

**MEREMAJAKAN PETA TOPOGRAFI MENGGUNAKAN
KONSEP 3D MAP ART (STUDI KASUS : KOTA SABANG,
PROVINSI ACEH TAHUN 1982)**

TUGAS AKHIR

Oleh :

ERLIANA DWI WIDYASTUTI

117.180.021



**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK GEOMATIKA
JURUSAN TEKNIK GEOLOGI
FAKULTAS TEKNOLOGI MINERAL
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN"
YOGYAKARTA**

2022

HALAMAN PENGESAHAN

**MEREMAJAKAN PETA TOPOGRAFI MENGGUNAKAN
KONSEP 3D MAP ART (STUDI KASUS : KOTA SABANG,
PROVINSI ACEH TAHUN 1982)**

TUGAS AKHIR

Oleh :

ERLIANA DWI WIDYASTUTI

117.180.021

Disusun Sebagai Salah Satu Syarat
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana (S1) Teknik Geomatika

Yogyakarta, 23 Agustus 2022

Disetujui oleh,

Pembimbing I

Oktavia Dewi Alfiani, S.T., M.T.
NIP. 198510112019032015

Pembimbing II

Ir. Ediyanto, M.T.
NIP. 196003311992031001

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Geologi

Dr. Ir. Jatmika Setiawan, M.T.
NIP. 196404111993031001

Koordinator Program Studi
Teknik Geomatika

Ir. Ediyanto, M.T.
NIP. 196003311992031001

HALAMAN PERSEMBAHAN

Pada halaman persembahan ini saya mengucapkan puji dan syukur kepada Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga saya dapat menyelesaikan tugas akhir dengan baik dan lancar. Tugas akhir ini juga saya persembahkan dengan rasa bangga dan terima kasih kepada :

1. Kedua orang tua saya, Bapak Darmawan dan Ibu Rodhiana Rahmawati yang tiada henti selalu memberikan cinta, kasih sayang, semangat, doa, motivasi serta dukungan moril maupun materiil kepada saya sehingga saya dapat menyelesaikan tugas akhir pada program studi ini dengan baik.
2. Kakak saya, Alim Wicaksono dan keluarga besar saya yang selalu memberikan doa dan semangat kepada saya selama menyelesaikan tugas akhir ini.
3. Ibu Oktavia Dewi Alfiani, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing I saya yang selalu memberikan bimbingan, semangat dan motivasi sehingga tugas akhir ini dapat terselesaikan dengan baik dan lancar.
4. Seluruh dosen Teknik Geomatika UPN “Veteran” Yogyakarta yang telah memberikan ilmu dan motivasi yang sangat bermanfaat kepada saya selama masa perkuliahan hingga tugas akhir ini dapat terselesaikan.
5. Seluruh teman-teman seperjuangan Teknik Geomatika angkatan 2018 yang selalu memberikan semangat dan bantuan kepada saya selama masa perkuliahan.
6. Seluruh sahabat saya semasa SD, SMP, dan SMA yang tidak dapat saya sebutkan satu-persatu yang selalu memberikan semangat dan dukungan.

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur kehadirat Allah SWT yang telah memberikan limpahan berkat, rahmat, dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “*Meremajakan Peta Topografi Menggunakan Konsep 3D Map Art (Studi Kasus : Kota Sabang, Provinsi Aceh Tahun 1982)*”.

Pada penyusunan tugas akhir ini penulis tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak, maka dari itu penulis ingin mengucapkan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya dengan segala kerendahan hati kepada :

1. Kedua orang tua dan keluarga besar penulis atas segala kasih sayang, doa, dukungan, semangat, dan motivasi yang tiada hentinya sehingga tugas akhir ini dapat terselesaikan dengan baik dan lancar.
2. Bapak Ir. Ediyanto, M.T., selaku Koordinator Program Studi Teknik Geomatika UPN “Veteran” Yogyakarta dan Dosen Pembimbing II yang telah banyak memberikan ilmu selama masa perkuliahan.
3. Ibu Oktavia Dewi Alfiani, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing I yang telah membimbing dalam pelaksanaan tugas akhir.
4. Seluruh bapak dan ibu dosen Teknik Geomatika UPN “Veteran” Yogyakarta yang telah membantu dalam perkuliahan hingga pelaksanaan tugas akhir.
5. Seluruh teman-teman Teknik Geomatika angkatan 2018 yang telah memberikan bantuan, semangat dan dukungan dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini tidak luput dari kekurangan, sehingga penulis mengharapkan kritik dan saran yang dapat membangun. Semoga tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca serta dapat dikembangkan lagi sesuai dengan kemajuan ilmu dan teknologi.

Yogyakarta, 23 Agustus 2022

Penulis,

ERLIANA DWI WIDYASTUTI

117.180.021

ABSTRAK

**MEREMAJAKAN PETA TOPOGRAFI MENGGUNAKAN KONSEP
3D MAP ART (STUDI KASUS : KOTA SABANG,
PROVINSI ACEH TAHUN 1982)**

Oleh :

Erliana Dwi Widyastuti

117.180.021

Peta konvensional merupakan peta yang pembuatannya dilakukan menggunakan teknologi analog dan disajikan dalam bentuk media kertas, salah satunya berupa peta topografi. Peta topografi dalam bentuk media kertas dapat dengan mudah mengalami kerusakan secara fisik. Penelitian ini dilakukan bertujuan agar visualisasi peta topografi tersebut dapat dikembangkan lebih baik dan menarik, sehingga orang-orang yang memahami peta topografi dapat memiliki perspektif yang lebih luas. Penelitian ini mengambil studi kasus di Kota Sabang, Provinsi Aceh pada tahun 1982. Daerah penelitian tersebut dipilih karena kondisi topografi Kota Sabang didominasi oleh pegunungan sehingga *3D map art* yang dihasilkan dapat menunjukkan perbedaan setiap ketinggian kontur topografinya.

Penelitian ini dilakukan menggunakan konsep *3D map art* dengan memanfaatkan ilmu kartografi digital. Konsep *3D map art* merupakan konsep dalam pembuatan peta secara digital yang lebih mengutamakan visualisasi dari peta. Pada penelitian ini pengolahan data dilakukan menggunakan perangkat lunak ArcGIS, Adobe Photoshop dan Blender.

Hasil akhir dari penelitian ini terdapat 2 bentuk output. Hasil yang pertama berupa *3D map art* Kota Sabang, Provinsi Aceh dengan format gambar PNG dalam bentuk 2D yang memiliki efek ilusi 3D. Hasil yang kedua berupa video animasi *3D map art* Kota Sabang, Provinsi Aceh dengan format video MP4.

Kata Kunci : Kartografi Digital, Peta Konvensional, Peta Topografi, *3D Map Art*.

ABSTRACT

***REJUVENATING TOPOGRAPHIC MAP USING 3D MAP ART CONCEPT
(CASE STUDY : SABANG CITY, ACEH PROVINCE IN 1982)***

Erliana Dwi Widyastuti

117.180.021

Conventional map is the map that made using analog technology and presented in the form of paper media, one of which is a topographic map. Topographic maps in the form of paper media can easily be physically damaged. This research was conducted with the aim that the visualization of the topographic map can be developed better and more attractive, so that people who understand topographic map can have a broader perspective. This study took a case study in Sabang City, Aceh Province in 1982. The research area was chosen because the topography of Sabang City is dominated by mountains so that the 3D map art produced can show the difference in each height of the topographic contours.

This research was conducted using the concept of 3D map art by utilizing the science of digital cartography. The concept of 3D map art is a concept in making digital maps that prioritizes visualization of maps. In this study, data processing was carried out using ArcGIS, Adobe Photoshop and Blender software.

The final result of this research there are 2 forms of output. The first result is a 3D map art of Sabang City, Aceh Province with PNG image format in 2D which has a 3D illusion effect. The second result is an animated 3D map art video of Sabang City, Aceh Province with MP4 video format.

Keywords : Digital Cartography, Conventional Map, Topographic Map, 3D Map Art.

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
ABSTRAK.....	v
ABSTRACT.....	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
BAB 2 KAJIAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI	5
2.1 Kajian Pustaka	5
2.2 Dasar Teori	6
2.2.1 Kartografi.....	6
2.2.2 Kartografi Digital.....	8
2.2.3 Peta.....	9
2.2.3.1 Peta Topografi.....	9
2.2.3.2 Peta Datar.....	10
2.2.3.3 Peta Timbul.....	10
2.2.4 Sistem Informasi Geografis	10
2.2.4.1 Data Spasial	11
2.2.4.2 Data Non Spasial	12
2.2.5 <i>Digital Elevation Model (DEM)</i>	12
2.2.6 Konsep Tiga Dimensi	12
2.2.7 Visualisasi.....	12
2.2.8 Pemodelan Tiga Dimensi.....	13
2.2.9 Uji Ketelitian Geometri Peta.....	15

2.2.10 Uji Topologi.....	16
BAB 3 PELAKSANAAN.....	17
3.1 Persiapan.....	17
3.1.1 Alat.....	17
3.1.2 Bahan	17
3.1.3 Lokasi Penelitian.....	18
3.2 Pelaksanaan.....	19
3.2.1 Diagram Alir Pelaksanaan Penelitian	19
3.2.2 Pelaksanaan Penelitian.....	20
3.2.2.1 Persiapan	20
3.2.2.2 Pengumpulan Data.....	20
3.2.2.3 <i>Scanning</i> Peta.....	21
3.2.2.4 <i>Digital Restoration</i> Peta.....	21
3.2.2.5 <i>Georeferencing</i> Peta	22
3.2.2.6 Digitasi Peta.....	23
3.2.2.7 Pembuatan DEM.....	25
3.2.2.8 Pembuatan Model 3D Kontur	26
3.2.2.9 <i>Texturing</i> 3D	28
3.2.2.10 Animasi 3D	30
3.2.2.11 <i>Rendering</i> 3D	32
3.3 Pengujian	33
3.3.1 Uji Ketelitian Geometri Peta.....	33
3.3.2 Uji Topologi.....	35
BAB 4 KAJIAN GEOLOGI REGIONAL.....	36
4.1 Geologi Regional Aceh.....	36
4.1.1 Fisiografi Aceh	36
4.1.2 Topografi Aceh	37
4.1.3 Geomorfologi Aceh	39
4.2 Geologi Daerah Penelitian	39
4.2.1 Topografi Kota Sabang	40
4.2.2 Kondisi Geologi Kota Sabang	41
BAB 5 HASIL DAN PEMBAHASAN	43
5.1 Hasil <i>Scanning</i> Peta	43

5.2 Hasil <i>Digital Restoration</i> Peta	45
5.3 Hasil <i>Georeferencing</i> Peta	47
5.3.1 Hasil Uji Ketelitian Geometri Peta	47
5.4 Hasil Digitasi peta.....	49
5.4.1 Hasil Uji Topologi	50
5.5 Hasil Pembuatan DEM	51
5.6 Hasil Pembuatan Model 3D Kontur.....	52
5.7 Hasil <i>Texturing</i> 3D.....	53
5.8 Hasil Animasi 3D dan <i>Rendering</i> 3D	55
KESIMPULAN.....	58
DAFTAR PUSTAKA	60
LAMPIRAN.....	62
GLOSARIUM.....	72

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Daftar Koordinat Titik Kontrol Dari Peta Topografi	33
Tabel 3.2 Daftar Koordinat Titik Kontrol Prediksi Pada ArcGIS	34
Tabel 3.3 Ketelitian Geometri Peta RBI	34
Tabel 5.1 Kerusakan Pada Peta Topografi	44
Tabel 5.2 Perbandingan Antara Sebelum dan Sesudah <i>Digital Restoration</i> Peta.....	46
Tabel 5.3 Perbandingan Posisi Titik Kontrol Sebelum dan Sesudah <i>Georeferencing</i> Peta	48

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Persepsi Kartografi	7
Gambar 2.2 Proses Kartografi Digital dalam Pembuatan Peta	8
Gambar 2.3 Tampilan Data Vektor dan Data Raster	11
Gambar 2.4 Proses Pemodelan 3D	13
Gambar 3.1 Lokasi Penelitian	18
Gambar 3.2 Diagram Alir Pelaksanaan Penelitian	19
Gambar 3.3 Peta Topografi Kota Sabang, Provinsi Aceh Tahun 1982.....	21
Gambar 3.4 Proses <i>Digital Restoration</i> Peta.....	22
Gambar 3.5 <i>Tools</i> Adobe Photoshop Pada Proses <i>Digital Restoration</i> Peta	22
Gambar 3.6 Proses <i>Georeferencing</i> Peta.....	23
Gambar 3.7 Proses Digitasi Peta	24
Gambar 3.8 Proses Penambahan Data Atribut Elevasi Kontur.....	24
Gambar 3.9 Proses Pembuatan DEM	25
Gambar 3.10 <i>Topo to Raster</i> Pada Proses Pembuatan DEM	26
Gambar 3.11 Proses Pembuatan Model 3D Kontur	26
Gambar 3.12 <i>Tools</i> Blender Pada Proses Pembuatan Model 3D Kontur.....	27
Gambar 3.13 Nilai <i>Strength</i> dan <i>Midlevel</i> Pada Pembuatan Model 3D Kontur	28
Gambar 3.14 <i>Image Texture</i> Pada Proses <i>Texturing</i> 3D	28
Gambar 3.15 Proses <i>Texturing</i> 3D Dengan Peta Hasil <i>Scan</i>	29
Gambar 3.16 Proses <i>Texturing</i> 3D Dengan Data Raster Google Earth	29
Gambar 3.17. Nilai <i>Metallic</i> dan <i>Roughness</i> Pada Proses <i>Texturing</i> 3D	30
Gambar 3.18 Pembuatan Jalur Animasi Menggunakan <i>Circle Curve</i>	31
Gambar 3.19 <i>Follow Path</i> Pada Proses Pembuatan Jalur Animasi.....	31
Gambar 3.20 Nilai <i>Frame</i> dan FPS Pada Proses Animasi 3D	32
Gambar 3.21 Proses <i>Rendering Image</i>	32
Gambar 3.22 Proses <i>Rendering Animation</i>	33
Gambar 3.23 Proses Uji Topologi	35
Gambar 4.1 Peta Geologi Provinsi Aceh	36
Gambar 4.2 Peta Topografi Provinsi Aceh	38

Gambar 4.3 Peta Ketinggian Kota Sabang.....	41
Gambar 4.4 Peta Geologi Kota Sabang.....	42
Gambar 5.1 Hasil <i>Scanning</i> Peta.....	43
Gambar 5.2 Hasil <i>Digital Restoration</i> Peta.....	45
Gambar 5.3 Hasil Peta Terkoreksi Dengan Sistem Koordinat Proyeksi.....	47
Gambar 5.4 Nilai RMSE Pada ArcGIS	47
Gambar 5.5 Hasil Digitasi Peta	49
Gambar 5.6 Hasil Uji Topologi.....	50
Gambar 5.7 Hasil Pembuatan DEM.....	51
Gambar 5.8 Nilai <i>Stretching Raster</i> DEM	52
Gambar 5.9 Hasil Pembuatan Model 3D Kontur	52
Gambar 5.10 Hasil <i>Texturing</i> 3D Dengan Peta Hasil Scan.....	54
Gambar 5.11 Hasil <i>Texturing</i> 3D Dengan Data Raster Google Earth	54
Gambar 5.12 Hasil <i>Rendering Animation</i> Model 3D Kontur.....	55
Gambar 5.13 Hasil <i>Rendering Animation</i> Peta Topografi 3D	55
Gambar 5.14 Hasil <i>Rendering Animation</i> 3D <i>Map Art</i>	56
Gambar 5.15 Hasil <i>Rendering Image</i> Peta Topografi 3D	57

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Aturan Topologi Pada ArcGIS	63
Lampiran 2 Tabel Data Elevasi Kontur	64
Lampiran 3 Peta Topografi 2D Dengan Efek Ilusi 3D	66
Lampiran 4 Model 3D Kontur	67
Lampiran 5 Peta Topografi 3D	68
Lampiran 6 3D <i>Map Art</i>	69
Lampiran 7 Hasil Kuisisioner Tentang Pemahaman Publik Terhadap 3D <i>Map Art</i>	70
Lampiran 8 Hasil Cetak Peta Topografi 2D Dengan Efek Ilusi 3D.....	71

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi di era globalisasi sekarang ini semakin canggih dan membuat segala aspek kehidupan manusia turut berpengaruh. Perkembangan teknologi ini dipengaruhi oleh adanya kemajuan dari *Information and Communication Technology* (ICT). Seiring dengan perkembangan era globalisasi saat ini ditandai dengan berkembangnya banyak produk dan pemanfaatan teknologi, maka upaya dalam ilmu kartografi juga mengalami perkembangan yang lebih modern ke arah digitalisasi.

Kartografi merupakan seni, ilmu pengetahuan dan teknologi tentang pembuatan peta, sekaligus mencakup studinya sebagai dokumen-dokumen ilmiah dan hasil karya seni (*International Cartography Association, 1973*). Teknologi yang digunakan dalam kartografi juga mengalami perkembangan, yang awalnya dilakukan secara manual berkembang menjadi secara digital. Kartografi digital merupakan ilmu dan seni pembuatan peta yang penggambarannya dilakukan secara digital menggunakan teknologi komputer. Kartografi digital dapat meningkatkan kecepatan dan akurasi dalam menyajikan data, sehingga berpengaruh terhadap hasil kualitas peta (Robinson, 1985).

Pembuatan peta secara manual (peta konvensional) salah satunya berupa peta topografi dalam bentuk media kertas. Peta tersebut memang masih mempunyai peranan dalam hal validasi suatu wilayah tertentu seperti menunjukkan koordinat letak suatu wilayah dengan sistem koordinat dan proyeksi yang sesuai. Namun peta tersebut tidak efektif dan efisien dalam hal visualisasi suatu wilayah tertentu. Hal ini pada dasarnya disebabkan oleh sifat dari peta konvensional yang mudah mengalami penurunan kualitas karena kerusakan fisik peta. Kerusakan fisik pada peta konvensional contohnya seperti terlipat, sobek, basah, atau pemudaran warna. Selain itu penyimpanan peta konvensional dinilai lebih sulit karena berupa gulungan-gulungan kertas sehingga membutuhkan ruangan yang besar. Peta konvensional masih dapat digunakan pada tahun-tahun berikutnya meskipun tanpa

adanya hal validasi, namun visualisasinya dapat dikembangkan lebih baik dan menarik dengan cara peremajaan peta.

Peremajaan peta merupakan upaya untuk meningkatkan nilai visualisasi peta konvensional yang dilakukan dengan perbaikan kualitas peta sehingga peta tersebut dapat terlihat lebih muda sesuai dengan era sekarang ini. Pada penelitian ini peremajaan peta dilakukan dengan menggunakan konsep *3D map art*. Konsep *3D map art* merupakan konsep dalam pembuatan peta secara digital yang lebih mengutamakan visualisasi dari suatu peta, sehingga orang-orang yang memahami peta tersebut dapat mempunyai perspektif yang lebih luas. Perspektif yang dimaksudkan dalam konsep *3D map art* yaitu perspektif yang menggunakan tiga dimensi spasial (panjang, lebar, tinggi), dimana objek dapat terlihat dari berbagai sudut elevasi.

Visualisasi dalam konsep *3D map art* tampak semakin baik dan menarik jika dapat menunjukkan perbedaan setiap ketinggian dari suatu wilayah dengan jelas. Untuk dapat menunjukkan perbedaan setiap ketinggian maka dibutuhkan kondisi topografi suatu wilayah tertentu yang didominasi oleh perbukitan atau pegunungan, salah satunya adalah Kota Sabang, Provinsi Aceh. Hal tersebut yang menyebabkan Kota Sabang dijadikan sebagai studi kasus pada penelitian ini. Kota Sabang secara umum berada pada ketinggian ± 28 m di atas permukaan air laut (dpl). Kondisi topografi Kota Sabang didominasi oleh pegunungan yaitu sekitar 48,17% dari total luas wilayah. Sedangkan secara lebih rinci Kota Sabang meliputi 1,01 % dataran, 5,02% dataran landai, 31,70% dataran bergelombang, dan 14,10% dataran curam (Bappeda Kota Sabang RTRW, 2012).

Berdasarkan pada uraian permasalahan yang telah dijelaskan di atas, maka penulis ingin melakukan penelitian tugas akhir yang bertujuan untuk meningkatkan nilai visualisasi peta dengan cara meremajakan peta topografi Kota Sabang menggunakan konsep *3D map art*. Hasil *3D map art* pada penelitian ini diharapkan dapat memberikan representasi wilayah Kota Sabang dengan lebih baik dan menarik, sehingga dapat memberikan perspektif yang lebih luas kepada orang-orang yang melihat *3D map art* tersebut.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan di atas, maka rumusan masalah dalam penelitian tugas akhir ini adalah :

1. Apakah dengan menggunakan konsep *3D map art* dapat meningkatkan nilai dari sebuah peta konvensional?
2. Apa kelebihan dan kekurangan dari hasil peremajaan peta topografi menggunakan konsep *3D map art*?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah dijelaskan di atas, maka tujuan dalam penelitian tugas akhir ini adalah:

1. Mengetahui apakah dengan menggunakan konsep *3D map art* dapat meningkatkan nilai dari sebuah peta konvensional.
2. Mengetahui kelebihan dan kekurangan dari hasil peremajaan peta topografi menggunakan konsep *3D map art*.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dalam penelitian tugas akhir ini terbagi menjadi beberapa kelompok yaitu manfaat bagi keilmuan, institusi, masyarakat dan pemerintah yang secara lebih lengkap diuraikan dalam beberapa poin di bawah ini :

1. Bagi Keilmuan

Bagi keilmuan hasil dari penelitian tugas akhir ini diharapkan dapat meningkatkan nilai visualisasi dari sebuah peta topografi. Hal ini dikarenakan konsep *3D map art* merupakan konsep dalam pembuatan peta yang lebih mengutamakan visualisasi dari peta tersebut dengan memanfaatkan perkembangan teknologi terbaru dalam bidang kartografi.

2. Bagi Institusi

Bagi institusi hasil dari penelitian tugas akhir ini diharapkan dapat menjadi pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi dalam bidang kartografi untuk penelitian selanjutnya mengenai peremajaan peta konvensional topografi menggunakan konsep *3D map art*.

3. Bagi Masyarakat

Bagi masyarakat hasil dari penelitian tugas akhir ini diharapkan dapat mempermudah masyarakat dalam memahami peta topografi Kota Sabang yang merepresentasikan kondisi topografi wilayah tersebut dalam bentuk tiga dimensi yang menyerupai kondisi permukaan bumi sesungguhnya.

4. Bagi Pemerintah

Bagi pemerintah hasil dari penelitian tugas akhir ini diharapkan dapat membantu pemerintah dalam memaksimalkan dan mengembangkan penggunaan peta konvensional salah satunya peta topografi. Selain itu *3D map art* yang diharapkan juga dapat memudahkan dalam pengambilan keputusan atau memudahkan pekerjaan yang membutuhkan representasi nyata dari kondisi suatu wilayah.

BAB 2

KAJIAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1 Kajian Pustaka

Pada saat ini peta konvensional dapat dikembangkan menggunakan konsep *3D map art*. Hal ini dikarenakan oleh perkembangan teknologi dapat mengolah peta konvensional tersebut menjadi lebih baik dan menarik. Dalam penelitian ini penulis menggunakan berbagai referensi dari penelitian yang pernah dilakukan sebelumnya oleh peneliti terdahulu. Kajian pustaka ini digunakan sebagai bahan perbandingan dan acuan serta memberikan batasan penelitian yang dilakukan. Kajian pustaka yang memiliki korelasi dengan penelitian ini antara lain :

Penelitian pertama yaitu penelitian yang telah dilakukan oleh Drs. Sutarman Karim, M.Si dan Triyanto, S.Pd, M.Si dari Universitas Negeri Padang pada tahun 2006 yang berjudul "*Pemetaan Topografi (2D) dan Pemodelan Relief Rupabumi Tiga Dimensi (3D) Kota Padang Sumatera Barat*". Pada penelitian ini mempunyai tujuan adalah untuk mengetahui pembuatan peta topografi 2D Kota Padang, pemodelan relief rupabumi 3D Kota Padang dan untuk mengetahui terapan pemodelan peta 2D dan 3D dalam mitigasi bencana. Pembuatan peta topografi 2D dan pemodelan relief rupabumi 3D pada penelitian ini memerlukan data *input* yang berupa data koordinat (x, y) dan data ketinggian (z). Data input tersebut kemudian diolah menggunakan perangkat lunak Sufer. Hasil dari pembuatan peta topografi 2D ini menunjukkan bahwa Kota Padang memiliki topografi yang beragam, mulai dari dataran hingga pegunungan. Sedangkan hasil pemodelan relief rupabumi 3D pada penelitian ini menunjukkan perbedaan setiap ketinggiannya sehingga bentuk 3D permukaan bumi tampak lebih realistis.

Penelitian kedua yaitu penelitian yang telah dilakukan oleh Silvia Rostianingsih dan Kartika Gunadi dari Universitas Kristen Petra pada tahun 2004 yang berjudul "*Pemodelan Peta Topografi ke Objek Tiga Dimensi*". Pada penelitian ini mempunyai tujuan yaitu untuk memodelkan peta topografi 2D ke objek 3D agar mempermudah pembacaan kontur pada suatu objek di atas permukaan bumi karena dapat langsung terlihat setiap ketinggian konturnya.

Pengolahan data pada penelitian ini melalui beberapa proses antara lain yaitu proses digitalisasi, pemodelan, *getmode* koordinat (x, y), *tracking* koordinat (x,y), dan *rendering* objek tiga dimensi. Hasil pemodelan kontur peta topografi ke dalam model 3D memberikan gambaran dari suatu objek yang berada di atas permukaan bumi sehingga dapat lebih mudah dimengerti dan lebih mudah untuk menyesuaikannya dengan keadaan yang sebenarnya di dunia nyata jika dibandingkan dengan bentuk topografi 2D pada peta.

Penelitian ketiga yaitu penelitian yang telah dilakukan oleh Ari Nugroho dan Yarianto SBS dari Pusat Pengembangan Energi Nuklir (PPEN) BATAN pada tahun 2010 yang berjudul “*Pembuatan Peta Digital Topografi Pulau Panjang, Banten, Menggunakan ArcGIS 9.2 dan Surfer 8*”. Pada penelitian ini mempunyai tujuan yaitu untuk mendukung kegiatan kelayakan calon tapak PLTN di Indonesia, salah satu caranya dengan mengolah kompilasi data spasial hasil kegiatan survei topografi Pulau Panjang pada bulan Februari 2009. Data spasial yang diolah meliputi data koordinat, elevasi, tata guna lahan dan toponimi. Penelitian ini melakukan konversi data dari bentuk *harddata* hingga menjadi *softdata*. *Softdata* tersebut dikonversikan menjadi *shapefile* dengan menggunakan teknik rektifikasi, digitasi, *overlay*, *input* koordinat, pembuatan kontur dan *layout*. Pengolahan data dilakukan menggunakan perangkat lunak ArcGIS 9.2 dan Surfer 8. Penelitian ini menghasilkan peta digital yang berbasis informasi spasial yang terintegrasi dan informatif.

Berdasarkan beberapa referensi kajian pustaka yang telah diuraikan di atas, maka penulis ingin melakukan penelitian tugas akhir ini untuk meningkatkan nilai visualisasi peta dengan cara meremajakan peta topografi Kota Sabang menggunakan konsep *3D map art*.

2.2 Dasar Teori

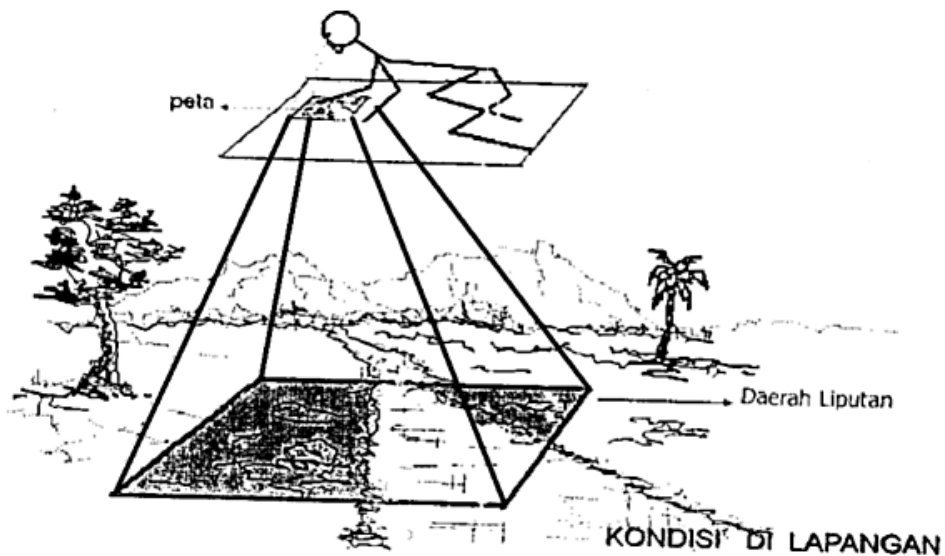
2.2.1 Kartografi

Kartografi berasal dari Bahasa Yunani yaitu *carto* yang berarti permukaan dan *grafi* yang berarti gambaran atau bentuk. Istilah kartografi telah berubah secara fundamental sejak tahun 1960. Awalnya kartografi

diartikan sebagai pembuatan peta, saat ini kartografi diartikan sebagai penyampaian informasi geospasial dalam bentuk peta (Menno-Jan Kraak dan Ferjan Ormeling, 2007).

Kartografi merupakan ilmu yang mempelajari mengenai peta, mulai dari pengumpulan data di lapangan, pengolahan data, simbolisasi peta, penggambaran peta, analisis peta, dan interpretasi peta (Aryono Prihandito, 1989). Kartografi adalah ilmu pengetahuan, seni, dan teknologi mengenai pembuatan peta serta mencakup studi sebagai dokumen ilmiah dan hasil karya seni (*International Cartographic Association*, 1973).

Kartografi merupakan suatu metode dasar yang dikaitkan dengan kegiatan memperkecil keruangan suatu wilayah yang luas, sebagian atau seluruh permukaan bumi, atau benda-benda ruang angkasa dan menyajikan dalam suatu bentuk yang dapat dengan mudah diobservasi, sehingga memiliki manfaat untuk kepentingan komunikasi. Komunikasi kartografi dapat diterapkan juga dalam bentuk peta atau gambar. Produk utama dari kartografi yaitu peta yang berfungsi untuk mempermudah seseorang dalam memperluas sudut pandang normalnya terkait keruangan (spasial) suatu wilayah seperti yang terilustrasikan pada Gambar 2.1 (Abdur Rahman, 2013).

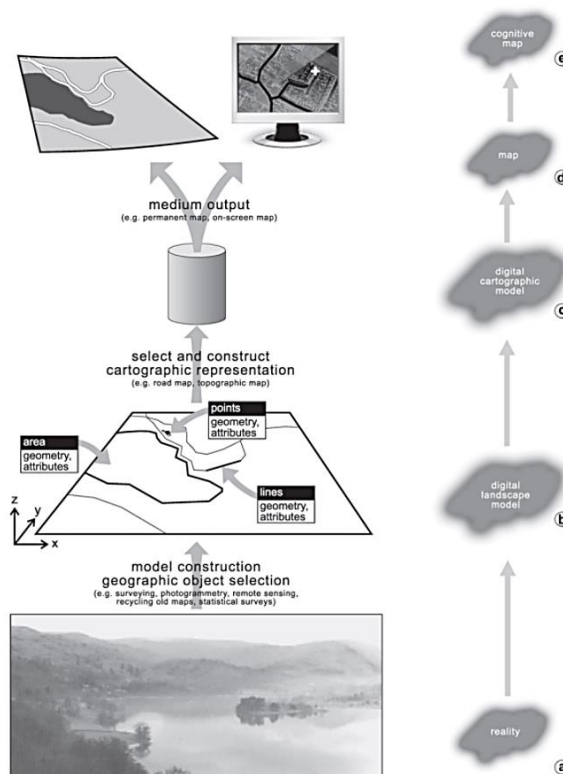


Gambar 2.1 Persepsi Kartografi (Abdur Rahman, 2013)

2.2.2 Kartografi Digital

Kartografi digital atau bisa disebut pemetaan digital merupakan suatu proses pengumpulan data yang dikompilasi dan diformat menjadi gambar digital. Kartografi digital dapat didefinisikan sebagai penggunaan teknologi komputer dalam bidang ilmu kartografi (Robinson, dkk, 1995). Kartografi sebagai ilmu dan seni mengenai pembuatan peta yang telah dipengaruhi oleh perkembangan teknologi sehingga memunculkan istilah kartografi digital. Fungsi utama dari teknologi pemetaan digital ini adalah untuk menghasilkan peta yang dapat memberikan representasi akurat dari suatu wilayah tertentu.

Teknologi komputer berupa perangkat lunak yang biasa digunakan dalam pembuatan peta digital adalah *ArcGIS*, *AutoCAD*, *ER Mapper*, *Map Info*, dan sebagainya. Pembuatan peta digital ini seluruh tahapan produksinya menggunakan teknik digital, mulai dari foto udara pada alat fotogrametri analitis, proses *editing* dan desain kartografi hingga persiapan separasi warna sebelum dicetak seperti yang terlihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Proses Kartografi Digital dalam Pembuatan Peta
(Menno-Jan Kraak dan Ferjan Ormeling, 2007)

Teknologi komputer sangat membantu kartografer dalam melakukan tugasnya seperti desain peta, isi peta, desain simbol, tata letak peta, dan generalisasi. Teknologi komputer ini memberikan suatu alternatif yang bersifat mutakhir dalam proses pembuatan peta jika dibandingkan dengan pembuatan peta metode manual (Robinson, dkk, 1995).

2.2.3 Peta

Peta merupakan suatu gambaran konvensional dari permukaan bumi, seperti kenampakannya jika dilihat tegak lurus dari atas dan diberi tambahan atribut keterangan sebagai informasi pelengkapannya (Erwin Raisz, 1948). Peta merupakan gambaran konvensional dan selektif yang diperkecil yang biasanya dibuat pada bidang datar yang dapat meliputi bentuk-bentuk (*features*) dari permukaan bumi atau benda ruang angkasa (*International Cartographic Assosiation*, 1973). Peta mengandung makna komunikasi yang merupakan suatu sinyal atau saluran antara pembuat peta dengan pembaca peta yang berupa informasi dalam bentuk gambar.

Fungsi peta yang paling utama adalah sebagai orientasi, visualisasi, dan navigasi data keruangan (geospasial). Fungsi peta yang lain adalah untuk menunjukkan posisi atau lokasi suatu tempat yang terdapat di permukaan bumi, memperlihatkan ukuran luas daerah, memperlihatkan bentuk suatu objek di bumi sehingga dimensinya dapat terlihat dalam peta, mengumpulkan dan menyeleksi data dari suatu daerah serta menyajikannya dalam suatu peta. Tujuan pembuatan peta adalah untuk komunikasi informasi keruangan, membantu dalam suatu desain jalan, membantu suatu pekerjaan seperti perencanaan konstruksi, menganalisis data spasial seperti perhitungan *volume*, dan sebagainya (Aryono Prihandito, 1989). Pada penelitian ini terdapat beberapa jenis peta yang terkait antara lain :

2.2.3.1 Peta Topografi

Topografi berasal dari Bahasa Yunani yaitu *topos* yang berarti tempat dan *graphi* yang berarti gambaran. Peta topografi memetakan tempat-tempat di permukaan bumi yang memiliki ketinggian dalam

bentuk garis-garis kontur (Djauhari Noor, 2010). Peta topografi merupakan peta yang menggambarkan bentuk permukaan bumi dengan sejumlah garis ketinggian terkait dengan kemiringan lahan dan kemiringan lereng dalam permukaan bumi (Suparno dan Endy, 2005).

2.2.3.2 Peta Datar

Peta datar atau bisa disebut juga dengan peta planimetri merupakan peta yang dibuat dengan media bidang datar berbentuk dua dimensi, misalnya pada kertas atau kanvas. Peta datar merupakan salah satu bentuk peta konvensional yang sangat umum digunakan. Peta datar cukup sulit untuk dimutakhirkan karena praktis seluruhnya harus digambar ulang, penggunaannya terbatas, tidak mudah ditampilkan dalam format berbeda dan tidak dapat langsung diproses menggunakan teknologi digital. Peta datar mempunyai beberapa macam bentuk contohnya peta topografi, peta chorografi dan peta tematik.

2.2.3.3 Peta Timbul

Peta timbul atau bisa disebut juga dengan peta relief merupakan peta yang dibuat berdasarkan bentuk permukaan bumi sebenarnya dengan bentuk tiga dimensi. Peta timbul memiliki unsur keruangan yang dapat disajikan berupa panjang, lebar, dan ketinggian. Pada peta timbul dapat merepresentasikan perbedaan ketinggian suatu wilayah menyerupai kondisi aktual di lapangan.

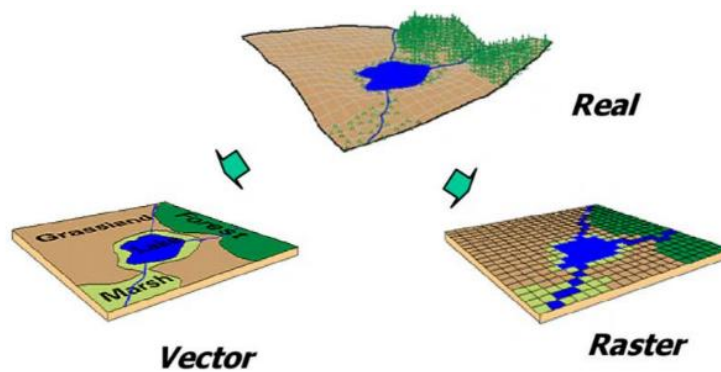
2.2.4 Sistem Informasi Geografis

Sistem Informasi Geografis (SIG) atau *Geographic Information Sistem* (GIS) merupakan seperangkat sistem informasi yang dapat digunakan untuk mengumpulkan, menampilkan, mentransformasikan, menyimpan, menggambarkan data spasial bumi (Burrough, 1986). Sistem Informasi Geografis adalah sebuah sistem informasi yang berbasis komputer yang dirancang untuk menangkap, menyimpan, memanipulasi, menganalisa, mengatur dan menampilkan seluruh jenis data geografis dan informasi spasial. Secara sederhana, Sistem Informasi Geografis dapat dikatakan

sebagai gabungan antara kartografi, analisis statistik dan teknologi sistem basis data (Edy Irwansyah, 2013). Dalam Sistem Informasi Geografis terdapat beberapa jenis data untuk mendukung berjalannya sistem ini antara lain sebagai berikut ini :

2.2.4.1 Data Spasial

Data spasial merupakan sebuah data yang memiliki informasi mengenai letak atau posisi suatu objek di permukaan bumi (Rajabidfard dan Williamson, 2000). Dalam Sistem Informasi Geospasial, data spasial dapat dibagi menjadi 2 jenis yaitu data vektor dan data raster seperti yang terlihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Tampilan Data Vektor dan Data Raster (Edy Irwansyah, 2013)

1. Data Vektor

Data vektor merupakan sebuah data yang menampilkan, menempatkan dan menyimpan objek spasial. Objek spasial yang dibangun oleh data vektor terbagi menjadi tiga jenis yaitu titik (*point*), garis (*line*), dan area (*polygon*). Data vektor tersimpan dalam format tertentu seperti *Shapefile* (.shp) dan *Keyhole Markup Language* (.kml).

2. Data Raster

Data raster merupakan sebuah data yang menampilkan, menempatkan, dan menyimpan data spasial dalam bentuk petak-petak bujursangkar (sel *grid*) yang membentuk suatu objek tertentu. Data raster yang berupa *grid-grid* yang biasa disebut

juga dengan *pixel* (*picture element*). Posisi *pixel* dinyatakan dengan koordinat lokalnya yaitu kolom (x) dan baris (y). Data raster tersimpan dalam format tertentu, seperti data hasil *scan*, gambar digital, dan citra satelit.

2.2.4.2 Data Non Spasial

Data non spasial merupakan data yang merepresentasikan aspek-aspek deskriptif dan berisi informasi-informasi dari objek dalam data spasial yang digambarkannya. Data non spasial ini sering juga disebut dengan data atribut. Data non-spasial disajikan dalam bentuk teks, tabel, laporan, hasil pengukuran, grafik anotasi, legenda peta (Indarto, 2013).

2.2.5 Digital Elevation Model (DEM)

Digital Elevation Model atau DEM merupakan sebuah model digital yang memberikan suatu informasi berbentuk permukaan bumi ke dalam bentuk data raster, data vektor atau data lainnya (Trisakti, 2010). DEM merupakan penyajian titik-titik yang memiliki nilai koordinat (x, y, z) secara digital yang merepresentasikan bentuk permukaan bumi (Dipokusumo dkk, 1983). DEM umumnya dapat terbentuk dari data pengukuran secara langsung pada objek di lapangan (survei terestris), data pengukuran penginderaan jauh (fotogrametri), maupun data peta analog (digitasi).

2.2.6 Konsep Tiga Dimensi

Konsep tiga dimensi merupakan konsep yang menggambarkan sebuah objek atau ruang yang mempunyai tiga dimensi geometris yang terdiri dari panjang, lebar, dan tinggi (Eka Ardianto dkk, 2012). Karakteristik 3D mengacu pada tiga dimensi spasial yang ditunjukkan dalam titik koordinat cartesian (x, y, z). Istilah 3D digambarkan untuk membuat perhitungan berdasarkan proyeksi dua dimensi dan efek tiga dimensi suatu objek.

2.2.7 Visualisasi

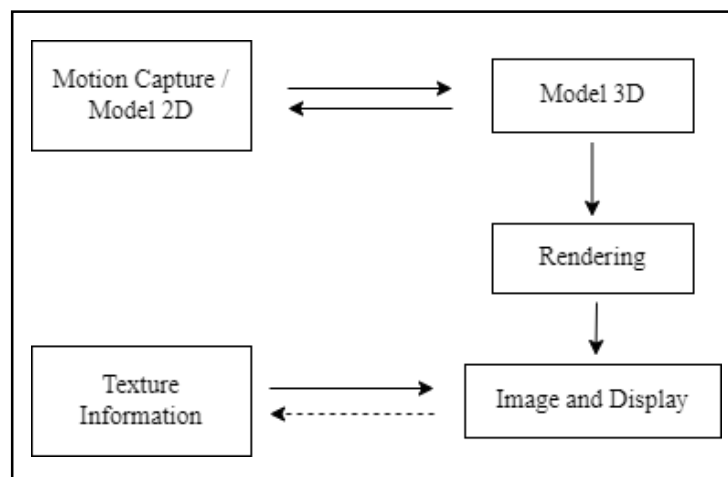
Visualisasi merupakan teknik ilustrasi dalam pembuatan gambar, diagram atau animasi yang digunakan untuk menampilkan suatu informasi. Visualisasi dibedakan menjadi dua bentuk yaitu visualisasi 2D dan visualisasi

3D. Visualisasi 2D merupakan sebuah ilustrasi objek dengan citra 2D yang memiliki perspektif x dan y. Sedangkan visualisasi 3D merupakan sebuah ilustrasi objek dengan citra 3D yang memiliki perspektif x, y dan z. Visualisasi 3D mempunyai beberapa kelebihan jika dibandingkan dengan visualisasi 3D antara lain (Hamilton, 2008) :

1. Visualisasi 3D dapat mempresentasikan informasi dalam format yang mudah dipahami oleh sebagian besar orang.
2. Visualisasi 3D dapat digunakan sebagai interaktivitas dengan audiens seperti mengubah-ubah perspektif objek, melakukan *zooming in* atau *zooming out*.
3. Visualisasi 3D dapat memberikan kesan khusus.

2.2.8 Pemodelan Tiga Dimensi

Pemodelan 3D merupakan teknik pembuatan dan desain suatu objek yang direpresentasikan secara tiga dimensi sehingga objek terlihat seperti nyata dan hidup (Nalwan, 1998). Proses pengolahan pemodelan 3D dikerjakan menggunakan komputer. Pada proses pengolahan 3D memerlukan perancangan melalui beberapa tahapan untuk pembentukannya seperti yang terlihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Proses Pemodelan 3D (Nalwan, 1998)

Pada gambar di atas terlihat bahwa lima bagian dari proses pemodelan 3D saling terhubung untuk terbentuknya sebuah model 3D. Adapun tujuan dan fungsi dari masing-masing bagian tersebut yaitu :

1. *Motion Capture* / Model 2D

Motion capture/model 2D merupakan proses awal untuk menentukan model objek 2D yang akan dibangun dalam bentuk model 3D dan dijadikan sebagai dasar pemodelan. Model 2D yang digunakan harus mempunyai intensitas warna tiap *pixel*nya, tampilan telah dikonversikan ke RGB dan memiliki format gambar. Tahap rekayasa model 2D dapat dilakukan menggunakan perangkat lunak berbasis grafis seperti Adobe Photoshop dan sebagainya.

2. Model 3D

Model 3D atau 3D *modelling* merupakan proses pembentukan suatu objek agar terlihat tiga dimensi seperti nyata. 3D modelling mempunyai 3 metode yang umum digunakan yaitu NURBS (*Non Uniform Rational Bezier Spline*), *polygon* dan *subdivision*. Proses pemodelan 3D dapat dilakukan menggunakan perangkat lunak seperti Blender, Autodesk Maya, dan sebagainya.

3. *Rendering*

Rendering merupakan proses akhir dari keseluruhan proses pemodelan 3D. Pada proses *rendering*, semua data yang telah dimasukkan dalam *modelling*, *texturing*, dan animasi dengan parameter tertentu akan dikonversikan dalam sebuah bentuk output.

4. *Texturing*

Texturing merupakan proses penentuan karakteristik sebuah materi objek dari segi tekstur. *Texture* dapat digunakan untuk membuat berbagai jenis warna *pattern* dan tingkat kehalusan atau kekasaran dari sebuah lapisan objek.

5. *Image* dan *Display*

Image dan *display* merupakan hasil akhir dari keseluruhan proses pemodelan 3D. Objek pemodelan 3D yang menjadi *output* biasanya berupa gambar atau video animasi yang telah diberi koreksi pewarnaan, pencahayaan, atau *visual effect* pada proses *texturing*.

2.2.9 Uji Ketelitian Geometri Peta

Ketelitian geometri merupakan nilai yang menggambarkan ketidakpastian koordinat objek pada peta dibandingkan dengan koordinat objek yang dianggap posisi sebenarnya. Komponen ketelitian geometri terdiri dari akurasi horizontal dan akurasi vertikal.

Menurut Peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial Nomor 15 Tahun 2014 Tentang Ketelitian Peta Dasar, uji ketelitian geometri peta dilakukan untuk mengetahui akurasi yang meliputi kesalahan acak dan sistematis. Uji ketelitian geometri peta dapat menggunakan *Root Mean Square Error* (RMSE), *Circular Error 90%* (CE90) atau *Linear Error 90%* (LE90).

Root Mean Square Error (RMSE) merupakan akar kuadrat dari rata-rata kuadrat selisih antara nilai koordinat data dan nilai koordinat dari sumber independent yang akurasinya lebih tinggi. Adapun rumus nilai RMSE yang dapat dilihat pada rumus (2.1), (2.2) dan (2.3) adalah sebagai berikut :

$$RMSE_{horizontal} = \sqrt{\frac{D^2}{n}} \dots\dots\dots (2.1)$$

$$D^2 = \sqrt{RMSE_x^2 + RMSE_y^2} = \sqrt{\frac{\sum[(X_{data} - X_{cek})^2 + (Y_{data} - Y_{cek})^2]}{n}} \dots (2.2)$$

$$RMSE_{vertikal} = \sqrt{\frac{\sum[(Z_{data} - Z_{cek})^2]}{n}} \dots\dots\dots (2.3)$$

Keterangan :

- n = Jumlah total pengecekan pada peta
- D = Selisih antara koordinat yang diukur dari sumber *independent* dengan koordinat pada peta
- x = Nilai koordinat pada sumbu x
- y = Nilai koordinat pada sumbu y
- z = Nilai koordinat pada sumbu z

Circular Error 90% (CE90) merupakan ketelitian geometri horizontal yang didefinisikan sebagai radius lingkaran yang menunjukkan bahwa 90% kesalahan posisi horizontal obyek di peta dengan posisi yang dianggap sebenarnya tidak lebih besar dari radius tersebut. *Linear Error 90%* (LE90) merupakan ketelitian geometri vertikal yang didefinisikan sebagai nilai jarak

yang menunjukkan bahwa 90% kesalahan nilai ketinggian objek di peta dengan nilai ketinggian sebenarnya tidak lebih besar daripada nilai jarak tersebut. Nilai CE90 dan LE90 dapat diperoleh dengan rumus yang mengacu pada *United States National Map Accuracy Standards* (US NMAS) yang dapat dilihat pada rumus (2.4) dan (2.5) adalah sebagai berikut :

$$CE90 = 1,5175 \times RMSE_r \dots\dots\dots (2.4)$$

$$LE90 = 1,6499 \times RMSE_z \dots\dots\dots (2.5)$$

Keterangan :

$RMSE_r$ = *Root Mean Square Error* pada posisi x dan y (horizontal)

$RMSE_z$ = *Root Mean Square Error* pada posisi z (vertikal)

CE90 = Nilai ketelitian posisi horizontal tingkat kepercayaan 90%

LE90 = Nilai ketelitian posisi vertikal tingkat kepercayaan 90%

2.2.10 Uji Topologi

Uji topologi merupakan sebuah langkah untuk memperbaiki adanya *error topology* pada *geodatabase*. *Error topology* merupakan kesalahan yang terdapat dalam suatu data vektor. Kesalahan tersebut diakibatkan dalam proses digitasi atau kesalahan yang muncul setelah melakukan analisis terhadap objek.

Topologi merupakan hubungan relatif antara objek yang satu dengan objek yang lainnya secara matematis. Dalam topologi SIG didefinisikan oleh user sesuai dengan karakteristik data seperti titik (*point*), garis (*line*), atau area (*polygon*). Setiap karakteristik data tersebut memiliki aturan topologi (*topology rule*) tertentu yang secara *default* telah disediakan oleh *software* SIG (Sudomo Ostip, 2011). Aturan-aturan topologi pada ArcGIS untuk selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 1.

Aturan topologi memiliki fungsi untuk menghasilkan data yang sesuai dengan konsep SIG. Dalam *software* ArcGIS telah menyediakan fitur filtering data untuk melakukan *checking* (query) kesalahan secara otomatis dan melakukan *editing* sebagai validasi data spasial dan atribut. *Editing topology* dapat dilakukan secara otomatis dan serentak atau satu persatu sesuai dengan jenis aturan topologi yang diterapkan (Sudomo Ostip, 2011).

BAB 3

PELAKSANAAN

3.1 Persiapan

Persiapan dalam penelitian tugas akhir ini berupa mengumpulkan peralatan dan bahan yang diperlukan dalam melakukan penelitian yang terbagi menjadi beberapa bagian yang meliputi antara lain :

3.1.1 Alat

Peralatan yang digunakan dalam penelitian tugas akhir ini terbagi menjadi dua bagian yaitu :

1. Perangkat Keras (*hardware*)

Perangkat keras yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

- a. *Laptop* digunakan untuk melakukan pengolahan data.
- b. *Scanner* digunakan untuk melakukan proses *scanning* pada peta.

2. Perangkat Lunak (*software*)

Perangkat lunak yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

- a. *ArcGIS 10.8* digunakan untuk melakukan pengolahan data peta hasil *scan* seperti *georeferencing* peta dan digitasi kontur.
- b. *Blender 2.93* digunakan untuk membuat 3D kontur peta.
- c. *Adobe Photoshop CS6* digunakan untuk memperbaiki kualitas data raster yang berupa peta hasil *scan*.
- d. *Microsoft Office* digunakan untuk membuat laporan penelitian.
- e. *Draw.io* digunakan untuk membuat diagram alir penelitian.

3.1.2 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini dibutuhkan beberapa data antara lain sebagai berikut di bawah ini :

1. Peta konvensional berupa peta topografi yang terletak pada wilayah Kota Sabang, Provinsi Aceh yang dibuat pada tahun 1982.

2. Data *shapefile* berupa *polyline* kontur topografi yang dibuat dengan melakukan digitasi kontur pada peta topografi.
3. Data atribut berupa data ketinggian atau elevasi setiap kontur pada peta topografi Kota Sabang, Provinsi Aceh.
4. Data raster Google Earth wilayah Kota Sabang, Provinsi Aceh.
5. Data raster DEM yang diperoleh dari proses interpolasi raster hasil digitasi kontur.

3.1.3 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian berada di Kota Sabang, Provinsi Aceh. Secara geografis Kota Sabang, Provinsi Aceh terletak pada koordinat $05^{\circ}45'00'' - 06^{\circ}00'00''$ LU dan $95^{\circ}12'30'' - 95^{\circ}30'00''$ BT seperti pada Gambar 3.1. Kota Sabang mempunyai luas wilayah $\pm 153 \text{ km}^2$ dengan ketinggian $\pm 28 \text{ m}$. Pada Kota Sabang mempunyai kondisi topografi yang didominasi oleh pegunungan dan perbukitan.

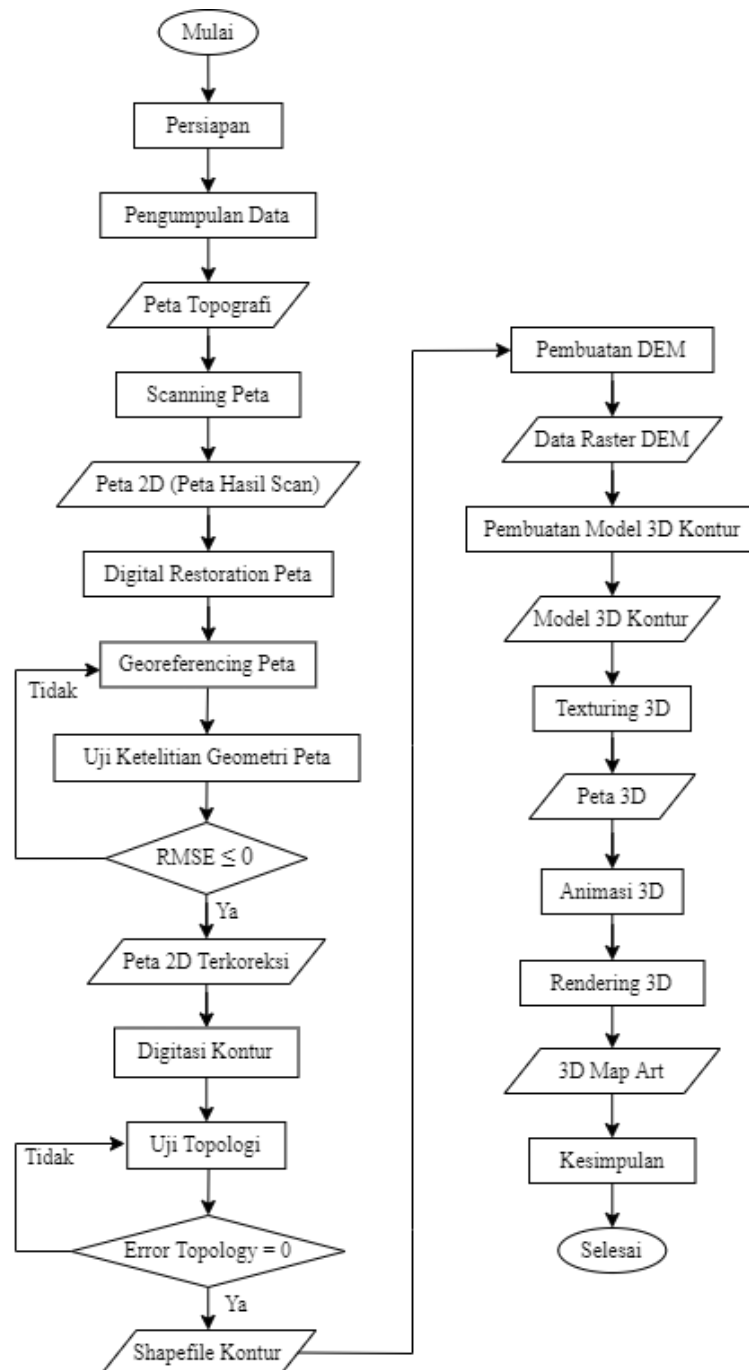


Gambar 3.1 Lokasi Penelitian (*Google Earth Pro*, 2021)

3.2 Pelaksanaan

3.2.1 Diagram Alir Pelaksanaan Penelitian

Prosedur dalam pelaksanaan penelitian ini disajikan dalam bentuk diagram alir sebagai dasar perencanaan penelitian yang dapat dilihat pada Gambar 3.2 di bawah ini.



Gambar 3.2 Diagram Alir Pelaksanaan Penelitian

3.2.2 Pelaksanaan Penelitian

Pelaksanaan penelitian ini melalui beberapa tahapan yaitu tahapan persiapan, pengumpulan data, *scanning* peta, *digital restoration* peta, *georeferencing* peta, digitasi peta, pembuatan DEM, pembuatan model 3D kontur, *texturing* 3D, animasi 3D, dan *rendering* 3D.

3.2.2.1 Persiapan

Pada tahapan persiapan penelitian penulis melakukan beberapa kegiatan seperti menentukan ide dan judul penelitian, menentukan kawasan penelitian, menyusun proposal penelitian, melakukan studi literatur terkait penelitian dari berbagai sumber jurnal dan buku, mempelajari geologi regional daerah penelitian, mengumpulkan fakta-fakta pendukung dari berbagai publikasi umum untuk menyusun latar belakang penelitian, serta menyiapkan peralatan dan bahan yang akan digunakan untuk pengolahan data penelitian. Tahapan persiapan penelitian ini memiliki tujuan untuk mempermudah penulis dalam melakukan penelitian karena adanya gambaran mengenai penelitian yang akan dilakukan.

3.2.2.2 Pengumpulan Data

Pada tahapan pengumpulan data penelitian penulis mengumpulkan data-data yang dibutuhkan dan akan digunakan dari penelitian ini yaitu peta topografi dalam bentuk media kertas. Peta topografi yang digunakan berjeniskan Peta Rupa Bumi Indonesia (RBI) daerah Kota Sabang, Provinsi Aceh dengan skala 1 : 50.000 seperti yang dapat dilihat pada Gambar 3.3. Lokasi daerah Sabang terletak pada koordinat 05°45'00" – 06°00'00" LU dan 95°12'30" – 95°30'00" BT. Peta ini memiliki nomor lembar 0421 – 54 & 55 dan edisi I – 1982. Peta RBI diterbitkan oleh Badan Koordinasi Survei dan Pemetaan Nasional (BAKOSURTANAL) dan dicetak oleh Reptak Jantop TNI – AD Jakarta Tahun 1982. Dalam peta topografi ini terdapat beberapa data yang akan digunakan seperti data koordinat, data kontur, dan data elevasi.



Gambar 3.3 Peta Topografi Kota Sabang, Provinsi Aceh Tahun 1982

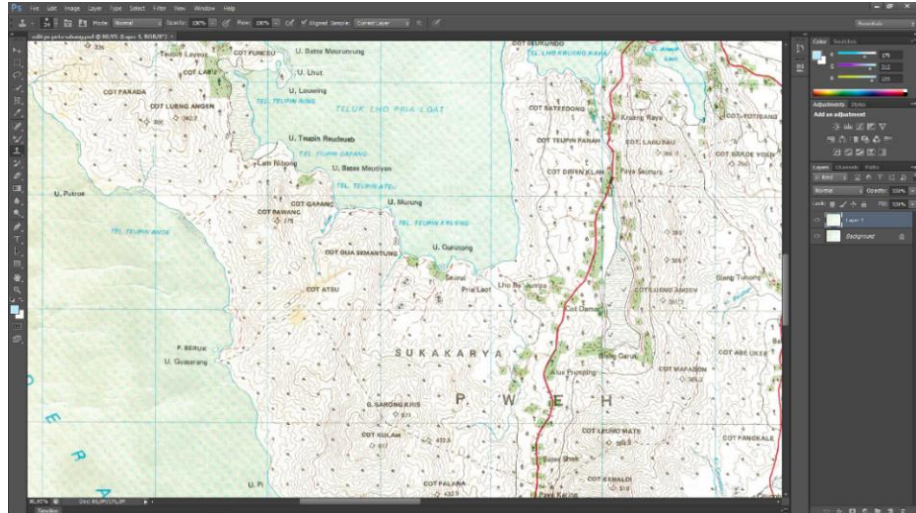
3.2.2.3 Scanning Peta

Scanning peta dilakukan untuk mengkonversi peta konvensional dalam bentuk media kertas menjadi peta digital secara otomatis menggunakan bantuan alat pemindai. *Scanning* peta tersebut termasuk sebagai proses digitasi secara tidak langsung atau digitasi otomatis. Alat pemindai yang digunakan dalam proses *scanning* peta disebut dengan *scanner*. Pada penelitian ini proses *scanning* peta dilakukan menggunakan HP Designjet HD Pro Scanner G6H51A.

3.2.2.4 Digital Restoration Peta

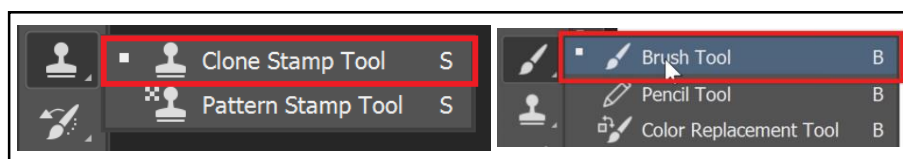
Digital restoration peta dilakukan untuk meningkatkan atau memperbaiki kualitas gambar peta hasil *scanning* yang mengalami penurunan kualitas. Penurunan kualitas gambar peta pada penelitian ini contohnya seperti adanya bekas lipatan, sobek, terdapat noda, atau pemudaran warna kertas. Pada penelitian ini proses *digital restoration*

peta dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak grafis Adobe Photoshop CS6 seperti yang terlihat pada Gambar 3.4.



Gambar 3.4 Proses *Digital Restoration* Peta

Pada gambar di atas merupakan proses *digital restoration* peta yang dapat dilakukan menggunakan beberapa *tools* pada Adobe Photoshop yaitu *Clone Stamp Tool* dan *Brush Tool* seperti yang terlihat pada Gambar 3.5. *Clone Stamp Tool* berfungsi untuk menyalin *pixels* pada bagian gambar tertentu ke bagian lainnya. *Brush Tool* berfungsi untuk menggambar atau melukis pada objek dengan menggunakan warna RGB yang disesuaikan dengan objek.

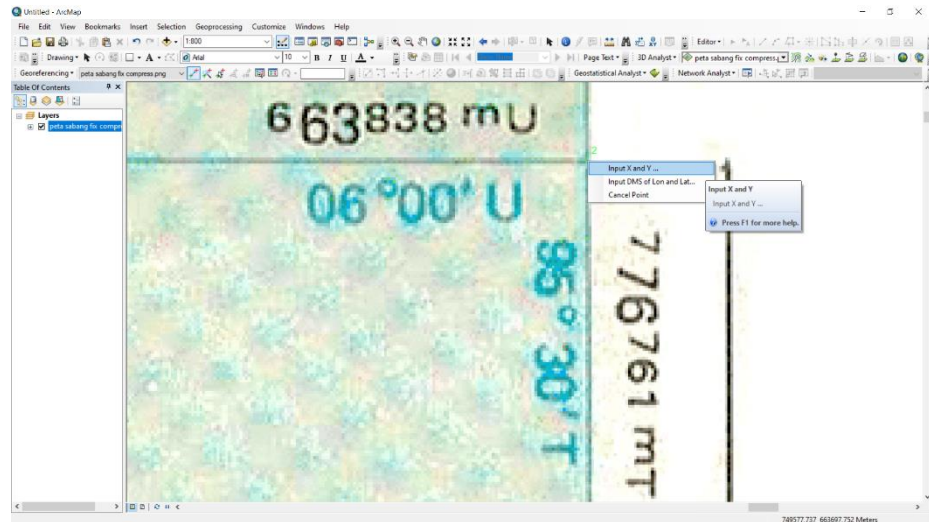


Gambar 3.5 *Tools* Adobe Photoshop Pada Proses *Digital Restoration* Peta

3.2.2.5 Georeferencing Peta

Georeferencing peta dilakukan untuk pemberian referensi geografis terhadap data raster berupa peta hasil scan ke dalam sistem koordinat dan proyeksi tertentu. Pada penelitian ini proses *georeferencing* peta dilakukan menggunakan 4 titik kontrol yang diperoleh dari peta topografi Kota Sabang dengan sistem koordinat proyeksi *Universal Transverse Mercator* (UTM) zona 46 N dan Datum

Indonesia 1974. Proses *georeferencing* peta dilakukan menggunakan perangkat lunak ArcGIS 10.8 seperti yang terlihat pada Gambar 3.6.

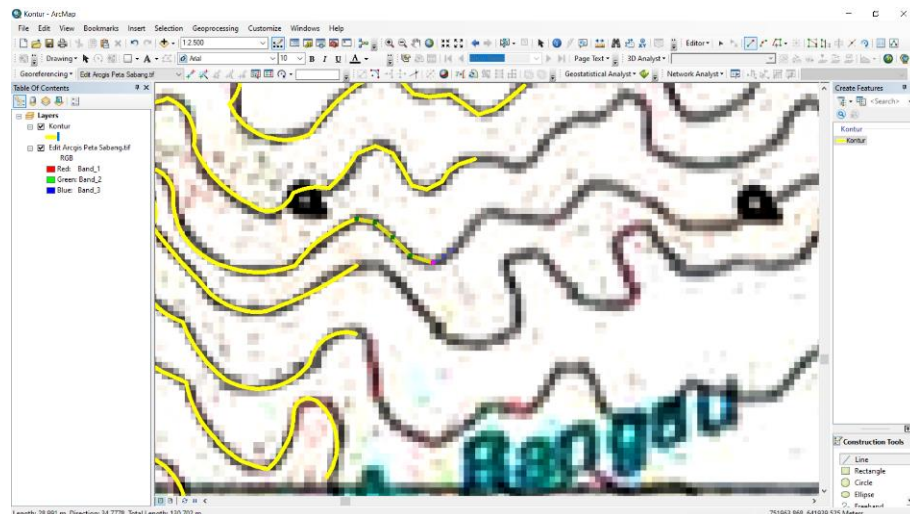


Gambar 3.6 Proses *Georeferencing* Peta

Pada gambar di atas merupakan tahapan memasukkan koordinat titik kontrol pada proses *georeferencing* peta. Pada penelitian ini titik kontrol yang digunakan sejumlah 4 titik yang tersebar pada setiap tepi muka peta. Titik-titik kontrol tersebut dipilih karena letaknya yang mudah diidentifikasi, baik di peta aslinya maupun di peta hasil *scanning*. Hal tersebut dapat meminimalisir kesalahan, sehingga nilai RMSE semakin mendekati 0 yang berarti tingkat keakurasiannya semakin tinggi.

3.2.2.6 Digitasi Peta

Digitasi peta dilakukan untuk mengkonversi data raster peta menjadi data vektor peta. Objek utama dalam proses digitasi peta pada penelitian ini adalah kontur topografi. Proses digitasi peta dilakukan dengan cara menggambarkan kembali kontur peta menggunakan teknik digitasi layar (*on screen digitizing*) yang mengacu pada peta dasar. Objek kontur pada proses digitasi peta dibangun oleh data vektor garis (*line*). Pada penelitian ini proses digitasi peta dilakukan menggunakan perangkat lunak ArcGIS seperti yang terlihat pada Gambar 3.7.



Gambar 3.7 Proses Digitasi Peta

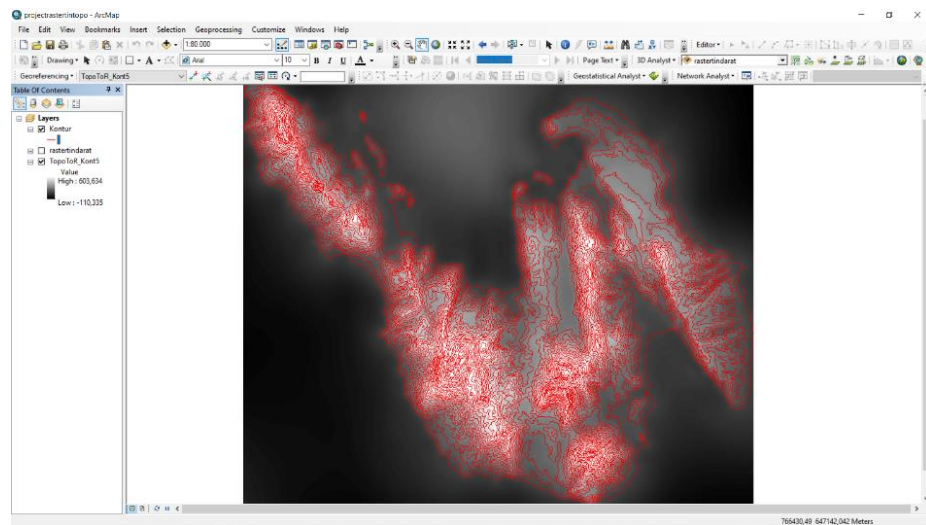
Pada gambar di atas merupakan proses digitasi peta. Setelah dilakukan proses digitasi peta, perlu juga ditambahkan data atribut elevasi kontur untuk memberikan informasi ketinggian pada setiap kontur topografi. Data atribut elevasi kontur tersebut didapatkan dari peta konvensional topografi. Proses penambahan data atribut tersebut dilakukan secara manual pada setiap kontur yang telah didigitasi seperti yang terlihat pada Gambar 3.8. Data atribut elevasi kontur untuk selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 2.

Table				
Kontur				
FID	Shape *	Id	Elevasi	
10	Polyline	0	0	0
11	Polyline	0	0	0
12	Polyline	0	0	0
13	Polyline	0	0	0
14	Polyline	0	0	0
15	Polyline	0	0	0
16	Polyline	0	0	0
17	Polyline	0	0	0
18	Polyline	0	0	0
19	Polyline	0	0	0
20	Polyline	0	0	0
21	Polyline	0	0	0
22	Polyline	0	0	0
23	Polyline	0	0	0
24	Polyline	0	0	0
25	Polyline	0	0	0
26	Polyline	0	0	0
27	Polyline	0	250	
28	Polyline	0	0	0
29	Polyline	0	0	0
30	Polyline	0	0	0

Gambar 3.8 Proses Penambahan Data Atribut Elevasi Kontur

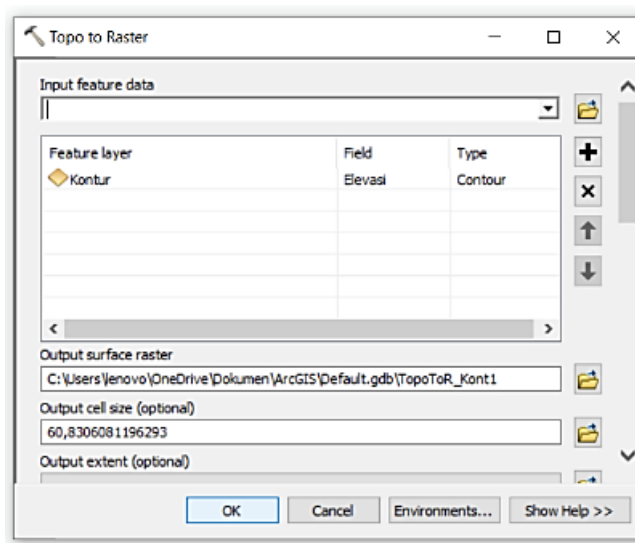
3.2.2.7 Pembuatan DEM

Pembuatan DEM dilakukan untuk mengkonversi data vektor hasil digitasi peta menjadi data raster yang memiliki informasi ketinggian kontur. Proses konversi data tersebut dilakukan dengan menggunakan metode interpolasi raster. Pada penelitian ini proses pembuatan DEM dilakukan menggunakan perangkat lunak ArcGIS seperti yang dapat dilihat pada Gambar 3.9.



Gambar 3.9 Proses Pembuatan DEM

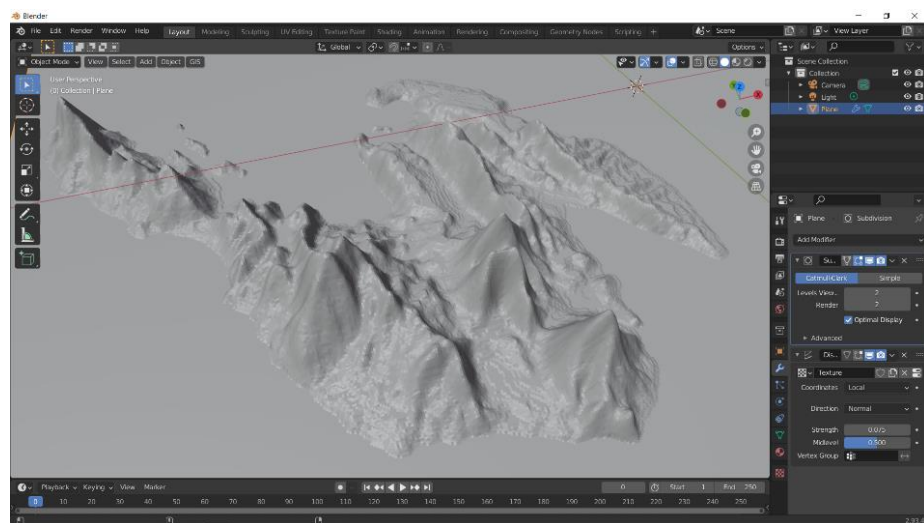
Pada gambar di atas merupakan proses pembuatan DEM. Metode interpolasi raster pada proses pembuatan DEM dilakukan dengan menggunakan salah satu *tools* yang terdapat pada ArcGIS yaitu *topo to raster* seperti yang terlihat pada Gambar 3.10. *Topo to raster* berfungsi untuk mengkonversi dari data vektor hasil digitasi yang telah memiliki data atribut elevasi kontur menjadi data raster DEM, sehingga data raster DEM tersebut dapat mempunyai informasi elevasi kontur juga. Selain itu perlu dilakukan *stretching raster* untuk mengatur visualisasi bagaimana hasil data raster DEM tersebut dapat terlihat dengan baik.



Gambar 3.10 *Topo to Raster* Pada Proses Pembuatan DEM

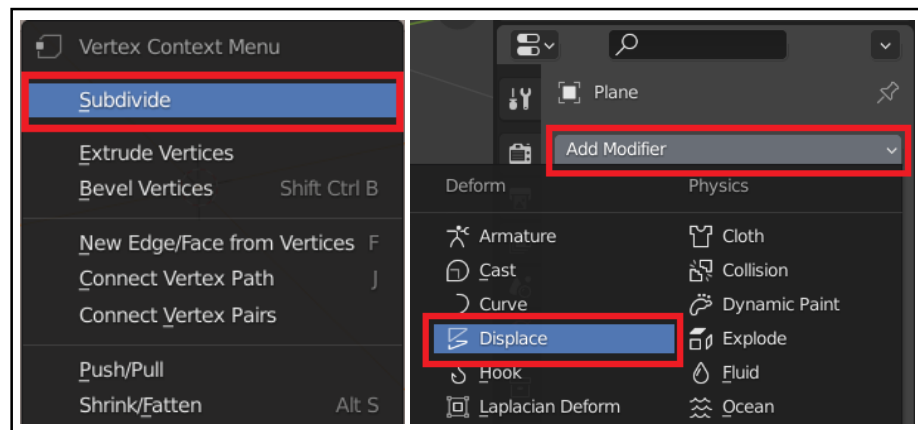
3.2.2.8 Pembuatan Model 3D Kontur

Pembuatan model 3D kontur dilakukan untuk membuat objek 3D dari data raster DEM yang memiliki informasi elevasi kontur direpresentasikan secara digital ke dalam bentuk visual nyata. Representasi tersebut menunjukkan bagaimana elevasi kontur terlihat garis ketinggiannya secara nyata pada permukaan bumi. Pada penelitian ini proses pembuatan model 3D kontur dilakukan menggunakan perangkat lunak Blender seperti yang dapat dilihat pada Gambar 3.11.



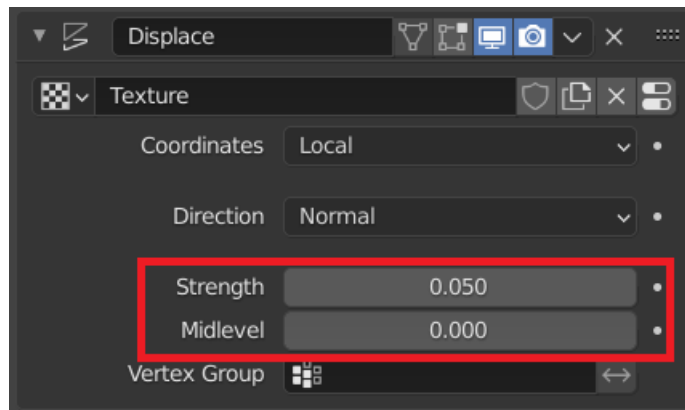
Gambar 3.11 Proses Pembuatan Model 3D Kontur

Pada gambar di atas merupakan proses pembuatan model 3D kontur yang dapat dilakukan menggunakan beberapa *tools* pada Blender yaitu *subdivide* dan *displace modifier* seperti yang terlihat pada Gambar 3.12. *Subdivide* berfungsi untuk membagi *mesh* dengan memotongnya menjadi dua *vertex* atau lebih. *Displace modifier* berfungsi untuk memindahkan *vertex* dalam *mesh* berdasarkan intensitas tekstur objek atau *Digital Number* (DN) dari data raster DEM.



Gambar 3.12 *Tools* Blender Pada Proses Pembuatan Model 3D Kontur

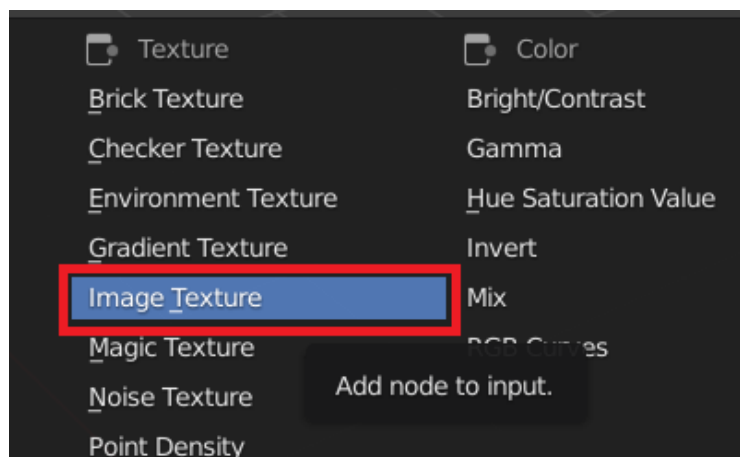
Pada gambar di atas merupakan *tools* yang digunakan dalam proses pembuatan model 3D kontur. Pada *tools displace modifier* terdapat juga *tools* yang digunakan yaitu *strength* dan *midlevel*. *Strength* berfungsi untuk mengatur tinggi rendahnya objek 3D terbentuk. *Midlevel* berfungsi untuk meletakkan objek 3D berada di atas atau di bawah garis ambang batas. Nilai *strength* dan *midlevel* ditentukan secara bebas, menyesuaikan bentuk objek 3D. Pada penelitian ini nilai *strength* diatur sebesar 0.050 dan nilai *midlevel* sebesar 0.000 seperti yang terlihat pada Gambar 3.13.



Gambar 3.13 Nilai *Strength* dan *Midlevel* Pada Pembuatan Model 3D Kontur

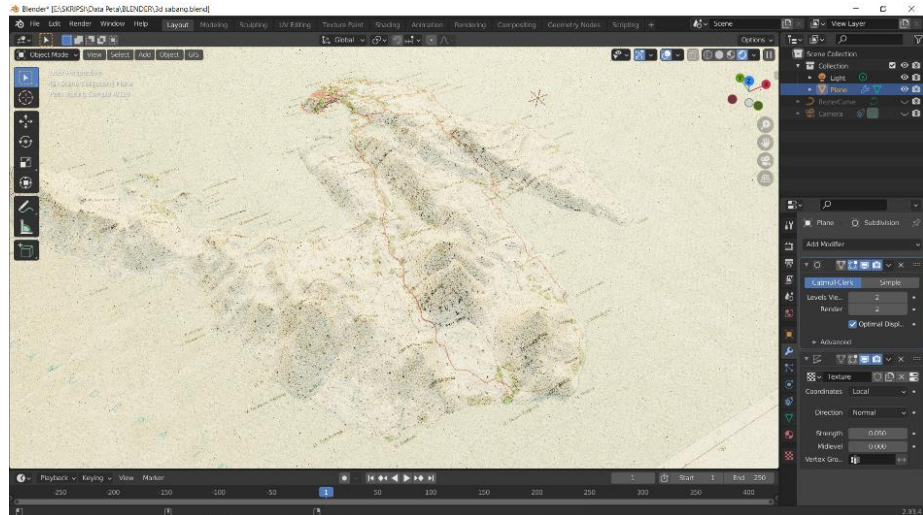
3.2.2.9 Texturing 3D

Texturing 3D dilakukan untuk memberikan material tekstur ke permukaan model 3D kontur agar terlihat lebih realistis. Proses *texturing* 3D ini dilakukan secara *overlapping* atau menumpang-tindihkan tekstur dengan model 3D kontur. Pada penelitian ini proses *texturing* 3D secara *overlapping* dilakukan menggunakan tekstur gambar (*image texture*) pada perangkat lunak Blender seperti yang terlihat pada Gambar 3.14.

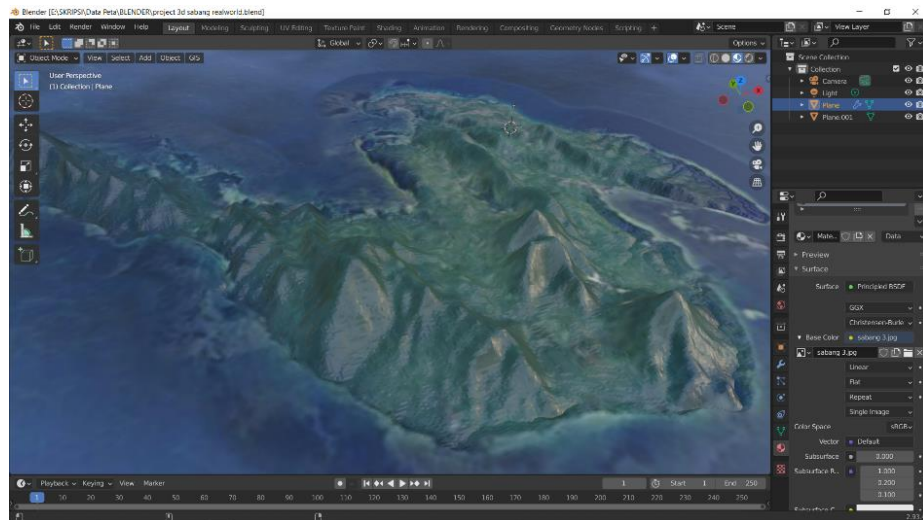


Gambar 3.14 *Image Texture* Pada Proses *Texturing* 3D

Pada gambar di atas merupakan pemberian *image texture*. Tekstur gambar yang *dioverlapping* pada model 3D kontur yaitu peta hasil *scan* seperti yang terlihat pada Gambar 3.15. Selain itu terdapat juga tekstur gambar yang *dioverlapping* pada model 3D kontur yaitu data raster Google Earth Kota Sabang seperti yang terlihat pada Gambar 3.16.



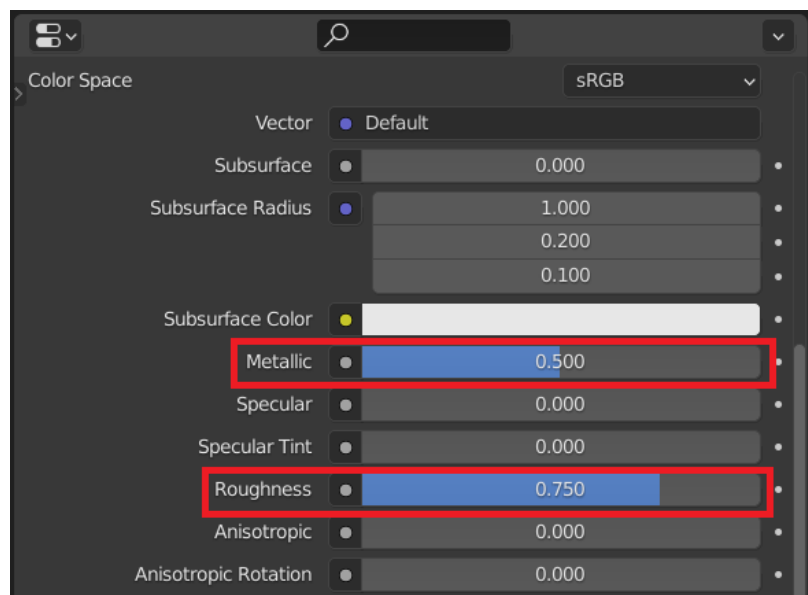
Gambar 3.15 Proses *Texturing* 3D Dengan Peta Hasil *Scan*



Gambar 3.16 Proses *Texturing* 3D Dengan Data Raster Google Earth

Pada kedua gambar di atas merupakan proses *texturing* 3D model 3D kontur dengan peta hasil *scan* dan data raster Google Earth. Proses *texturing* 3D pada penelitian ini perlu dilakukan juga penambahan *color space texture* yang berupa *metallic* dan *roughness*. Pemberian tekstur

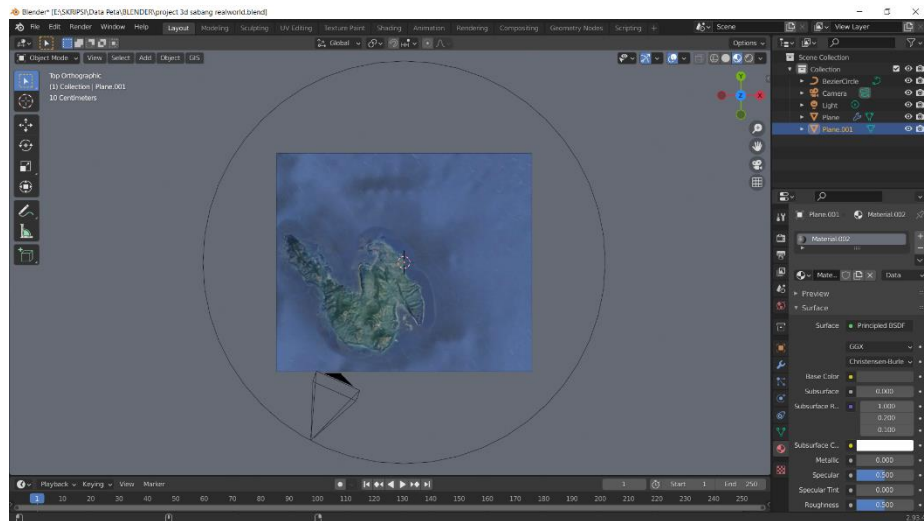
tambahan tersebut bertujuan agar model 3D kontur yang telah ditumpang-tindihkan dengan tekstur gambar dapat tetap terlihat bentuk tiga dimensinya atau mempunyai efek ilusi 3D. Penentuan nilai *metallic* dan *roughness* ditentukan secara bebas menyesuaikan seberapa efek ilusi 3D tersebut dapat terlihat pada objek. Pada penelitian ini nilai *metallic* diatur sebesar 0.500 dan nilai *roughness* sebesar 0.750 seperti yang terlihat pada Gambar 3.17.



Gambar 3.17. Nilai *Metallic* dan *Roughness* Pada Proses *Texturing* 3D

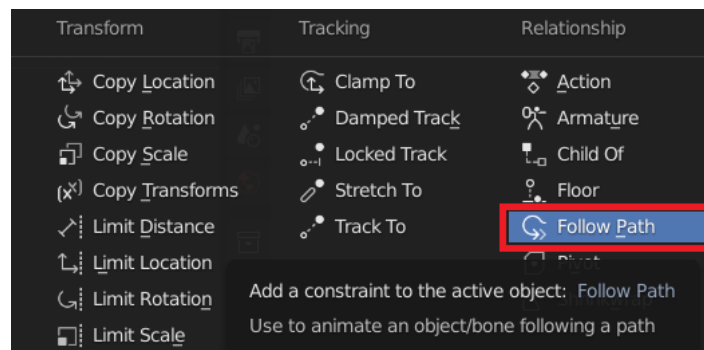
3.2.2.10 Animasi 3D

Animasi 3D dilakukan untuk membuat serangkaian peta 3D dapat bergerak dengan cepat secara berkelanjutan dan memiliki relasi antar satu sama lain. Pada penelitian ini menggunakan salah satu jenis animasi yaitu animasi *frame*. Pada proses animasi *frame* diawali dengan pembuatan jalur dimana kamera akan menangkap setiap gambar objek yang dianimasikan menggunakan perangkat lunak Blender. Pembuatan jalur dilakukan dengan menambahkan kurva (*curve*). Pada penelitian ini menggunakan salah satu jenis kurva yaitu *circle curve*. Pembuatan jalur menggunakan *circle curve* dibuat dengan bentuk mengelilingi objek secara 360° seperti yang terlihat pada Gambar 3.18.



Gambar 3.18 Pembuatan Jalur Animasi Menggunakan *Circle Curve*

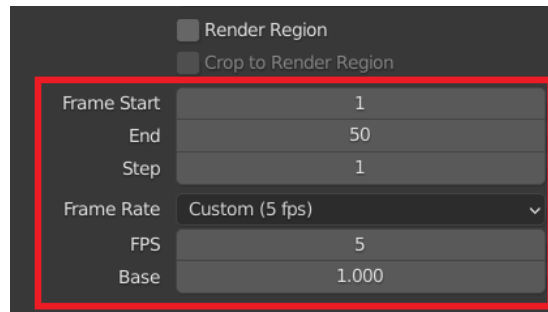
Pada gambar di atas merupakan proses pembuatan jalur menggunakan *circle curve*. Pembuatan jalur dengan *circle curve* dilakukan terhadap data raster DEM, model 3D kontur, peta topografi 3D, dan 3D *map art*. Setelah jalur terbentuk, maka perlu dilakukan pengaturan *relationship* yaitu *follow path* seperti yang terlihat pada Gambar 3.19. Hal ini bertujuan agar kamera dapat bergerak di sepanjang jalur kurva yang telah dibuat sebelumnya.



Gambar 3.19 *Follow Path* Pada Proses Pembuatan Jalur Animasi

Pada proses animasi 3D perlu dilakukan juga pengaturan *keyframe animation* sebagai kunci utama dalam pembuatan animasi yang menggambarkan setiap gerakan objek per detik. Pengaturan *keyframe animation* dilakukan dengan cara mengatur jumlah pergantian gambar (*frame*) untuk setiap detik atau *Frame Per Second* (FPS). Penentuan nilai *frame* dan FPS ditentukan secara bebas menyesuaikan seberapa

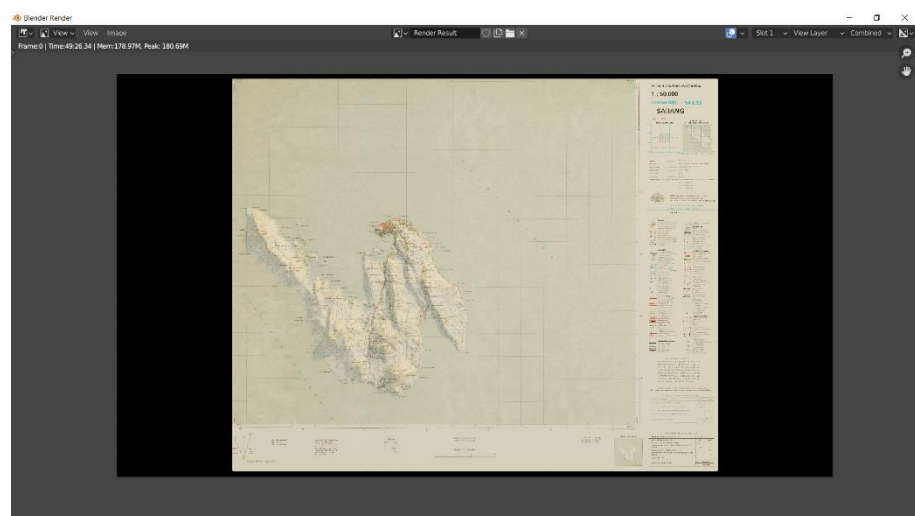
lama durasi yang ingin dihasilkan. Pada penelitian ini nilai frame diatur sejumlah 50 frames dan nilai FPS sebesar 5 fps seperti yang dapat dilihat pada Gambar 3.20.



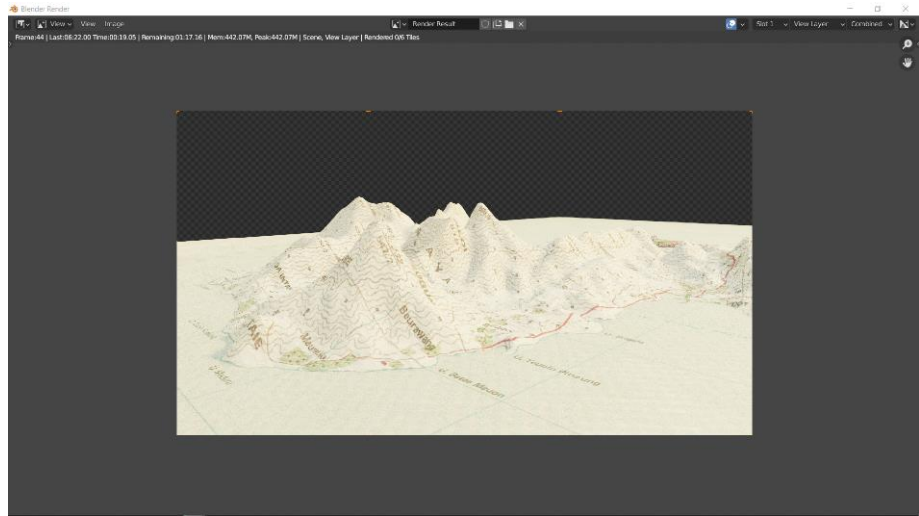
Gambar 3.20 Nilai *Frame* dan FPS Pada Proses Animasi 3D

3.2.2.11 *Rendering 3D*

Rendering 3D dilakukan untuk mengkonversi keseluruhan proses pemodelan 3D objek mulai dari tahapan pembuatan model 3D, *texturing*, dan animasi dengan parameter ke dalam sebuah bentuk *output*. Pada penelitian ini *rendering 3D* dilakukan menggunakan salah satu jenis *rendering* yaitu *cycle rendering*. Hal ini dikarenakan *cycle rendering* dapat menghasilkan *output* yang bersifat paling fotorealistik atau hampir menyerupai objek aslinya. Selain itu *rendering 3D* dilakukan dengan 2 bentuk *output* yaitu *rendering image* seperti yang terlihat pada Gambar 3.21 dan *rendering animation* seperti yang terlihat pada Gambar 3.22. Proses *rendering 3D* dilakukan menggunakan perangkat lunak Blender.



Gambar 3.21 Proses *Rendering Image*



Gambar 3.22 Proses *Rendering Animation*

Pada Gambar 3.21 merupakan proses *rendering image* yang dilakukan terhadap peta topografi 3D. Sedangkan pada Gambar 3.22 merupakan proses *rendering animation* yang dilakukan terhadap objek yang telah diproses animasi seperti data raster DEM, model 3D kontur, peta topografi 3D dan 3D *map art*.

3.3 Pengujian

3.3.1 Uji Ketelitian Geometri Peta

Pada uji ketelitian geometri peta dilakukan dengan cara memasukkan 4 titik kontrol pada setiap tepi muka peta. Titik-titik kontrol tersebut kemudian diinputkan koordinat (x, y) dari peta topografi. Berikut merupakan daftar koordinat setiap titik kontrol yang dipakai dalam proses *georeferencing* peta seperti yang dapat dilihat pada Tabel 3.2.

Tabel 3.1 Daftar Koordinat Titik Kontrol Dari Peta Topografi

Titik	Koordinat	
	X (m)	Y (m)
1	744455	663718
2	776761	663838
3	776884	636061
4	744565	636176

Proses setelah memasukkan koordinat peta yaitu melakukan perhitungan RMSE yang dihasilkan. Nilai RMSE tersebut diperoleh dari selisih koordinat titik kontrol yang diprediksi oleh *software* ArcGIS dengan koordinat peta yang telah diinputkan pada titik kontrol. Berikut merupakan daftar koordinat titik kontrol yang diprediksi oleh *software* ArcGIS seperti yang dapat dilihat pada Tabel 3.3.

Tabel 3.2 Daftar Koordinat Titik Kontrol Prediksi Pada ArcGIS

Titik	Koordinat	
	X (m)	Y (m)
1	7444517,7063	663958,5067
2	776761	663838,0330
3	776884,0132	636060,9338
4	744565,1984	636175,7023

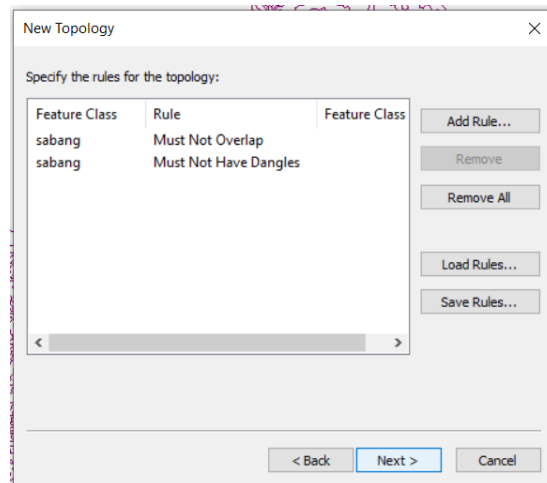
Dari hasil RMSE yang didapatkan perlu juga menghitung nilai ketelitian geometri peta yang mengacu pada Peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial Nomor 15 Tahun 2014 tentang ketelitian peta dasar. Nilai ketelitian peta tersebut dapat digunakan untuk menentukan kelas ketelitian peta. Berikut merupakan ketelitian geometri peta RBI seperti yang dapat dilihat pada Tabel 3.4.

Tabel 3.3 Ketelitian Geometri Peta RBI

No.	Skala	Interval kontur (m)	Ketelitian Peta RBI					
			Kelas 1		Kelas 2		Kelas 3	
			Horizontal (CE90 dalam m)	Vertikal (LE90 dalam m)	Horizontal (CE90 dalam m)	Vertikal (LE90 dalam m)	Horizontal (CE90 dalam m)	Vertikal (LE90 dalam m)
1.	1:1.000.000	400	200	200	300	300,00	500	500,00
2.	1:500.000	200	100	100	150	150,00	250	250,00
3.	1:250.000	100	50	50	75	75,00	125	125,00
4.	1:100.000	40	20	20	30	30,00	50	50,00
5.	1:50.000	20	10	10	15	15,00	25	25,00
6.	1:25.000	10	5	5	7,5	7,50	12,5	12,50
7.	1:10.000	4	2	2	3	3,00	5	5,00
8.	1:5.000	2	1	1	1,5	1,50	2,5	2,50
9.	1:2.500	1	0,5	0,5	0,75	0,75	1,25	1,25
10.	1:1.000	0,4	0,2	0,2	0,3	0,30	0,5	0,50

3.3.2 Uji Topologi

Uji topologi pada penelitian ini dilakukan terhadap *layer* data vektor hasil digitasi kontur yang berupa *polyline*. Aturan topologi yang umum digunakan untuk *polyline* yaitu *must not overlap* dan *must not have dangles* seperti yang terlihat pada Gambar 3.23.



Gambar 3.23 Proses Uji Topologi

Pada aturan topologi *must not overlap* itu setiap garis (*line*) tidak boleh tumpang tindih (*overlap*) dengan garis yang lainnya dalam sebuah *feature class*. Kesalahan pada aturan topologi ini ditunjukkan dengan adanya garis berwarna merah di bagian dimana dua garis yang saling tumpang tindih. Pada aturan topologi *must not have dangles* itu setiap akhir garis harus menyentuh atau menyambung dengan akhir garis yang lainnya atau dari garis itu sendiri dalam sebuah *feature class*. Kesalahan pada aturan topologi ini ditunjukkan dengan adanya titik berwarna merah di akhir garis yang tidak menyentuh garis lain atau garis itu sendiri.

Jika terdapat kesalahan pada uji topologi, maka harus dilakukan *editing* sebagai validasi dari data vektor hasil digitasi. Proses validasi hanya dapat dilakukan secara manual untuk setiap kesalahan yang terdeteksi. Sedangkan untuk meminimalisir kesalahan pada uji topologi dapat dilakukan digitasi layar dengan cara menggunakan *zoom in* yang maksimal agar setiap titik digitasi yang terbentuk dapat terlihat dengan jelas.

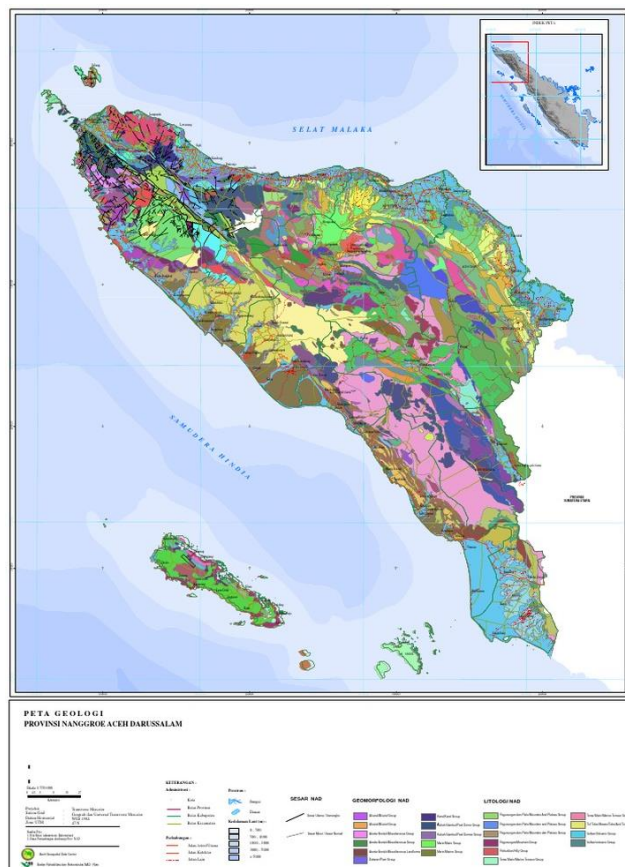
BAB 4

KAJIAN GEOLOGI REGIONAL

4.1 Geologi Regional Aceh

4.1.1 Fisiografi Aceh

Provinsi Aceh terletak pada koordinat $01^{\circ}58'37,2''-06^{\circ}04'33,6''$ LU dan $94^{\circ}57'57,6''-98^{\circ}17'13,2''$ BT dengan ketinggian ± 125 meter di atas permukaan laut. Provinsi Aceh memiliki luas sekitar $58.375,63 \text{ km}^2$. Provinsi Aceh terbagi menjadi 18 kabupaten, 5 kota, 289 kecamatan, 778 mukim, dan 6.493 gampong atau desa. Provinsi Aceh juga mempunyai 119 pulau besar dan kecil, 35 gunung, 73 sungai besar, dan 2 danau seperti yang terlihat pada Gambar 4.1 (Bappeda Provinsi Nanggroe Aceh Darussalam, 2007).



Gambar 4.1 Peta Geologi Provinsi Aceh
(Bappeda Provinsi Nanggroe Aceh Darussalam, 2007)

Batas wilayah Provinsi Aceh sebagai berikut :

1. Sebelah utara dan timur berbatasan dengan Selat Malaka
2. Sebelah selatan berbatasan dengan Provinsi Sumatera Utara
3. Sebelah barat berbatasan dengan Samudera Indonesia

Wilayah Aceh terdiri dari pegunungan yang berada di bagian tengah dan dataran di sekitarnya dan terbagi menjadi 5 bentuk fisiografi antara lain :

1. Fisiografi struktur blok pegunungan yang didominasi oleh bukit-bukit terjal yang bergelombang.
2. Fisiografi daerah depresi (*grabben*) merupakan daerah yang didominasi oleh sedimen lunak, salah satunya dipengaruhi oleh aktivitas patahan yang mengapit daerah ini. Daerah depresi tersebut berpeluang terjadinya getaran atau fibrasi ketika gempa bumi.
3. Fisiografi suok (*embayments*) Meulaboh dan Singkil yang mengindikasikan bahwa daerah tersebut pernah terjadi tsunami. Daerah tersebut merupakan daerah yang berpasir dan datar.
4. Perbukitan kaki pegunungan merupakan daerah dengan kemiringan landai ($<15^\circ$)
5. Kompleks gunungapi muda yang didominasi oleh batuan gunungapi yang memiliki kemiringan curam. Secara topografi, 55% dari wilayah Aceh merupakan pegunungan dan perbukitan, sisanya berupa dataran. Ketinggian rata-rata daerah ini adalah 125 meter di atas permukaan laut.

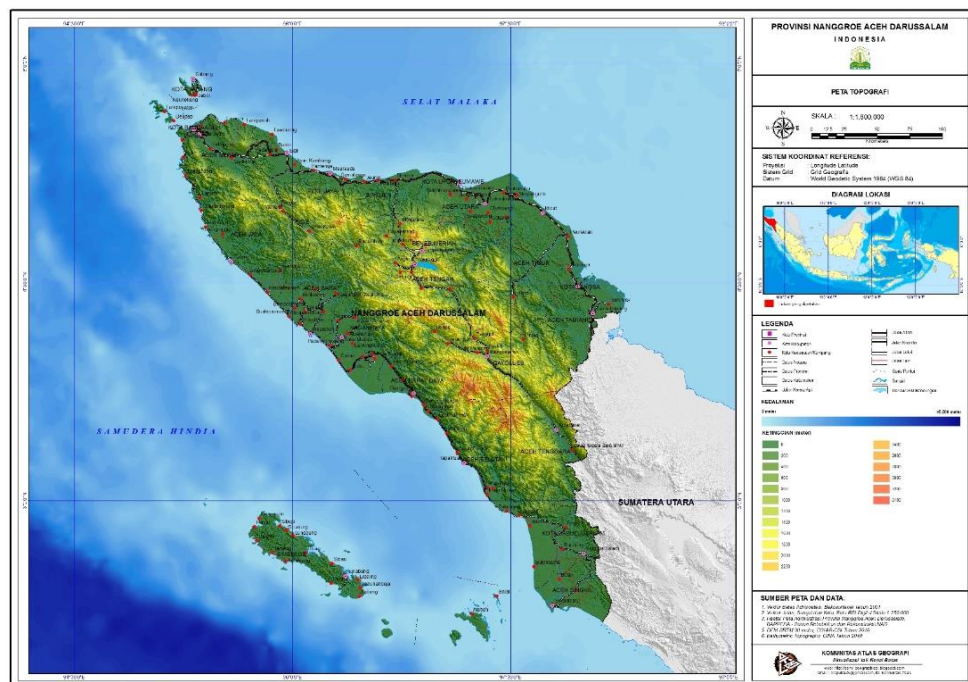
4.1.2 Topografi Aceh

Provinsi Aceh mempunyai topografi datar hingga pegunungan. Wilayah dengan topografi datar-landai sebesar 32% dan wilayah berbukit-pegunungan sebesar 68% dari luas total Provinsi Aceh seperti yang terlihat pada Gambar 4.2. Wilayah dengan topografi pegunungan berada pada bagian tengah Aceh yang merupakan pegunungan bukit barisan dan wilayah dengan topografi berbukit hingga landai berada pada bagian utara dan timur Aceh. Berdasarkan kelas topografi, Provinsi Aceh terbagi menjadi beberapa bagian yaitu :

1. Topografi datar sebesar 0-2% di sepanjang pantai selatan-barat Aceh dan 24,83% di pantai utara-timur Aceh.
2. Topografi landai sebesar 2-15% di antara Sungai Krueng Aceh dengan pegunungan Seulawah dan 11,29% di pantai barat-selatan Aceh.
3. Topografi agak curam sebesar 15-40% dan sangat curam sebesar >40% yang merupakan punggung pegunungan Seulawah, Gunung Leuser, dan bahu sungai.

Provinsi Aceh mempunyai ketinggian rata-rata 125 meter di atas permukaan laut. Berdasarkan ketinggiannya, persentase wilayah Aceh terbagi menjadi beberapa bagian antara lain :

1. Daerah dengan ketinggian 0-25 meter dpl sebesar 22,62% luas wilayah atau seluas 1.283.877 ha.
2. Daerah dengan ketinggian 25-1.000 meter dpl sebesar 54,22% luas wilayah atau sekitar 3.077.445 ha.
3. Daerah dengan ketinggian di atas 1.000 meter dpl sebesar 23,16% luas wilayah atau sekitar 1.314.526 ha.



Gambar 4.2 Peta Topografi Provinsi Aceh
(Atlas Geografi, 2012)

4.1.3 Geomorfologi Aceh

Geomorfologi wilayah pesisir Aceh secara garis besar terbagi menjadi 2 daerah yaitu daerah dataran yang terdapat di pesisir pantai wilayah utara dari Kecamatan Kuta Alam sampai sebagian Kecamatan Kuta Raja dan daerah pesisir pantai wilayah barat di sebagian Kecamatan Meuraxa. Sedangkan daerah dataran dengan ketinggian 0 hingga >10 meter, kemiringan lereng 0-2% terletak di antara muara sungai dengan perbukitan. Dari kondisi geologi Pulau Sumatera yang dilalui oleh patahan aktif Sesar Semangko sepanjang Banda Aceh hingga Lampung. Patahan tersebut bergeser sekitar 11 cm per tahun yang merupakan daerah rawan gempa dan longsor. Aceh diapit oleh 2 patahan di bagian barat dan timur kota yaitu patahan Darul Imarah dan Darussalam, sehingga Aceh merupakan daratan hasil amblesan sejak Pilosen yang membentuk suatu Graben. Hal ini menunjukkan ruas patahan Semangko di Pulau Sumatera dan kedudukannya terhadap Aceh dan kedua patahan yang merupakan sesar aktif itu diperkirakan bertemu pada pegunungan di sebelah tenggara, sehingga dataran Aceh merupakan batuan sedimen yang memiliki pengaruh kuat jika terjadinya gempa bumi di sekitarnya.

4.2 Geologi Daerah Penelitian

Kota Sabang secara geografis terletak pada koordinat $05^{\circ}46'28''$ - $05^{\circ}54'28''$ Lintang Utara dan $95^{\circ}13'02''$ - $95^{\circ}22'36''$ Bujur Timur dengan batas wilayah sebagai berikut di bawah ini :

1. Sebelah Utara berbatasan dengan Selat Malaka
2. Sebelah Timur berbatasan dengan Selat Malaka
3. Sebelah Selatan berbatasan dengan Samudera Indonesia
4. Sebelah Barat berbatasan dengan Samudera Indonesia

Kota Sabang secara administrasi terbagi menjadi 2 kecamatan yaitu Kecamatan Sukajaya dan Kecamatan Sukakarya, 18 desa (gampong), dan 5 pulau (Pulau Weh, Pulau Klah, Pulau Rubiah, Pulau Seulako, dan Pulau Rondo). Pulau Weh merupakan pulau terluas dan merupakan satu-satunya pulau yang dijadikan

permukiman. Kota Sabang memiliki total luas wilayah $\pm 153 \text{ km}^2$. Secara umum Kota Sabang terletak pada ketinggian $\pm 28 \text{ m}$ di atas permukaan laut (dpl).

4.2.1 Topografi Kota Sabang

Kota Sabang memiliki topografi yang mencakup Pulau Weh dan beberapa pulau kecil di sekitarnya didominasi oleh perbukitan dan pegunungan seperti yang terlihat pada Gambar 4.3. Topografi Kota Sabang secara umum dapat diuraikan sebagai berikut :

1. Pedataran

Dataran pantai berada di sekitar Iboih antara Teluk Teupin Iboih dan Teluk Teupin Ring, Balohan dan Pria Lot. Ketinggian $< 25 \text{ m dpl}$ sebagian berupa rawa. Dataran punggung berada di sekitar Cot Ba'u dengan ketinggian $> 100 \text{ m dpl}$ yang berupa tegalan dan lapangan udara. Dataran lembah antar perbukitan berada di Paya Seunara dengan ketinggian $> 100 \text{ m dpl}$.

2. Perbukitan Bergelombang Landai

Perbukitan bergelombang landai merupakan topografi daerah perbukitan dan kaki perbukitan yang mempunyai permukaan tidak rata (landai-tidak bergelombang). Pada topografi daerah ini mempunyai karakteristik kombinasi antara permukaan tertoreh sedang-agradasional dari rombakan lereng dengan sudut kemiringan 5-15% dan ketinggian 5 - $< 50 \text{ m}$. Terdapat 17% daerah pada Kota Sabang yang termasuk kategori ini mulai dari Cot Teupin Paneuh, Pamisi, Jaboi hingga Ujong Ba'u.

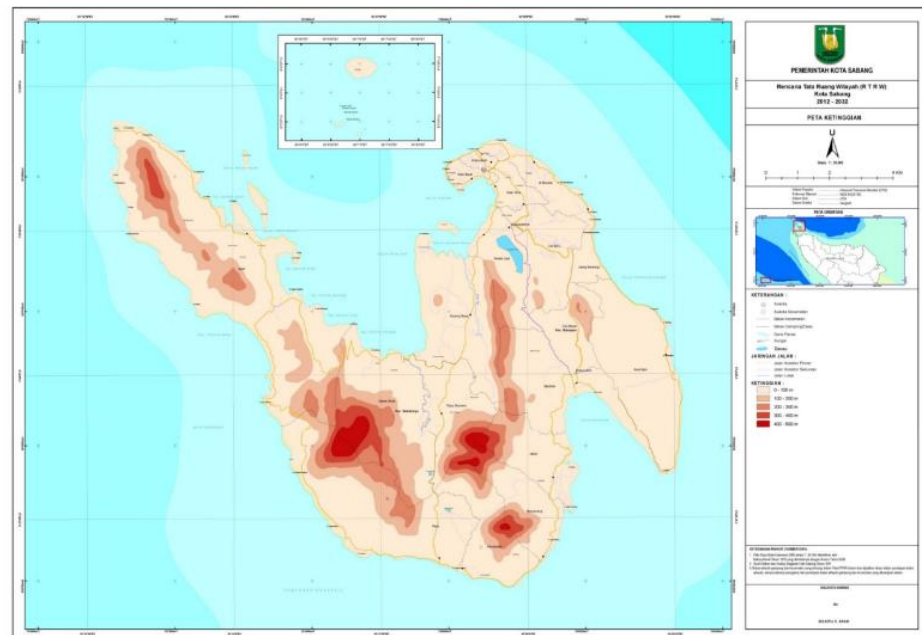
3. Perbukitan Bergelombang

Topografi daerah ini mempunyai karakteristik perbukitan berlereng miring-terjal dengan permukaan sedang-kasar. Selain itu topografi daerah ini mempunyai sudut kemiringan 10-15%. Terdapat 18% daerah pada Kota Sabang yang termasuk kategori ini yaitu Cot Ba'u, Cot Abeuk, Cot Pangkale, Anoe Itam dan Ujong Ceuhum.

4. Perbukitan Curam

Topografi daerah ini mempunyai karakteristik permukaan lahan kasar yang berupa perbukitan dan gunung dengan torehan lereng yang cukup dalam dan sempit, berlereng terjal-curam dengan sudut kemiringan 15 -

>45% dan ketinggian >50-500 m dpl. Daerah pada Kota Sabang yang termasuk ke dalam kategori ini yaitu kawasan pegunungan sebelah barat-barat laut antara Cot Iboih dan Cut Kulam, Cot Kenaloi, dan antara Cot Mak Padon dengan Cot Labe Ba'u.



Gambar 4.3 Peta Ketinggian Kota Sabang
(Bappeda Kota Sabang RTRW, 2012)

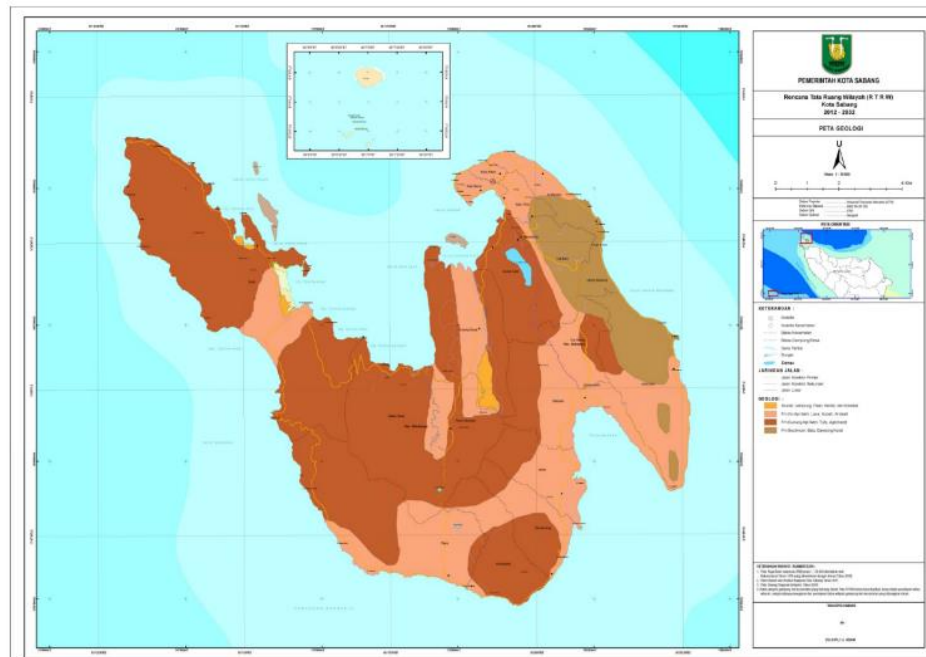
4.2.2 Kondisi Geologi Kota Sabang

Formasi batuan yang terdapat pada Kota Sabang terbagi menjadi 3 formasi atau satuan dari tua hingga muda seperti yang terlihat pada Gambar 4.4 dan dapat diuraikan sebagai berikut :

1. Formasi Gunungapi Pulau Weh, berumur Pleistosen dan tersusun atas tuf, aglomerat, lava, dan kubah andesit. Formasi ini tersebar di sebagian besar Pulau Weh yaitu Gunung Iboih, Gunung Sarung Keris, Gunung Kulam, Gunung Leumo Mate, Gunung Simere Guh, Cot Parada, Cot Lhueng Angen, Cot Pawang, Cot Palana, Cot Labu Batu, Cot Batee Dong, Sabang dan sekitarnya.
2. Formasi Seulimeum, berumur Pleistosen dan tersusun atas batugamping koral berwarna coklat muda-keputihan gelap, mengandung cangkang binatang karang. Formasi ini tersebar di perbukitan bagian timur Pulau

Weh, membujur dari utara-selatan di daerah Ujong Hud, Cot Ba'u, Ujong Reuteuk, Ujong Mentigu, Anoe Itam dan sekitarnya.

3. Satuan Aluvium, berumur Holosen dan tersusun atas kerikil, pasir dan lempung. Satuan ini terdapat pada dataran pantai dan sungai di Balohan, sekitar Danau Aneuk Laot, Paya Seunara dan sekitarnya.



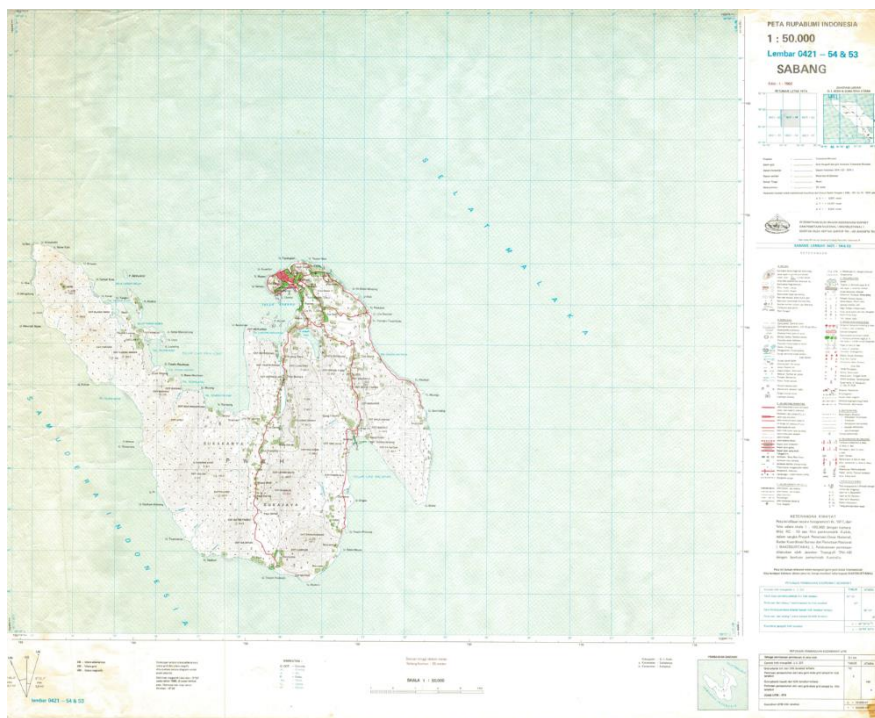
Gambar 4.4 Peta Geologi Kota Sabang
(Bappeda Kota Sabang RTRW, 2012)

BAB 5

HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Hasil *Scanning* Peta

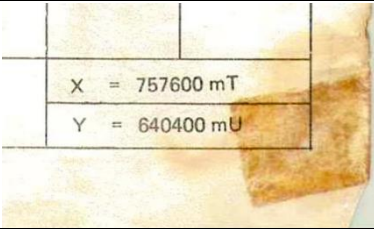
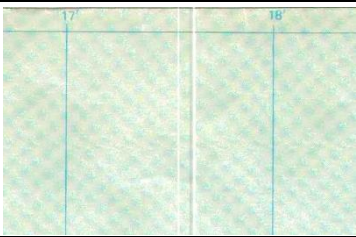
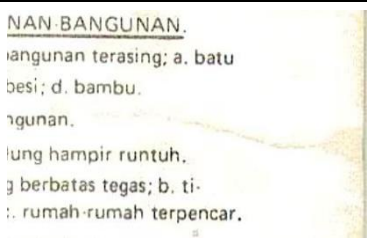

Hasil dari proses *scanning* peta ini berupa data raster dari peta topografi Kota Sabang dengan format gambar *Portable Network Graphics* (PNG), resolusi 300 dpi dan dimensi 9318 x 7499 *pixels*. Berikut merupakan hasil *scanning* peta yang telah dilakukan menggunakan alat scanner seperti yang terlihat pada Gambar 5.1.



Gambar 5.1 Hasil *Scanning* Peta

Pada gambar di atas merupakan hasil *scanning* peta yang menampilkan visual peta topografi sama seperti peta aslinya tanpa menambahkan atau mengurangi informasi apapun yang terdapat pada peta serta tanpa dilakukannya proses *editing*. Pada Tabel 5.1 dapat dilihat terdapat beberapa kerusakan pada peta seperti adanya noda bekas lipatan atau sobek, dan memudarnya warna kertas peta. Selain itu, hasil *scanning* peta yang mengalami penurunan kualitas diakibatkan juga karena keterbatasan alat *scanner* dalam memindai peta sehingga terdapat adanya *blur* dan *noise* pada peta hasil *scanning*.

Tabel 5.1 Kerusakan Pada Peta Topografi

No.	Gambar	Keterangan
1.		Noda bekas isolasi
2.		Bekas lipatan
3.		Sobek
4.		Pemudaran warna

5.2 Hasil *Digital Restoration* Peta

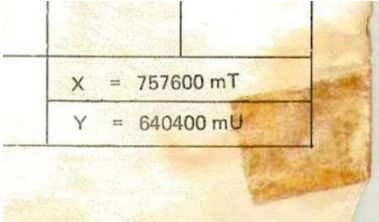
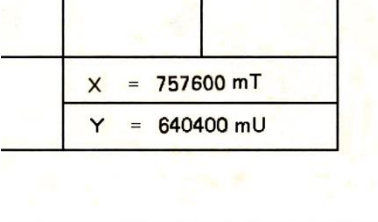
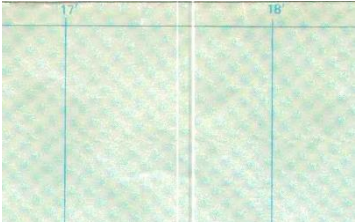

Hasil dari proses *digital restoration peta* pada penelitian ini berupa peta hasil scan yang telah diperbaiki kualitas gambarnya. Proses pengolahan *digital restoration* peta pada penelitian ini dilakukan beberapa hal seperti menghapus noda bekas lipatan atau sobek dan mengoreksi warna pada objek yang telah memudar. agar visualisasi dari peta tersebut dapat terlihat lebih baik daripada sebelumnya. Berikut merupakan hasil *digital restoration* peta yang telah dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak Adobe Photoshop CS6 seperti yang terlihat pada Gambar 5.2.



Gambar 5.2 Hasil *Digital Restoration* Peta

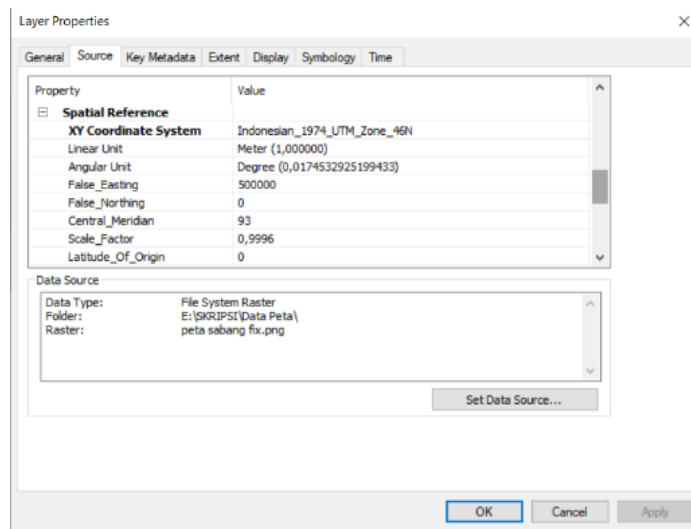
Pada gambar di atas merupakan hasil *digital restoration* peta. Pada hasil tersebut dapat dilihat perbedaannya antara sebelum dan sesudah dilakukannya perbaikan peta seperti yang terlihat pada Tabel 5.2. Proses *digital restoration* peta dilakukan dengan tujuan agar ketika peta hasil scan yang digunakan untuk *texturing* 3D kontur dengan cara *overlapping* dapat tampak lebih baik visualisasinya serta mempermudah dalam melakukan digitasi peta karena setiap garis konturnya dapat terlihat lebih jelas.

Tabel 5.2 Perbandingan Antara Sebelum dan Sesudah *Digital Restoration* Peta

No.	Sebelum	Sesudah
1.		
2.		
3.	<p><u>NAN-BANGUNAN.</u> angunan terasing; a. batu besi; d. bambu. gunan. lung hampir runtuh. g berbatas tegas; b. ti- :. rumah-rumah terpencar.</p>	<p><u>NAN-BANGUNAN.</u> angunan terasing; a. batu besi; d. bambu. gunan. lung hampir runtuh. g berbatas tegas; b. ti- :. rumah-rumah terpencar.</p>
4.	<p>PETA RUPABUMI INDONESIA 1 : 50.000 Lembar 0421 – 54 & 53 SABANG</p> <p><small>Edisi : 1 – 1982</small></p>	<p>PETA RUPABUMI INDONESIA 1 : 50.000 Lembar 0421 – 54 & 53 SABANG</p> <p><small>Edisi : 1 – 1982</small></p>

5.3 Hasil Georeferencing Peta

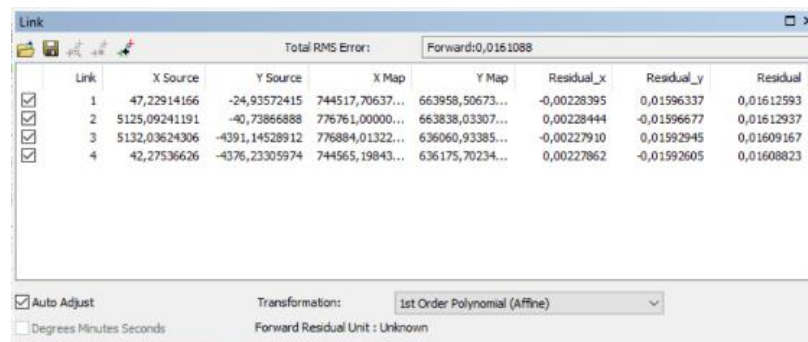
Hasil dari proses *georeferencing* peta pada penelitian ini berupa peta hasil scan yang telah terkoreksi dengan format gambar *Temporary Instruction File Format* (TIFF). Perbandingan posisi titik kontrol sebelum dan sesudah *georeferencing* peta dapat dilihat pada Tabel 5.3. Pada hasil peta terkoreksi ini telah mempunyai sistem koordinat proyeksi Indonesian 1974 UTM zone 46 N seperti yang dapat dilihat pada Gambar 5.3.



Gambar 5.3 Hasil Peta Terkoreksi Dengan Sistem Koordinat Proyeksi

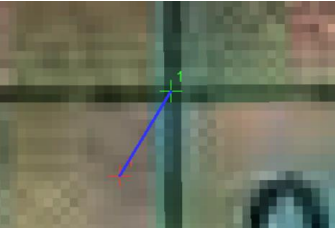
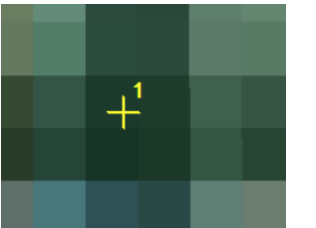




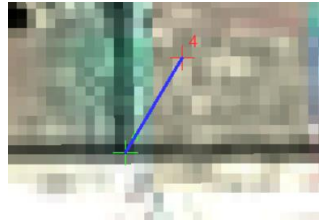

5.3.1 Hasil Uji Ketelitian Geometri Peta

Pada hasil georeferencing didapatkan nilai RMSE sebesar 0,016 dari perhitungan selisih antara koordinat titik kontrol yang diprediksi oleh *software* ArcGIS dan koordinat titik kontrol yang telah dimasukkan dari peta. Berikut merupakan perhitungan nilai RMSE hasil *georeferencing* peta pada *software* ArcGIS seperti yang terlihat pada Gambar 5.4.



Gambar 5.4 Nilai RMSE Pada ArcGIS

Tabel 5.3 Perbandingan Posisi Titik Kontrol Sebelum dan Sesudah *Georeferencing* Peta

Titik	Sebelum	Sesudah
1		
2		
3		
4		

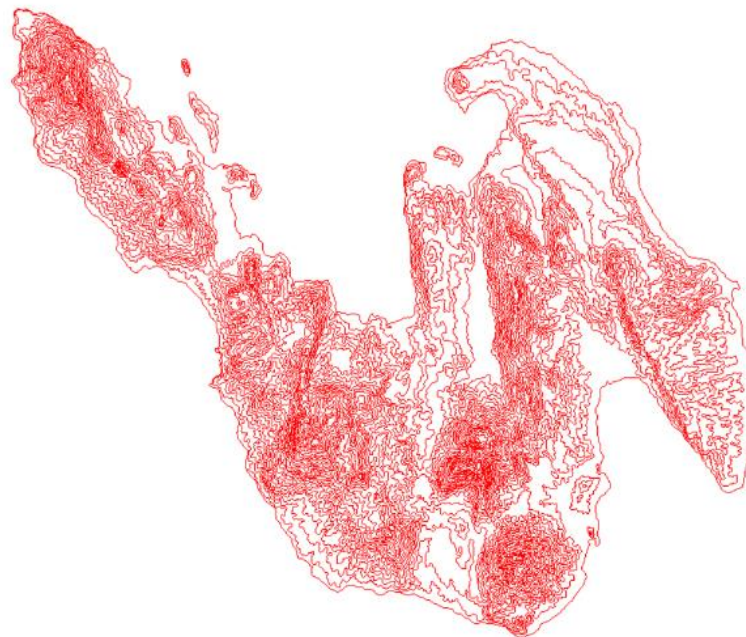
Dari hasil RMSE dapat dihitung nilai CE90 dengan rumus yang mengacu pada standar US NMAS (*United States National Map Accuracy Standards*) adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{CE90} &= 1,5175 \times \text{RMS error} \\ &= 1,5175 \times 0,016 \text{ m} \\ &= 0,024 \text{ m} \end{aligned}$$

Berdasarkan Peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial Nomor 15 Tahun 2004 tentang pedoman ketelitian peta dasar, dapat disimpulkan bahwa peta raster hasil *scan* ini memiliki ketelitian horizontal sebesar 0,024 meter. Dari hasil perhitungan CE90 dapat diketahui kelas ketelitian peta ini adalah ketelitian horizontal kelas 1 pada skala 1:50.000

5.4 Hasil Digitasi peta

Hasil digitasi peta pada penelitian ini berupa data vektor yang berupa *shapefile polyline* dari kontur peta yang telah didigitasi dan ditambahkan data atribut elevasi konturnya. Berikut merupakan hasil digitasi kontur pada penelitian ini yang telah dilakukan menggunakan perangkat lunak ArcGIS seperti yang dapat dilihat pada Gambar 5.5.

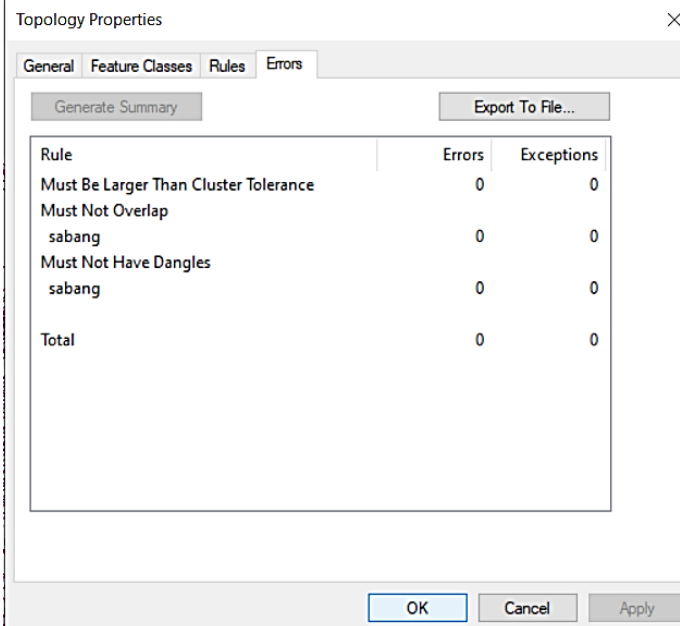


Gambar 5.5 Hasil Digitasi Peta

Pada hasil digitasi peta didapatkan kontur topografi dengan jumlah sebanyak 236 kontur dan antar konturnya memiliki beda ketinggian (interval kontur) sebesar 25 meter. Pada proses digitasi juga dilakukan penambahan data atribut untuk elevasi kontur pada peta ini secara manual yang dimulai dari 0 hingga 600 meter dengan selang tiap kontur sebesar 25 meter seperti yang terlihat pada Lampiran 2.

5.4.1 Hasil Uji Topologi

Pada hasil proses digitasi peta, didapatkan pula hasil uji topologi yang ini digunakan untuk mengetahui kesalahan pada hasil digitasi kontur. Pada penelitian ini, hasil uji topologi yang didapatkan sebesar 0 *error topology* seperti yang terlihat pada Gambar 5.6.



The screenshot shows the 'Topology Properties' dialog box with the 'Errors' tab selected. It contains a table with three columns: 'Rule', 'Errors', and 'Exceptions'. The table lists several topology rules, all of which have 0 errors and 0 exceptions. The rules include 'Must Be Larger Than Cluster Tolerance', 'Must Not Overlap sabang', and 'Must Not Have Dangles sabang'. A 'Total' row at the bottom also shows 0 errors and 0 exceptions. The dialog box includes buttons for 'Generate Summary', 'Export To File...', 'OK', 'Cancel', and 'Apply'.

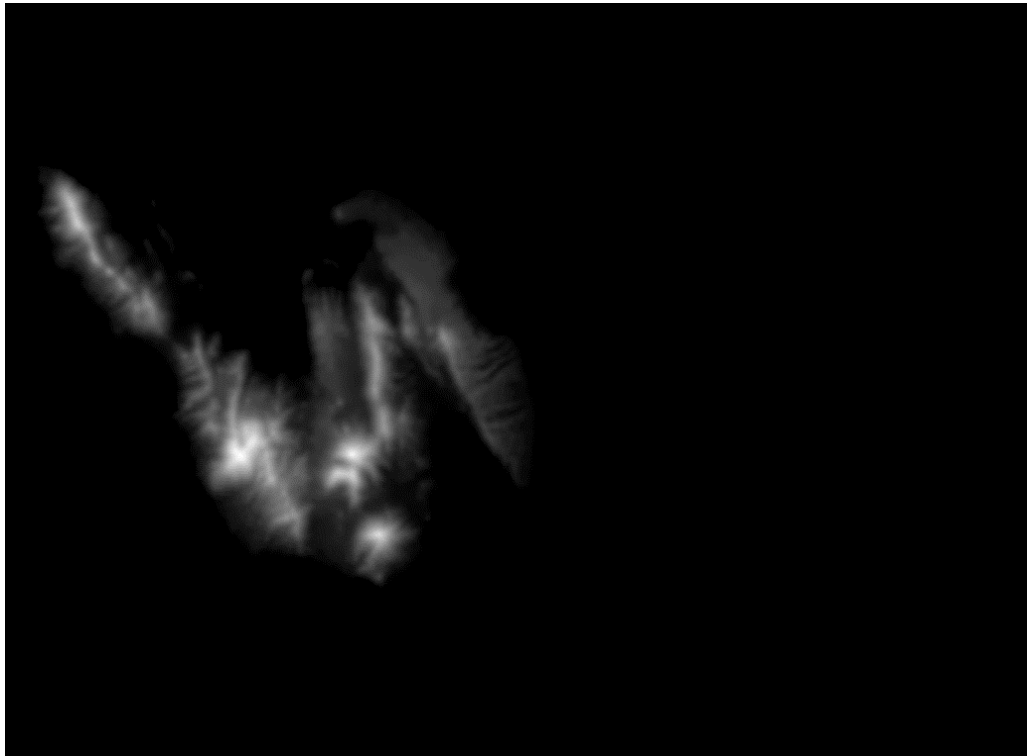
Rule	Errors	Exceptions
Must Be Larger Than Cluster Tolerance	0	0
Must Not Overlap sabang	0	0
Must Not Have Dangles sabang	0	0
Total	0	0

Gambar 5.6 Hasil Uji Topologi

Pada gambar di atas merupakan hasil uji topologi pada ArcGIS. Untuk aturan topologi *must not overlap* didapatkan hasil 0 error yang artinya tidak terdapat garis kontur hasil digitasi yang tumpang tindih. Sedangkan untuk aturan topologi *must not have dangles* didapatkan hasil 0 error yang artinya tidak terdapat garis kontur hasil digitasi yang menyentuh atau menyambung dengan garis lainnya. Dari hasil uji topologi tersebut sudah dapat dianggap valid dan dapat dilakukan proses selanjutnya.

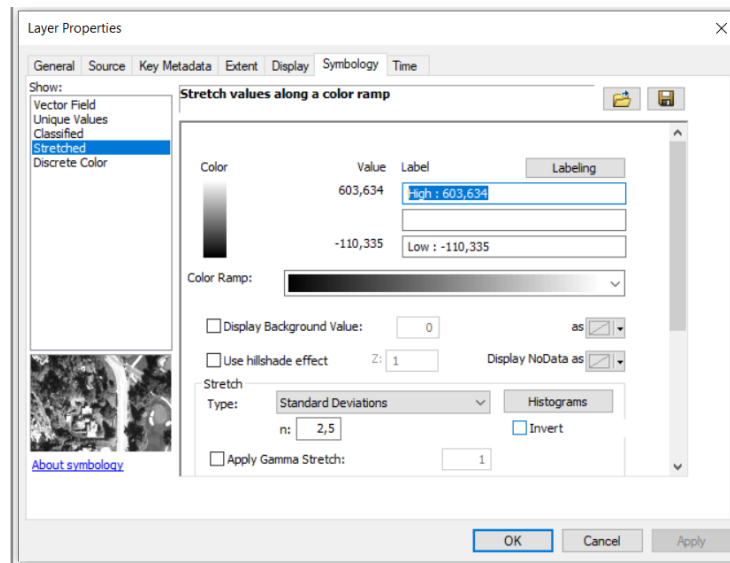
5.5 Hasil Pembuatan DEM

Hasil proses pembuatan DEM berupa data raster DEM dari data digitasi kontur yang telah dilakukan interpolasi raster menggunakan *tools topo to raster*. Berikut merupakan hasil pembuatan DEM yang telah dilakukan menggunakan perangkat lunak ArcGIS seperti yang terlihat pada Gambar 5.7.



Gambar 5.7 Hasil Pembuatan DEM

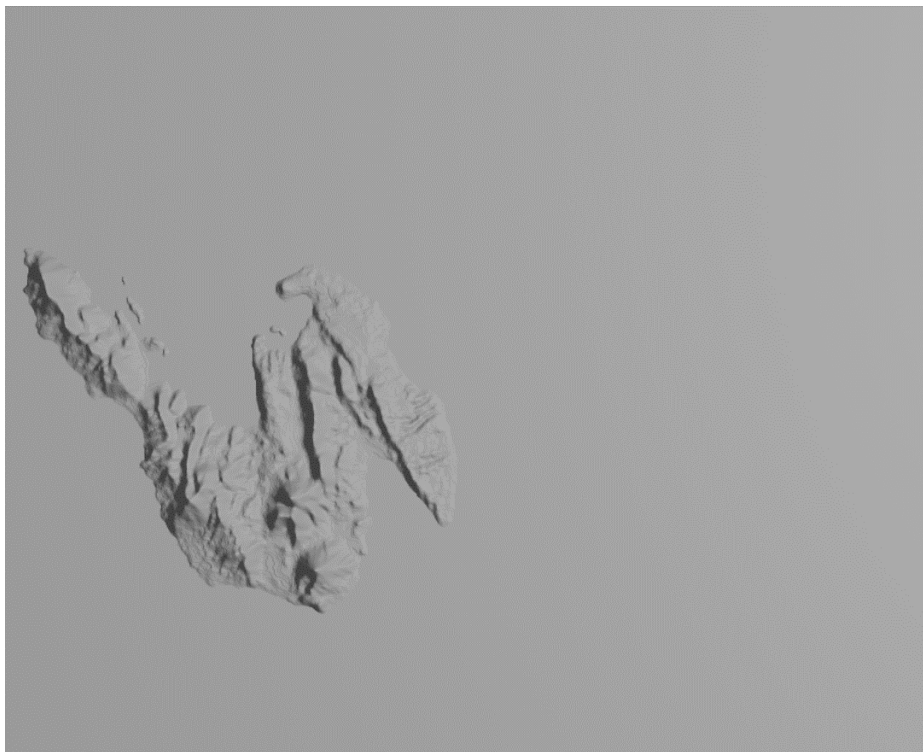
Pada gambar di atas merupakan hasil pembuatan DEM yang telah dilakukan menggunakan perangkat lunak ArcGIS. Pada hasil tersebut dapat dilihat nilai *stretching raster* dari data DEM seperti yang terlihat pada Gambar 5.8. Pada penelitian ini nilai *stretching raster* yang didapatkan sebesar 603,634 sebagai nilai tertinggi dan -110,335 sebagai nilai terendah dengan *color ramp* dari hitam sampai putih. Sedangkan untuk *stretch type* menggunakan standar deviasi (n) sebesar 2,5.



Gambar 5.8 Nilai *Stretching Raster DEM*

5.6 Hasil Pembuatan Model 3D Kontur

Hasil dari proses pembuatan model 3D kontur berupa data objek 3D kontur dengan format *object* (.obj) dari data raster DEM yang telah dilakukan proses *subdivide* dan *displace modifier*. Hasil pembuatan model 3D kontur yang telah dilakukan menggunakan perangkat lunak Blender dapat dilihat Gambar 5.9.



Gambar 5.9 Hasil Pembuatan Model 3D Kontur

Pada gambar di atas merupakan hasil model 3D kontur yang telah terbentuk pada *software* Blender. Untuk menghasilkan model 3D kontur seperti Gambar 5.9, dibutuhkan nilai *subdivide* sebesar 200 sehingga sudah dapat menghasilkan permukaan objek 3D kontur yang cukup detail dan *smooth* serta tidak memberatkan ketika melakukan proses rendering 3D. Pada pemodelan 3D kontur dibutuhkan nilai *strength* pada *displace modifier* sebesar 0.050 sehingga dapat menghasilkan tinggi rata-rata dari objek 3D kontur yang sesuai dan menyerupai kenampakan objek kontur pada permukaan bumi yang sebenarnya. Selain itu dibutuhkan juga nilai *midlevel* pada *displace modifier* sebesar 0.000 sehingga objek 3D kontur dapat berada tepat di atas garis ambang batas pada *software* Blender.

Hasil model 3D kontur pada penelitian ini tidak memiliki referensi geografis. Hal tersebut dikarenakan data raster DEM yang dimasukkan ke dalam *software* Blender hanya dapat terbaca intensitas teksturnya atau *digital number*-nya. Sehingga hasil model 3D kontur yang terbentuk tidak dapat digunakan sebagai validasi wilayah Kota Sabang karena model 3D kontur tersebut tidak mempunyai referensi geografis seperti titik koordinat dan sistem koordinat proyeksi. Namun dari hasil model 3D kontur tetap dapat digunakan sebagai representasi wilayah Kota Sabang dengan penambahan *texturing* 3D pada proses selanjutnya.

5.7 Hasil Texturing 3D

Hasil dari proses *texturing* 3D berupa data *object* (.obj) dari model 3D kontur yang telah *di-overlapping* dengan peta hasil *scan* menggunakan perangkat lunak Blender seperti yang dapat dilihat pada Gambar 5.10. Selain itu terdapat juga hasil *texturing* 3D dari model 3D kontur yang telah *di-overlapping* dengan data raster Google Earth Kota Sabang menggunakan perangkat lunak Blender seperti yang dapat dilihat pada Gambar 5.11.



Gambar 5.10 Hasil *Texturing* 3D Dengan Peta Hasil Scan

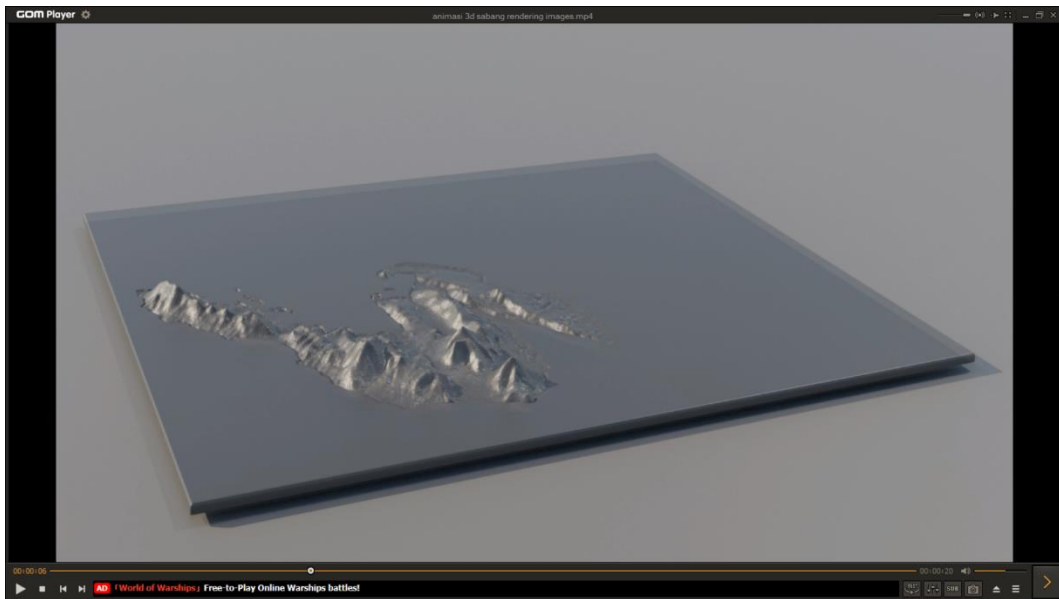


Gambar 5.11 Hasil *Texturing* 3D Dengan Data Raster Google Earth

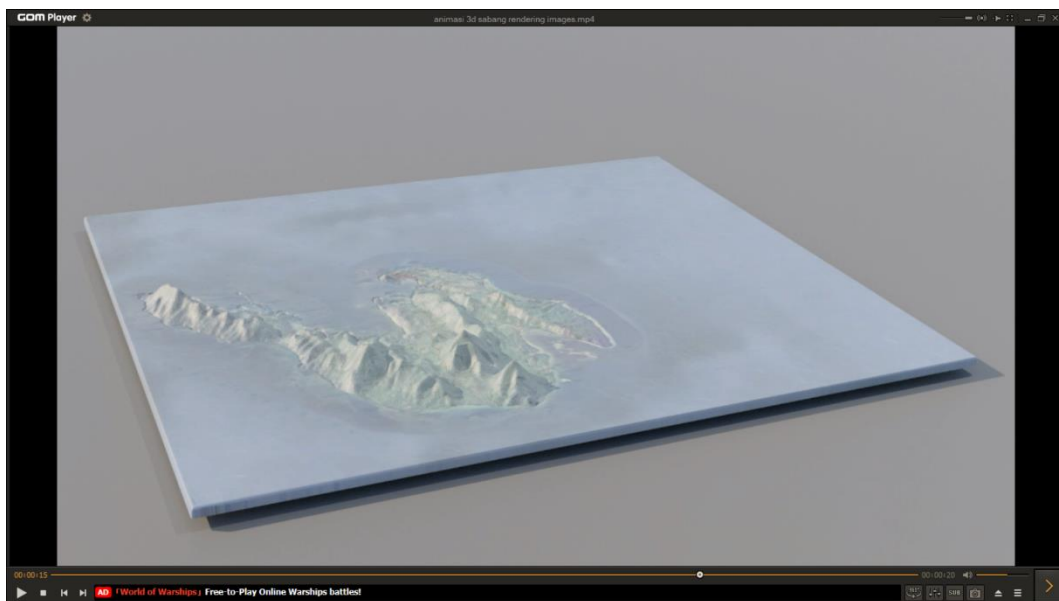
Pada kedua gambar di atas merupakan hasil *texturing* 3D dengan peta hasil scan dan data raster *google earth*. Untuk mendapatkan hasil *texturing* 3D yang memiliki efek ilusi 3D seperti Gambar 5.10 dan Gambar 5.11, perlu juga ditambahkan tekstur tambahan seperti *metallic* sebesar 0.500 dan *roughness* sebesar 0.750.

5.8 Hasil Animasi 3D dan *Rendering* 3D

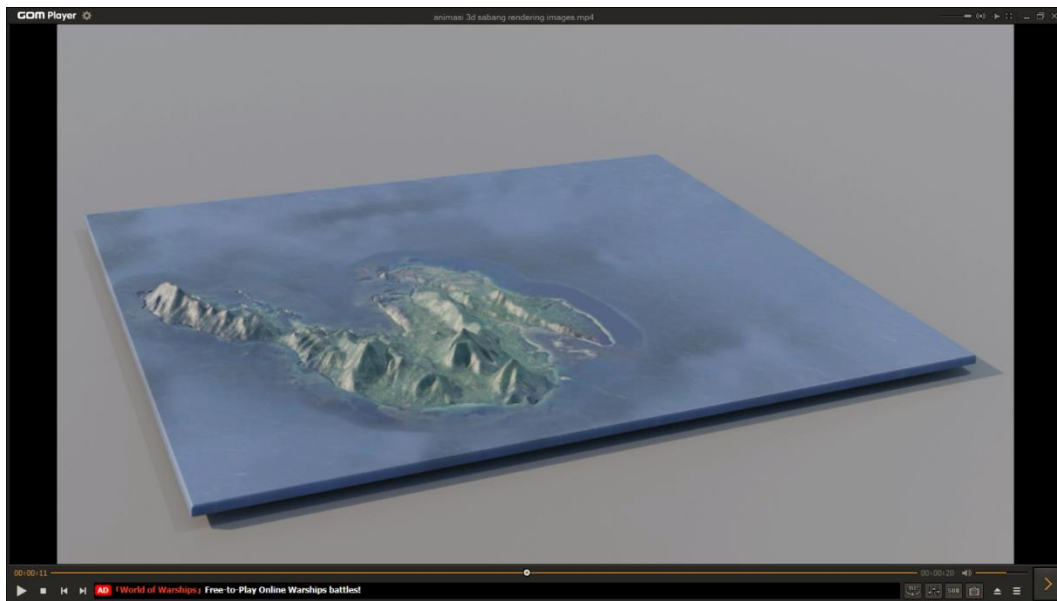
Hasil animasi 3D dan rendering 3D pada penelitian ini berupa video animasi 3D dengan format MP4 dari proses *rendering animation* menggunakan perangkat lunak Blender. *Rendering animation* dilakukan terhadap 3 objek yang berbeda yaitu model 3D kontur seperti pada Gambar 5.12, peta topografi 3D seperti pada Gambar 5.13 dan 3D map art seperti pada Gambar 5.14.



Gambar 5.12 Hasil *Rendering Animation* Model 3D Kontur



Gambar 5.13 Hasil *Rendering Animation* Peta Topografi 3D



Gambar 5.14 Hasil *Rendering Animation 3D Map Art*

Pada ketiga gambar di atas merupakan hasil rendering animation pada penelitian ini. Untuk mendapatkan hasil rendering tersebut diperlukan itu diperlukan pengaturan *keyframe animation* sejumlah 50 *frames* dan 5 FPS. Hal itu dikarenakan dengan 50 *frames* itu kamera sudah dapat mengelilingi objek secara 360° dan dengan 5 FPS itu sudah dapat menghasilkan video dengan durasi 10 detik untuk setiap objeknya. Pada *proses rendering animation* ini, untuk mendapatkan sebuah output dibutuhkan waktu selama 3 menit untuk setiap 1 *frame*. Apabila pada penelitian ini menggunakan 3 objek, maka total keseluruhan frame yang digunakan yaitu sejumlah 150 *frames*. Sehingga total waktu keseluruhan yang dibutuhkan saat proses *rendering 3D* yaitu sekitar ± 8 jam.

Pada penelitian ini juga dilakukan proses *rendering 3D* pada software Blender yang lainnya yaitu *rendering image*. Pada proses *rendering image* ini tidak perlu dilakukan proses animasi 3D dikarenakan hasil yang diperoleh dari *rendering image* berupa gambar 2D yang memiliki efek ilusi 3D seperti yang dapat dilihat pada Gambar 5.15 dan pada Lampiran 3 untuk lebih jelasnya.



Gambar 5.15 Hasil *Rendering Image* Peta Topografi 3D

Proses *rendering image* dilakukan terhadap peta topografi 3D secara menyeluruh. Hal tersebut dikarenakan hasil *rendering image* akan dicetak dalam bentuk media kertas. Untuk proses *rendering image* pada penelitian ini membutuhkan waktu selama 45 menit. Hasil *rendering image* berupa gambar dengan format PNG (*Portable Network Graphics*). Selain itu, *rendering image* dilakukan juga terhadap model 3D kontur, peta topografi 3D dan 3D map art dengan sudut perspektif dari sebelah barat daya agar terlihat bentuk 3D yang dihasilkan seperti yang dapat dilihat pada Lampiran 4, Lampiran 5, dan Lampiran 6.

Efek ilusi 3D pada hasil *rendering image* ini didapatkan ketika melakukan proses *texturing* 3D karena adanya pemberian *texture* tambahan berupa *metallic* dan *roughness* pada model 3D kontur. Hal tersebut yang menyebabkan peta topografi 3D jika ditampilkan secara digital 2D tetap akan terlihat timbul atau memiliki efek ilusi 3D. Hasil dari *rendering image* yang berupa peta topografi 3D itu dapat merepresentasikan jika wilayah dengan permukaan bumi yang tinggi ditunjukkan dengan kontur 3D yang paling menonjol dan tajam, begitu juga sebaliknya. Hal tersebut dapat mempermudah representasi ketinggian suatu wilayah tanpa harus membaca nilai ketinggian garis konturnya.

KESIMPULAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari penelitian yang telah dilakukan, maka didapatkan beberapa kesimpulan sebagai berikut ini :

1. Peremajaan peta topografi menggunakan konsep *3D map art* dapat menambah nilai dari sebuah peta konvensional karena dengan visualisasi 3D pada kontur topografi dapat memperluas perspektif orang yang melihat peta tersebut. Perspektif yang lebih luas itu membuat orang awam dapat merepresentasikan dan memahami peta topografi dengan lebih mudah. Hal ini dibuktikan dengan hasil pembagian kuisioner mengenai pemahaman public terhadap *3D map art* seperti yang dapat dilihat pada Lampiran 7.
2. Kelebihan dari hasil peremajaan peta topografi menggunakan konsep *3D map art* pada penelitian ini adalah *3D map art* berupa peta yang disajikan secara digital dan yang mempunyai kualitas visualisasi lebih baik dan tetap (tidak mengalami penurunan kualitas akibat kerusakan fisik seperti peta konvensional). *3D map art* juga lebih efisien untuk disimpan, disunting, dan diproduksi dengan berbagai macam skala.

Kekurangan dari hasil peremajaan peta topografi menggunakan konsep *3D map art* pada penelitian ini adalah hasil *3D map art* tidak dapat digunakan untuk hal validasi karena *3D map art* tidak mempunyai referensi geografis. *3D map art* hanya dapat dicetak dalam bentuk media kertas dengan efek ilusi 3D seperti yang dapat dilihat pada Lampiran 8. Hal tersebut disebabkan oleh belum adanya percetakan 3D di Indonesia yang berkenan untuk mencetak peta 3D dengan jumlah satuan, sehingga *3D map art* belum dapat dicetak dengan bentuk peta timbul 3D. Selain itu *3D map art* juga membutuhkan investasi biaya yang besar untuk pengadaan peralatan (*hardware*) dan *software* berlisensi serta memerlukan *brainware* yang cukup terampil.

Saran

Berdasarkan hasil dari pengolahan data yang telah dilakukan dan kesimpulan yang diperoleh, maka terdapat saran yang diberikan yaitu :

1. Penelitian berikutnya disarankan untuk dapat memilih peta konvensional dengan yang lebih baik dan menarik agar ketika dilakukan proses peremajaan peta maka bentuk *3D map art* yang dihasilkan juga dapat terlihat lebih menarik.
2. Penelitian berikutnya disarankan untuk dapat membuat 3D objek peta lainnya seperti sungai, vegetasi, permukiman sehingga visualisasi 3D peta lebih lengkap sehingga tampak lebih baik dan menarik.
3. Penelitian ini sangat disarankan untuk menggunakan laptop atau PC dengan spesifikasi kelas menengah ke atas karena dalam proses pengolahan 3D objek pada *software* Blender membutuhkan performa perangkat yang mumpuni sehingga kecepatan dan kemampuan grafis animasi pada *software* tersebut dapat berjalan dengan baik dan lancar.
4. Penelitian selanjutnya disarankan untuk dapat mencetak *3D map art* dalam bentuk fisik berupa peta timbul 3D sehingga visualisasi dari *3D map art* dapat dilihat secara langsung.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdur Rahman. (2013). *Pengantar Kartografi dan Sistem Informasi Geografis*. P3AI Universitas Lampung Mangkurat.
- ArcGIS. (2010). *ArcGIS Geodatabase Topology Rules*. Diakses pada 25 Juli 2022, https://resources.arcgis.com/en/help/main/10.2/01mm/pdf/topology_rules_poster.pdf/.
- Ardhianto, Eka. (2012). *Augmented Reality Objek 3 Dimensi Dengan Perangkat Artoolkit dan Blender*. Jurnal Teknologi Informasi DINAMIK. Volume 17, No.2 : 107 – 117.
- Ari dan Yariato. (2010). *Pembuatan Peta Digital Topografi Pulau Panjang, Banten, Menggunakan ArcGIS 9.2 dan Surfer 8*. Pusat Pengembangan Energi Nuklir (PPEN) BATAN.
- Aryono Prihandito. (1989). *Kartografi*. PT Mitra Gama Widya. Yogyakarta.
- Bappeda Kota Sabang. (2012). *Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) Kota Sabang Tahun 2012-2032*. Pemerintah Kota Sabang.
- Bappeda Nanggroe Aceh Darussalam. (2007). *Rencana Pembangunan Jangka Panjang Kota Banda Aceh Tahun 2007-2027*. Pemerintah Kota Banda Aceh.
- Burrough, P.A. (1986). *Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment*. Oxford University Press, Oxford.
- Dipokusumo. dkk. (1983). *Dasar Teori Model Terrain Digital*. Diakses pada tanggal 17 Mei 2022, <http://www.scribd.com/doc/135113289/Dasar-Teori-Model-TerrainDigital>.
- Google Earth Pro. (2012). *Wilayah Kota Sabang, Provinsi Aceh*.
- Indarto. (2013). *Sistem Informasi Geografis*. Yogyakarta: Graha Ilmu
- International Cartography Association. (1973). *Basic Cartography for Students and Technicians*. Volume 1. Published With The Financial Assistance of UNESCO. BAS Printers Limited.
- Irwansyah, Edy. (2013). *Sistem Informasi Geografis: Prinsip Dasar dan Pengembangan Aplikasi*. Yogyakarta : Digibooks.
- Menno-Jan Kraak & Ferjan Ormeling. (2007). *Kartografi Visualisasi Data Geospasial*. Edisi Kedua. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.

- Miswar, Dedy. (2012). *Kartografi Tematik*. Anugerah Utama Raharja Printing & Publishing. Bandar Lampung.
- Nalwan, A. (1998). *Pemrograman Animasi dan Game Profesional*. Jakarta : Elex Media Komputindo.
- Noor, Djauhari. (2010). *Geomorfologi*. Bogor : Program Studi Teknik Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Pakuan.
- Peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial. (2014). Nomor 15 Tahun 2014 tentang *Pedoman Teknis Ketelitian Peta Dasar*.
- Rajabidfard, Abbas, and I.P. Williamson. (2000). *Spatial Data Infrastructures: Concept, SDI Hierarchy and Future Directions*. Melbourne, Victoria: Spatial Data Research Group, Department of Geomatics, The University of Melbourne.
- Raisz, Erwin. (1948). *General Cartography*. New York, McGraw-Hill Book Co.
- Robinson, A. H. (1985). *Elements of Cartography*. 5th ed. New York: Wiley.
- Robinson, A. H. (1995). *Elements of Cartography*. 6th ed. New York: Wiley.
- Silvia dan Kartika. (2004). *Pemodelan Peta Topografi ke Objek Tiga Dimensi*. Universitas Kristen Petra.
- Sudomo, Ostip. (2011). *Membangun Geodatabase*. PT. Duta Informatika.
- Sugandi, Dede, dkk. (2012). *Atlas Geografi*. Jakarta Pusat : Pamduta.
- Suparno dan Endy. (2005). *Perencanaan dan Pengembangan Perumahan*. Andi Yogyakarta : Yogyakarta.
- Sutarman dan Triyanto. (2006). *Pemetaan Topografi (2D) dan Pemodelan Relief Rupabumi Tiga Dimensi (3D) Kota Padang Sumatera Barat*. Universitas Negeri Padang.
- Trisakti, Bambang. (2010). *Pengembangan Metode Ekstraksi DEM (Digital Elevation Model) Dari Data ALOS PRISM*. LAPAN.

LAMPIRAN

- Lampiran 1** Aturan Topologi Pada ArcGIS
- Lampiran 2** Tabel Data Elevasi Kontur
- Lampiran 3** Peta Topografi 2D Dengan Efek Ilusi 3D
- Lampiran 4** Model 3D Kontur
- Lampiran 5** Peta Topografi 3D
- Lampiran 6** *3D Map Art*
- Lampiran 7** Hasil Kuisisioner Tentang Pemahaman Publik Terhadap *3D Map Art*
- Lampiran 8** Hasil Cetak Peta Topografi 2D Dengan Efek Ilusi 3D

Lampiran 1 Aturan Topologi Pada ArcGIS (ArcGIS, 2010)

ArcGIS® Geodatabase Topology Rules

How to read these diagrams:

Topology rule name:

Must not overlap (Polygon): Ensures that overlapping polygons are not allowed. Diagram shows two overlapping green polygons.

Must not have gaps (Polygon): Ensures that adjacent polygons share a common boundary. Diagram shows two adjacent green polygons with a gap between them.

Must be larger than cluster tolerance (Line or Polygon): Ensures that lines and polygons are larger than the cluster tolerance. Diagram shows a green line and a green polygon.

Must not have pseudonodes (Line): Ensures that lines do not have pseudonodes. Diagram shows a green line with a pseudonode.

Contains point (Polygon): Ensures that a point is contained within a polygon. Diagram shows a red point inside a green polygon.

Contains one point (Polygon): Ensures that a polygon contains only one point. Diagram shows a green polygon with one red point.

Must not have dangles (Line): Ensures that lines do not have dangles. Diagram shows a green line with a dangle.

Must not self overlap (Line): Ensures that lines do not self-overlap. Diagram shows a green line that self-overlaps.

Must be covered by feature class of (Polygon): Ensures that a polygon is covered by a specific feature class. Diagram shows a green polygon covered by a red feature class.

Boundary must be covered by (Polygon): Ensures that the boundary of a polygon is covered by a specific feature class. Diagram shows a green polygon with its boundary covered by a red feature class.

Must not overlap (Line): Ensures that lines do not overlap. Diagram shows two overlapping green lines.

Must not self intersect (Line): Ensures that lines do not self-intersect. Diagram shows a green line that self-intersects.

Must not overlap with (Polygon): Ensures that a polygon does not overlap with a specific feature class. Diagram shows a green polygon overlapping with a red feature class.

Must be covered by (Polygon): Ensures that a polygon is covered by a specific feature class. Diagram shows a green polygon covered by a red feature class.

Must not intersect (Line): Ensures that lines do not intersect. Diagram shows two intersecting green lines.

Must be single part (Line): Ensures that lines are single part. Diagram shows a green line that is not single part.

Area boundary must be covered by boundary of (Polygon): Ensures that the area boundary of a polygon is covered by the boundary of a specific feature class. Diagram shows a green polygon with its area boundary covered by the boundary of a red feature class.

Must cover each other (Polygon): Ensures that two polygons cover each other. Diagram shows two overlapping green polygons.

Must not intersect with (Line): Ensures that a line does not intersect with a specific feature class. Diagram shows a green line intersecting with a red feature class.

Must be covered by feature class of (Line): Ensures that a line is covered by a specific feature class. Diagram shows a green line covered by a red feature class.

Must be coincident with (Point): Ensures that points are coincident with a specific feature class. Diagram shows a red point coincident with a green feature class.

Must be disjoint (Point): Ensures that points are disjoint from a specific feature class. Diagram shows a red point disjoint from a green feature class.

Must not intersect or touch interior (Line): Ensures that lines do not intersect or touch interior. Diagram shows two green lines that intersect or touch interior.

Must be covered by boundary of (Line): Ensures that a line is covered by the boundary of a specific feature class. Diagram shows a green line covered by the boundary of a red feature class.

Must be covered by endpoint of (Point): Ensures that a point is covered by the endpoint of a specific feature class. Diagram shows a red point covered by the endpoint of a green feature class.

Point must be covered by line (Point): Ensures that a point is covered by a line. Diagram shows a red point covered by a green line.

Must not intersect or touch interior with (Line): Ensures that a line does not intersect or touch interior with a specific feature class. Diagram shows a green line intersecting or touching interior with a red feature class.

Must be inside (Line): Ensures that a line is inside a specific feature class. Diagram shows a green line inside a red feature class.

Must be properly inside polygons (Point): Ensures that a point is properly inside a polygon. Diagram shows a red point properly inside a green polygon.

Must be covered by boundary of (Point): Ensures that a point is covered by the boundary of a specific feature class. Diagram shows a red point covered by the boundary of a green feature class.

Endpoint must be covered by (Line): Ensures that the endpoint of a line is covered by a specific feature class. Diagram shows the endpoint of a green line covered by a red feature class.

Lampiran 2 Tabel Data Atribut Elevasi Kontur

FID	Elevasi				
0	450	42	150	85	375
1	225	43	200	86	350
2	200	44	250	87	575
3	75	45	200	88	425
4	100	46	225	89	400
5	125	47	200	90	550
6	425	48	175	91	250
7	450	49	250	92	425
8	475	50	250	93	400
9	200	51	275	94	400
10	175	52	225	95	275
11	150	53	200	96	350
12	400	54	150	97	325
13	400	55	125	98	350
14	400	56	50	99	325
15	375	57	25	100	300
16	350	58	175	101	325
17	325	59	50	102	300
18	300	60	25	103	325
19	325	61	200	104	300
20	300	62	250	105	550
21	325	63	225	106	525
22	350	64	25	107	300
23	275	65	50	108	225
24	250	66	75	109	325
25	325	67	75	110	350
26	275	68	25	111	375
27	250	69	25	112	500
28	225	70	300	113	400
29	300	71	275	114	425
30	275	72	225	115	450
31	325	73	225	116	475
32	300	74	175	117	100
33	275	75	75	118	100
34	325	76	175	119	100
35	300	77	200	120	150
36	275	78	250	121	200
37	250	79	200	122	150
38	225	80	200	123	100
39	200	81	600	124	125
40	175	82	600	125	100
41	250	83	350	126	525
		84	475	127	500

128	475
129	450
130	425
131	400
132	375
133	350
134	325
135	300
136	275
137	175
138	150
139	125
140	250
141	225
142	200
143	175
144	150
145	200
146	125
147	100
148	50
149	50
150	25
151	50
152	25
153	75
154	50
155	600
156	525
157	500
158	475
159	450
160	425
161	400
162	500
163	500
164	475
165	425
166	450
167	375
168	325
169	300
170	350
171	275
172	250

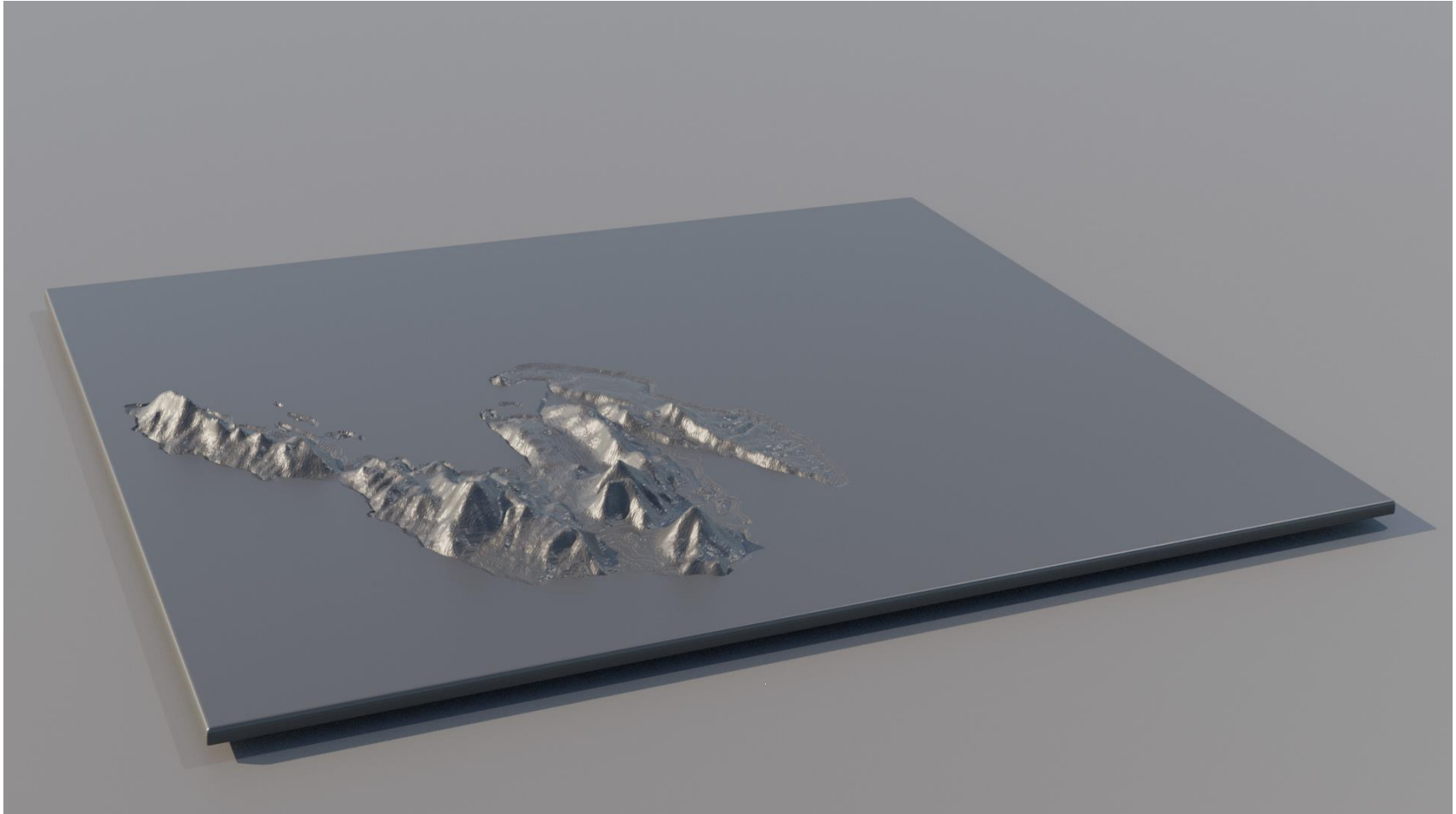
173	225
174	350
175	325
176	275
177	300
178	350
179	350
180	350
181	325
182	275
183	300
184	325
185	300
186	175
187	200
188	350
189	150
190	175
191	75
192	50
193	200
194	175
195	150
196	225
197	200
198	250
199	225
200	200
201	50
202	100
203	100
204	225
205	200
206	175
207	150
208	125
209	25
210	325
211	300
212	275
213	250
214	225
215	200
216	175
217	150

218	125
219	100
220	75
221	200
222	150
223	175
224	25
225	25
226	50
227	50
228	25
229	150
230	150
231	150
232	25
233	0
234	0
235	0
236	0

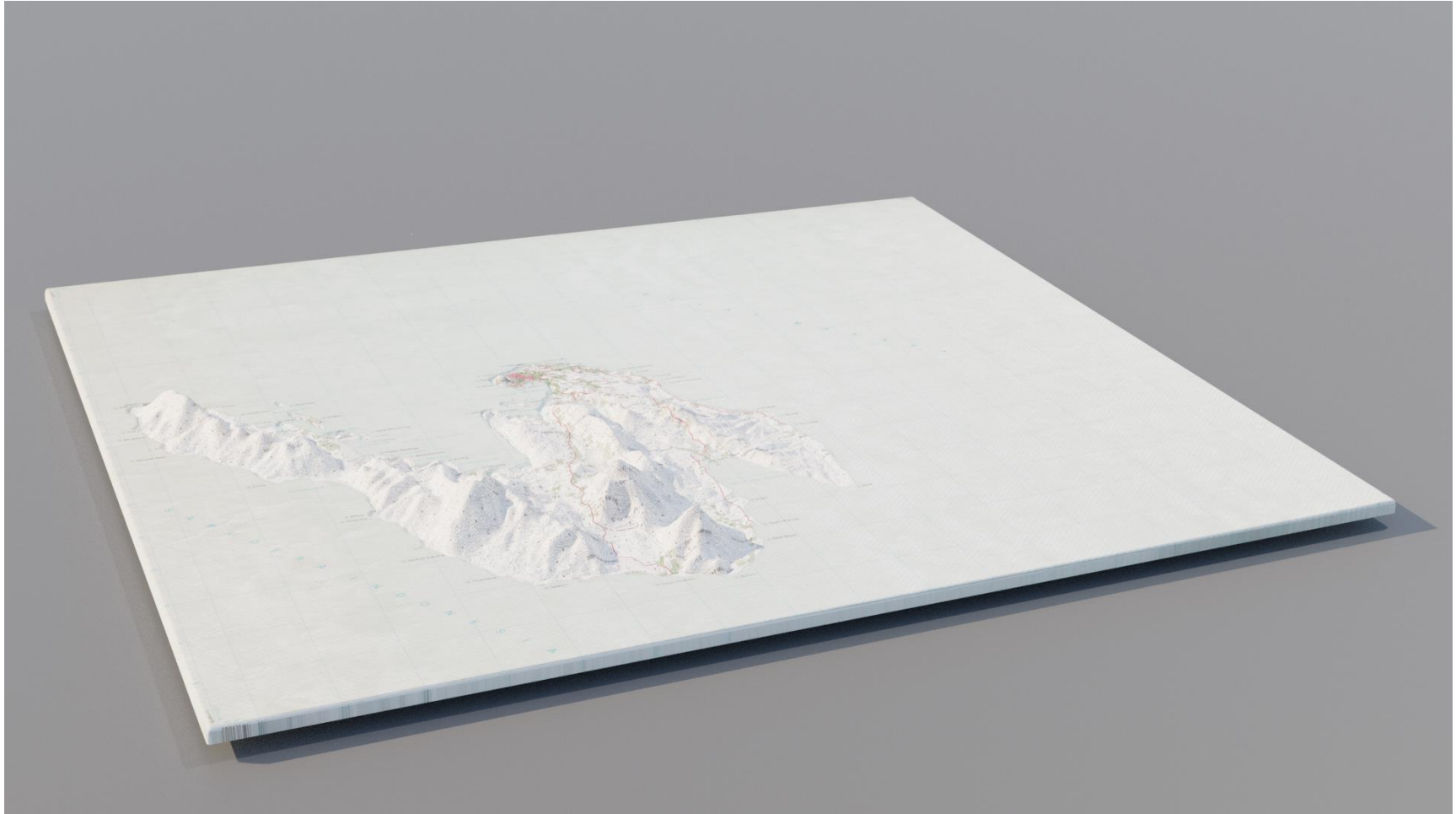
Lampiran 3 Peta Topografi 2D Dengan Efek Ilusi 3D



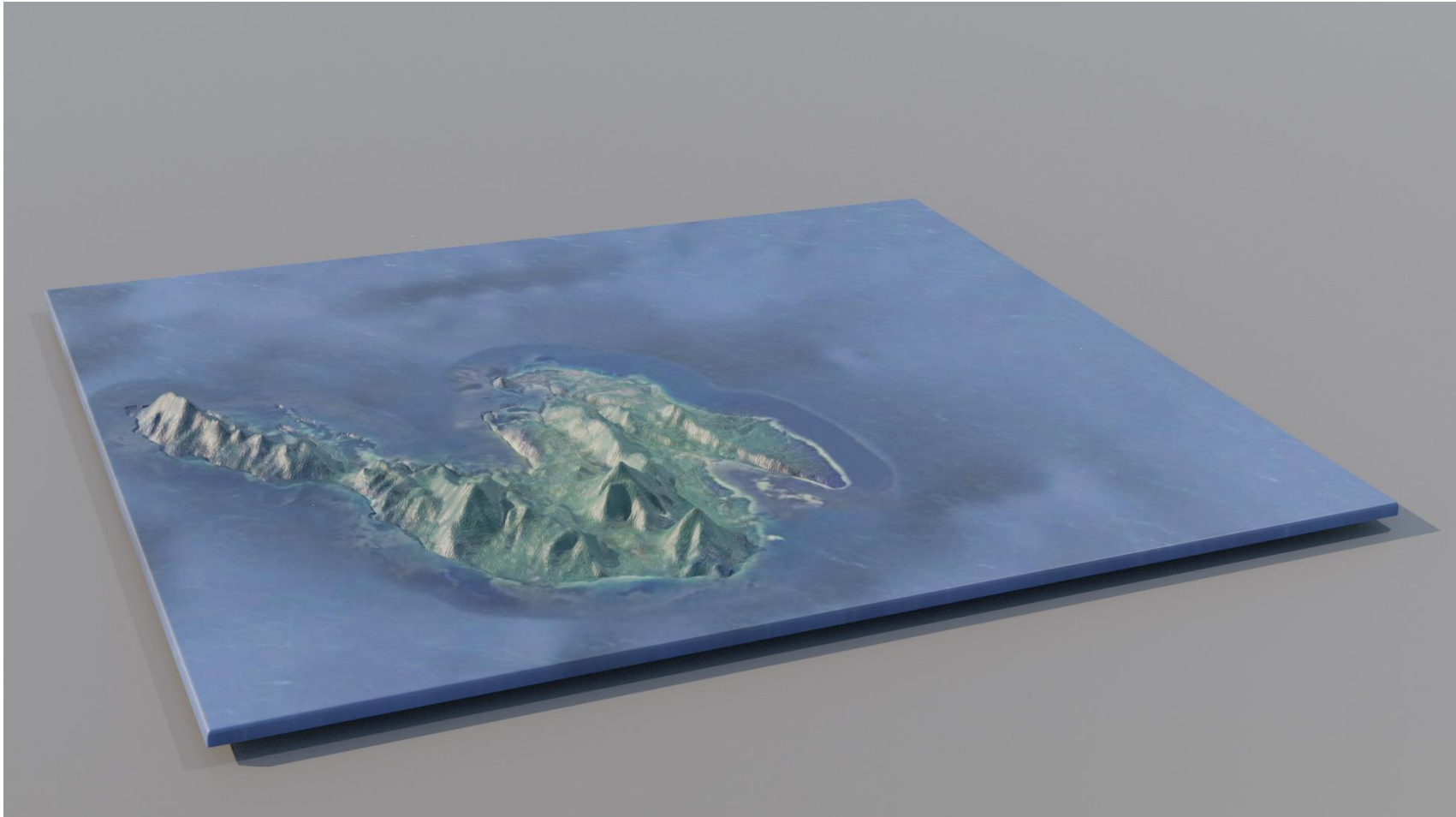
Lampiran 4 Model 3D Kontur



Lampiran 5 Peta Topografi 3D



Lampiran 6 *3D Map Art*



Lampiran 7 Hasil Kuisisioner Tentang Pemahaman Publik Terhadap 3D Map Art

No.	Pertanyaan	Penilaian				
		STS	TS	KS	S	SS
1.	Apakah 3D map art dapat mudah dipahami?			2	13	10
2.	Apakah visualisasi 3D map art terlihat menarik?				3	22
3.	Apakah 3D map art dapat merepresentasikan wilayah Kota Sabang?			1	4	10
4.	Apakah 3D map art dapat mempermudah dalam merepresentasikan ketinggian?				6	19
5.	Apakah 3D map art termasuk pemanfaatan dan pengembangan dari peta konvensional?				7	18
Jumlah Penilaian				3	33	79
Total Skor				9	132	395

Keterangan :

STS = Sangat Tidak Setuju (Skor = 1)

TS = Tidak Setuju (Skor = 2)

KS = Kurang Setuju (Skor = 3)

S = Setuju (Skor = 4)

SS = Sangat Setuju (Skor = 5)

Lampiran 8 Hasil Cetak Peta Topografi 2D Dengan Efek Ilusi 3D



GLOSARIUM

- Blur : Kekaburan seluruh atau sebagian gambar karena adanya suatu gerakan saat proses pemotretan atau scanning.
- Digitalisasi : Proses pengalihan informasi dari data analog menjadi data digital.
- Dimensi : Suatu gambar yang memiliki ukuran, dapat berupa panjang, lebar, hingga volume.
- Elevasi : Ketinggian suatu tempat terhadap daerah sekitarnya (di atas permukaan laut).
- Fisiografi : Ilmu yang mempelajari suatu wilayah daerah berdasarkan segi fisiknya.
- Garis Kontur : Sebuah garis yang merupakan bentuk representasi relief permukaan bumi dan mempunyai ketinggian yang sama pada peta.
- Geomorfologi : Ilmu yang mempelajari tentang bentuk alam dan proses pembentukannya.
- Geospasial : Aspek keruangan yang menunjukkan lokasi, letak dan posisi suatu objek di permukaan bumi yang dinyatakan dalam sistem koordinat tertentu.
- Ilusi : Bayangan interpretasi panca indera terhadap suatu obyek.
- Intensitas : Besaran pokok fisika untuk mengukur daya yang suatu cahaya pancarkan dari suatu gambar.
- Interpolasi : Metode atau fungsi matematika yang memperkirakan nilai dari suatu daerah yang tidak memiliki ketersediaan nilai atau data.
- Layer : Suatu lapisan yang memisahkan objek gambar dari objek lainnya sehingga mudah untuk dimodifikasi.

Koordinat	: Titik pertemuan antara garis lintang dan garis bujur yang digunakan untuk merepresentasikan lokasi atau wilayah yang terdapat di muka bumi.
Mesh	: Kumpulan dari vertex, edge, dan face menjadi sebuah objek utuh yang terdapat pada perangkat lunak Blender.
Noise	: Bintik atau butiran yang mengganggu pada gambar.
Proyeksi Peta	: Cara penggambaran garis-garis meridian dan parallel dari globe ke dalam bidang datar.
Resolusi	: Ukuran terkecil obyek di lapangan yang dapat terekam pada data digital maupun citra.
Skala	: Perbandingan ukuran besarnya gambar dan sebagainya dengan keadaan yang sebenarnya.
Titik Kontrol	: Titik-titik yang berada di lapangan yang dapat digunakan untuk mentransformasikan sistem koordinat data raster peta dengan sistem koordinat pada peta.
Topografi	: Ilmu mempelajari tentang bentuk permukaan bumi.
Topologi	Hubungan relatif antara objek yang satu dengan objek yang lainnya.
Vertex	: Titik yang terletak pada koordinat x, y, z yang terdapat pada perangkat lunak Blender.
Visualisasi	: Metode menampilkan data secara visual yang interaktif menggunakan teknologi komputer.