. Secara garis besar laporan tugas akhir ini dibuat dengan sistematika sebagai berikut:

a. **BAB I PENDAHULUAN**

Membahas tentang latar belakang masalah, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, metodologi penelitian serta sistematika penulisan mengenai rekonstruksi model tiga dimensi daerah pegunungan secara otomatis.

b. **BAB II LANDASAN TEORI**

Membahas mengenai landasan teori yang mendasari tugas akhir. Landasan teori ini bersumber dari studi pustaka. Teori-teori tersebut dikumpulkan dan digunakan sebagai dasar untuk membuat tugas akhir.

c. **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

Memuat uraian tentang metode penelitian yang terdiri dari identifikasi masalah, analisis kebutuhan, implementasi, dan pengujian aplikasi.

d. **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

Pada bab ini berisi uraian tentang proses apa saja yang dilakukan dalam pengembangan aplikasi ini. Pengembangan ini berdasarkan identifikasi masalah dan hasil analisis kebutuhan aplikasi. Selain itu juga terdapat uraian hasil rekonstruksi tiga dimensi dari citra dua dimensi melalui beberapa metode pengolahan citra. Selain itu bab ini juga membahas hasil pengujian aplikasi.

e. **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

Memuat kesimpulan dari hasil rekonstruksi tiga dimensi dan saran dari dosen penguji yang bertujuan untuk merangkum kekurangan dan saran agar penelitian selanjutnya menjadi lebih baik.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Bentuk Muka Bumi

Bentuk muka bumi atau dalam ilmu geomorfologi merupakan bentang alam yang merespon terhadap kombinasi antara proses alam dan antropogenik terbentuk melalui pengangkatan tektonik dan vulkanisme (Lobeck, 1939). Bentuk bumi bisa berupa dataran rendah, bukit, lembah, dan gunung berapi. Indonesia adalah negara kepulauan yang memiliki banyak varian bentuk muka bumi khususnya bentuk pegunungan dan gunung berapi dikarenakan Indonesia terletak di atas tiga lempeng tektonik, yaitu Lempeng Eurasia, Australia dan Pasifik.

Keadaan geografis ini menyebabkan banyaknya bencana alam yang terjadi pada daerah dataran tinggi seperti pegunungan dan gunung berapi. Menurut Departemen Pertambangan dan Energi pada saat ini di Indonesia terdapat 129 gunung berapi aktif, 70 diantaranya pernah bererupsi dalam 400 tahun terakhir. Menurut data dari Kementrian Energi dan Sumberdaya Mineral, pada tanggal 28 Februari 2021 terdapat 21 gunung berapi yang aktifitasnya diatas normal dan rawan akan terjadi erupsi.

2.2 Mitigasi

Dikarenakan besarnya potensi bencana alam pada daerah pegunungan dan gunung berapi, perlu dilakukan mitigasi khususnya pemantauan secara berkala. Menurut Undang-undang Republik Indonesia nomor 24 tahun 2007, mitigasi adalah serangkaian upaya untuk mengurangi risiko bencana, baik melalui pembangunan fisik maupun penyadaran dan peningkatan kemampuan menghadapi ancaman bencana. Berdasarkan Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 11 Tahun 2013 Tentang Organisasi dan Tata Kerja Balai Penyelidikan Dan Pengembangan Teknologi Kebencanaan Geologi (BPPTKG) yang berlokasi di Yogyakarta mempunyai tugas melaksanakan mitigasi bencana, pengembangan metode, teknologi instrumentasi, dan pengelolaan laboratorium kebencanaan geologi khususnya pada area Gunung Merapi.

Dalam melakukan mitigasi bencana, pihak BPPTKG membutuhkan sebanyak mungkin metode pengamatan yang bisa membantu dalam proses pemantauan aktifitas gunung berapi. Berdasarkan kebutuhan pemantauan dan sumberdaya yang ada, peneliti bisa mengusulkan

metode baru yang dapat melakukan rekonstruksi tiga dimensi sehingga menghasilkan model gunung berapi dalam bentuk tiga dimensi.

2.3 Rekonstruksi Tiga Dimensi

Rekonstruksi tiga dimensi adalah proses untuk memperoleh kembali informasi geometri tiga dimensi. Teknik rekonstruksi objek tiga dimensi dibagi menjadi dua kategori, yaitu metode aktif: akuisisi model tiga dimensi dapat dilakukan dengan *laser scanner* atau cahaya terstruktur. Metode pasif: rekonstruksi model tiga dimensi dengan satu atau lebih citra dua dimensi yang diambil menggunakan kamera. (Hidayat & Wibirama, 2013)

Untuk mendapatkan model tiga dimensi seorang peneliti bisa melakukan rekonstruksi tiga dimensi menggunakan aplikasi *desktop* seperti Blender, Sketchup, dan Cinema 4D. Dibutuhkan kemampuan khusus seorang ahli *modeling* tiga dimensi untuk melakukan rekonstruksi tiga dimensi menggunakan aplikasi desktop tersebut. Cara alternatif untuk mendapatkan model tiga dimensi yaitu dengan cara melakukan rekonstruksi tiga dimensi menggunakan sekumpulan algoritma pengolah citra yang dapat mengubah citra dua dimensi menjadi model tiga dimensi. Dibutuhkan bahasa pemrograman yang di dalamnya dapat melakukan pengolahan citra dengan baik seperti bahasa pemrograman Python.

2.4 Python

Python adalah bahasa pemrograman yang diciptakan oleh Guido van Rossum yang bersifat *interpreter*, *interactive*, *object-oriented*, dan dapat digunakan hampir di semua platform seperti *Mac*, *Windows*, dan *Linux*. Python termasuk bahasa pemrograman yang mudah dipelajari karena sintaks yang jelas, dapat dikombinasikan dengan penggunaan modul siap pakai, dan struktur data tingkat tinggi yang efisien (Kadir, 2005). Python yang dirilis pada tahun 1991 telah mengalami berbagai penyempurnaan setiap kali melakukan update versi. Peneliti menggunakan Python versi 3.9 dikarenakan masih umum digunakan dan akan masih terdapat *support update* hingga tahun 2025.

Dalam bahasa pemrograman Python terdapat berbagai macam *library* yang bisa digunakan untuk melakukan rekonstruksi tiga dimensi. *Library* yang sering digunakan diantaranya NumPy, OpenCV, Pandas, dan Matplotlib. Selain itu Python mempunyai framework khusus bernama Django.

2.5 Django

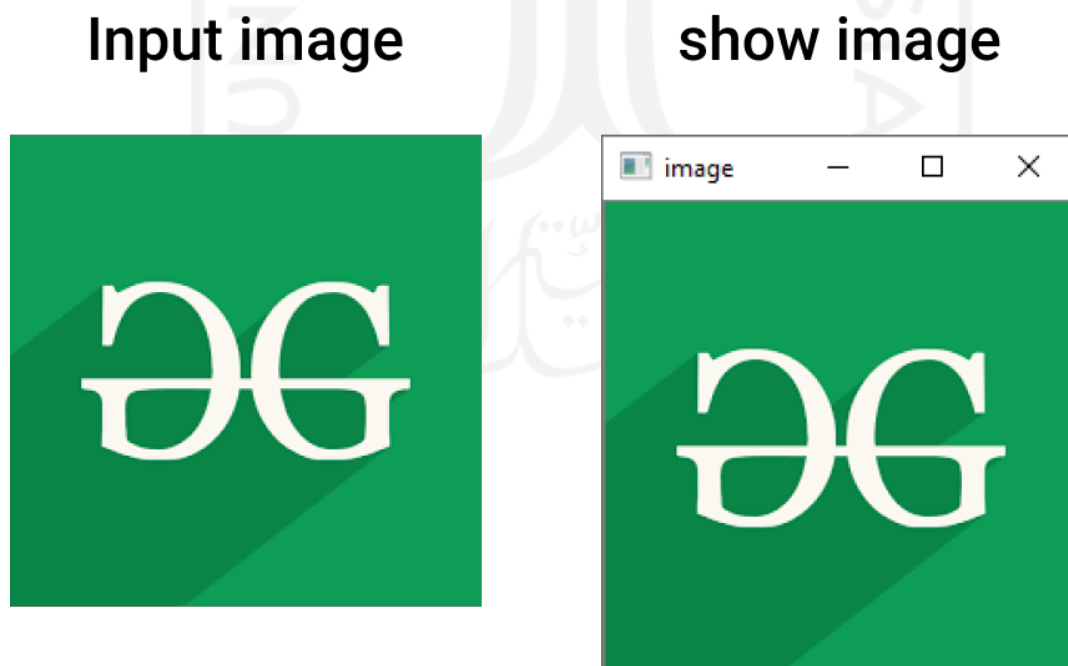
Django adalah *full-stack framework* untuk membuat aplikasi web yang dikhususkan untuk Bahasa pemrograman Python. Django dibuat pada tahun 2003 oleh Simon Wilison dan Adrian Holovaty. Django cocok digunakan untuk segala macam aplikasi web dari yang sederhana hingga yang sangat kompleks dikarenakan Django bersifat scalable. Selain dapat digunakan untuk proyek berskala kecil juga dapat diterapkan pada proyek berskala besar.

2.6 OpenCV

OpenCV (Open Source Computer Vision Library) adalah sebuah *library* yang digunakan untuk mengolah citra dua dimensi. Open CV dapat juga dioperasikan di berbagai macam bahasa pemrograman seperti C, C++, Java, dan Python. Selain itu, Open CV dapat digunakan di system operasi Windows, Linux, dan Mac OS. OpenCV diperlukan untuk melakukan optimasi citra dua dimensi sebelum melakukan rekonstruksi tiga dimensi. Adapun beberapa instrumen di dalamnya untuk membantu proses pengolahan citra dua dimensi.

2.7 Library Pembaca Citra Dua Dimensi

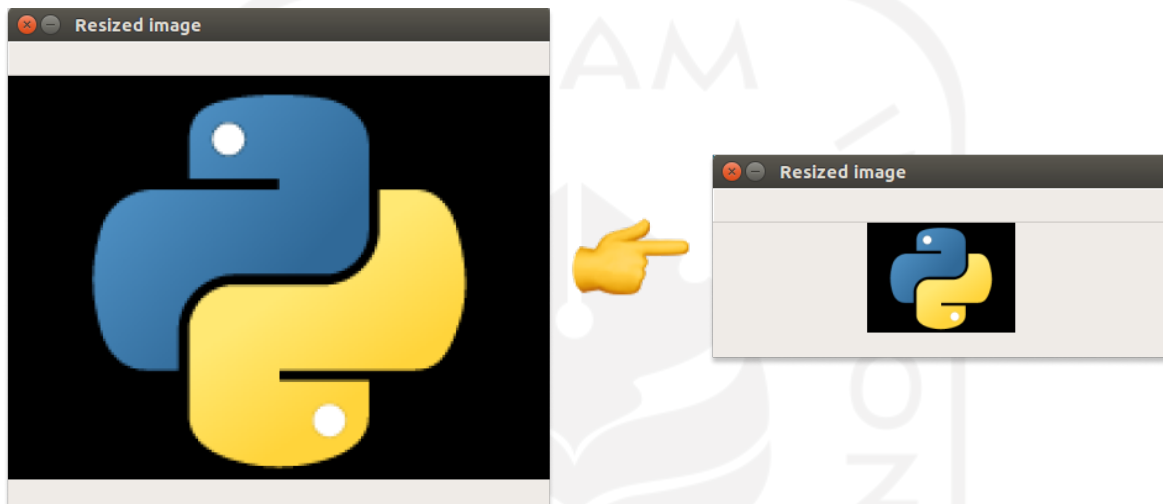
Pada proses pertama dalam melakukan rekonstruksi tiga dimensi diperlukan algoritma untuk membaca citra dua dimensi agar bisa melakukan pengolahan citra. Peneliti menggunakan **Imread** yang berasal dari *library* OpenCV. Setelah OpenCV mengambil citra dua dimensi dari local database, maka citra tersebut sudah bisa diolah. Seperti pada Gambar 2.1 OpenCV mengambil citra dua dimensi kemudian menampilkannya.



Gambar 2.1 Kegunaan Library Pembaca Citra

2.8 Library Pengubah Ukuran

Library yang dibutuhkan selanjutnya adalah *library* yang dapat mengubah ukuran citra dua dimensi sesuai yang diinginkan. Pada proses ini dilakukan agar pada saat nanti melakukan pemodelan, model tiga dimensi tidak terlalu kecil atau terlalu besar. Seperti pada Gambar 2.2 OpenCV mengolah citra asli dan melakukan proses mengecilkan ukuran dimensi sehingga meringankan proses pengolahan citra pada langkah selanjutnya.



Gambar 2.2 Kegunaan Library Pengubah Ukuran

2.9 Library Pengolahan Array

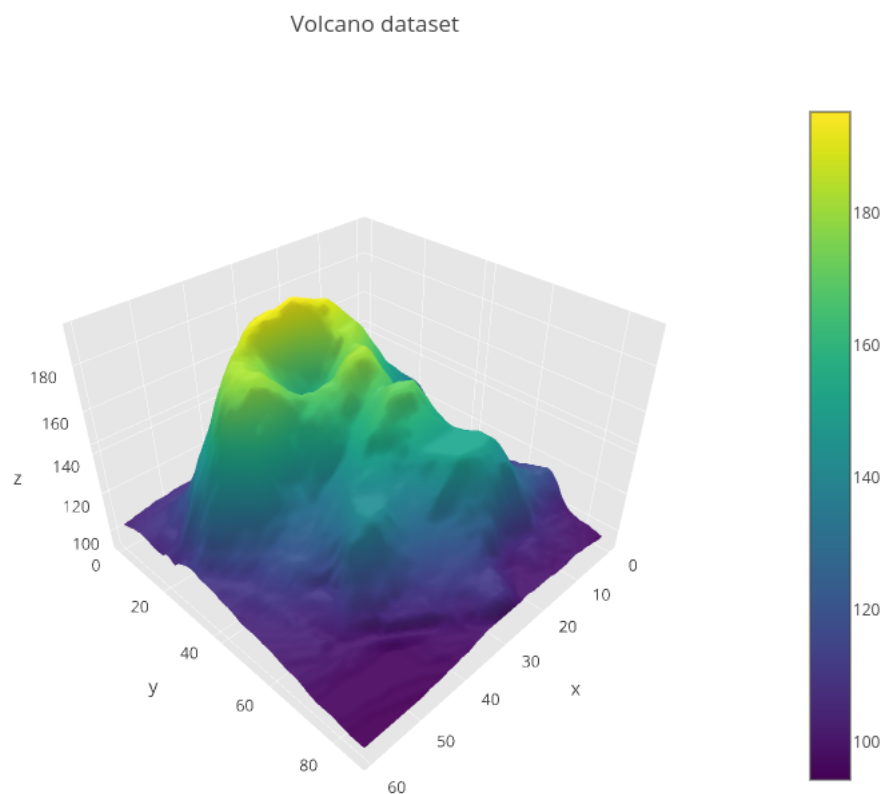
Agar citra dua dimensi dapat digunakan untuk rekonstruksi tiga dimensi maka langkah yang harus dilakukan yaitu melakukan konversi citra dua dimensi menjadi *array*. Peneliti menggunakan *NumPy* sebagai *library* untuk mengolah *array*. *NumPy* adalah *library* Python yang digunakan untuk memproses matrix multi-dimensi. *Library NumPy* berfungsi untuk menampung dan mengolah *array* yang dihasilkan pada pemrosesan citra di *library OpenCv*. Pada Gambar 2.3 *NumPy* melakukan *mirroring array* untuk menyesuaikan point of view dari model tiga dimensi.

<pre>array([[0., 0., 3.], [0., 2., 0.], [1., 0., 0.]])</pre>		<pre>array([[1., 0., 0.], [0., 2., 0.], [0., 0., 3.]])</pre>
--	---	--

Gambar 2.3 Kegunaan Library NumPy

2.10 Library Tiga Dimensi Grafik Pengolah Array

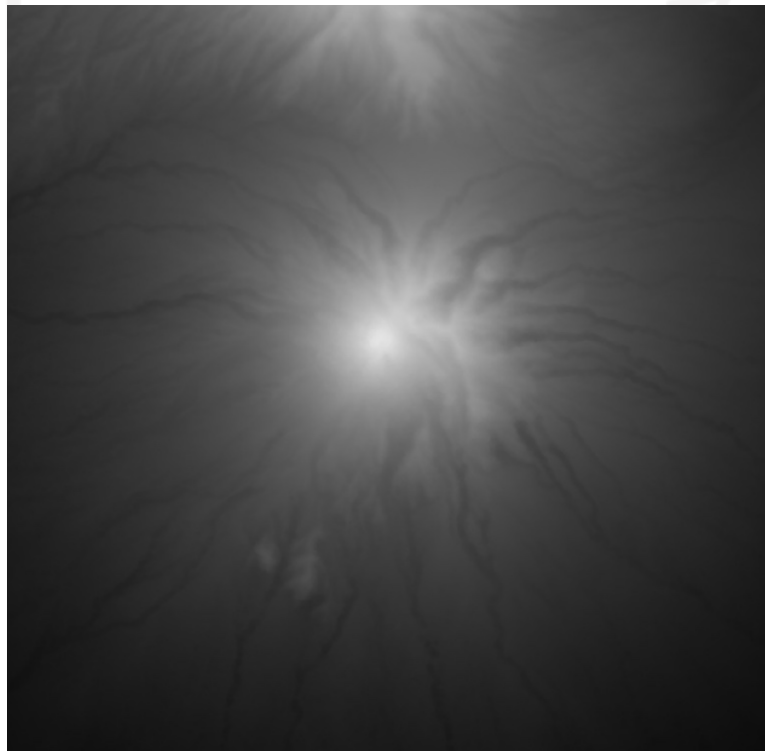
Setelah *array* sudah tertata dengan baik, proses selanjutnya yaitu melakukan modeling tiga dimensi. Peneliti menggunakan *library* Plotly untuk melakukan rekonstruksi tiga dimensi yang datanya diambil dari *dataset array* yang sudah disimpan sebelumnya. Plotly adalah salah satu *library* Python yang digunakan untuk membuat grafik dan diagram secara tiga dimensi seperti pada Gambar 2.4. Dalam kasus ini, peneliti menggunakan grafik pada Plotly untuk membuat model tiga dimensi berdasarkan data yang diolah dari citra dua dimensi. Peneliti memilih menggunakan Plotly karena lebih ringan dibandingkan *library* grafik Python Matplotlib, serta bisa ditampilkan dalam bentuk web dan file *output* bisa berbentuk *file html*. Sehingga *output* grafik tiga dimensi bisa dibuka di berbagai macam *platform* seperti Chrome, Mozilla, dan Opera.



Gambar 2.4 Kegunaan Library Surface

2.11 Heightmap

Agar mendapatkan model tiga dimensi sesuai yang diinginkan, maka diperlukan masukan berupa citra dua dimensi berupa citra heightmap. Citra heightmap adalah citra dua dimensi yang berasal dari foto satelit berupa data ketinggian permukaan bumi yang ditampilkan melalui gambar *grayscale* seperti pada Gambar 2.5. Rentang nilai data ketinggian pada heightmap yaitu 0 hingga 255. Semakin rendah suatu area maka nilainya semakin kecil dan warnanya akan lebih gelap, sedangkan semakin tinggi suatu area maka nilainya semakin tinggi dan warnanya akan semakin terang. Nilai terendah atau 0 dan nilai tertinggi 255 ditentukan oleh kedalaman dan ketinggian maksimal pada area yang dipilih, bukan merupakan ketinggian dalam MDPL (Meter di atas permukaan laut).



Gambar 2.5 Bentuk Citra Heightmap

2.12 Citra Foto Satelit

Selain masukan citra heightmap diperlukan juga masukan citra foto satelit untuk mendapatkan tekstur dari area yang diinginkan. Citra foto satelit adalah foto permukaan bumi yang diambil dengan kamera satelit yang memiliki resolusi tinggi. Bentuk citra foto satelit berupa foto asli yang menunjukkan bentuk muka bumi seperti pada Gambar 2.6. Citra foto satelit dapat diperoleh melalui Google Map, maupun MapBox. Foto citra satelit selalu berwarna RGB sesuai dengan warna area permukaan bumi.



Gambar 2.6 Bentuk Citra Foto Satelit

2.13 MapBox

Untuk mendapatkan sumber masukan citra dua dimensi peneliti menggunakan MapBox sebagai sumber data. Mapbox adalah penyedia jasa map API di mana terdapat berbagai model peta yang bisa digunakan untuk kepentingan programming dan data processing. Peneliti menggunakan MapBox dikarenakan *feature* di dalamnya sudah cukup memenuhi kebutuhan untuk menyediakan citra dua dimensi sebagai masukan proses rekonstruksi tiga dimensi. Walaupun MapBox bersifat *open source* namun kualitasnya cukup memumpuni jika dibandingkan dengan Google Map.

2.14 API Flash

Untuk melakukan *capture* pada citra heightmap dan citra foto satelit, peneliti menggunakan aplikasi *third-party* yaitu APIFlash. API Flash adalah penyedia jasa *web screenshot* tanpa harus membuka *tab* di *browser* sehingga dapat meringankan beban aplikasi dan *browser* yang bekerja di *back-end*. API Flash berfungsi untuk mengunduh citra dua dimensi heightmap dan foto satelit dengan berbagai format dengan jenis *file image*. Pada penelitian ini peneliti menggunakan format png.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 *Analysis (Analisis)*

Dalam membangun aplikasi rekonstruksi tiga dimensi, peneliti memanfaatkan algoritma pengolahan citra digital serta dalam pengembangan aplikasi ini menggunakan metode ADDIE yaitu *Analysis, Design, Development, Implementation, Evaluation*. Peneliti menggunakan metode ADDIE dikarenakan mempunyai langkah-langkah pengembangan aplikasi secara sistematis. Langkah awal yang dilakukan adalah melakukan analisa. Analisa berikut akan dilakukan dengan wawancara dan studi Pustaka. Adapun metode yang digunakan untuk mendapatkan data yaitu:

1. Wawancara

Untuk mendapatkan informasi tentang permasalahan dan kebutuhan sumberdaya, peneliti melakukan wawancara ke pihak BPPTKG. Pengumpulan informasi dengan metode wawancara dilakukan melalui tanya jawab kepada Kasi BPPTKG yaitu bapak Dr. Agus Budi Santoso. S.Si, M.Sc di kantor BPPTKG Yogyakarta pada bulan November 2019. Peneliti menanyakan bagaimana proses pengamatan area geografis pada sektor pegunungan. Pada wawancara ini peneliti menggunakan sample gunung Merapi dikarenakan sempel tersebut lebih dikuasai oleh narasumber.

Beliau menuturkan bahwa dalam melakukan pengamatan area geografis suatu pegunungan ada beberapa metode seperti: observasi langsung di lapangan, mengamati dengan menggunakan foto citra dua dimensi, dan menggunakan pengamatan model tiga dimensi. Beliau menuturkan bahwa metode pengamatan tiga dimensi sangat diperlukan dikarenakan lebih cepat mendapatkan gambaran bentuk area geografis suatu pegunungan dibandingkan dengan mengamati beberapa foto citra dua dimensi.

Pemodelan tiga dimensi pernah dilakukan oleh pihak BPPTKG bekerja sama dengan peneliti Prancis menggunakan *drone* pada tahun 2018. Pemodelan tiga dimensi menggunakan drone ini beliau rasa sangat mahal dan susah dilakukan karena keterbatasan sumber daya yang dimiliki oleh pihak BPPTKG, maka dari itu peneliti mengusulkan algoritma rekonstruksi tiga dimensi menggunakan citra satelit.

2. Studi Pustaka

Setelah mendapatkan informasi yang diperlukan melalui wawancara, langkah berikutnya yaitu melakukan studi Pustaka. Studi pustaka digunakan untuk mencari referensi dalam merancang aplikasi Rekonstruksi Tiga Dimensi Berdasarkan Citra Satelit Dua Dimensi Secara Otomatis seperti buku, artikel, jurnal dan karya ilmiah yang berada di internet atau *e-library*.

Setelah kebutuhan data terkumpul langkah yang selanjutnya yaitu menyusun data tersebut dan digunakan sebagai dasar pembuatan aplikasi Rekonstruksi Tiga Dimensi Berdasarkan Citra Satelit Dua Dimensi Secara Otomatis

3.1.1 Kebutuhan Masukan (*Input*)

Setelah melakukan wawancara dan studi pustaka, peneliti melakukan analisa kebutuhan masukan yang dapat digunakan sebagai bahan mentah dalam melakukan rekonstruksi tiga dimensi. Berikut analisis kebutuhan masukan dalam melakukan Rekonstruksi Tiga Dimensi Berdasarkan Citra Satelit Dua Dimensi Secara Otomatis:

1. Citra Heightmap

Karena membutuhkan masukan citra heightmap, maka peneliti menggunakan salah satu penyedia peta model heightmap yaitu Tangram Heightmapper. Tangram Heightmapper adalah website penyedia data peta dengan model heightmap yang bisa dibuka melalui <https://tangrams.github.io/heightmapper/>. Untuk mendapatkan citra heightmap dari web Tangram Heightmap bisa secara manual menggeser area yang diinginkan kemudian klik *export* seperti pada Gambar 3.1. Dikarenakan kebutuhan masukan aplikasi rekonstruksi berupa *file* gambar maka peneliti menggunakan format *file* png untuk *file* citra heightmap.



Gambar 3.1 Tampilan Website Tangram Heightmapper

2. Citra foto satelit

Citra foto satelit adalah citra dua dimensi yang berupa foto asli suatu area muka bumi yang diambil dari satelit seperti pada Gambar 3.2. Citra foto satelit menampilkan bentuk dan warna suatu area secara dua dimensi. Citra foto satelit diperlukan untuk menampilkan *texture* dari area permukaan muka bumi yang telah diambil dan akan dimasukkan pada model tiga dimensi.

Citra foto satelit dapat diperoleh dari penyedia layanan pemetaan geografis. Peneliti menggunakan penyedia jasa map API geografis MapBox dikarenakan *open source* API. Untuk menggunakan API MapBox bisa dengan mendaftar dan melakukan konfigurasi di <https://www.mapbox.com>. Peneliti menggunakan MapBox dikarenakan *feature* di dalamnya sudah cukup memenuhi kebutuhan untuk menyediakan citra dua dimensi sebagai masukan proses rekonstruksi tiga dimensi. Walaupun MapBox bersifat *open source* namun kualitasnya cukup memumpuni jika dibandingkan dengan Google Map.



Gambar 3.2 Citra Foto Satelit Gunung Merapi

3.1.2 Kebutuhan Keluaran (*Output*)

Setelah menentukan kebutuhan masukan, langkah selanjutnya yaitu menentukan kebutuhan keluaran sebagai hasil dari aplikasi rekonstruksi tiga dimensi. Kebutuhan keluaran digunakan untuk mengetahui keluaran yang akan ditampilkan oleh aplikasi. Pada kebutuhan keluaran ini diperlukan *browser* untuk menjalankan aplikasi. Pada aplikasi ini dapat menghasilkan beberapa kebutuhan keluaran seperti:

1. Keluaran hasil pencarian area

Pada keluaran ini berupa citra heightmap dan citra foto satelit yang berasal dari proses pencarian. Kedua keluaran tersebut akan digunakan sebagai masukan untuk melakukan rekonstruksi tiga dimensi.

2. Keluaran model tiga dimensi

Pada keluaran ini menampilkan hasil rekonstruksi dalam bentuk model tiga dimensi yang sudah memiliki texture. Model tiga dimensi ditampilkan dalam bentuk halaman html agar lebih mudah untuk diakses dari mana saja. Keluaran ini adalah hasil akhir dari aplikasi rekonstruksi tiga dimensi.

3.1.3 Kebutuhan Fungsional

Setelah mendapatkan kebutuhan masukan dan kebutuhan keluaran, langkah selanjutnya yaitu menentukan kebutuhan fungsional aplikasi rekonstruksi tiga dimensi. Kebutuhan dalam pembuatan aplikasi rekonstruksi tiga dimensi meliputi:

1. Kebutuhan pencarian lokasi

Kebutuhan ini berfungsi untuk mencari dan memilih area yang akan dilakukan proses rekonstruksi tiga dimensi. Pada proses ini diharapkan dapat menghasilkan dua hasil keluaran yaitu citra heightmap dan citra foto satelit.

2. Kebutuhan download image

Kebutuhan pada tahap ini adalah bagaimana peneliti mendapatkan citra heightmap dan citra foto satelit yang telah ditemukan di pencarian lokasi. Peneliti mendapatkan kedua citra dengan cara melakukan screenshot menggunakan API Flash.

3. Kebutuhan pengolahan citra pre-processing

Kebutuhan pada tahap ini berfungsi untuk melakukan pemrosesan citra heightmap dan citra foto satelit. Pengolahan kedua citra ini dilakukan untuk mendapatkan dimensi citra yang sama dan memperkecil ukuran file citra agar nantinya mempermudah dalam proses modeling tiga dimensi.

4. Kebutuhan pengambilan data *array* dari citra heightmap

Fungsi pengambilan data *array* dari citra heightmap dilakukan menggunakan algoritma konversi citra dua dimensi heightmap menjadi nilai angka 0 hingga 255. Setelah itu diolah menggunakan *library* pengolahan *array* untuk menyesuaikan bentuk *array*.

5. Kebutuhan pemodelan tiga dimensi melalui data *array heightmap*

Kebutuhan ini berfungsi untuk melakukan pembetukan grafik model tiga dimensi di mana nilai grafik tersebut berasal dari nilai *array* citra dua dimensi yang diambil sebelumnya. Hasil dari tahap ini sudah bisa terlihat model tiga dimensi.

6. Kebutuhan proses penggabungan model tiga dimensi dengan citra foto satelit

Proses terakhir yaitu menggabungkan model tiga dimensi dengan citra foto satelit yang sudah diambil dan diolah sebelumnya. Setelah proses penggabungan selesai maka model tiga dimensi sudah berbentuk seperti texture muka bumi.

3.1.4 Kebutuhan Non-Fungsional

Setelah menentukan kebutuhan masukan, kebutuhan keluaran, dan kebutuhan fungsional, langkah selanjutnya yaitu menentukan kebutuhan non-fungsional yang meliputi perangkat

penunjang dalam membuat aplikasi rekonstruksi tiga dimensi. Kebutuhan Non-Fungsional terdiri dari *software* (perangkat lunak), *hardware* (perangkat keras) dan *brainware* (sumber daya manusia)

1. *Software* (perangkat lunak)

Spesifikasi *software* yang digunakan untuk membuat aplikasi Rekonstruksi Tiga Dimensi Area Pegunungan Berdasarkan Citra Satelit Dua Dimensi Secara Otomatis adalah sebagai berikut:

- Mac OS Catalina sebagai sistem operasi
- Pycharm sebagai text editor
- Google Chrome sebagai user interface aplikasi

2. *Hardware* (perangkat lunak)

Perangkat keras yang digunakan untuk membuat aplikasi Rekonstruksi Tiga Dimensi Area Pegunungan Berdasarkan Citra Satelit Dua Dimensi Secara Otomatis adalah sebagai berikut:

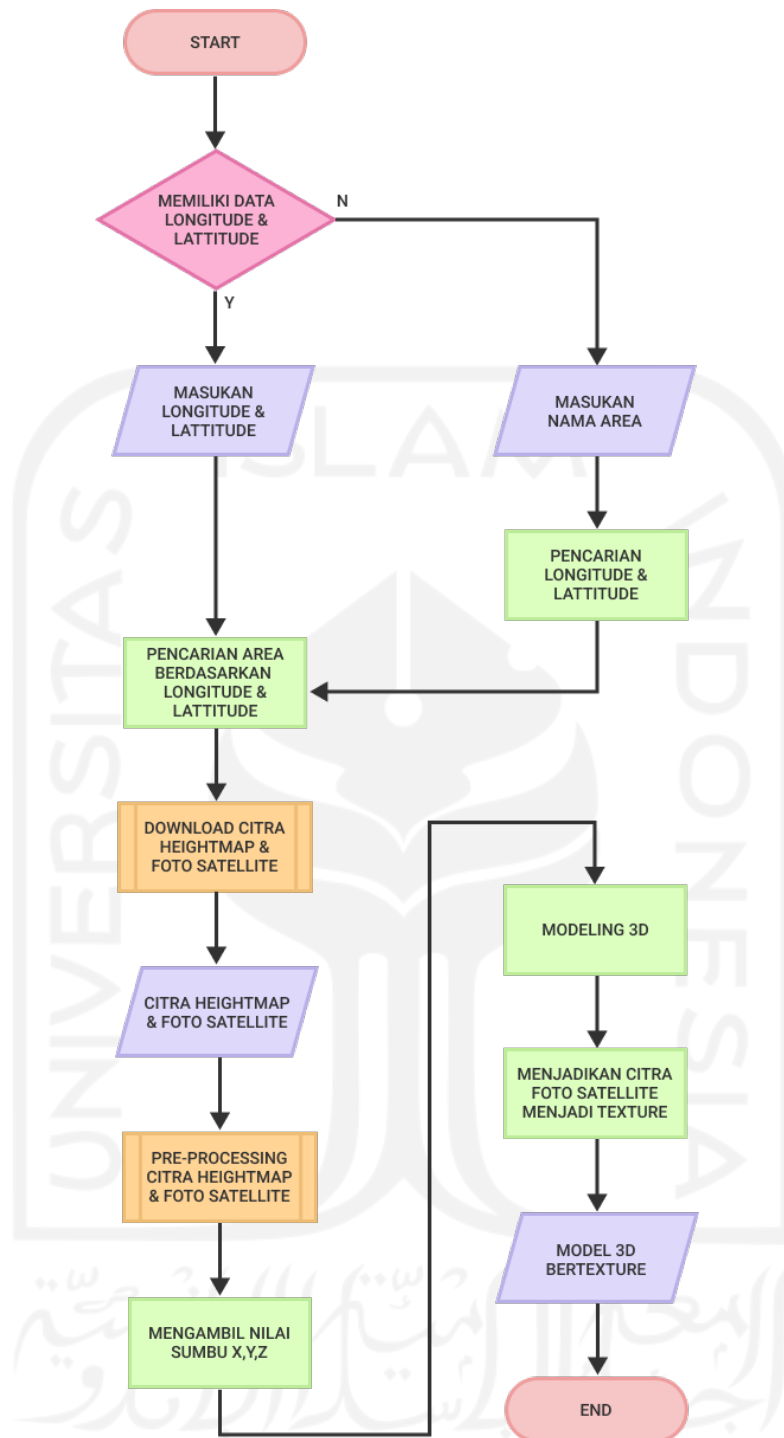
- *Processor* : 2,3 GHz Intel Core i5
- *Graphic Card* : Intel Iris Plus Graphic 640 1536 MB
- *RAM* : 8.00 GB
- *Hardisk* : Flash Storage 250 GB

3.2 *Design* (Perancangan)

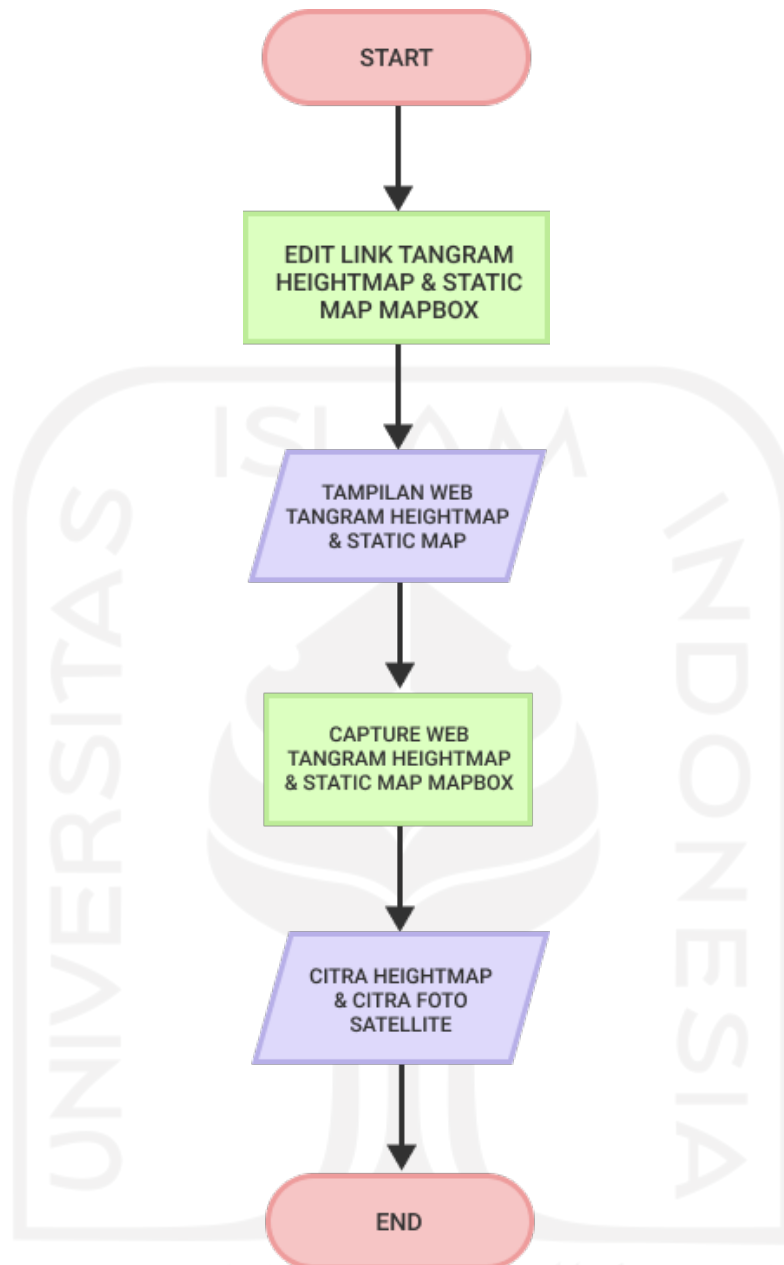
Setelah menentukan kebutuhan yang diperlukan, langkah selanjutnya yaitu melakukan perancangan aplikasi. Perancangan aplikasi Rekonstruksi Tiga Dimensi Area Pegunungan Berdasarkan Citra Satelit Dua Dimensi Secara Otomatis meliputi tiga bagian yaitu desain alur aplikasi secara keseluruhan, desain *user interface* dan perancangan pengujian aplikasi.

3.2.1 *Desain Alur Aplikasi*

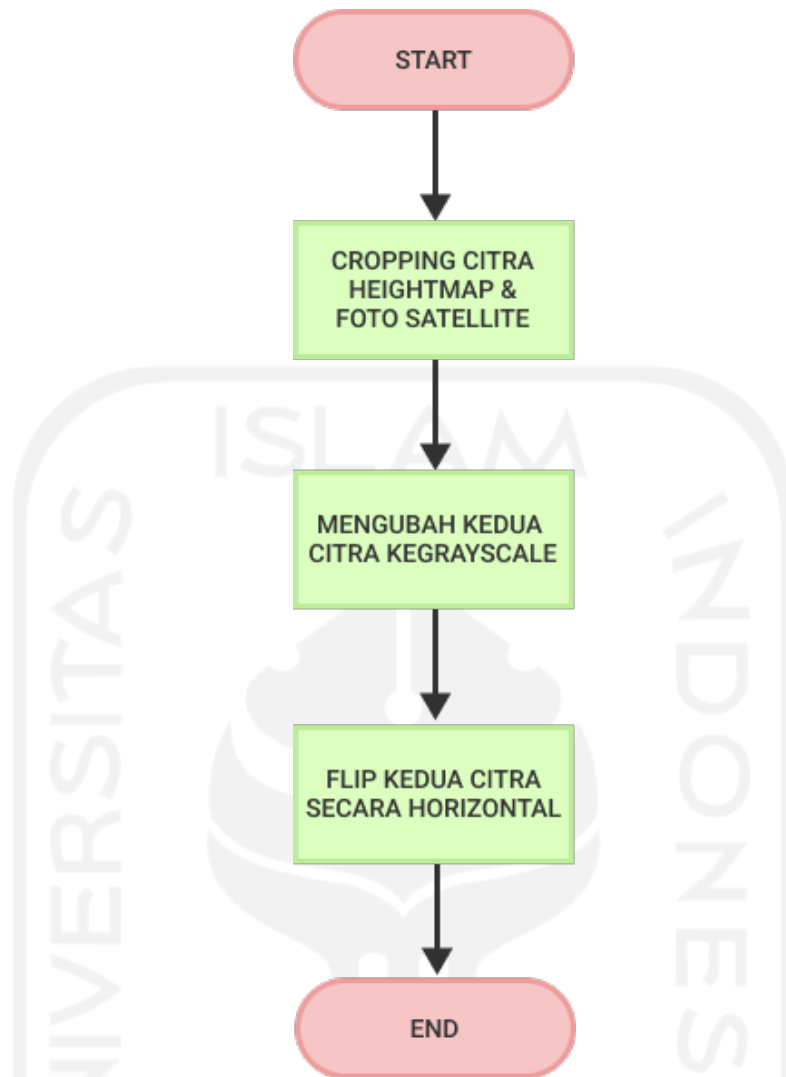
Pada desain alur aplikasi menerangkan bagaimana aplikasi ini bekerja secara *end to end*. Pada tahap ini berisi alur aplikasi Rekonstruksi Tiga Dimensi Area Pegunungan Berdasarkan Citra Satelit Dua Dimensi Secara Otomatis:



Gambar 3.3 Flowchart Rekonstruksi Tiga Dimensi Area Pegunungan Berdasarkan Citra Satelit Dua Dimensi Secara Otomatis Secara Keseluruhan



Gambar 3.4 Flowchart Bagian Download Citra Heightmap dan Foto Satelit

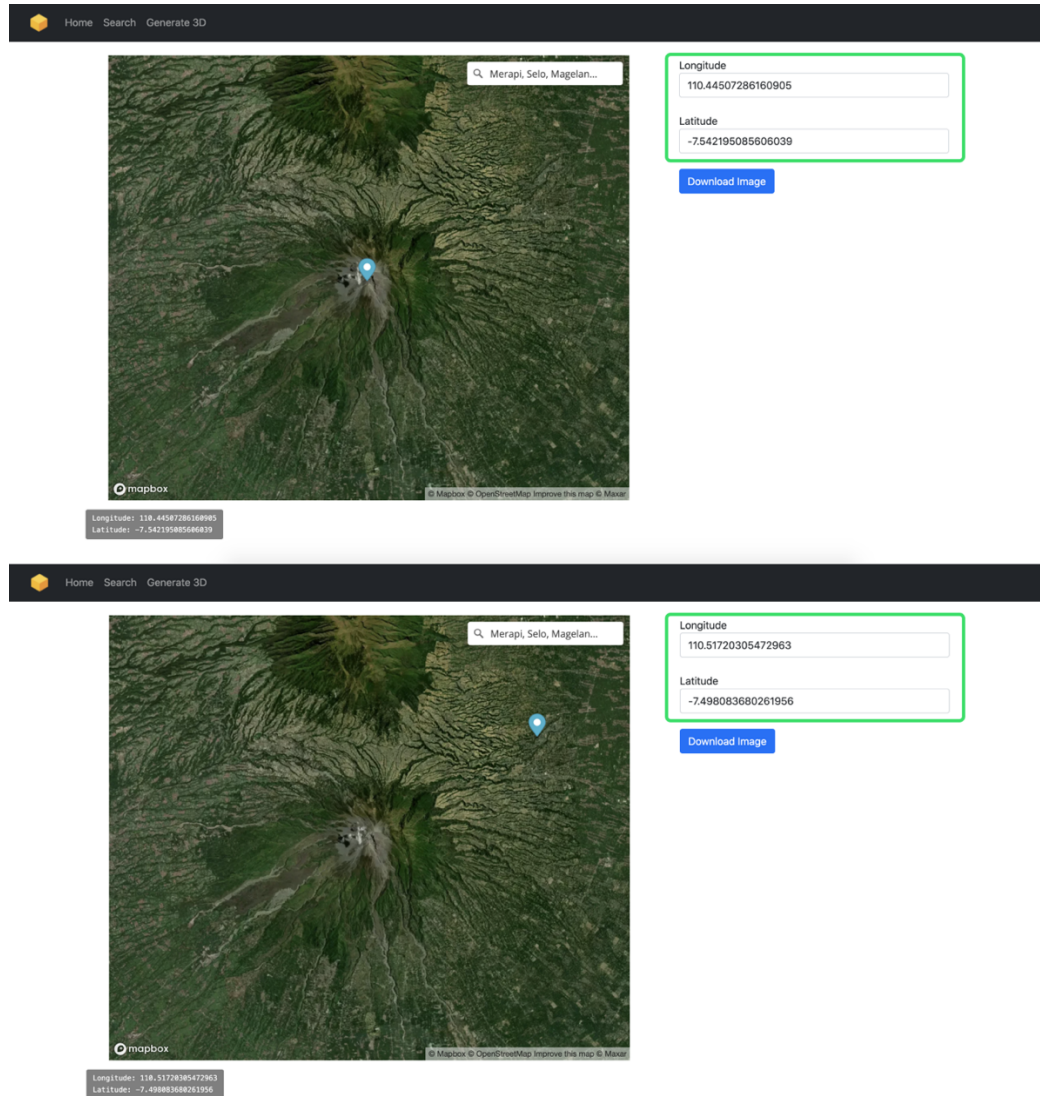


Gambar 3.5 Flowchart Bagian Pre-Processing

1. Proses Pencarian Area

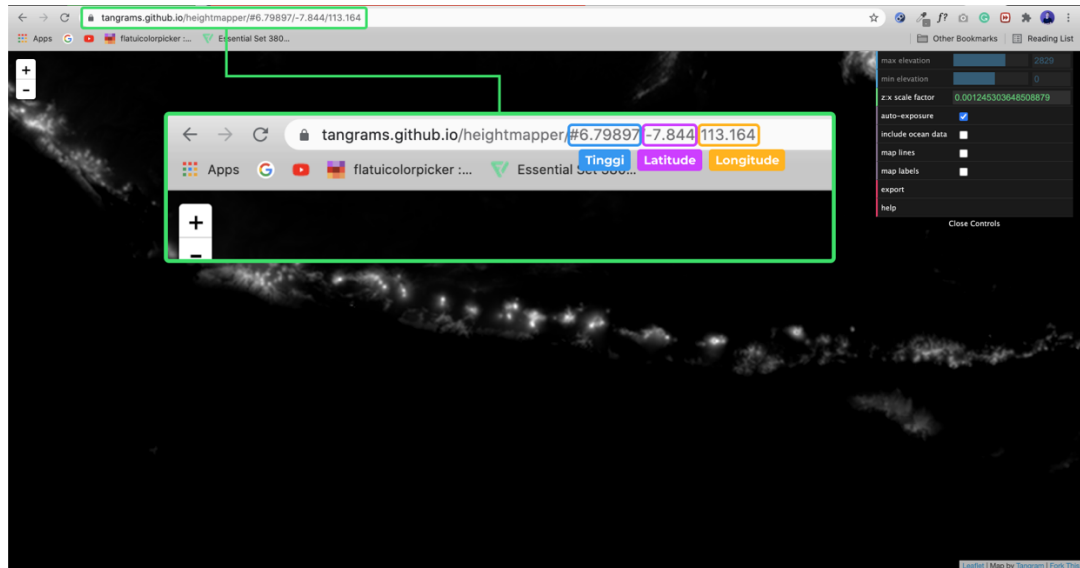
Dalam desain alur aplikasi, langkah pertama adalah menampilkan peta dengan kolom pencarian di dalamnya untuk mempermudah proses pencarian area. Kemudian pada proses pencarian area terbagi menjadi dua, cara pertama yaitu langsung memasukan nilai longitude dan lattitude. Cara kedua yaitu memasukan nama area yang nantinya akan dilakukan pencarian longitude dan latitude di area tersebut. Pada cara kedua setelah memasukan nama area, diperlukan Geocoder dari MapBox agar mendapatkan informasi longitude dan latitude suatu area. Geocoder berisi berbagai data mengenai suatu area atau wilayah seperti pada Gambar 3.6.

Setelah longitude dan latitude didapatkan, maka akan ditampilkan di *form* longitude dan latitude. Geocoder ini diletakan pada pin di dalam peta dan nilai longitude latitude juga akan berubah jika pin digeser seperti Gambar 3.8.



Gambar 3.8 Pengambilan Nilai Longitude dan Latitude Berdasarkan Pin

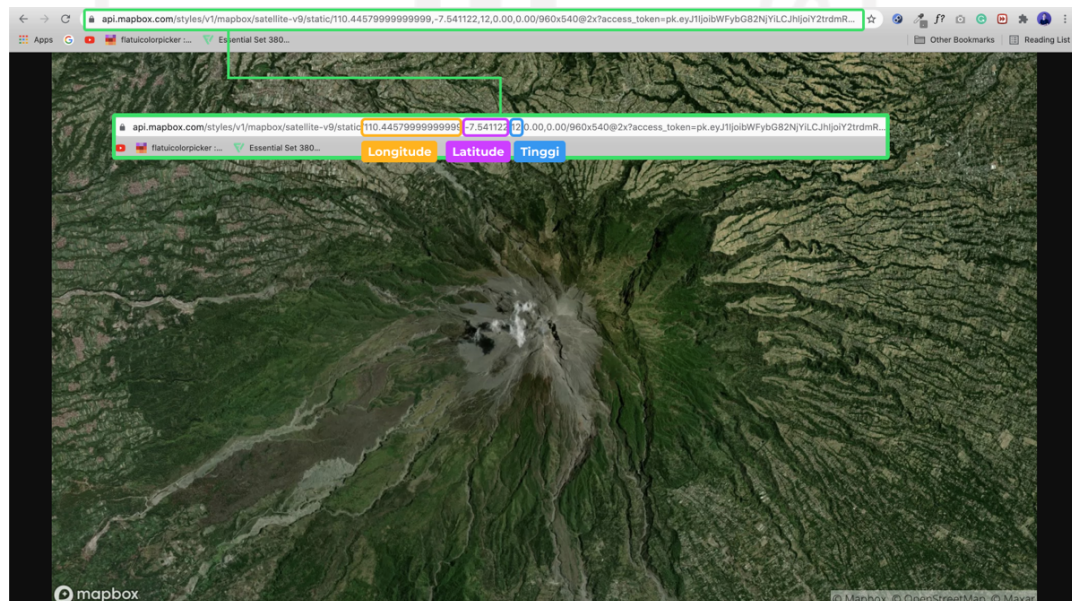
Langkah selanjutnya yaitu membuat fungsi yang secara otomatis dapat melakukan *edit link* dengan menaruh longitude dan latitude di link Tangram Heightmap dan *link static map* MapBox. Selain itu juga diperlukan *setting* ketinggian pengambilan gambar pada kedua citra. Pada Tangram Heightmap akan didapatkan citra *heightmap*. Sedangkan pada *static map* MapBox akan didapatkan citra foto satelit. Berikut Gambar 3.9 yang berisi penjelasan struktur *link* pada Tangram Heightmap yang akan dilakukan *edit link*.



Gambar 3.9 Struktur Link Tangram Heightmap

Fungsi *edit link* akan dilakukan pada ketiga elemen *link* pada Gambar 3.9, yaitu ketinggian, latitude, dan longitude. Elemen latitude dan longitude pada *link* Tangram Heightmap akan diganti dengan hasil latitude dan longitude yang diperoleh dari Geocoder. Sedangkan ketinggian pada Tangram Heightmap diatur sehingga memiliki ketinggian yang sama dengan citra foto satelit pada static map MapBox.

Berikut Gambar 3.10 yang berisi penjelasan struktur *link* pada *static map* MapBox yang akan dilakukan *edit link*.



Gambar 3.10 Struktur Link Static Map MapBox

Fungsi *edit link* akan dilakukan pada ketiga elemen *link* pada Gambar 3.10, yaitu longitude, latitude, ketinggian, dan ukuran citra foto satelit. Elemen longitude dan

latitude pada *link static map* MapBox akan diganti dengan hasil latitude dan longitude yang diperoleh dari Geocoder. Sedangkan ketinggian pada *static map* MapBox diatur sehingga memiliki ketinggian yang sama dengan citra foto satelit pada Tangram Heightmap. Untuk ukuran dimensi *static map* MapBox peneliti menggunakan ukuran 1920 x 1080 karena ukuran perbandingan dimensi *landscape* yang umum digunakan dalam jendela website. Selain itu ukuran landscape juga dapat mengurangi *noise* pada bagian tengah citra heightmap. *Noise* tersebut berupa tombol-tombol operasional di website Tangram Heightmap seperti pada Gambar 3.11.



Gambar 3.11 *Noise* Pada Citra Heightmap

Setelah mendapatkan *link* yang sesuai dengan dengan pengaturan pada tahap *edit link*, kedua *link* diteruskan ke API Flash untuk proses *download image*. Peneliti memasukan *link* Tangram Heightmap dan *static map* MapBox yang telah dilakukan *edit link* ke dalam API Flash agar bisa mendapatkan screenshot sesuai dengan halaman Tangram Heightmap dan *static map* Mapbox. Peneliti juga melakukan pengaturan pada ukuran jendela website Tangram Heightmap dengan ukuran yang sama yaitu 1920 x 1080. Selain itu peneliti juga melakukan pengaturan tempat di direktori mana kedua citra akan disimpan.

2. Proses *Pre-processing*

Pre-Processing dilakukan untuk mendapatkan hasil akhir citra dua dimensi yang digunakan untuk membuat model tiga dimensi. Langkah pertama pada *pre-processing* yaitu mengubah ukuran dimensi citra heightmap dan citra foto satelit dengan melakukan *cropping* agar mendapatkan rasio persegi dengan perbandingan

1:1. Sehingga hasil akhir kedua citra berukuran 1080 x 1080 pixel. Hal ini dilakukan karena library Plotly hanya bisa menyediakan kanvas tiga dimensi berbentuk persegi. Selain itu proses cropping dapat menghilangkan noise seperti pada Gambar 3.11.

Setelah mendapatkan citra heightmap dan foto satelit dengan ukuran 1:1, Langkah selanjutnya yaitu mengubah citra heightmap menjadi citra *grayscale* agar mempermudah mendapatkan nilai warna *grayscale* yang kemudian digunakan untuk menjadi sumbu Z pada proses modeling tiga dimensi. Konversi *grayscale* juga dilakukan pada citra foto satelit. Hal ini dilakukan karena *library* PlotLy hanya bisa menampilkan warna dengan *array* dua dimensi atau *grayscale* pada warna *texture*.

Langkah selanjutnya dilakukan perintah *flip* pada kedua citra secara *horizontal* untuk menyesuaikan bentuk model tiga dimensi. Perintah *flip* menyesuaikan bentuk model tiga dimensi agar selalu menampilkan sisi selatan dari bentuk area pegunungan. Hal tersebut dilakukan untuk mempermudah pengguna dalam menentukan arah utara yang selalu berada di atas jika dalam peta dua dimensi.

3. Proses Rekonstruksi Tiga Dimensi

Setelah dilakukan *pre-processing* langkah selanjutnya yaitu melakukan rekonstruksi tiga dimensi. Nilai sumbu X dan nilai sumbu Y diambil dari nilai ukuran dimensi citra heightmap yang telah dilakukan *cropping*. Sedangkan nilai sumbu Z diambil dari nilai warna yang diambil dari citra *heightmap*. Pada proses ini peneliti menggunakan PlotLy untuk melakukan rekonstruksi tiga dimensi.

Setelah model tiga dimensi berhasil dibentuk, karena ukuran dimensi kedua citra sudah sama dengan perbandingan 1:1, maka langkah selanjutnya yaitu memberikan *texture* citra foto satelit pada model tiga dimensi.

3.2.2 Desain User Interface

Setelah melakukan design alur aplikasi, langkah selanjutnya yaitu melakukan desain *user interface*. Tujuan perancangan *user interface* yaitu agar pengguna bisa mengoperasikan aplikasi ini dengan mudah. Berikut desain *user interface* untuk aplikasi Rekonstruksi Tiga Dimensi Berdasarkan Citra Satelit Dua Dimensi Secara Otomatis:

1. Halaman Home

Halaman Home berisi *list* dari hasil rekonstruksi tiga dimensi yang sudah dilakukan sebelumnya. Halaman ini diberikan agar pengguna bisa melihat kembali hasil rekonstruksi tiga dimensi yang pernah dilakukan. Pada halaman ini pengguna dapat menggunakan *feature View* untuk melihat hasil rekonstruksi tiga dimensi

sebelumnya. Sedangkan *feature* Delete digunakan untuk menghapus hasil rekonstruksi tiga dimensi yang pernah dibuat sebelumnya.

2. Halaman Search

Halaman Search berfungsi sebagai tempat proses pencarian area yang akan dilakukan rekonstruksi tiga dimensi. Pada halaman ini berisi peta, *search area* dan kolom untuk menampilkan longitude dan tampilan latitude. Selain itu terdapat tombol Download Image untuk mendapatkan citra dua dimensi yang berupa citra heightmap dan citra foto satelit sebagai *input* untuk proses rekonstruksi tiga dimensi. Pada peta yang bisa dilakukan untuk mencari area geografis, peneliti menggunakan peta dari API MapBox dengan model peta *terrain*.

3. Halaman Generate 3D

Halaman Generate 3D berfungsi sebagai tempat proses rekonstruksi tiga dimensi. Pada halaman ini algoritma rekonstruksi tiga dimensi dijalankan. Pada halaman ini berisi *form* yang akan diisi oleh pengguna. Dalam halaman ini pengguna akan memasukan nama area, citra dua dimensi *heightmap* dan citra foto satelit. Selain itu juga terdapat tombol Upload untuk menjalankan proses rekonstruksi tiga dimensi.

3.2.3 Evaluasi

Setelah perancangan dan pengembangan selesai dilakukan maka tahap selanjutnya yaitu mengevaluasi model 3 dimensi yang telah dibangun. Tujuannya adalah untuk mengetahui keberhasilan dari algoritma rekonstruksi tiga dimensi yang telah dibuat dan memastikan agar model 3 dimensi sesuai dengan objek nyata. Pengujian yang dilakukan dibagi menjadi 2 yaitu metode Black Box untuk evaluasi sistem dan Pengujian Kecocokan untuk evaluasi hasil rekonstruksi tiga dimensi ke pakar.

Dalam pengujian kecocokan menggunakan penilaian kuesioner, peneliti menggunakan metode skala Likert karena berhubungan dengan pendapat seseorang. Skala Likert adalah skala yang umum digunakan dalam riset berupa survei dengan mengukur persepsi, sikap atau pendapat seseorang atau kelompok mengenai sebuah objek, peristiwa atau fenomena sosial, berdasarkan definisi operasional yang telah ditetapkan oleh peneliti. Skala Likert berisi beberapa butir pertanyaan untuk mengukur perilaku individu dengan merespon 5 titik pilihan pada setiap butir pertanyaan, sangat setuju, setuju, tidak memutuskan, tidak setuju, dan sangat tidak setuju (Budiaji, 2018). Pertanyaan kuesioner untuk pakar ditunjukkan pada Tabel 3.4

1. Pengujian *Black Box*

Metode Black Box yang dilakukan oleh peneliti berfungsi untuk memastikan bahwa fungsionalitas di dalam aplikasi yang telah selesai dibuat berjalan lancar seperti yang sudah dirancang sebelumnya.

Tabel 3.1 Skenario Pengujian Halaman Search

No.	Sknario	Hasil yang Diharapkan	Kesimpulan
1	Mencari area yang diinginkan menggunakan <i>feature search</i>	Menampilkan area yang diinginkan sesuai area yang dituliskan di form <i>search</i>	Berhasil / Gagal
2	Mencari area yang diinginkan dengan menuliskan longitude dan latitude	Menampilkan area yang diinginkan sesuai longitude dan latitude	Berhasil / Gagal
3	Melakukan drag location	Menampilkan longitude latitude yang sesuai dengan <i>pointer</i> yang di-drag	Berhasil / Gagal
4	Melakukan klik di tombol download	Mendapatkan citra heightmap dan citra foto satelit	Berhasil / Gagal

Tabel 3.2 Skenario Pengujian Halaman Generate 3D

No.	Sknario	Hasil yang Diharapkan	Kesimpulan
1	Memasukan nama objek area yang akan dilakukan rekonstruksi tiga dimensi di dalam form <i>Title</i>	Nama objek tersimpan di database	Berhasil / Gagal
2	Memilih citra dua dimensi pada folder PC di dalam form <i>choose file Heightmap</i>	Dapat mengambil citra dua dimensi yang dipilih	Berhasil / Gagal
3	Memilih citra dua dimensi pada folder PC di dalam form <i>choose file Texture</i>	Dapat memilih citra dua dimensi yang dipilih	Berhasil / Gagal
4	Melakukan klik di tombol Upload	Prosess rekonstruksi berjalan dan model 3 dimensi bisa langsung ditampilkan	Berhasil / Gagal

Tabel 3.3 Skenario Pengujian Halaman Home

No.	Sknario	Hasil yang Diharapkan	Kesimpulan
1	Melakukan preview model tiga dimensi	Model tiga dimensi dapat ditampilkan	Berhasil / Gagal
2	Menghapus model tiga dimensi	Model tiga dimensi terhapus dari <i>list history</i> dan <i>database</i>	Berhasil / Gagal

2. Pengujian Kuisisioner

Setelah dinyatakan lolos dari pengujian Black Box maka pengujian kedua yaitu mencari validitas ke pakar dengan mencocokkan model tiga dimensi hasil rekonstruksi dengan model tiga dimensi dari Google Earth. Pengujian yang dilakukan pada rekonstruksi tiga dimensi ini menggunakan instrumen kuesioner. Kuesioner merupakan teknik pengumpulan data yang dilakukan dengan cara memberi seperangkat pertanyaan tertulis kepada responden untuk dijawab (Sugiyono, 2013).

Uji validitas digunakan untuk mengukur sah, atau valid tidaknya suatu kuesioner. Suatu kuesioner dikatakan valid jika pertanyaan pada kuesioner mampu untuk mengungkapkan sesuatu yang akan diukur oleh kuesioner tersebut (Ghozali, 2009). Untuk subjek dari responden, peneliti membagikannya ke lima orang pakar yang ahli di bidang perpetaan, geografi, modeling tiga dimensi atau orang yang bekerja di lapangan. Setelah itu hasil dari perhitungan total skor didapatkan, maka selanjutnya akan dilakukan perhitungan rata-rata skor menggunakan persamaan

$$\text{Rata - Rata} = \frac{\text{Total Skor}}{\text{Total Responden}}$$

Setelah rata-rata skor didapatkan maka selanjutnya melakukan perhitungan rentang skala untuk menentukan kriteria nilai Likert. Berikut adalah persamaan perhitungan rentang skala

$$\text{Rentang Skala} = \frac{\text{Skor Tertinggi} - \text{Skor Terendah}}{\text{Jumlah Kategori}}$$

Maka rentang skala yang didapatkan yaitu $(5-1)/5 = 0,8$. Untuk mengetahui tingkat kesesuaian aspek penilaian responden terhadap aplikasi yang sudah dibuat, maka

nilai rata-rata skor akan dicocokkan dengan rata-rata skala Likert. Kriteria dari rentang skala Likert dapat dilihat pada Tabel 3. 4.

Tabel 3.4 Rentang Skor Likert

Nilai	Rentang	Keterangan
5	4,20 – 5,00	Sangat Layak
4	3,40 – 4,19	Layak
3	2,60 – 3,39	Cukup Layak
2	1,80 – 2,59	Tidak Layak
1	1 – 1,79	Sangat Tidak Layak

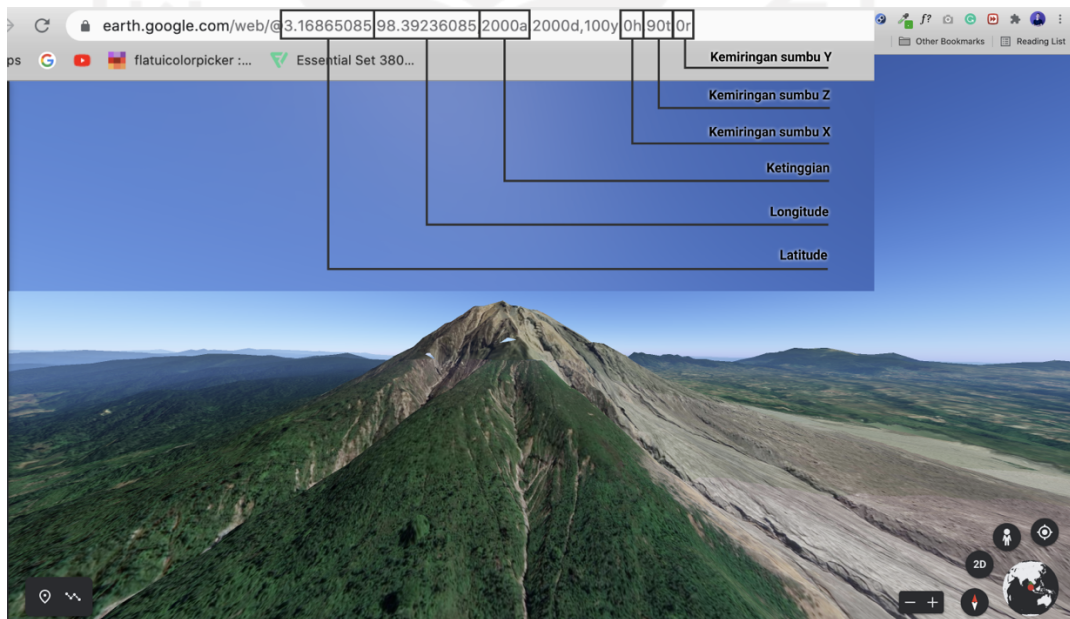
Untuk menganalisa data kuesioner mengenai ketepatan model tiga dimensi, peneliti menggunakan cara berikut:

Tabel 3.5 Pertanyaan Kuisisioner

Aspek	No.	Pernyataan	Penilaian (1-5)
Fungsi	1	Hasil pencarian area sesuai dengan kriteria yang dimasukan pengguna.	
	2	Hasil rekonstruksi tiga dimensi sesuai dengan citra dua dimensi yang pengguna pilih.	
	3	Desain interface aplikasi mudah untuk dioperasikan.	
	4	Alur sistem aplikasi mudah dimengerti oleh pengguna.	
	6	Pengguna bisa dengan mudah mencari area pada <i>section map</i> .	
Validasi	7	Model rekonstruksi tiga dimensi sudah mirip dengan objek asli.	
	8	Citra foto satelit model rekonstruksi tiga dimensi sudah mirip dengan objek asli.	
	9	Citra foto satelit dan model tiga dimensi sudah sinkron dengan tepat.	
	10	Letak <i>landscape</i> area sudah tepat seperti pada peta asli.	

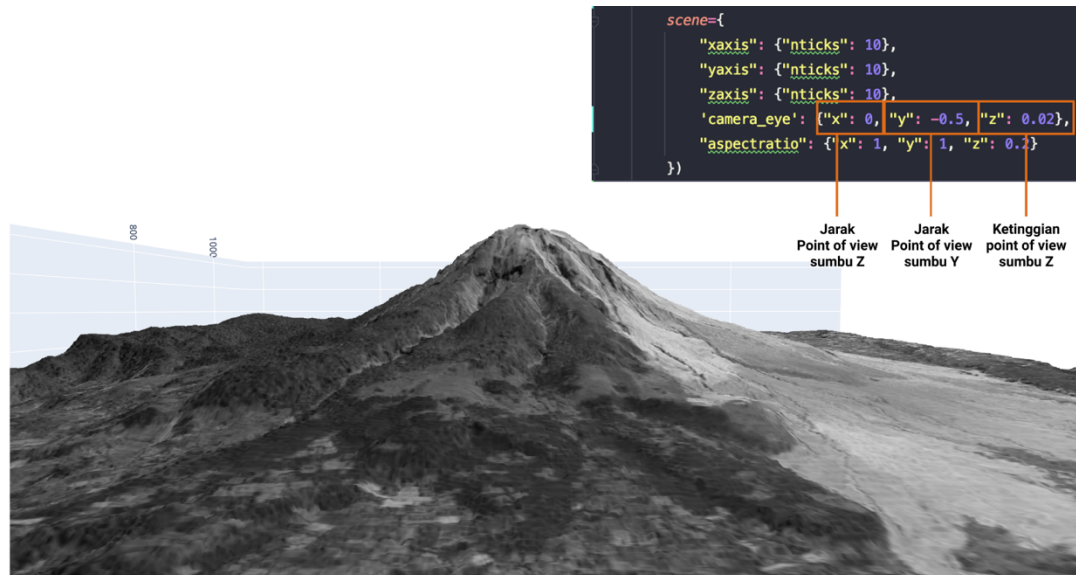
Untuk proses validasi secara objektif, peneliti mengambil tiga sampel model tiga dimensi dengan karakteristik yang berbeda dalam bentuk *screen capture* dari berbagai arah *point of view* yaitu melalui sisi selatan, sisi utara, sisi timur, dan sisi barat. Peneliti menggunakan perbandingan antara model tiga dimensi dari hasil rekonstruksi tiga dimensi dengan model tiga dimensi pada Google Earth. Peneliti melakukan pengaturan pada link Google Earth dengan cara melakukan edit link dengan memasukkan nilai longitude, latitude, kemiringan sumbu X, kemiringan sumbu Z, Kemiringan sumbu Y, dan ketinggian point of view seperti yang dijelaskan pada Gambar 3.12.

Pada Gambar 3.12 menampilkan gunung Sinabung dengan nilai latitude dan longitude sesuai dengan nilai pada saat melakukan pencarian area. Pada Gambar 3.12 kemiringan sumbu X dan Y yang bernilai 0 derajat. Nilai tersebut memberikan tampilan gunung Sinabung dari sisi selatan. Kemiringan pada sumbu Z bernilai 90 derajat memberikan tampilan gunung Sinabung yang tegak. Pengaturan ketinggian bernilai 2000 sehingga memberikan tampilan ketinggian yang mendekati puncak gunung Sinabung.



Gambar 3.12 Pengaturan Capture Image Google Earth

Untuk mendapatkan citra yang sama seperti dilakukan pada *capture image* Google Earth, peneliti melakukan pengaturan pada aplikasi rekonstruksi tiga dimensi seperti pada Gambar 3.13.

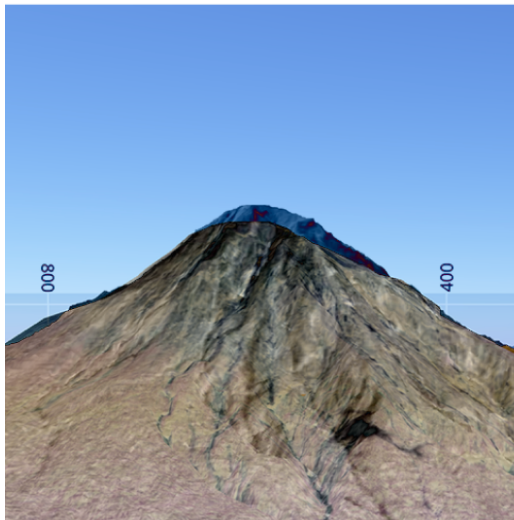


Gambar 3.13 Pengaturan Capture Image Aplikasi Rekonstruksi Tiga Dimensi

Pada Gambar 3.13 sumbu X diberikan nilai 0 dan sumbu y diberikan nilai -0.5 untuk mendapatkan tampilan model tiga dimensi gunung Sinabung dari sisi selatan. Untuk sumbu Z diberikan nilai 0.02 sesuai dengan perbandingan pada pengaturan Google Earth.

Dikarenakan model tiga dimensi dilakukan *screen capture* dalam berbentuk citra dua dimensi, Peneliti menggunakan bantuan Photosohp untuk melakukan *overlay* pada kedua citra *capture image* dan kemudian perintah *subtract* untuk mendapatkan hasil perbedaannya. Hasil potongan perbedaan kedua citra *capture image* seperti pada Gambar 3.14.

Overlay citra capture image Google Earth
& aplikasi rekonstruksi 3 dimensi



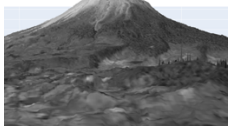
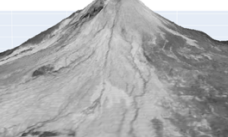
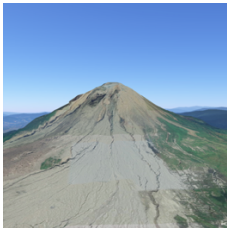
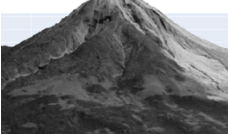
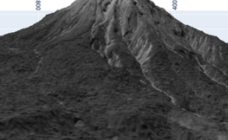
Hasil perbedaan kedua citra capture image
setelah dilakukan substract



Gambar 3.14 Proses Mendapatkan Perbedaan Pada Kedua Citra Capture Image

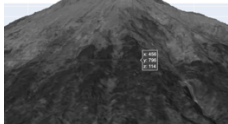
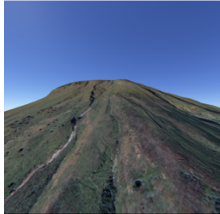
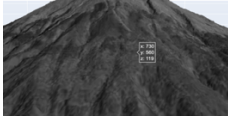
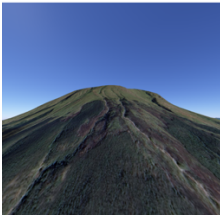
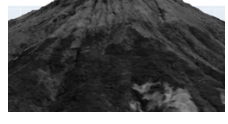
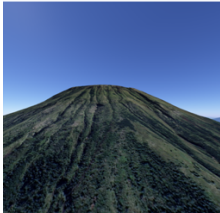
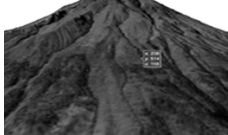
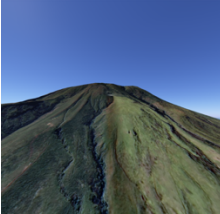
Setelah mendapatkan perbedaan pada kedua citra *capture image*, langkah selanjutnya yaitu menghitung presentasi kemiripan menggunakan pixel counter. Pixel counter akan membaca jumlah warna hitam dan putih yang kemudian akan digunakan untuk mengukur seberapa besar perbedaan dari kedua citra *capture image* dan menampilkan nilai presentasi ketepatan model tiga dimensi. Berikut list sampel model tiga dimensi yang akan dilakukan pengujian.

Tabel 3.6 Validasi Landmark Gunung Sinabung

	Rekonstuksi 3D	Google Earth	Perbedaan	Presentase Ketepatan
Sisi Utara				
Sisi Timur				
Sisi Selatan				
Sisi Barat				

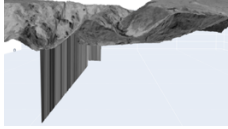
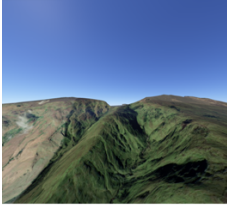
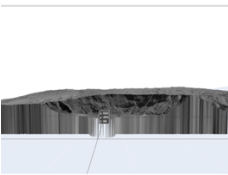
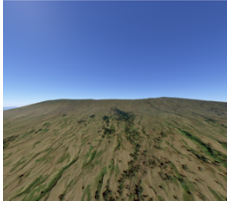
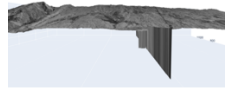
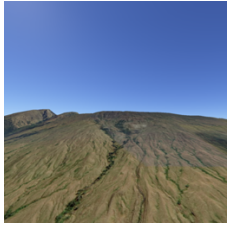
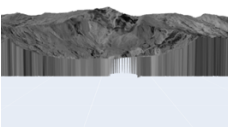
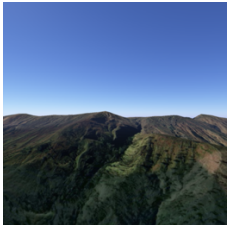


Tabel 3.7 Validasi Landmark Gunung Sumbing

	Rekonstuksi 3D	Google Earth	Perbedaan	Presentase Ketepatan
Sisi Utara				
Sisi Timur				
Sisi Selatan				
Sisi Barat				



Tabel 3.8 Validasi Landmark Gunung Tambora

	Rekonstuksi 3D	Google Earth	Perbedaan	Presentase Ketepatan
Sisi Utara				
Sisi Timur				
Sisi Selatan				
Sisi Barat				

Pembagian skala ini dilakukan dengan memperhatikan letak rentang bilangan. Sehingga pada kondisi maksimal yang diharapkan adalah 100%. Dari kondisi maksimal tersebut dibuat agar tiap kategori memiliki rentang persentase Antara nilai 1% sampai dengan nilai 100% dibagi rata (Arikunto, 2008) sehingga menghasilkan kategori kelayakan sistem seperti tabel berikut:

Tabel 3.9 Rentang Presentase Kelayakan

No	Rentang	Keterangan
1	81% – 100%	Sangat Layak
2	61% – 80%	Layak
3	41% – 60%	Cukup Layak
4	21% – 40%	Tidak Layak
5	1% – 20%	Sangat Tidak Layak

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Implementation (Implementasi)

Setelah melakukan analisis kebutuhan dan perancangan aplikasi, langkah selanjutnya yaitu implementasi. Pada tahap ini peneliti dapat mengimplementasi hasil perancangan sistem apakah akan berjalan baik atau tidak. Bentuk implementasi dari aplikasi yang dikembangkan adalah sebagai berikut:

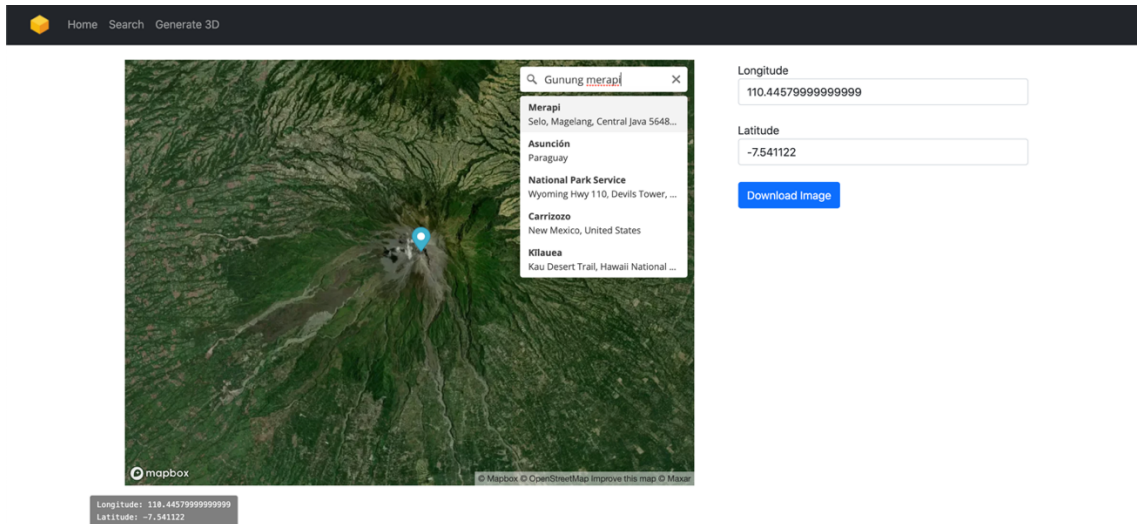
4.1.1 Implementasi Proses Pencarian Area

Langkah pertama yaitu memilih peta yang tepat dan dapat terlihat area geografis dengan jelas. Peneliti menggunakan peta MapBox dengan model *terrain* terbaru dengan versi 9 seperti pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Model Peta Terrain

Terdapat dua cara dalam melakukan pencarian area, cara pertama dengan memasukan nilai longitude dan latitude pada *form* yang telah disediakan dan cara kedua yaitu dengan memasukan nama area pada kolom pencarian di dalam peta seperti pada Gambar 4.2.



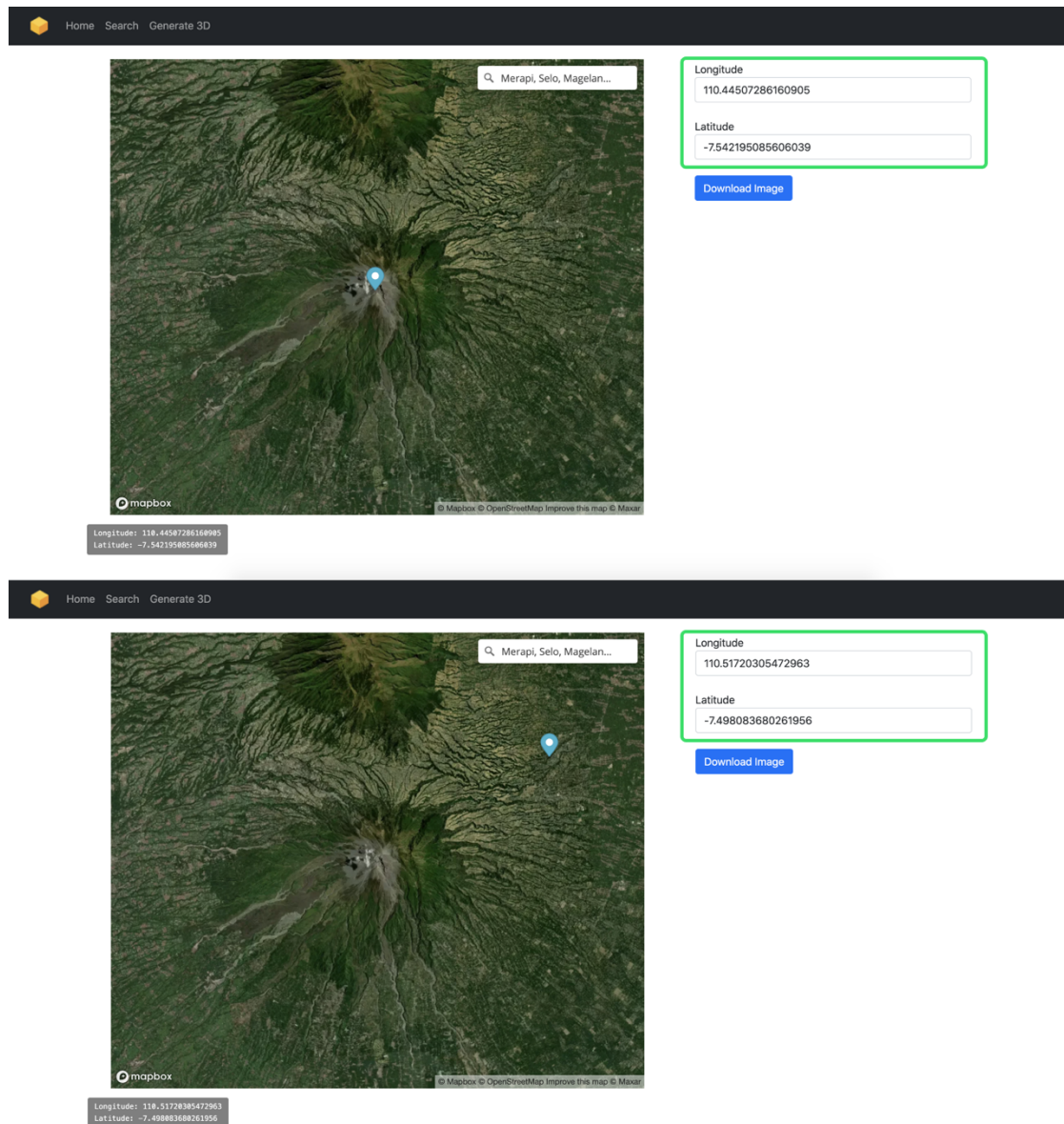
Gambar 4.2 Halaman Pencarian Area

Pada cara kedua yaitu dengan memasukkan nama area pada kolom pencarian, untuk mendapatkan nilai longitude dan latitude diperlukan Geocoder dari MapBox API. Peneliti melakukan setting di geocoder seperti pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3 Kode Untuk Mengambil Longitude dan Latitude

Pada *line* 68 hingga 75 proses pengambilan nilai longitude dan latitude dilakukan dengan cara hanya mengambil nilai Geocoder pada bagian *coordinates* yang berisi longitude dan latitude kemudian memisahkan kedua nilai dan diberikan **id** masing-masing seperti pada *line* 74 dan 75. Setelah longitude dan latitude didapatkan, maka akan ditampilkan di *form* longitude dan latitude seperti pada Gambar 4.2. Geocoder juga berpengaruh pada pin di dalam peta sehingga nilai longitude dan latitude akan berubah jika pin digeser seperti Gambar 4.4.



Gambar 4.4 Pengambilan Nilai Longitude dan Latitude Berdasarkan Pin

Setelah meletakkan pin di area yang diinginkan serta telah mendapatkan nilai longitude dan latitude, langkah selanjutnya yaitu membuat fungsi yang dapat melakukan *edit link* secara otomatis seperti pada Gambar 4.5.

```

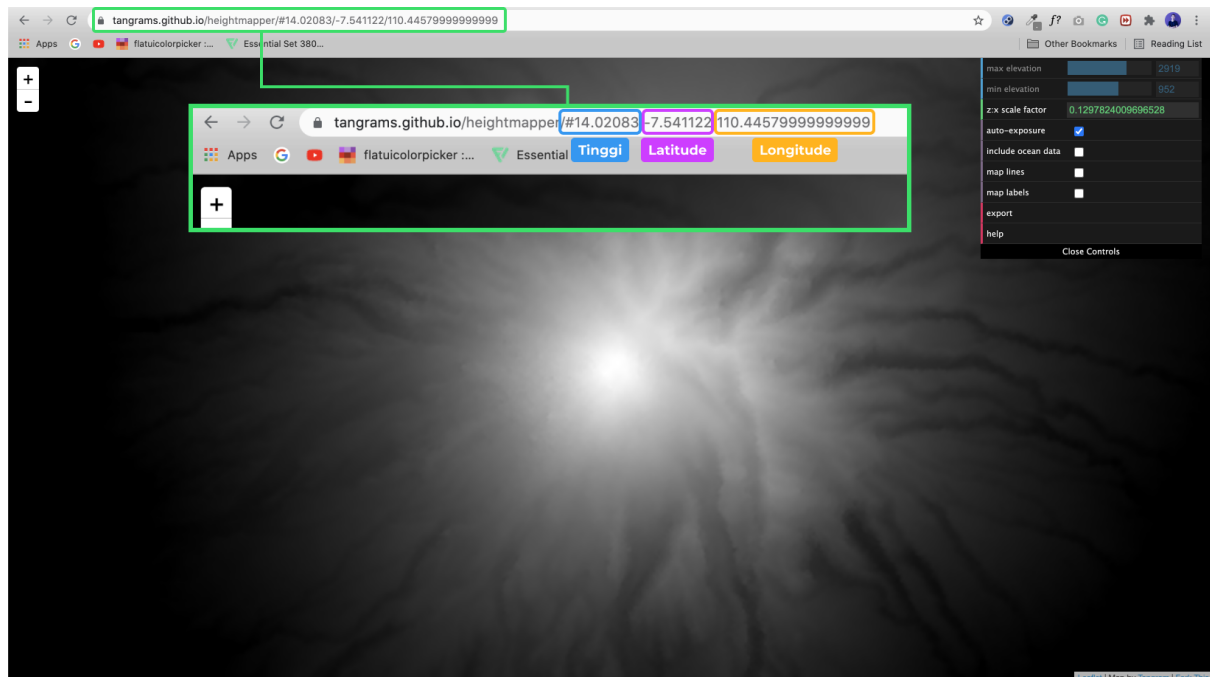
35 def post(self, request, *args, **kwargs):
36     long = float(request.POST['lon'])
37     lati = float(request.POST['lat'])
38     ...
52
53     tampil1 = 'https://tangrams.github.io/heightmapper/#14.02083/{lati}/{long}'.format(
54         long=long, lati=lati)
55
56     tampil2 = 'https://api.mapbox.com/styles/v1/mapbox/satellite-v9/static/{long},{lati},12,0.00,0.00/960x540@2x?acce
57         long=long, lati=lati)
58

```

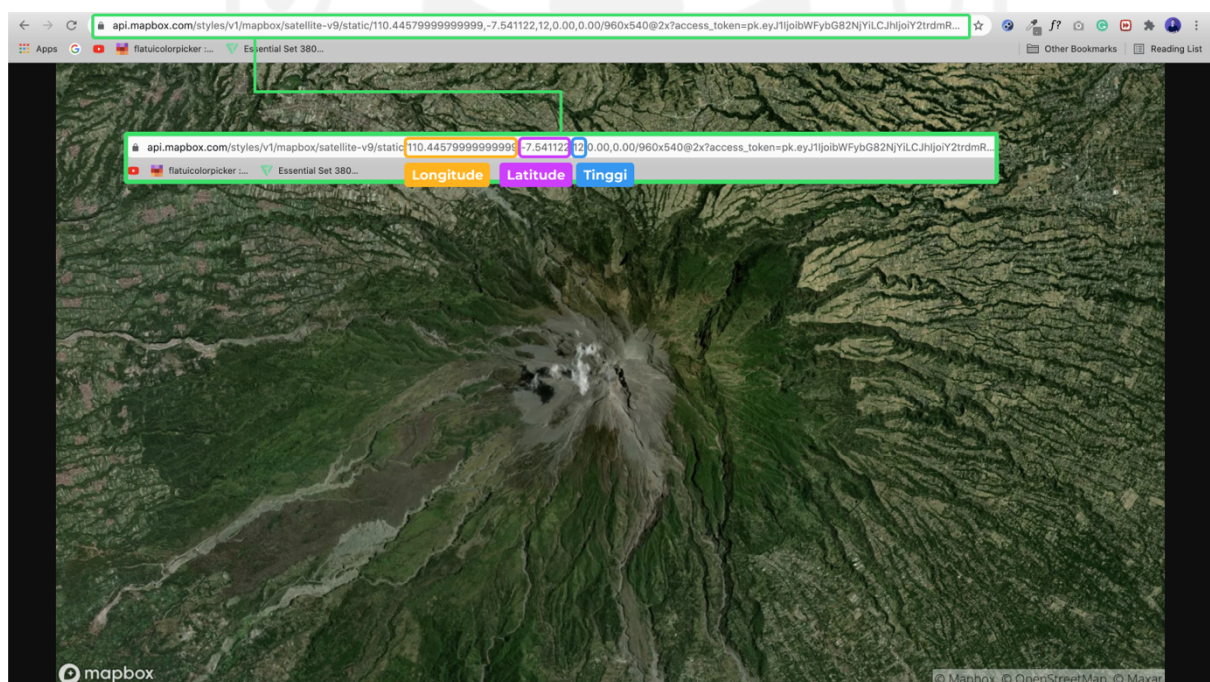
Gambar 4.5 Kode Untuk Edit Link Pada Kedua Website Penyedia Citra Dua Dimensi

Pada *line* 35 hingga 37 dilakukan fungsi untuk mengambil nilai longitude dan latitude pada *form* di Gambar 4.2. Pada *line* 36 dan 37 dilakukan **request.POST** dari nilai yang dimasukan kedalam *form* longitude dan latitude seperti pada Gambar 4.2. Untuk melakukan *edit link* pada Tangram Heightmap dilakukan pada *line* 53 dan 54. Peneliti mengganti nilai longitude dan latitude pada *link* Tangram Heightmap seperti pada *line* 53. Peneliti juga memberikan pengaturan ketinggian yang bersifat tetap yaitu 14.02083 seperti pada *line* 53.

Untuk melakukan *edit link* pada *static map* MapBox dilakukan pada *line* 56 dan 57. Peneliti mengganti nilai longitude dan latitude pada *link static map* MapBox seperti pada *line* 56. Peneliti juga memberikan pengaturan ketinggian yang bersifat tetap menggunakan nilai bawaan dari MapBox yaitu 12 seperti pada *line* 53. Sudut kemiringan *static map* MapBox diatur 0.00, 0.00 sehingga citra yang diambil tepat dari atas area yang dipilih. Selain itu peneliti mengatur ukuran *static map* MapBox dengan ukuran 960x540@2 yang berarti (960x540)x2 atau 1920x1080. Pengaturan ukuran dilakukan sedemikian rupa karena terdapat batas maksimum ukuran *static map* MapBox. Pada Gambar 4.6 dan Gambar 4.7 adalah *website* Tangram Heightmap dan *website static map* MapBox jika ditampilkan di dalam *browser*.



Gambar 4.6 Hasil *Edit Link* Tangram Heightmap



Gambar 4.7 Hasil *Edit Link Static Map* Mapbox

Setelah kedua citra berhasil didapatkan, langkah berikutnya yaitu melakukan *capture image* terhadap kedua citra. hasil *capture* dari Tangram Heightmap akan digunakan menjadi masukan citra *heightmap*, sedangkan hasil *capture static map* MapBox akan digunakan sebagai *texture* pada model tiga dimensi. Kedua halaman pada Gambar 4.6 dan Gambar 4.7 tidak akan

ditampilkan tetapi hanya diambil dari balik layar menggunakan API Flash menggunakan kode pada Gambar 4.8.

```

59  params = urlencode(dict(access_key="59a30d0256ce48adb2c13172a20cb676",
60                          url=tampil1,
61                          height=1080,
62                          width=1920
63                          ))
64  urlretrieve("https://api.apiflash.com/v1/urltoimage?" + params, "../../Downloads/heightmap.png")
65
66  params2 = urlencode(dict(access_key="59a30d0256ce48adb2c13172a20cb676",
67                           url=tampil2
68                           ))
69  urlretrieve("https://api.apiflash.com/v1/urltoimage?" + params2, "../../Downloads/texture.png")
70

```

Gambar 4.8 Kode *Capture* Kedua Citra Menggunakan API Flash

Pada *line* 59 hingga 64 adalah kode untuk melakukan *capture* pada Tangram Heightmap. Pada *line* 60 diberikan *link* Tangram Heightmap dalam yang sudah dilakukan *edit link* seperti Gambar 4.5 dan dimasukan ke dalam variable **tampil1**. Ukuran *capture* pada Tangram Heightmap diatur dengan lebar 1920 dan tinggi 1080 seperti pada *line* 61 dan 62. Pada *line* 64 dilakukan penempatan lokasi *download* citra heightmap pada *local storage* dengan format *file* png.

Sedangkan pada *line* 66 hingga 69 adalah kode untuk melakukan *capture* pada *static map* MapBox. Pada *line* 67 diberikan *link static map* MapBox yang sudah dilakukan *edit link* seperti Gambar 4.5 dan dimasukan ke dalam variable **tampil2**. Ukuran *capture* pada *static map* MapBox tidak perlu diatur karena pada langkah *edit link* telah diatur ukurannya dengan lebar 1920 dan tinggi 1080. Pada *line* 64 dilakukan penempatan lokasi *download* citra *static map* MapBox pada *local storage* dengan format *file* png.

4.1.2 Implementasi *Pre-Processing*

Pada tahap *pre-processing* peneliti akan dilakukan optimasi kedua citra dua dimensi yang nantinya akan diolah menjadi model tiga dimensi. Langkah pertama yaitu memanggil *library* pengolahan citra seperti OpenCV, Numpy, dan Plotly ke dalam file processing seperti pada *line* 1 hingga 3 pada Gambar 4.9.

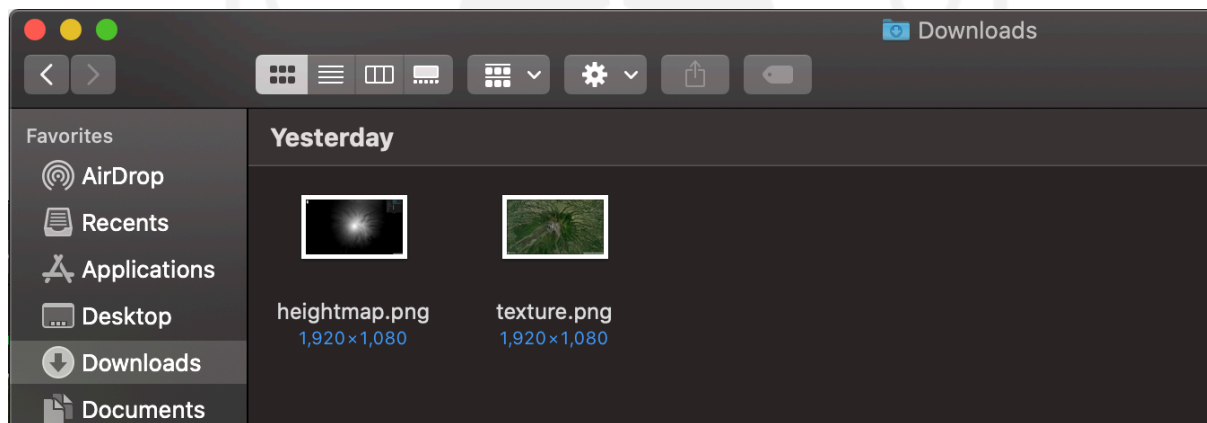
```

1 import cv2
2 import numpy as np
3 import plotly.graph_objects as go
4 ...
7
8 def process(heightmap_path, texture_path):
9     print(texture_path)
10    heightmap = cv2.imread(heightmap_path)
11    texture = cv2.imread(texture_path)
12    ...
29

```

Gambar 4.9 Input Kedua Citra Untuk Dilakukan Pre-Processing

Untuk memasukan hasil *capture* citra heightmap dan citra *static map* Mapbox ke dalam aplikasi rekonstruksi tiga dimensi, peneliti menggunakan perintah **imread** seperti pada *line* 10 dan 11. untuk membaca kedua citra. Pada Gambar 4.10 terdapat dua *file* citra heightmap dan *texture* yang ada di *local storage*.

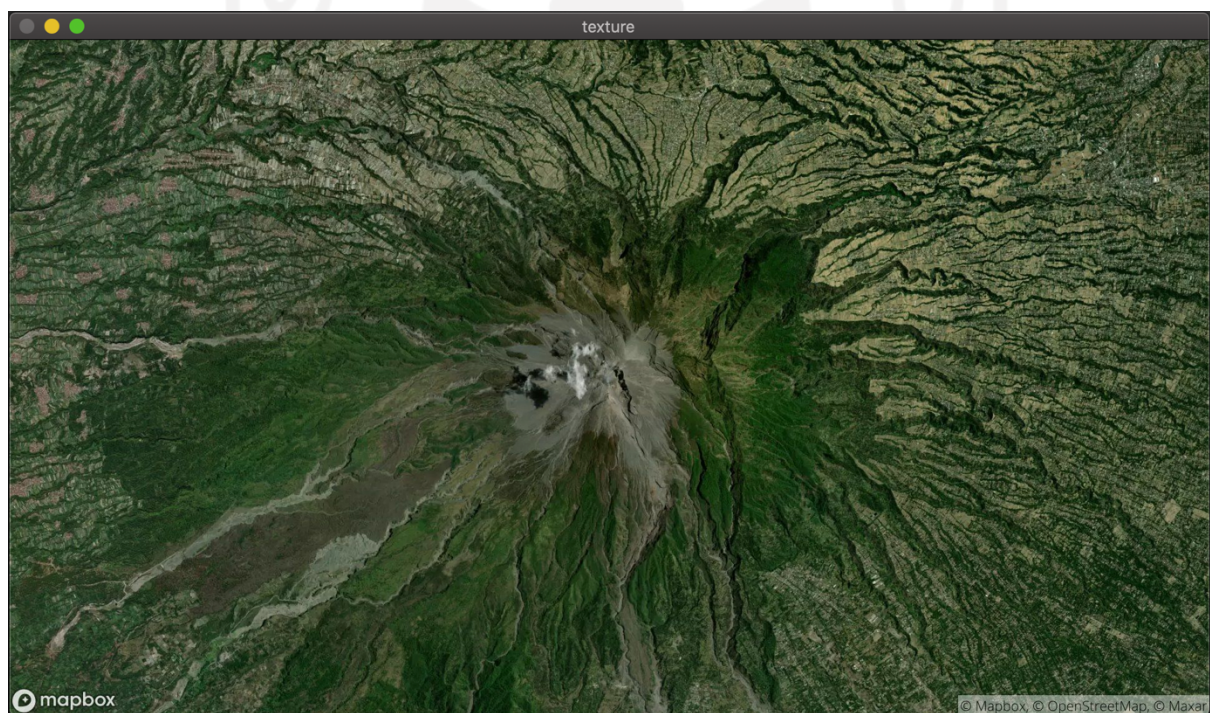


Gambar 4.10 Membaca Citra Dua Dimensi

Ketika melakukan **imread** terhadap kedua citra, maka kedua citra tersebut akan tertampung dalam *storage* sementara dan sudah bisa dilakukan pengolahan citra. Untuk mengetahui apakah proses pembacaan citra sudah berhasil bisa dengan melakukan perintah **imshow** pada kedua citra. Pada Gambar 4.11 dan Gambar 4.12 adalah hasil pembacaan citra yang sudah berhasil dibaca dan kemudian dicoba ditampilkan menggunakan **imshow**.



Gambar 4.11 Membaca Citra Heightmap



Gambar 4.12 Membaca Citra Foto Satelit

Agar model tiga dimensi fokus ke objek yang dipilih, maka langkah selanjutnya yaitu melakukan *cropping* ke dalam bentuk persegi. Berikut adalah kode yang dilakukan untuk melakukan *cropping* pada citra *heightmap*.


```

30     size_heightmap = heightmap.shape
31     x = size_heightmap[1]/2 - size_heightmap[1] / 4
32     y = size_heightmap[0]/2 - size_heightmap[0] / 2
33     crop_heightmap = heightmap[int(y):int(y + size_heightmap[0]), int(x):int(x + (size_heightmap[1] / 2))]
34

```

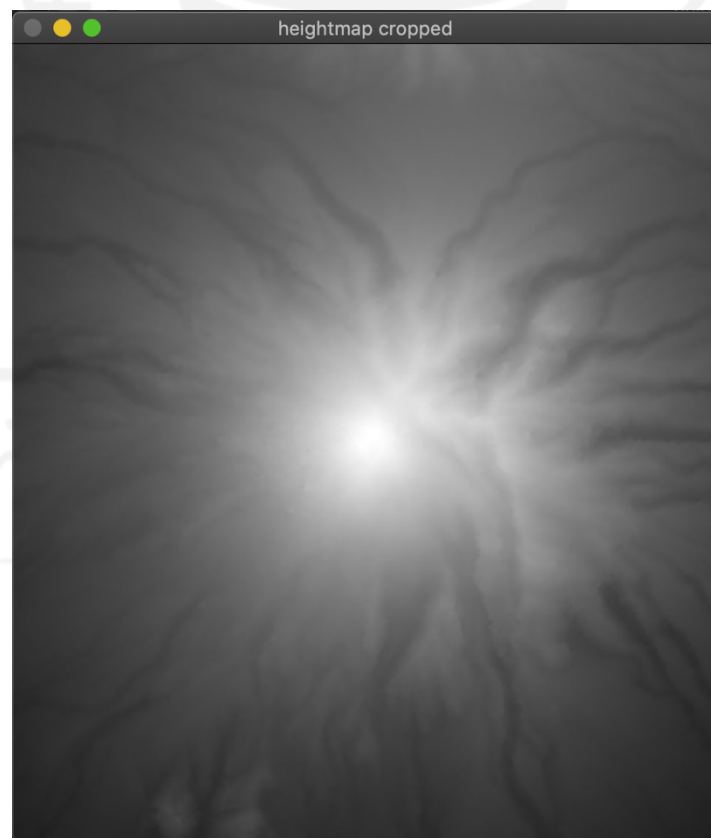
Gambar 4.13 Kode Untuk Melakukan Crop

Pada *line* 30 hingga 32 dilakukan algoritma untuk mendapatkan nilai ukuran yang akan diambil. Pada *line* 31 **size_heightmap[1]** adalah *width* dari citra *heightmap*. Sedangkan pada *line* 32 **size_heightmap[0]** adalah *height* pada citra *heightmap*. Untuk mendapatkan citra 1:1 dilakukan *cropping* dari tengah maka dilakukan fungsi pada *line* 33. Jika diterjemahkan menjadi angka maka:

$$\text{crop_heightmap} = [0: (0 + 1080), 480: (480 + \frac{1920}{2})]$$

$$\text{crop_heightmap} = [0: 1080, 480: 1440]$$

Dari angka tersebut maka diperoleh hasil crop dengan tinggi dari titik 0 hingga titik 1080 pada lebar dari titik 480 hingga 1440. Sehingga menghasilkan citra persegi seperti pada Gambar 4.14.



Gambar 4.14 Hasil Crop Citra Heightmap

Setelah melakukan *cropping* pada citra *heightmap*, citra foto satelit juga harus dilakukan *cropping* agar mendapatkan ukuran yang sama. Cara yang digunakan sama seperti cara *cropping* pada citra *heightmap*. Berikut adalah kode yang dilakukan untuk melakukan *cropping* pada citra foto satelit.

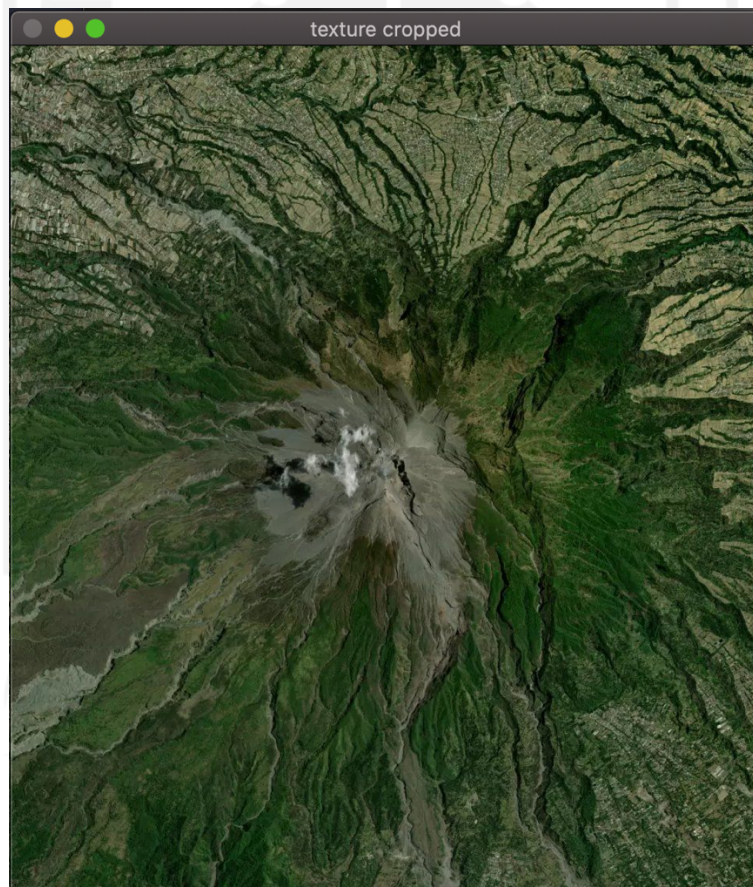
```

35  ...
42  size_texture = texture.shape
43  x2 = size_texture[1] / 2 - size_texture[1] / 4
44  y2 = size_texture[0] / 2 - size_texture[0] / 2
45  crop_texture = texture[int(y2):int(y2 + size_texture[0]), int(x2):int(x2 + (size_texture[1] / 2))]
46

```

Gambar 4.15 Kode Untuk Melakukan Crop Citra Foto Satelit

Pada *line* 42 hingga 44 Gambar 4.15 dilakukan algoritma untuk mendapatkan nilai ukuran yang akan diambil, sedangkan pada *line* 45 adalah di mana *cropping* dilakukan. Pada Gambar 4.16 adalah hasil *cropping* citra foto satelit.



Gambar 4.16 Hasil Crop Citra Foto Satelit

Langkah selanjutnya yaitu melakukan konversi citra *heightmap* dan citra foto satelit yang telah dilakukan *cropping* menjadi *grayscale*. Konversi dilakukan dengan cara merubah format warna RGB pada kedua citra menjadi *grayscale* seperti pada Gambar 4.17.

```

47 grayscale_heightmap = cv2.cvtColor(crop_heightmap, cv2.COLOR_BGR2GRAY)
48 grayscale_texture = cv2.cvtColor(crop_texture, cv2.COLOR_BGR2GRAY)
49

```

Gambar 4.17 Konversi Citra *Heightmap* dan Citra Foto Satelit ke *Grayscale*

Setelah melakukan konversi citra heightmap dan citra foto satelit ke *grayscale*, langkah berikutnya yaitu melakukan *flip* nilai citra agar bisa dibaca dengan mudah. Pada Gambar 4.18 peneliti menggunakan **flipud** untuk melakukan *flip* nilai kedua citra secara *horizontal*.

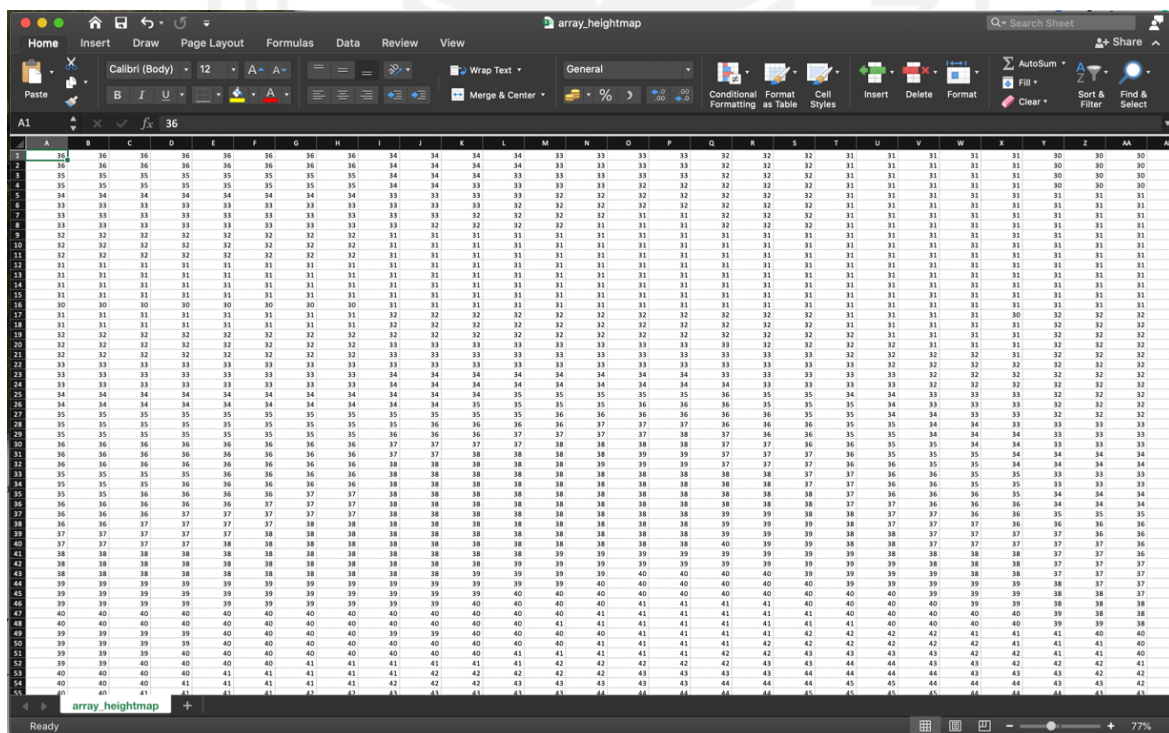
```

49
50 flip_heightmap = np.flipud(grayscale_heightmap)
51 flip_texture = np.flipud(grayscale_texture)
52

```

Gambar 4.18 Melakukan Flip Nilai Citra Secara Horizontal

Setelah kedua citra dilakukan **flipud** langkah selanjutnya yaitu membaca nilai warna *grayscale* citra heightmap dalam bentuk *array*. Karena citra *grayscale* pada heightmap mempunyai nilai 0 hingga 255, maka akan terbaca nilai per-pixel dan ditampung dalam bentuk *array* seperti Gambar 4.19.



Gambar 4.19 Citra Heightmap Cropped Dalam Bentuk Array

Array heightmap yang telah dilakukan *cropping* dan konversi *grayscale* akan digunakan sebagai nilai sumbu Z pada grafik PlotLy. Sedangkan untuk nilai sumbu X dan sumbu Y diambil dari ukuran citra heightmap yang telah dilakukan *cropping*.

```

53     size_crop_heightmap = crop_heightmap.shape
54     sizeX = size_crop_heightmap[1]
55     sizeY = size_crop_heightmap[0]
56     arrayX = list(range(1, sizeX))
57     arrayY = list(range(1, sizeY))
58     arrayZ = flip_heightmap
59     overlay_texture = flip_texture
60

```

Gambar 4.20 Pembuatan Nilai X dan Y Grafik PlotLy

Pada *line* 53 hingga 55 dilakukan pengambilan nilai ukuran dimensi dari *variable* **crop_heightmap** atau ukuran citra heightmap yang telah dilakukan *cropping*. Pada *line* 56 hingga 57 dilakukan pengambilan nilai untuk digunakan pada sumbu X dan sumbu Y yang dimulai dengan nilai 1 hingga nilai ukuran *width* dan *height* citra heightmap yang telah dilakukan *cropping*. Nilai *width* dan *height* ditampung dalam *variable* **sizeX** dan **sizeY**. Sedangkan nilai Z diambil dari *variable* **flip_heightmap** yaitu nilai citra heightmap yang telah dilakukan *flip* pada langkah sebelumnya. Pada *line* 59 *variable* **overlay_texture** memanggil *variable* **flip_texture** yaitu nilai citra foto satelit yang telah dilakukan *flip*. *Variable* **overlay_texture** digunakan sebagai citra *texture* yang akan ditempelkan pada nanti saat proses *modelling* tiga dimensi.

4.1.3 Modeling Tiga Dimensi

Setelah mendapatkan nilai nilai sumbu X, sumbu Y, dan sumbu Z, langkah selanjutnya yaitu melakukan modeling tiga dimensi. Ketiga nilai sumbu tersebut dimasukan pada *line* 63 hingga 65 pada Gambar 4.21.

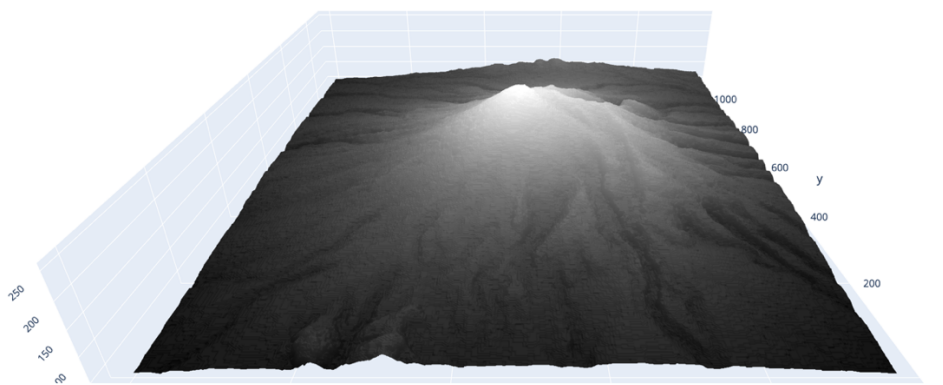
```

61     fig = go.Figure(
62         go.Surface(
63             x=arrayX,
64             y=arrayY,
65             z=arrayZ,
66             hidesurface=False,
67             surfacecolor=overlay_texture,
68             ...
73             colorscale=[[0, 'rgb(0,0,0)'], [1, 'rgb(255,255,255)']],
74             showscale=False
75         )
76     )
77

```

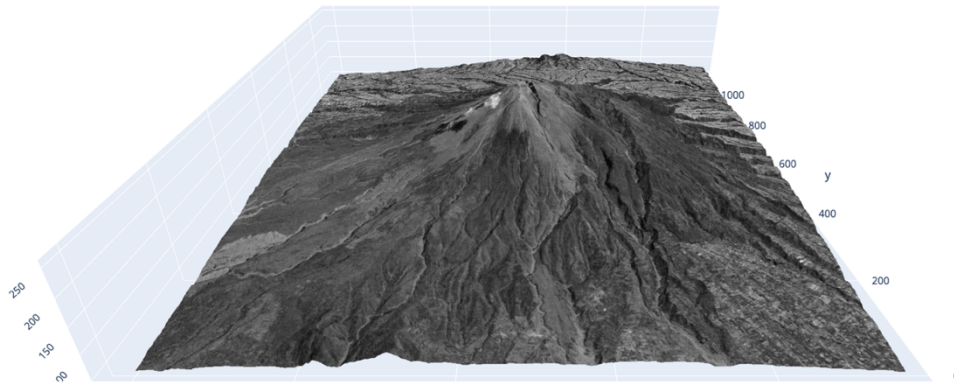
Gambar 4.21 Kode Untuk Modeling Tiga Dimensi

Dikarenakan PlotLy hanya bisa menggunakan warna dengan dua *dimensional array*, maka pada *line 73* diberikan **colorscale** **rgb(0,0,0)** atau hitam untuk area rendah dan **rgb(255,255,255)** atau putih untuk area tinggi. Pada Gambar 4.22 hasil model tiga dimensi sudah berhasil dilakukan namun pada *texture* masih berupa warna *grayscale* yang berasal dari warna **colorscale** yang diberikan sebelumnya.



Gambar 4.22 Hasil Rekonstruksi Berdasarkan Array Heightmap

Setelah model tiga dimensi terbentuk, langkah selanjutnya yaitu menambahkan *texture* pada model tiga dimensi. Pada *line 67* diberikan *surfacecolor* berupa *variable* **overlay_texture** yang berisi citra foto satelit. Hasil model tiga dimensi yang telah ditambahkan *texture* bisa dilihat pada Gambar 4.23.



Gambar 4.23 Hasil Rekonstruksi Yang Telah Ditambahkan Texture

4.2 Evaluasi

Setelah aplikasi Rekonstruksi Tiga Dimensi Area Pegunungan Berdasarkan Citra Satelit Dua Dimensi Secara Otomatis telah diimplementasikan langkah selanjutnya yaitu melakukan evaluasi. Evaluasi dilakukan untuk mengetahui hasil dari pengujian aplikasi yang dibangun sudah layak dan sesuai dengan kebutuhan. Evaluasi dilakukan dengan melakukan blackbox testing serta melakukan penilaian kepada responden dengan memberikan penilaian dan saran/komentar pada lembar kuisioner yang telah dibagikan.

4.2.1 Pengujian Blackbox

Berikut adalah hasil pengujian blackbox yang telah dilakukan pada aplikasi untuk menguji fungsionalitas dan mengetahui keberhasilan aplikasi.

Tabel 4.1 Skenario Pengujian Halaman Search

No.	Sknario	Hasil yang Diharapkan	Kesimpulan
1	Mencari area yang diinginkan menggunakan <i>feature search</i>	Menampilkan area yang diinginkan sesuai area yang dituliskan di form <i>search</i>	Berhasil
2	Mencari area yang diinginkan dengan menuliskan longitude dan latitude	Menampilkan area yang diinginkan sesuai longitude dan latitude	Berhasil

3	Melakukan drag location	Menampilkan longitude latitude yang sesuai dengan <i>pointer</i> yang di-drag	Berhasil
4	Melakukan klik di tombol download	Mendapatkan citra heightmap dan tekstur	Berhasil

Tabel 4.2 Skenario Pengujian Halaman Generate 3D

No.	Sknario	Hasil yang Diharapkan	Kesimpulan
1	Memasukan nama objek area yang akan dilakukan rekonstruksi tiga dimensi di dalam form <i>Title</i>	Nama objek tersimpan di database	Berhasil
2	Memilih citra dua dimensi pada folder PC di dalam form <i>choose file Heightmap</i>	Dapat mengambil citra dua dimensi yang dipilih	Berhasil
3	Memilih citra dua dimensi pada folder PC di dalam form <i>choose file Texture</i>	Dapat memilih citra dua dimensi yang dipilih	Berhasil
4	Melakukan klik di tombol Upload	Prosess rekonstruksi berjalan dan model 3 dimensi bisa langsung ditampilkan	Berhasil

Tabel 4.3 Skenario Pengujian Halaman Home

No.	Sknario	Hasil yang Diharapkan	Kesimpulan
1	Melakukan preview model tiga dimensi	Model tiga dimensi dapat ditampilkan	Berhasil
2	Menghapus model tiga dimensi	Model tiga dimensi terhapus dari <i>list history</i> dan <i>database</i>	Berhasil

Semua sistem berhasil dilakukan pengetesan dan berjalan lancar. Maka dari itu aplikasi ini telah lolos dari pengujian Black Box Testing.

4.2.2 Pengujian Kuisiener

Berikut adalah hasil pengujian kuisiener yang disebar melalui Google Form untuk menguji fungsionalitas ke pengguna dan validasi ke lima pakar yang berprofesi dan bersinggungan dengan bidang geografis.

Tabel 4.4 Pertanyaan Kuisiener

Aspek	No.	Pernyataan	Penilaian					Skor
			1	2	3	4	5	
Fungsi	1	Hasil pencarian area sesuai dengan kriteria yang dimasukan pengguna.				3	2	4,4
	2	Hasil rekonstruksi tiga dimensi sesuai dengan citra dua dimensi yang pengguna pilih.				2	3	4,6
	3	Desain interface aplikasi mudah untuk dioperasikan.				4	1	4,2
	4	Alur sistem aplikasi mudah dimengerti oleh pengguna.				4	1	4,2
	5	Pengguna bisa dengan mudah mencari area pada <i>section map</i> .				3	2	4,4
Validasi	6	Model rekonstruksi tiga dimensi sudah mirip dengan objek asli.				1	4	4,8
	7	Citra foto satelit model rekonstruksi tiga dimensi sudah mirip dengan objek asli.				3	2	4,4
	8	Citra foto satelit dan model tiga dimensi sudah sinkron dengan tepat.				2	3	4,6
	9	Letak <i>landscape</i> area sudah tepat seperti pada peta asli.				1	4	4,8

Hasil pengujian kuisioner pada Tabel 4.4 diperoleh dengan rata-rata sebagai berikut:

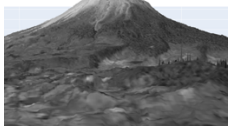
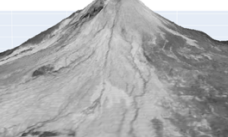
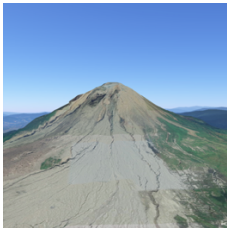
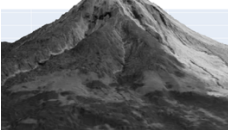
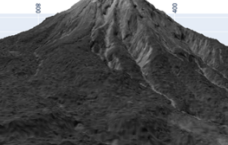
- a. Aspek Fungsi : 4,36
- b. Aspek Validasi : 4,65

Setelah mendapat hasil penilaian pada Tabel 4.4, Aspek Fungsi dan Aspek Validasi dikatakan sangat layak. Sedangkan nilai rata-rata dari pengujian tersebut adalah 4,5. Dari hasil rata-rata tersebut dapat disimpulkan bahwa aplikasi yang dibuat Sangat Layak.

4.2.3 Pengujian Validasi

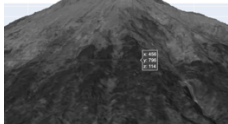
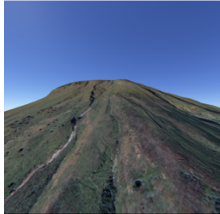
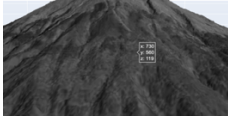
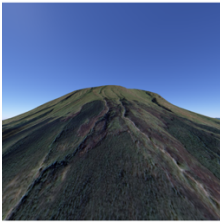
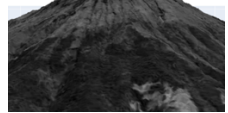
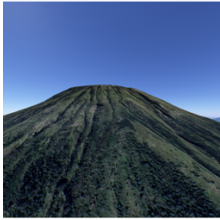
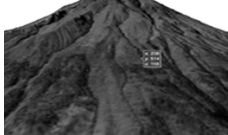
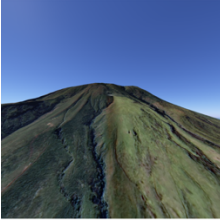
Pengujian validasi digunakan untuk melakukan validasi bentuk model tiga dimensi yang berhasil dilakukan rekonstruksi tiga dimensi. Pengujian ini dilakukan ke lima orang ahli yang bekerja di bidangnya. Pada pengujian validasi diberikan Batasan masalah jika citra hasil rekonstruksi berupa grayscale. Berikut adalah hasil pengujian validasi ke pakar untuk lima sampel gunung berapi dengan bentuk geografis yang berbeda serta tempat yang berbeda.

Tabel 4.5 Validasi Landmark Gunung Sinabung

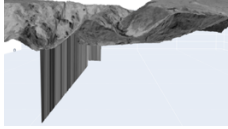
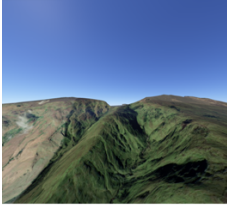
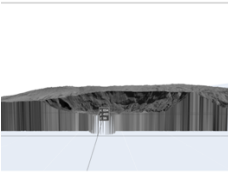
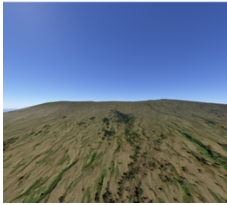
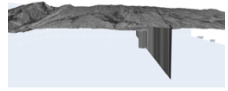
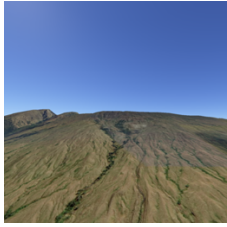
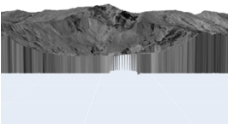
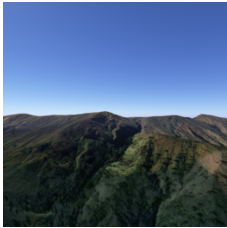
	Rekonstuksi 3D	Google Earth	Perbedaan	Presentase Ketepatan
Sisi Utara				99.1848%
Sisi Timur				98.5788%
Sisi Selatan				99.1384%
Sisi Barat				98.2372%



Tabel 4.6 Validasi Landmark Gunung Sumbing

	Rekonstuksi 3D	Google Earth	Perbedaan	Presentase Ketepatan
Sisi Utara				98.5144%
Sisi Timur				97.0228%
Sisi Selatan				98.8068%
Sisi Barat				98.5924%

Tabel 4.7 Validasi Landmark Gunung Tambora

	Rekonstuksi 3D	Google Earth	Perbedaan	Presentase Ketepatan
Sisi Utara				99.642%
Sisi Timur				99.358%
Sisi Selatan				98.8596%
Sisi Barat				98.816%



Tabel 4.8 Tabel Rata-Rata Validasi

Nama Landmark	Nilai Sisi Utara	Nilai Sisi Timur	Nilai Sisi Selatan	Nilai Sisi Barat	Rata-Rata	Kesimpulan
Gunung Sinabung	99.1848%	98.5788%	99.1384%	98.2372%	98.78%	Sangat Layak
Gunung Sumbing	98.5144%	97.0228%	98.8068%	98.5924%	98.23%	Sangat Layak
Gunung Tambora	99.642%	99.358%	98.8596%	98.816%	99.17%	Sangat Layak

Hasil pengujian validasi yang menggunakan *pixel counter* dikumpulkan pada Tabel 4.10 dan diperoleh bahwa dari hasil rata-rata tersebut dapat disimpulkan bahwa hasil validasi objek tiga dimensi yang dibuat Sangat Layak.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Setelah dilakukan pengembangan dan evaluasi aplikasi Rekonstruksi Tiga Dimensi Area Pegunungan Berdasarkan Citra Satelit Dua Dimensi Secara Otomatis bisa disimpulkan bahwa:

1. Aplikasi Rekonstruksi Tiga Dimensi Berdasarkan Citra Satelit Dua Dimensi dapat melakukan rekonstruksi tiga dimensi sesuai yang pengguna inginkan. Hasil dari rekonstruksi berupa model tiga dimensi yang memiliki tipe *file* html
2. Aplikasi Rekonstruksi Tiga Dimensi Berdasarkan Citra Satelit Dua Dimensi dapat melakukan mencari citra satelit dua dimensi yang berupa citra heightmap dan citra *texture*.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil dari aplikasi yang telah dibangun, maka peneliti menyarankan untuk peneliti yang akan mengembangkan di masa yang akan datang sebagai berikut:

1. Dapat menemukan sumber input data citra dua dimensi yang lain yang bisa *update* secara lebih berkala.
2. Dengan perkembangan teknologi, peneliti selanjutnya dapat mengembangkan proses pengolahan data array sehingga dapat menghasilkan texture model tiga dimensi yang lebih nyata.
3. Dengan perkembangan teknologi, peneliti selanjutnya dapat menambahkan *longitude* dan *latitude* serta *altitude* pada model tiga dimensi.

DAFTAR PUSTAKA

- Thomas A. Enderson. (2019). *Engineer Your Career: A Complete Guide to Landing a Job in Engineering*
- Vergauwen, M. & Van Gool, L. (2006) . *Machine Vision and Applications* 17: 411.
<https://doi.org/10.1007/s00138-006-0027-1>
- Carlos Alejandro Pérez, M. Cleve, D. O. Liska, D. Aquino, Claudio Rodrigues da Fonseca. (2019). *Low-Cost Image and Video Processing Using High-Performance Middleware in Single-board Computers with Open Internet Standards*
- Gabriele Guidi, Fabio Remondino, Michele Russo, Fabio Menna, Alessandro Rizzi. (2008). *3D Modeling of Large and Complex Site Using Multi-sensor Integration and Multi-resolution Data. The 9th International Symposium on Virtual Reality, Archaeology and Cultural Heritage VAST*
- Budiaji, W. (2018). *Skala Pengukuran dan Jumlah Respon Skala Likert* [Preprint]. INA-Rxiv.
<https://doi.org/10.31227/osf.io/k7bgy>
- Hidayat, R., & Wibirama, S. (2013). *Rekonstruksi Objek 3D dari Multiple Images*. 2(4), 6.
- Lobeck, A. K. (1939). *Geomorphology: An Introduction to the Study of Landscapes*. McGraw-Hill. <https://books.google.co.id/books?id=dgYLAQAAIAAJ>
- Simarmata, J. (2010). *Rekayasa Perangkat Lunak*. Penerbit Andi.
https://www.google.com/books?hl=id&lr=&id=QP1BjG_VIsoC&oi=fnd&pg=PA1&dq=macam+-+macam+pengujian+dalam+perangkat+lunak&ots=Ty5CtXM1pD&sig=8SJqaRgv2UOtpxW5pGk_5ukNhMA
- Arikunto, S. (2008). *Evaluasi Program Pendidikan: Pedoman Teoritis Praktis Bagi Mahasiswa dan Praktisi Pendidikan*. Jakarta: Bumi Aksara



LAMPIRAN

