



## TUGAS AKHIR - RM184831

**ANALISIS PERBANDINGAN AKURASI DTM HASIL  
PENGOLAHAN DSM MENGGUNAKAN METODE *SLOPE  
BASED FILTERING* DAN *GRID BASED FILTERING*  
(STUDI KASUS: KELURAHAN WONOKROMO DAN  
LONTAR, KOTA SURABAYA)**

**MAHARDI WIRANTIKO  
NRP 033116 4000 0077**

**Dosen Pembimbing  
Hepi Hapsari Handayani, S.T., M.Sc., Ph.D  
Agung Budi Cahyono, S.T., M.Sc., DEA**

**DEPARTEMEN TEKNIK GEOMATIKA  
Fakultas Teknik Sipil Perencanaan dan Kebumihan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2020**





**TUGAS AKHIR - RM184831**

**ANALISIS PERBANDINGAN AKURASI DTM HASIL  
PENGOLAHAN DSM MENGGUNAKAN METODE *SLOPE  
BASED FILTERING* DAN *GRID BASED FILTERING*  
(STUDI KASUS: KELURAHAN WONOKROMO DAN  
LONTAR, KOTA SURABAYA)**

**MAHARDI WIRANTIKO  
NRP 033116 4000 0077**

**Dosen Pembimbing  
Hepi Hapsari Handayani, S.T., M.Sc., Ph.D  
Agung Budi Cahyono, S.T., M.Sc., DEA**

**DEPARTEMEN TEKNIK GEOMATIKA  
Fakultas Teknik Sipil Perencanaan dan Kebumihan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2020**

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*



**UNDERGRADUATE THESIS - RM 184831**

**COMPARATIVE ANALYSIS OF DTM ACCURACY OF DSM  
PROCESSING USING SLOPE *BASED* FILTERING AND *GRID*  
*BASED* FILTERING METHODS (CASE STUDY: WONOKROMO  
AND LONTAR SUB-DISTRICT, SURABAYA)**

**MAHARDI WIRANTIKO  
NRP. 033116 40000 077**

Lecturer

Hepi Hapsari Handayani, S.T., M.Sc., Ph.D  
Agung Budi Cahyono, S.T., M.Sc., DEA

DEPARTMENT OF GEOMATICS ENGINEERING  
Faculty of Civil, Planning, and Geo-Engineering  
Sepuluh Nopember Institute of Technology  
Surabaya 2020

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

# ANALISIS PERBANDINGAN AKURASI DTM HASIL PENGOLAHAN DSM MENGGUNAKAN METODE *SLOPE BASED FILTERING* DAN *GRID BASED FILTERING*

Nama mahasiswa : Mahardi Wirantiko  
NRP : 03311640000077  
Departemen : Teknik Geomatika FTSPK-ITS  
Pembimbing : Hepi Hapsari Handayani, ST., M.Sc., Ph.D  
Agung Budi Cahyono, ST., M.Sc., DEA

## ABSTRAK

*Digital Terrain Model* (DTM) merupakan model medan digital yang hanya memuat informasi ketinggian permukaan tanah (*bare earth surface*) tanpa terpengaruh oleh vegetasi atau fitur buatan manusia lainnya, sedangkan *Digital Surface Model* (DSM) merupakan representasi permukaan bumi yang memuat lebih banyak informasi ketinggian termasuk semua objek yang berada di atas permukaan bumi seperti vegetasi, gedung, dan fitur lainnya. Perlu dilakukan upaya percepatan dalam penyediaan informasi geospasial, dalam hal ini DTM sebagai unsur pembentuk peta topografi skala besar. Untuk itu diperlukan metode pembentukan DTM yang lebih efektif. Sehingga tujuan pada penelitian ini adalah mengkaji metode yang dapat menghasilkan DTM secara otomatis dan menghasilkan DTM turunan yang mendekati akurat.

Pada penelitian ini metode yang digunakan untuk dikaji yaitu *Slope Based Filtering* (SBF) atau metode penyaringan berbasis lereng dan *Grid Based Filtering* (GBF) atau Metode Penyaringan Berbasis *Grid*. Terdapat dua daerah yang diteliti. Pada area pertama yaitu lokasi yang memiliki karakteristik daerah padat penduduk sehingga terdapat banyak bangunan yang saling berhimpit, area tersebut berlokasi di Kelurahan Wonokromo, Surabaya Selatan. Pada area kedua yaitu lokasi yang memiliki karakteristik terbuka, sedikit pemukiman dan banyak medan datar dan kosong, area tersebut berlokasi di Kelurahan Lontar, Surabaya Barat. Hasil data dari kedua metode tersebut kemudian dibandingkan terhadap DTM *Stereoplotting* yang digunakan sebagai referensi.

Perbandingan tersebut berupa geomorfologi atau visualisasi, dan ketelitian geometri vertikal.

Hasil dari penelitian ini menunjukkan metode *Slope Based Filtering* memiliki keakuratan yang lebih tinggi dibandingkan dengan *Grid Based Filtering*. Hal tersebut dibuktikan oleh hasil klasifikasi pengolahan data menggunakan delapan parameter pada masing-masing metode. Rata-rata RMS Error yang diperoleh di Wonokromo lebih kecil yaitu 0,605 meter dibandingkan dengan Kelurahan Lontar sebesar 1,605 m. Kelurahan Wonokromo memiliki rata-rata skala ketelitian peta 1: 2.500 sedangkan Kelurahan Lontar memiliki rata-rata kelas ketelitian peta 1: 5.000. Secara visual geomorfologi yang dihasilkan dari metode SBF lebih halus dibandingkan dengan GBF yang masih kasar.

**Kata Kunci**— *LiDAR, Digital Surface Model, Digital Terrain Model, Slope Based Filtering, Grid Based Filtering*



**COMPARATIVE ANALYSIS OF DTM ACCURACY OF  
DSM PROCESSING USING SLOPE BASED FILTERING  
AND GRID BASED FILTERING METHODS**

**Name** : Mahardi Wirantiko  
**NRP** : 0331164000077  
**Department** : Geomatics Engineering FTSPK-ITS  
**Supervisor** : Hepi Hapsari Handayani, S.T, M.Sc.,, Ph.D.  
Agung Budi Cahyono, S.T., M.Sc., DEA

**ABSTRACT**

***Abstract**— Digital Terrain Model (DTM) is a digital terrain model that only contains ground level information (bare earth surface) without being affected by vegetation or other man-made features. While Digital Surface Model (DSM) is a representation of the earth's surface that contains more height information including all objects that are located on the surface of the earth such as vegetation, buildings, and other features. Efforts should be made to accelerate the provision of geospatial information, in this case DTM as an element of forming large-scale topographic maps. For this reason, a more effective DTM formation method is needed. The study was conducted to examine methods that can produce DTM automatically, in order to obtain a fast and efficient mapping method.*

*In this study the method used are Slope Based Filtering (SBF) and Grid Based Filtering (GBF) method. Those approaches are applied in two different characteristics of study area . In the first area, which is a location that has characteristics of densely populated areas so that there are many buildings that coincide with each other, the area is located in Wonokromo Sub-District, South Surabaya. The second area has characteristics of open space with few settlements and a lot of barelands. The area is located in*

*Lontar Village, West Surabaya. The results of the data processing based on two methods are then compared to the Stereoplotting DTM used as a reference. The comparison is performed as geomorphology analysis or visualization, and vertical geometry accuracy.*

*The results of this study indicate that SBF method has a higher accuracy compared to the one of GBF. This is revealed by the results of the classification of data processing using eight parameters in each method. The average of RMS Error obtained in Wonokromo is smaller that is 0.605 meters compared to Lontar Village of 1.605 m. Wonokromo Village has an average map accuracy scale of 1: 2,500 while Lontar Village which has an average map accuracy class of 1: 5,000. Visually, the geomorphology produced from the SBF method is finer than the GBF which is still rough.*

**Keywords**— *LiDAR, Digital Surface Model, Digital Terrain Model, Slope Based Filtering, Grid Based Filtering*

## LEMBAR PENGESAHAN

### **ANALISIS PERBANDINGAN AKURASI DTM HASIL PENGOLAHAN DSM MENGGUNAKAN METODE SLOPE BASED FILTERING DAN GRID BASED FILTERING**

#### **TUGAS AKHIR**

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
pada

Program Studi S-1 Departemen Teknik Geomatika  
Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan, dan Kebumihan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

**MAHARDI WIRANTIKO**

**0331164000077**

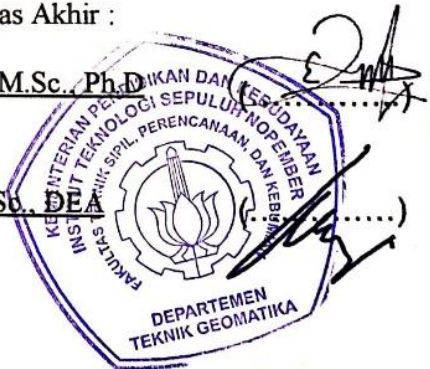
Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :

Hepi Hapsari Handayani, S.T., M.Sc., Ph.D.

NIP. 19781212 200501 2 001

Agung Budi Cahyono, S.T., M.Sc., DEA

NIP. 19690520 1999031 002



*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT karena atas limpahan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir yang berjudul **“ANALISIS PERBANDINGAN AKURASI DTM HASIL PENGOLAHAN DSM MENGGUNAKAN METODE *SLOPE BASED FILTERING* DAN *GRID BASED FILTERING* (STUDI KASUS: KELURAHAN WONOKROMO DAN LONTAR, KOTA SURABAYA)”** dapat diselesaikan dengan baik dan lancar.

Selama pelaksanaan penelitian tugas akhir ini, banyak pihak yang telah memberikan bantuan dan dukungan kepada penulis sehingga dapat terselesaikan laporan tugas akhir ini. Untuk itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua penulis yang telah memberikan do'a, dukungan, motivasi serta kasih sayang kepada penulis untuk kelancaran mengerjakan penelitian tugas akhir ini.
2. Bapak Danar Guruh Pratomo, ST, MT, Ph.D selaku Kepala Departemen Teknik Geomatika ITS , atas dukungan fasilitas belajar selama masa kuliah.
3. Ibu Hepi Hapsari Handayani, S.T., M.Sc., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing Utama, yang senantiasa membimbing dan memberi masukan atau saran terhadap penelitian ini.
4. Bapak Agung Budi Cahyono, ST, M.Sc., DEA selaku dosen pembimbing II, atas segala bimbingan dan sarannya
5. Dinas Cipta Karya dan Tata Ruang Pemerintah Kota Surabaya atas dukungan berupa data yang diberikan terhadap penelitian ini.
6. Seluruh bapak-ibu dosen pengajar dan karyawan Teknik Geomatika yang telah banyak membantu penulis selama masa perkuliahan

7. Teman-teman G18, mahasiswa Teknik Geomatika 2016 yang telah banyak membantu dan menemani selama menempuh kuliah di Teknik Geomatika ITS
8. Semua pihak yang telah membantu penulis, yang tidak dapat disebutkan satu-persatu

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan Tugas Akhir ini masih terdapat kekurangan. Semoga laporan ini dapat bermanfaat untuk semua pihak.

Surabaya, 2020

Penulis

## DAFTAR ISI

ABSTRAK .....	v
<i>ABSTRACT</i> .....	vii
LEMBAR PENGESAHAN .....	ix
KATA PENGANTAR .....	xi
DAFTAR ISI .....	xiii
DAFTAR GAMBAR .....	xv
DAFTAR LAMPIRAN .....	xvii
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Batasan Masalah .....	3
1.4 Tujuan Tugas Akhir .....	3
1.5 Manfaat Penelitian .....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	5
2.1 Topografi Kota Surabaya .....	5
2.2 <i>Light Detection and Ranging (LiDAR)</i> .....	5
2.3 Konsep Dasar DEM, DTM, dan DSM .....	7
2.4 Akurasi <i>Digital Terrain Model</i> .....	9
2.5 Sistem Tinggi .....	11
2.6 Geoid .....	11
2.7 Fotogrametri .....	13
2.8 <i>Stereoplotting</i> .....	14
2.9 Sistem Informasi Geografis .....	15
2.10. <i>Filtering</i> .....	16
2.10.1. <i>Slope Based Filtering (SBF)</i> .....	16
2.10.2. <i>Grid Based Filtering (GBF)</i> .....	18
2.11. <i>Root Mean Square Error (RMSE)</i> .....	19
2.12. Metode Interpolasi .....	20
2.12.1. <i>Inverse Distance Weight (IDW)</i> .....	20
2.13. Penelitian Terdahulu .....	21
BAB III METODOLOGI .....	25
3.1 Lokasi Tugas Akhir .....	25
3.2. Data dan Peralatan .....	26

3.2.1	Data .....	27
3.2.2	Peralatan .....	27
3.3.	Metodologi Penelitian .....	28
3.3.1	Tahapan Penelitian .....	28
3.3.2	Tahapan Pengolahan Data .....	30
<b>BAB IV</b>	<b>HASIL DAN ANALISIS .....</b>	<b>37</b>
4.1	Hasil dan Analisis Potongan <i>Scene</i> DSM dan DTM	
4.2.1.	Kelurahan Wonokromo .....	38
4.2.2.	Kelurahan Lontar .....	39
4.3.	Hasil dan Analisis Proses <i>Filtering</i> DSM.....	40
4.3.1.	<i>Slope Based Filtering</i> .....	40
4.3.2.	<i>Grid Based Filtering</i> .....	43
4.4.	Hasil Interpolasi Titik Ketinggian.....	46
4.5.	Hasil dan Analisis Jumlah <i>Resampling Titik</i> .....	47
4.5.1.	<i>Slope Based Filtering</i> .....	47
4.5.2.	<i>Grid Based Filtering</i> .....	49
4.6.	Hasil dan Analisis Perhitungan RMSEz dan LE90.....	50
4.6.1.	<i>Slope Based Filtering</i> .....	50
4.6.2.	<i>Grid Based Filtering</i> .....	55
4.7.	Hasil dan Analisis Visualisasi DTM SBF &GBF...61	
4.7.1	<i>Slope Based Filtering</i> .....	61
4.7.2.	<i>Grid Based Filtering</i> .....	63
<b>BAB V</b>	<b>KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>65</b>
5.1	Kesimpulan.....	65
5.2	Saran.....	65
	<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>67</b>
	<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>72</b>
	<b>BIODATA PENULIS .....</b>	<b>80</b>



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1. Prinsip Kerja LiDAR .....	6
Gambar 2. 2. Digital Elevation Model .....	8
Gambar 2. 3. Permukaan Geoid.....	12
Gambar 2. 4. Kondisi Kolineariti pada Fotogrametri .....	14
Gambar 2. 5. Metode Interpolasi IDW.....	21
Gambar 3. 1. Lokasi Penelitian Kelurahan Wonokromo.....	25
Gambar 3. 2. Lokasi Penelitian Kelurahan Lontar .....	26
Gambar 3. 3. Diagram Alir Penelitian .....	28
Gambar 3. 4. Diagram Alir Pengolahan Data.....	31
Gambar 4. 1. Proses Pemotongan Scene NLP.....	37
Gambar 4. 2. Hasil Klasifikasi Non Ground Wonokromo .....	38
Gambar 4. 3. Hasil Klasifikasi Kelurahan Lontar.....	39
Gambar 4. 4. Dialog Parameter SBF .....	40
Gambar 4. 5. Grafik Jumlah Titik Bare earth Wonokromo .....	41
Gambar 4. 6. Grafik Bare earth Lontar .....	43
Gambar 4. 7. Model Builder GBF pada ArcGIS .....	43
Gambar 4. 8. Dialog Parameter GBF .....	44
Gambar 4. 9. Dialog Kendala GBF pada <i>Grid</i> 4m .....	45
Gambar 4. 10. Titik yang TerCover pada <i>Grid</i> 4m.....	46
Gambar 4. 11. Hasil Interpolasi Wonokromo SBF radius 30.....	46
Gambar 4. 12. Contoh Hasil Interpolasi yang digunakan .....	47
Gambar 4. 13. Grafik RMSEz Wonokromo Terklasifikasi .....	51
Gambar 4. 14. Grafik RMSEz Wonokromo Non Klasifikasi .....	52
Gambar 4. 15. Grafik RMSEz Lontar Terklasifikasi .....	53
Gambar 4. 16. Grafik RMSEz Lontar Non Klasifikasi .....	54
Gambar 4. 17. Grafik RMSEz GBF Wonokromo Terklasifikasi .....	56
Gambar 4. 18. Grafik RMSEz GBF Wonokromo Non .....	57
Gambar 4. 19. Grafik RMSEz GBF Lontar Terklasifikasi.....	58
Gambar 4. 20. Grafik RMSEz GBF Lontar Non Klasifikasi.....	59
Gambar 4. 21. Hasil Visualisasi DSM Lontar Terklasifikasi .....	60

Gambar 4. 22. Hasil DSM Wonokromo Terklasifikasi.....	61
Gambar 4. 23. Perbandingan Visualisasi Wonokromo radius.....	62
Gambar 4. 24. Perbandingan Visualisasi Lontar <i>Grid</i> 16 .....	63

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1. Tabel Ketelitian Peta Dasar .....	10
Tabel 4. 1. Hasil Luas Klasifikasi Wonokromo.....	38
Tabel 4. 2. Hasil Luas Klasifikasi Lontar.....	39
Tabel 4. 3. Hasil Titik Bare Earth Wonokromo.....	41
Tabel 4. 4. Hasil Titik Bare Earth Lontar.....	42
Tabel 4. 5. Hasil Titik pengolahan GBF Wonokromo .....	44
Tabel 4. 6. Hasil Titik Pengolahan GBF Lontar .....	45
Tabel 4. 7. Hasil Titik Resampling SBF Wonokromo .....	48
Tabel 4. 8. Hasil Titik Resampling SBF Lontar .....	48
Tabel 4. 9. Hasil Titik Resampling GBF Wonokromo .....	49
Tabel 4. 10. Hasil Titik Resampling GBF Lontar.....	50
Tabel 4. 11. Hasil Uji Ketelitian Wonokromo.....	50
Tabel 4. 12. Lanjutan Tabel 11.....	51
Tabel 4. 13. Hasil Uji Ketelitian Lontar.....	51
Tabel 4. 14. Lanjutan Tabel 13.....	52
Tabel 4. 15. Hasil RMSEz Lontar Terklasifikasi .....	53
Tabel 4. 16. Hasil RMSEz Lontar Non Klasifikasi .....	54
Tabel 4. 17. Hasil Pengolahan GBF Wonokromo Terklasifikasi	56
Tabel 4. 18. Hasil Perhitungan GBF Wonokromo Non .....	56
Tabel 4. 19. Lanjutan Tabel 18.....	57
Tabel 4. 20. Hasil Perhitungan GBF Lontar Terklasifikasi.....	58
Tabel 4. 21. Hasil Perhitungan GBF Lontar Non Klasifikasi.....	59

## **DAFTAR LAMPIRAN**

Lampiran 1. Data LiDAR Wonokromo dan Spesifikasi .....	72
Lampiran 2. Data LiDAR Lontar dan Spesifikasi .....	73
Lampiran 3. Hasil Visualisasi SBF Wonokromo Terklasifikasi.	74
Lampiran 4. Hasil Visualisasi SBF Wonokromo Non .....	75
Lampiran 5. Hasil Visualisasi GBF Lontar Terklasifikasi .....	76
Lampiran 6. Hasil Visualisasi GBF Lontar Non Klasifikasi .....	78



# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Kebutuhan akan data spasial detail dengan skala besar semakin meningkat, namun ketersediaan peta dasar yang ada belum dapat mengimbangi kebutuhan tersebut. Peta dasar yang telah dibuat di Indonesia pada umumnya adalah skala 1:50.000 dan beberapa kawasan Indonesia dengan skala 1:25.000. Peta RBI skala 1:10.000 dan 1:5.000 masih sangat terbatas pada daerah-daerah tertentu. Sedangkan kebutuhan akan peta dasar skala besar sangat diperlukan untuk percepatan pembangunan. Peta topografi merupakan peta dasar yang dibutuhkan untuk keperluan analisis geospasial. Peta dasar ini diperlukan untuk penyusunan Rencana Detail Tata Ruang (RDTR). Selain itu peta topografi diperlukan dalam bidang pemetaan kawasan rawan bencana, perencanaan dan analisis pertanian, perkebunan, dan pertambangan, serta pemetaan geologi detail (Martiana, dkk, 2017).

Salah satu unsur yang diperlukan pada pembuatan peta topografi adalah kontur. Pembuatan kontur detail umumnya diperoleh dengan melakukan pemetaan secara teritorial, serta dengan metode konvensional yaitu mengekstraksi data *Digital Terrain Model* (DTM) hasil manual stereoplotting. Pengerjaan dengan metode ini menghasilkan tingkat keakuratan yang tinggi, namun memerlukan waktu yang relatif lama sehingga belum bisa memenuhi permintaan informasi geospasial skala besar yang terus bertambah. Perencanaan tata wilayah kota yang baik didapatkan dari parameter waktu yang singkat dan hasil yang optimal dalam pembuatan rencana tata ruang kota (Martiana, dkk, 2017).

DTM merupakan model medan digital yang hanya memuat informasi ketinggian permukaan tanah (*bare earth surface*) tanpa terpengaruh oleh vegetasi atau fitur buatan manusia lainnya, sedangkan DSM merupakan representasi permukaan bumi yang memuat lebih banyak informasi ketinggian termasuk semua objek yang berada di atas permukaan bumi seperti vegetasi, gedung, dan fitur lainnya. Perlu dilakukan upaya percepatan dalam penyediaan informasi geospasial, dalam hal ini DTM sebagai unsur pembentuk peta topografi skala besar. Untuk itu diperlukan metode pembentukan DTM yang lebih efektif. Penelitian dilakukan untuk mengkaji metode yang dapat menghasilkan DTM dengan cara otomatis, agar diperoleh metode pemetaan yang cepat dan efisien (Jensen, 2007).

Pada penelitian sebelumnya (Pambudi, 2015) dilakukan perbandingan metode *Slope Based Filtering* dan *Simple Morphological Filtering* dan (Martiana dkk, 2017) dalam melakukan perbandingan SBF dengan Algoritma *Macro TerraSolid* dalam menghasilkan DTM secara otomatis yang menunjukkan metode tersebut dapat digunakan untuk metode alternatif dalam penyediaan DTM yang relatif lebih cepat dengan DTM *Stereoplotting* sebagai *benchmarknya* namun belum ada yang menunjukkan kemiripan yang mendekati dengan DTM *Stereoplotting*.

Berdasarkan faktor yang telah disebutkan diatas, pada penelitian ini akan dilakukan analisis ketelitian hasil DTM metode *Slope Based Filtering* (SBF) dan *Grid Based Filtering* (GBF) dalam menghasilkan dari data DSM terhadap DTM *Stereoplotting* sebagai referensi. Selain itu akan dikaji hasil visualisasi dari kedua metode tersebut.

## 1.2 **Rumusan Masalah**

Rumusan masalah pada tugas akhir ini adalah:

- a. Bagaimana pembuatan DTM hasil metode SBF dan GBF?
- b. Bagaimana analisis hasil pengolahan SBF dan GBF secara kuantitatif dan kualitatif?

## 1.3 **Batasan Masalah**

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah :

- a. Parameter yang digunakan dalam metode Slope *Based Filtering* adalah *search radius*.
- b. Daerah penelitian adalah kawasan Kelurahan Wonokromo dan Kelurahan Lontar, Kota Surabaya, Jawa Timur.
- c. Data utama yang digunakan untuk pengolahan data merupakan DSM (*Digital Surface Model*) kawasan Kelurahan Wonokromo dan Kelurahan Lontar, Kota Surabaya, Jawa Timur.
- d. Data hasil pengolahan data kemudian divalidasi dengan menggunakan data DTM *Stereoplotting* yang didapatkan dari Dinas Cipta Karya & Tata Ruang Pemerintah Kota Surabaya, Jawa Timur tahun 2016.

## 1.4 **Tujuan Tugas Akhir**

Tujuan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a. Membuat DTM hasil pengolahan SBF dan GBF.
- b. Menganalisis hasil pengolahan SBF dan GBF secara kuantitatif dan kualitatif

## 1.5 **Manfaat Penelitian**

Adapun manfaat yang dapat diambil dari penelitian ini jika ditinjau dari aspek keilmuan, hasil dari penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi atau masukan pengetahuan mengenai pengembangan ekstraksi DTM LiDAR serta dapat membantu pihak lain yang mengadakan penelitian serupa. Jika Ditinjau dari aspek kerekayasaan,

dari penelitian ini diharapkan dapat menjadi masukan, serta menjadi pertimbangan apakah metode-metode yang dilakukan penelitian ini efektif dalam percepatan penyediaan informasi geospasial.



## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Topografi Kota Surabaya**

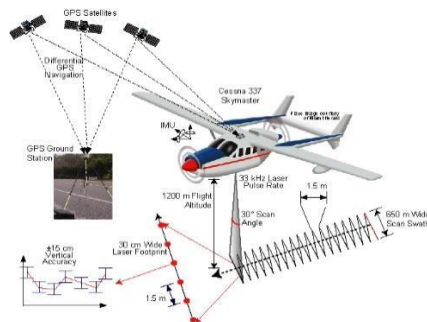
Kota Surabaya merupakan ibukota Provinsi Jawa Timur yang terletak antara 07°9' s.d 07°21' Lintang Selatan dan 112°36' s.d 112°54' Bujur Timur. Luas wilayah Kota Surabaya seluruhnya kurang lebih 326,81 km<sup>2</sup> yang terbagi dalam 31 Kecamatan dan 154 Desa/Kelurahan. Batas wilayah Kota Surabaya yaitu batas sebelah utara adalah Laut Jawa dan Selat Madura, batas sebelah selatan merupakan Kabupaten Sidoarjo, batas sebelah barat merupakan Kabupaten Gresik, serta batas sebelah timur adalah Selat Madura (Badan Pusat Statistik, 2019).

Secara topografi, sebagian besar wilayah Kota Surabaya merupakan dataran rendah dengan ketinggian 3-6 meter di atas permukaan laut pada kemiringan kurang dari 3 persen. Wilayah barat Kota Surabaya memiliki kemiringan sebesar 12,77 persen dan sebelah selatan sebesar 6,52 persen. Kedua wilayah tersebut merupakan daerah perbukitan landai dengan ketinggian 25-50 meter di atas permukaan laut dan pada kemiringan 5-15 persen (RPJMD Kota Surabaya 2016-2021).

#### **2.2 Light Detection and Ranging (LiDAR)**

LiDAR merupakan sensor aktif yang memancarkan pulsa laser dan mengukur waktu dari dipancarkannya pulsa hingga kembalinya pulsa tersebut kepada sensor menggunakan jam dengan akurasi sangat tinggi. Ketika laser dipantulkan oleh target, posisi horizontal dan vertikal dari laser dikunci dan koordinat vertikal akan dikoreksi selanjutnya. Prinsip kerja dari LiDAR sendiri adalah pulsa akan dikirimkan menuju objek dan waktu akan direkam dengan jam presisi, ketika pulsa mengenai objek maka pulsa

akan dipantulkan balik menuju sensor dan selang waktu tersebut akan digunakan untuk menghitung jarak miring dari objek menuju sensor karena pemancaran pulsa menggunakan kecepatan yang konstan yaitu kecepatan cahaya, lalu akan dikonversikan menjadi jarak vertikal dengan bantuan *Inertial Navigation System* (INS). Jarak vertikal akan digunakan untuk mengoreksi koordinat Z dari GPS. Prinsip kerja dari LiDAR ditunjukkan pada Gambar 1. Pulsa-pulsa hasil pantulan dari targetlah yang disebut dengan *point clouds*.



Gambar 2. 1. Prinsip Kerja LiDAR

Sistem laser dapat mengakuisisi data siang dan malam dan dapat melakukan pengukuran pada area apapun selama cahaya dapat menembus area tersebut. Secara teori, LiDAR dapat digunakan selama 24 jam setiap harinya, namun LiDAR tidak dapat digunakan diatas awan yang tertutup oleh kabut, asap, hujan, dan badai salju. Kualitas dari sebaik apa representasi objek bergantung kepada resolusi. Resolusi LiDAR menunjukkan jumlah pulsa per satuan meter persegi (densitas *point cloud*), semakin tinggi jumlah *point clouds* per satuan unit area maka semakin tinggi resolusi yang dihasilkan begitu pula sebaliknya.

*Laser scanner, Global Positioning System* (GPS), dan *Inertial Navigation System* (INS) merupakan tiga komponen utama dari *Airborne Laser Scanner* (ALS). *Laser*

*scanner* dipasang di pesawat, helikopter, atau satelit dan memancarkan pulsa menuju objek di permukaan bumi. INS digunakan untuk mengoreksi pergerakan wahana yaitu *pitch*, *roll*, dan *yaw*. Sehingga ketelitian dari koordinat masing-masing tinggi (koordinat Z) sangat dipengaruhi oleh seberapa teliti GPS dan INS.

Perbedaan waktu antara waktu pemancaran pulsa dan kembalinya pulsa tersebut pada sensor akan dihitung menggunakan perangkat lunak khusus untuk mengonversi data tersebut menjadi jarak terukur (Center, 2012) dengan rumus:

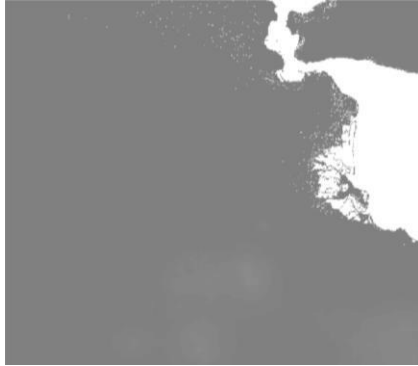
$$D = c \cdot \Delta t / 2 \quad (2.1)$$

dimana D = jarak antara objek dan sensor di wahana; c = kecepatan cahaya ( $3 \times 10^8$  m/s); t = total waktu tempuh.

### 2.3 Konsep Dasar DEM, DTM, dan DSM

DEM adalah data digital yang menggambarkan geometri dari bentuk permukaan bumi atau bagiannya yang terdiri dari himpunan titik-titik koordinat hasil sampling dari permukaan dengan algoritma yang mendefinisikan permukaan tersebut menggunakan himpunan koordinat (Tempfli, 1991). DEM merupakan salah satu model untuk menggambarkan bentuk topografi permukaan bumi sehingga dapat divisualisasikan kedalam tampilan 3D. Susunan nilai-nilai digital mewakili distribusi spasial dari karakteristik medan. Distribusi spasial itu sendiri dinyatakan dalam sistem koordinat horisontal X dan Y, sedangkan ketinggian medan dinyatakan dalam Z. Gambaran model relief rupabumi tiga dimensi yang menyerupai keadaan sebenarnya di dunia nyata dapat divisualisasikan dengan bantuan teknologi komputer grafis atau teknologi virtual reality. Sumber data DEM dapat diperoleh dari foto udara stereo, Citra satelit stereo, data pengukuran lapangan GPS

dan Total Station, Echosounder, Peta topografi, maupun dari citra RADAR



Gambar 2. 2. *Digital Elevation Model*

*Digital Elevation Model (DEM)* merupakan model permukaan bumi yang merepresentasikan permukaan topografi yang mempunyai data ketinggian permukaan tanah. DEM terbentuk dari kumpulan array titik-titik tinggi *ground point* dari *point clouds*. Definisi lain, menyatakan bahwa DEM merupakan suatu file atau database yang menampung titik-titik ketinggian dari suatu permukaan (Jensen, 2007). Selanjutnya, Jensen (2007) membedakan DEM menjadi dua, yaitu DSM dan DTM.

#### 1. *Digital Terrain Model (DTM)*

DTM merupakan model medan digital yang hanya memuat informasi ketinggian permukaan tanah (*bare earth surface*) tanpa terpengaruh oleh vegetasi atau fitur buatan manusia lainnya. DTM disertai fitur-fitur tambahan yang memberikan representasi permukaan topografi yang lebih baik, contohnya breakline dari punggung bukit atau aliran air dan sungai. DTM mampu memodelkan relief secara lebih realistis atau sesuai dengan kenyataan.

## 2. *Digital Surface Model (DSM)*

DSM merupakan representasi permukaan bumi yang memuat lebih banyak informasi ketinggian termasuk semua objek yang berada di atas permukaan bumi seperti vegetasi, gedung, dan fitur lainnya. Perolehan data DSM bisa melalui data dari peta, *image matching*, ekstraksi dari data LiDAR, maupun pengukuran secara langsung di lapangan.

### 2.4 **Akurasi *Digital Terrain Model***

Berdasarkan Peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial Nomor 15 Tahun 2014 tentang pedoman teknis ketelitian peta dasar, ada dua parameter untuk menentukan akurasi dari pembuatan peta yaitu akurasi horizontal beserta akurasi vertikal. Akurasi horizontal didapatkan dari perhitungan ketelitian geometrik horizontal yang didefinisikan sebagai radius lingkaran yang menunjukkan bahwa 90% kesalahan atau perbedaan posisi horizontal objek di peta dengan posisi yang dianggap sebenarnya tidak lebih besar dari radius tersebut yang dinamakan perhitungan *Circular Error 90% (CE90)*.

Sedangkan untuk mendapatkan akurasi vertikal didapatkan dari perhitungan ketelitian geometrik vertikal (ketinggian) yang didefinisikan sebagai nilai jarak yang menunjukkan bahwa 90% kesalahan atau perbedaan nilai ketinggian objek di peta dengan nilai ketinggian sebenarnya tidak lebih besar daripada nilai jarak tersebut yang dinamakan perhitungan *Linear Error 90% (LE90)* (Badan Informasi Geospasial, 2014).

Nilai CE90 dan LE90 diperoleh dengan rumus yang mengacu kepada standar US NMAS (*United States National*

*Map Accuracy Standards*) sebagai berikut :

$$CE90 = 1,5175 * RMSEy \dots\dots\dots(2.2)$$

$$LE90 = 1,6499 * RMSEz \dots\dots\dots(2.3)$$

Keterangan :

RMSEy : Root Mean Square Error pada posisi x dan y  
(horizontal)

RMSEz : Root Mean Square Error Pada Posisi Z  
(Vertikal)

Mengacu pada Peraturan Badan Informasi Geospasial Nomor 6 Tahun 2018 tentang Perubahan Atas Peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial Nomor 15 Tahun 2014 Tentang Pedoman Teknis Ketelitian Peta Dasar, ketentuan untuk standar ketelitian geometri Peta RBI dapat dilihat pada tabel

Tabel 2. 1. Tabel Ketelitian Peta Dasar

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	300	200	600	300	900,0	400
2	1:500.000	200	150	100	300	150	450,0	200
3	1:250.000	100	75	50	150	75	225,0	100
4	1:100.000	40	30	20	60	30	90,0	40
5	1:50.000	20	15	10	30	15	45,0	20
6	1:25.000	10	7,5	5	15	7,5	22,5	10
7	1:10.000	4	3	2	6	3	9,0	4
8	1:5.000	2	1,5	1	3	1,5	4,5	2
9	1:2.500	1	0,75	0,5	1,5	0,75	2,3	1
10	1:1.000	0,4	0,3	0,2	0,6	0,3	0,9	0,4

## 2.5 Sistem Tinggi

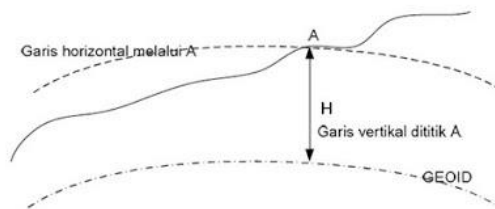
Sistem tinggi dapat digolongkan menjadi dua jenis, yaitu: sistem tinggi geometris dan sistem tinggi fisis. Sistem tinggi geometris adalah sistem tinggi yang pengukurannya dilakukan terhadap bidang acuan matematis atau geometris tanpa memperhitungkan aspek fisik. Salah satunya jenis pengukuran tinggi dengan sistem tinggi geometris adalah tinggi geodetik yang diperoleh dari pengukuran dengan GNSS atau GPS. Adapun sistem tinggi fisis adalah sistem tinggi yang pengukurannya terhadap bidang acuan fisis dan memperhitungkan aspek-aspek fisis, misalnya pengukuran tinggi barometris dan tinggi orthometrik.

Sistem tinggi fisis dibagi menjadi tiga, yaitu sistem tinggi dinamik, sistem tinggi orthometrik, dan sistem tinggi normal. Sistem tinggi dinamik adalah tinggi yang dihitung dari perbandingan geopotensial suatu titik terhadap gaya berat normal yang digunakan. Titik-titik yang memiliki geopotensial yang sama memiliki tinggi dinamis yang sama, karena besarnya gaya berat normal akan berlaku di setiap tempat pengukuran (Hofmann-Wellenhof dan Moritz, 2005). Sistem tinggi orthometrik adalah tinggi yang diukur di sepanjang garis unting-unting dari titik di permukaan bumi sampai ke geoid (Hofmann-Wellenhof dan Moritz, 2005). Sistem tinggi normal ditemukan oleh Molodenski (1954), dan sifatnya sangat teoritis sehingga tidak pernah dipakai untuk keperluan praktis. Sistem tinggi normal menggunakan bidang telluroid dan quasi geoid dalam mempresentasikan ketinggian.

## 2.6 Geoid

Definisi Geoid disebut sebagai model bumi yang mendekati sesungguhnya. Lebih lanjut geoid didefinisikan

sebagai bidang equipotensial gayaberas atau bidang nivo yang berimpit dengan permukaan air laut rata-rata (yang tidak terganggu) (Kahar, S. 2007). Banyak ahli mengatakan bahwa definisi geoid tersebut hanyalah suatu ilusi saja, karena suatu permukaan laut rata-rata ideal tanpa gangguan itu tidak pernah ada. Banyak sekali factor-faktor yang mempengaruhi permukaan air laut dan factor tersebut cukup besar, mengingat air laut yang berupa benda cair tentunya tidak mudah bergerak bila ada pengaruh yang kecilpun. Walaupun permukaan air laut yang ideal tidak akan pernah ada, namun tentunya hal itu biasa didekati, yaitu dengan memperhitungkan semua koreksi-koreksi yang harus diberikan kepada permukaan laut tersebut. Dalam hubungannya air laut rata-rata (MSL), topografi muka laut (sea surface topography =SST) mempunyai undulasi terhadap MSL sekitar kurang lebih 2 meter.



Gambar 2. 3. Permukaan Geoid

Penentuan geoid adalah penentuan penyimpangan geoid atau undulasi geoid ( $N$ ) dan defleksi vertikal ( $\xi$ ) terhadap ellipsoid referensi. Jarak geoid terhadap ellipsoid disebut undulasi geoid ( $N$ ). Nilai undulasi geoid inilah yang ditentukan untuk memodelkan bentuk geoid yang sebenarnya. Nilai dari undulasi geoid tidak sama di semua tempat, hal ini disebabkan ketidak seragaman sebaran densitas massa bumi.



## 2.7 Fotogrametri

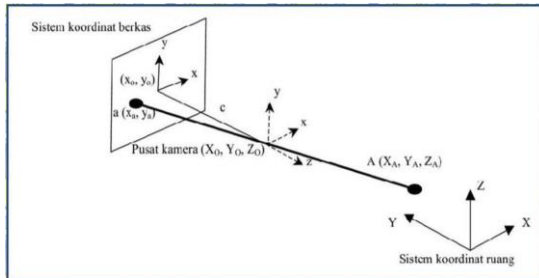
Menurut American Society for Photogrammetry and Remote Sensing, Fotogrametri didefinisikan sebagai seni, ilmu dan teknologi untuk mendapatkan informasi terkait obyek fisik dan lingkungannya melalui proses perekaman, pengukuran, dan menginterpretasikan citra foto dan pola dari rekaman radiasi energi elektromagnetik dan fenomena lainnya (Wolf and Dewitt, 2000).

Fotogrametri memiliki dua cabang area yaitu metric photogrammetry dan interpretative photogrammetry. Metric photogrammetry terdiri atas pembuatan pengukuran yang tepat dari foto dan sumber informasi lainnya untuk menentukan lokasi relatif dari suatu titik secara umum. Hal ini dapat membantu dalam penentuan jarak, sudut, luasan, volume, beda tinggi, dan ukuran serta bentuk suatu obyek. Penerapan yang paling umum pada metric photogrammetry adalah persiapan dari peta planimetri dan topografi dari gambar foto, dan hasil dari digital orthophoto dari gambar foto yang telah di-scan (Wolf and Dewitt, 2000).

Ada dua jenis teknik pengambilan foto yang dilakukan pada fotogrametri, yang pertama adalah terestris dan udara. Pada pemetaan skala besar, teknik yang digunakan yaitu foto udara. Dalam pelaksanaannya dapat digunakan model foto udara vertikal/tegak ataupun oblique/miring. Foto tegak diambil dengan sumbu kamera diletakkan di atas bidang setegak mungkin. Jika sumbu kamera diletakkan sempuran tegak saat dilakukan pencahayaan, hasil foto akan memiliki datum yang sama dengan lapangan, serta hasil fotonya akan benar-benar tegak/vertikal. Pada prakteknya, sumbu kamera sangat jarang menjadi tegak dikarenakan kemiringan pada pesawat yang hampir tidak dapat dihindari. Ketika sumbu kamera sedikit mengalami kemiringan, hasil fotonya disebut sebagai *tilted photograph* (foto miring). Kemiringan yang terjadi biasanya

kurang dari  $1^\circ$  dan jarang lebih dari  $3^\circ$ . (Wolf and Dewitt, 2000).

Pada saat sebuah foto diambil, berkas sinar dari objek akan menjalar menyerupai garis lurus menuju pusat lensa kamera hingga mencapai bidang film. Kondisi dimana titik objek pada dunia nyata, titik pusat proyeksi, dan titik obyek pada bidang foto terletak satu garis dalam ruang dinamakan kondisi kegarisan berkas sinar atau kondisi kolinearitas (*collinearity condition*). Kondisi ini merupakan syarat fundamental dalam fotogrametri seperti yang terlihat pada gambar dibawah:



Gambar 2. 4. Kondisi Kolineariti pada Fotogrametri

## 2.8 Stereoplotting

Pada pengambilan foto udara tegak, salah satu hal yang terjadi adalah adanya *overlapping* atau penampalan antara satu foto dengan foto lainnya. Sepasang foto yang bertampalan disebut sebagai *stereopair*. Biasanya penampalan yang terjadi sekitar 55% - 65% dari luasan area yang terdapat di foto. Stereopair ini kemudian yang digunakan pada digitasi wilayah yang akan dipetakan untuk dibuat data vektornya. Untuk melihat stereopair agar terlihat sebagai 3D diperlukan alat berupa stereoskop. (Wolf and Dewitt, 2000).

Pelaksanaan digitasi menggunakan perangkat lunak Summit Evolution diperlukan beberapa perangkat agar

gambar di komputer terlihat tiga dimensi. Alat yang digunakan adalah *stereoplotter*. *Stereoplotter* dilengkapi dengan alat tambahan yaitu kacamata 3D yang memungkinkan gambar foto yang terlihat di layar komputer memiliki elevasi yang berbeda. Stereoplotter merupakan alat yang digunakan untuk melakukan Stereoplotting.

*Stereoplotting* adalah ekstraksi data dari sumber data berupa data radar menjadi data vektor yang dilakukan dengan cara digitasi 3 dimensi secara stereoskopis. (Badan Informasi Geospasial, 2015).

Input data yang dibutuhkan untuk melaksanakan Stereoplotting merupakan sepasang data foto udara yang saling bertampalan. Tahapan Stereoplotting dilaksanakan melalui digitasi langsung pada workstation secara 3D sehingga telah diketahui data posisi maupun tingginya (Badan Informasi Geospasial, 2015).

## **2.9 Sistem Informasi Geografis**

Pada hakekatnya Sistem Informasi Geografis adalah suatu rangkaian kegiatan yang dilakukan untuk mendapatkan gambaran situasi ruang muka bumi atau informasi tentang ruang muka bumi yang diperlukan untuk dapat menjawab atau menyelesaikan suatu masalah yang terdapat dalam ruang muka bumi yang bersangkutan. Rangkaian kegiatan tersebut meliputi pengumpulan, penataan, pengolahan, penganalisisan dan penyajian data-data/fakta-fakta yang ada atau terdapat dalam ruang muka bumi tertentu. Data/fakta yang ada atau terdapat dalam ruang muka bumi tersebut, sering juga disebut sebagai data/fakta geografis atau data/fakta spasial. Hasil analisisnya disebut informasi geografis atau informasi spasial. Sistem Informasi Geografis adalah suatu sistem Informasi yang dapat memadukan antara data grafis (spasial) dengan data teks (atribut) objek yang dihubungkan secara geografis di bumi (*georeference*) (Sugandi D., Somantri L., 2009).

Sistem Informasi Geografis dibagi menjadi dua kelompok yaitu sistem manual (analog), dan sistem otomatis (berbasis digital). Perbedaan yang paling mendasar terletak pada cara pengelolaannya. Sistem informasi manual biasanya menggabungkan beberapa data seperti peta, lembar transparansi untuk tumpang susun (*overlay*), foto udara, laporan statistik dan laporan survey lapangan. Semua data tersebut dikompilasi dan dianalisis secara manual dengan alat tanpa komputer. Sedangkan Sistem Informasi Geografis otomatis telah menggunakan komputer sebagai sistem pengolah data melalui proses digitasi. Sumber data digital dapat berupa citra satelit atau foto udara digital serta foto udara yang terdigitasi. Data lain dapat berupa peta dasar terdigitasi (Nirwansyah, 2017).

## **2.10. Filtering**

Untuk menghasilkan DTM diperlukan data ketinggian ground yang diperoleh dari data pengamatan LiDAR. Data LiDAR merekam semua fitur yang berada di atas permukaan bumi termasuk bangunan dan tumbuhan. Untuk itu, perlu dilakukan klasifikasi untuk membedakan antara objek bangunan, tanah (*ground*), serta vegetasi. Objek-objek tersebut dikelompokkan menjadi beberapa kelas yang berbeda. Pengolahan fitur yang dilakukan berupa pengklasifikasian terhadap data *ground* dan *non ground point* (bangunan dan vegetasi). Untuk itu, pada proses menghasilkan DTM perlu menghilangkan fitur vegetasi, bangunan dan benda-benda *non ground* lainnya.

### **2.10.1. Slope Based Filtering (SBF)**

Teknik *Slope Based Filtering* ini menyaring bentuk lereng atau kemiringan dari data digital surface model yang dianggap bukan merupakan permukaan atau medan tanah (Pfreifer, 2008). Konsep dari SBF dikembangkan berdasarkan asumsi bahwa nilai perbedaan tinggi antara dua

cell bertetangga diakibatkan oleh curamnya lereng pada permukaan. *Cell* yang letaknya lebih tinggi dari *ground point* dapat menjadi *ground point* jika jarak antara dua *cell* diperkecil. Oleh karena itu, modul filter ini mendefinisikan perbedaan tinggi yang dapat diterima antara dua *cell* sebagai fungsi dari jarak antara *cell* tersebut. Sebuah *cell* diklasifikasikan sebagai permukaan tanah jika tidak ada *cell* lain pada jangkauan radius pencarian kernel yang ketinggiannya melewati batas *threshold*. Penentuan parameter permukaan lereng digunakan untuk mengubah fungsi filter agar sesuai dengan kondisi keseluruhan lereng pada area studi. Beberapa parameter yang harus didefinisikan nilainya antara lain *search radius*, *approx terrain slope* dan *tension threshold* (Pambudi,2015).

Pada prinsipnya, pada pengamatan bahwa perbedaan ketinggian yang besar antara dua di dekat titik tidak mungkin disebabkan oleh lereng curam di lapangan. Terlebih, titik yang lebih tinggi bukanlah titik tanah. Jelas, untuk beberapa perbedaan ketinggian, probabilitas bahwa titik yang lebih tinggi bisa menjadi titik tanah berkurang jika jarak antara dua titik menurun. Oleh karena itu, Kilian et al. (1996) memperkenalkan bobot tergantung pada ukuran kernel filter yang berbasis morfologi dan Pfeifer et al. (1998) secara implisit menimbang ketinggian dengan fungsi kovarians yang tergantung pada jarak antara dua titik.

Pendefinisian perbedaan ketinggian terdeteksi antara dua titik sebagai fungsi dari jarak antara titik-titik:  $\Delta h_{\max}(d)$ . Beberapa metode untuk menurunkan fungsi tersebut dijelaskan dibawah. Fungsi *filtering* sekarang dapat digunakan untuk mendefinisikan himpunan titik-titik yang diklasifikasikan sebagai titik tanah. Dengan menggunakan program untuk mengatur semua poin dan DEM menjadi himpunan titik-titik tanah, maka :

$$DTM = \{p_i \in A \mid p_j \in A : h_{p_i} - h_{p_j} \leq \Delta h_{\max}(d(p_i, p_j))\} \quad (2.4)$$

Dengan rumus: titik  $p_i$  diklasifikasikan sebagai titik medan jika tidak ada titik  $p_j$  sehingga perbedaan tinggi antara titik-titik ini lebih besar dari perbedaan ketinggian maksimum yang diizinkan pada jarak antara titik-titik ini. Definisi fungsi *filtering* ini terkait erat dengan beberapa konsep dari morfologi matematika (skala abu-abu/*grey scale*) berikut ini: (Vosselman, 2000)

Erosi  $e(x, y)$  dari sinyal dua dimensi  $h(x, y)$  dengan kernel  $k(\Delta x, \Delta y)$  didefinisikan sebagai [Haralick dan Shapiro, 1992]:

$$e(x, y) = \Delta x \min \Delta y \min [h(x + \Delta x, y + \Delta y) - k(\Delta x, \Delta y)] \quad (2.5)$$

Jika kita definisikan fungsi kernel sebagai:

$$k(\Delta x, \Delta y) = -\Delta h_{\max} \left( \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2} \right) \quad (2.6)$$

Sekarang hubungan antara erosi dan filter titik tanah yang ditentukan dapat diekspresikan. Jika  $h_{p_i} \leq e_{p_i}$ , maka:

$$\forall p_j \in A: h_{p_i} \leq h_{p_j} + \Delta h \max \left( d(p_i, p_j) \right) \quad (2.7)$$

Dengan demikian, himpunan titik tanah dapat ditentukan oleh:

$$DEM = \left\{ p_i \in A \mid h_{p_i} \leq e_{p_i} \right\} \quad (2.8)$$

### **2.10.2. Grid Based Filtering (GBF)**

Dalam SIG *grid* diartikan sebagai format data untuk menyimpan data raster serta meringkas data vektor yang mendefinisikan ruang geografis sebagai array sel persegi berukuran sama yang disusun dalam baris dan kolom.

Setiap sel menyimpan nilai numerik yang mewakili geografis untuk unit ruang itu. Setiap sel jaringan dirujuk oleh lokasi koordinat x, y (Esri, 2015). *Grid* spasial mengacu pada sistem *grid* dua dimensi yang mencakup kelas fitur. Ini digunakan untuk dengan cepat menemukan fitur dalam kelas fitur yang mungkin cocok dengan kriteria pencarian spasial (Esri, 2015).

Algoritma *grid based filter* :

$$DTM = \{ p_i \in A \mid p_i = h_{\min} \} \quad (2.9)$$

Analisis spasial berbasis *grid* dilakukan dengan menggunakan data spasial yang berupa *point* atau titik, yang kemudian dilakukan interpolasi sehingga diperoleh tema baru. Contoh penerapannya adalah analisis data ketinggian pada titik-titik tertentu pada suatu wilayah, yang kemudian digunakan untuk memperoleh data kemiringan lereng. Analisis penginderaan jarak jauh memiliki beragam fungsi, mulai dari analisis tutupan lahan makro dengan jenis tutupan lahan yang sedikit, hingga tujuan yang sangat rumit seperti estimasi biomassa. (Trisasongko 2012).

### **2.11. Root Mean Square Error (RMSE)**

RMS error Nilai RMS error koordinat menunjukkan adanya kesalahan arah pada komponen X, Y, Z terhadap posisi tertentu. Nilai RMS error koordinat dihitung dengan persamaan berikut (Charles D.Ghilani, 2002).

Pada penelitian ini rumus yang digunakan yaitu RMSE ketinggian (z) :

$$RMSE_z = \sqrt{\frac{\sum(Z-Z')^2}{n}} \quad (2.10)$$

Keterangan n= jumlah titik, Z = koordinat ketinggian sistem lama Z'=koordinat ketinggian sistem baru.

## **2.12. Metode Interpolasi**

Dalam pemetaan, interpolasi adalah proses estimasi nilai pada wilayah yang tidak disampel atau diukur, sehingga terbuatlah peta atau sebaran nilai pada seluruh wilayah (Gamma Design Software, 2005).

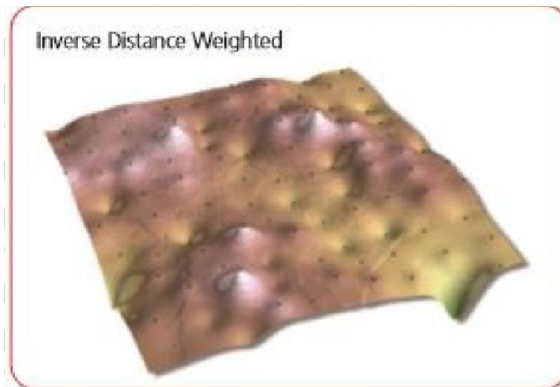
### **2.12.1. *Inverse Distance Weight (IDW)***

IDW atau Inverse Distance Weighted adalah suatu metode yang mensyaratkan kondisi nilai estimasi sebuah titik dipengaruhi oleh titik terdekat yang diketahui dibandingkan titik yang semakin jauh (Chang, 2008). Dalam pemetaan, interpolasi adalah proses estimasi nilai pada wilayah yang tidak disampel atau diukur, sehingga terbuatlah peta atau sebaran nilai pada seluruh wilayah (Gamma Design Software, 2005 dalam Pramono, 2008).

Metode IDW merupakan salah satu metode interpolasi spasial yang mengestimasi nilai sel dengan menitikberatkan pada nilai data geometrik terdekat dari tiap-tiap sel yang diproses (Nusret dan Dug, 2012).

Metode IDW merupakan metode interpolasi konvensional yang memperhitungkan jarak sebagai bobot, jarak yang dimaksud di sini adalah jarak datar dari titik data (sampel) terhadap blok yang akan diestimasi sehingga semakin dekat jarak antara titik sampel dan blok yang akan diestimasi maka semakin besar bobotnya, begitu juga sebaliknya (Hadi, 2013).





Gambar 2. 5. Metode Interpolasi IDW

### **2.13. Penelitian Terdahulu**

Berikut merupakan penelitian yang pernah dilakukan sebelumnya yang berhubungan dengan penelitian ini menggunakan beberapa metode perbandingan, diantaranya :

- a) Analisis Akurasi DTM Terhadap Penggunaan Data *Point Clouds* Dari Foto Udara Dan Las Lidar Berbasis Metode Penapisan *Slope Based Filtering* Dan Algoritma Macro Terrasolid

Martiana, Nur, Prasetyo, Yudo, dan Wijaya Arwan menggunakan Metode yang digunakan untuk klasifikasi dan *filtering* adalah algoritma *macro Terrasolid* dan metode *Slope Based Filtering* (SBF). Hasil DTM dari kedua data dibandingkan terhadap DTM Stereoplotting yang digunakan sebagai *benchmark*. Perbandingan tersebut berupa perbandingan geomorfologi secara visual, serta ketelitian geometri dari kedua DTM yang dihasilkan. Secara visual, DTM LiDAR menghasilkan geomorfologi yang halus sedangkan DTM Foto menghasilkan geomorfologi yang masih kasar. Kemudian berdasarkan hasil analisis transect, diperoleh hasil bahwa ketinggian DTM LiDAR

sudah mendekati DTM *Stereoplotting*, sedangkan DTM Foto masih menghasilkan selisih ketinggian yang cukup besar terhadap DTM *Stereoplotting*. DTM LiDAR yang dihasilkan dari pengolahan dengan algoritma *macro Terrasolid* pada sampel area di NLP 1209-1432C dan NLP 1209-1415C masuk ke dalam kelas 2 skala 1:5.000 dan kelas 3 skala 1:5.000. Sedangkan DTM LiDAR dengan metode SBF pada sampel area di NLP 1209- 1432C dan NLP 1209- 1415C masuk ke dalam kelas 3 skala 1:5.000. DTM Foto hasil pengolahan dengan *macro Terrasolid* pada sampel area di NLP 1209-1432C dan NLP 1209- 1415C masuk dalam kelas 3 skala 1:10.000. Sedangkan DTM Foto dengan metode SBF pada NLP 1209-1432C dan NLP 1209-1415C masuk dalam kelas 3 skala 1:5.000 dan kelas 2 skala 1:10.000.

b) Analisis Akurasi Penapisan DSM ke DTM Menggunakan Metode *Simple Morphological Filter* Dan *Slope Based Filtering*.

Pambudi, Lanjar, Prasetyo Yudo, dan Yuwono, Bambang melakukan penelitian penapisan DSM menjadi DTM menggunakan dua metode yaitu *Slope Based Filtering* (SBF) dan *Simple Morphological Filtering* (SMRF). Kemampuan proses penapisan dalam menghilangkan fitur bukan tanah dinilai dengan bantuan kontur. Akurasi proses penapisan dinilai membandingkan kedua DTM hasil penapisan dengan DTM yang dibuat dengan metode *Spotheighting* sebagai referensi. Akurasi ini akan dijadikan acuan untuk menentukan peta skala berapa akurasi DTM penapisan memenuhi toleransi.

Perbedaan utama penelitian-penelitian sebelumnya dengan penelitian kali ini adalah, pada penelitian kali ini metode yang digunakan untuk membandingkan SBF adalah *Grid Based Filtering*, dimana pada metode GBF

tersebut di lingkup nasional sendiri masih sangat jarang ditemui dalam proses *filtering* DSM.

Perbedaan kedua adalah terletak pada wilayah studi yang dibedakan menjadi 2 (dua) karakteristik daerah/medan yaitu Kelurahan Wonokromo yang dijumpai banyak sekali bangunan berhimpit sehingga masuk kedalam kelas wilayah padat penduduk, kemudian yang kedua adalah wilayah yang memiliki karakteristik terbuka dan jarang dijumpai bangunan berhimpit sehingga bukan masuk kedalam kelas padat penduduk, dalam hal ini terletak di Kelurahan Lontar, Kota Surabaya.

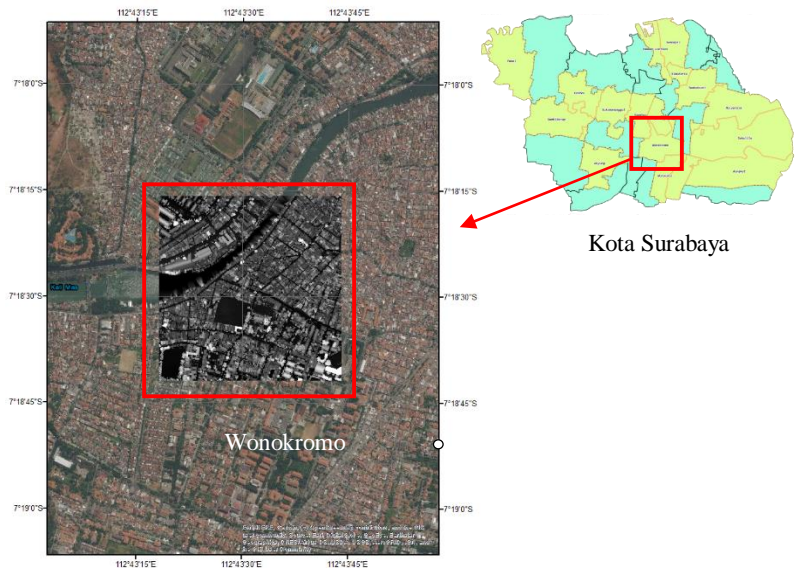
*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## BAB III METODOLOGI

### 3.1 Lokasi Tugas Akhir

Lokasi penelitian pada penelitian ini dibagi menjadi 2 (dua) area yang memiliki karakteristik berbeda. Area pertama adalah kawasan Kelurahan Wonokromo, Kecamatan Wonokromo, Kota Surabaya yang memiliki karakteristik wilayah padat penduduk, sehingga terdapat banyak bangunan yang berhimpit. Kelurahan tersebut terdapat pada NLP (Nomor Lembar Peta) pada DSM dan DTM sebagai berikut :

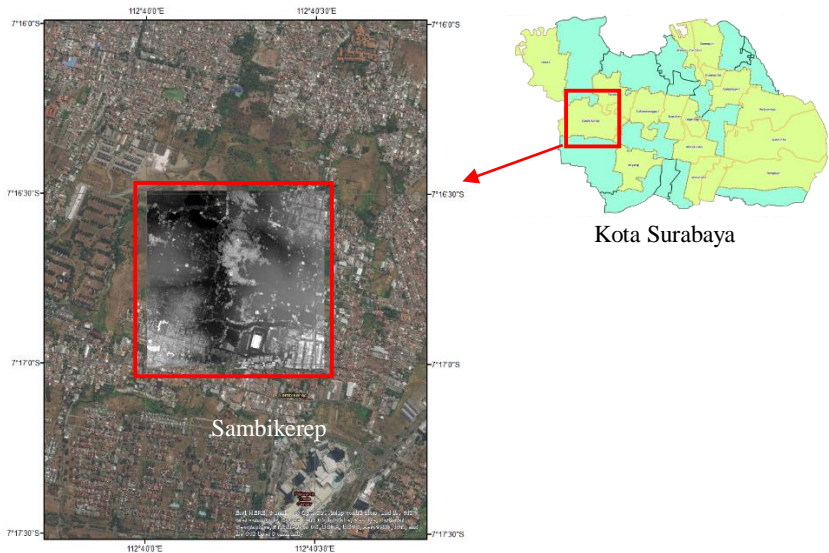
1. 1608-4146 CE
2. 1608-4146 CJ
3. 1608-4146 CI
4. 1608-4146 CD



Gambar 3. 1. Lokasi Penelitian Kelurahan Wonokromo

Area kedua adalah kawasan Kelurahan Lontar, Kecamatan Sambikerep, Kota Surabaya yang memiliki karakteristik wilayah kawasan lahan terbuka, sehingga sedikit atau jarang ditemui bangunan maupun pemukiman. Kawasan tersebut terdapat pada NLP (Nomor Lembar Peta) pada DSM dan DTM sebagai berikut :

1. 1608-4148 AL
2. 1608-4148 AQ
3. 1608-4148 AK
4. 1608-4148 AP



Gambar 3. 2. Lokasi Penelitian Kelurahan Lontar

### **3.2. Data dan Peralatan**

Untuk menunjang penelitian yang akan dilaksanakan, peneliti menggunakan data dan peralatan sebagai berikut.

### 3.2.1 Data

Berikut adalah data yang dibutuhkan dalam penelitian ini:

- a. DSM LiDAR kawasan Kelurahan Wonokromo dan Kelurahan Lontar, Kota Surabaya yang didapatkan dari Dinas Cipta Karya dan Tata Ruang Pemerintah Kota Surabaya dengan resolusi spasial 0,25 meter, mengacu pada Geoid sebagai sistem referensi ketinggiannya, dalam format *\*.bil* (raster).
- b. DTM *Stereoplotting* kawasan Kelurahan Wonokromo dan Kelurahan Lontar yang didapatkan dari Dinas Cipta Karya dan Tata Ruang Pemerintah Kota Surabaya dengan resolusi spasial 0,4 meter, mengacu pada Geoid sebagai sistem referensi ketinggiannya yang digunakan sebagai data yang dianggap benar (referensi) dalam format *\*.bil* (raster).
- c. Data foto udara kawasan kelurahan Wonokromo dan Lontar, Kota Surabaya yang didapatkan dari Dinas Cipta Karya dan Tata Ruang Pemerintah Kota Surabaya dengan resolusi spasial 0,08 meter dalam format *\*.bil* (raster).

### 3.2.2 Peralatan

Ada beberapa peralatan yang dibutuhkan dalam penelitian ini, baik software maupun hardware adalah sebagai berikut:

Untuk perangkat keras yang digunakan adalah:

- a. Laptop *ASUS ROG Strix GL 503 GE* dengan *processor intel core i7*.
- b. Perangkat pendukung *hardware* lain (*mouse, charger, hard disk*)

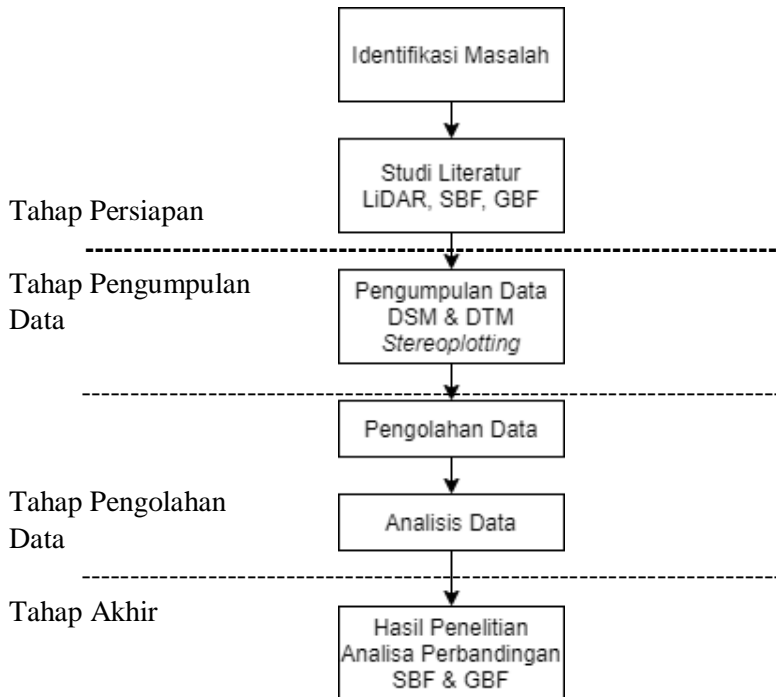
Sedangkan perangkat lunak yang digunakan meliputi :

- a. *ArcGIS 10.6.1* untuk *pre-processing* dan *processing data*,
- b. *SAGA GIS versi 7.6.1* untuk proses pengolahan data,
- c. *Microsoft Office Excel* dan *Microsoft Office Word* untuk pengolahan data dan penulisan laporan.

### **3.3. Metodologi Penelitian**

#### **3.3.1 Tahapan Penelitian**

Pada bagian ini dibahas mengenai diagram alir tahapan yang akan dilaksanakan pada penelitian ini:



Gambar 3. 3. Diagram Alir Penelitian



Berikut adalah penjelasan diagram alir tahapan diatas :

1. Tahap Persiapan

Pada tahap ini dilakukan identifikasi masalah dan studi literatur. Dalam perumusan masalah peneliti mencari permasalahan yang ada, membentuk lingkup permasalahan, serta pembatasan dimensi dan variabel yang akan dibahas dalam penelitian sehingga didapatkan fokus pengamatan dalam penelitian. Studi literatur dilakukan untuk mempelajari tentang penelitian yang sudah ada atau penelitian yang serupa tetapi memiliki sedikit perbedaan, pencarian materi-materi terkait dengan penelitian yang dilaksanakan, serta pencarian informasi tentang bahan dan data yang diperlukan.

2. Tahap Pengumpulan Data

Pada tahap ini dilakukan pengumpulan data-data yang diperlukan untuk melaksanakan penelitian. Pada penelitian ini terdapat data yang dibutuhkan yaitu data DSM dan DTM *Stereoplotting* pada kelurahan Wonokromo dan Lontar.

3. Tahap Pengolahan Data

Pada tahap ini dilakukan pengolahan data-data yang sudah dikumpulkan. Pengolahan data yang dilakukan dalam penelitian ini adalah pengolahan data DSM menjadi turunan DTM menggunakan dua metode (SBF dan

GBF). Selain itu data DTM *Stereoplotting* yang dijadikan sebagai referensi juga diekstrak menjadi poin-poin ketinggian kemudian hasil dari turunan DTM tersebut divalidasi oleh poin ketinggian DTM *Stereoplotting*.

#### 4. Tahap Analisis Data

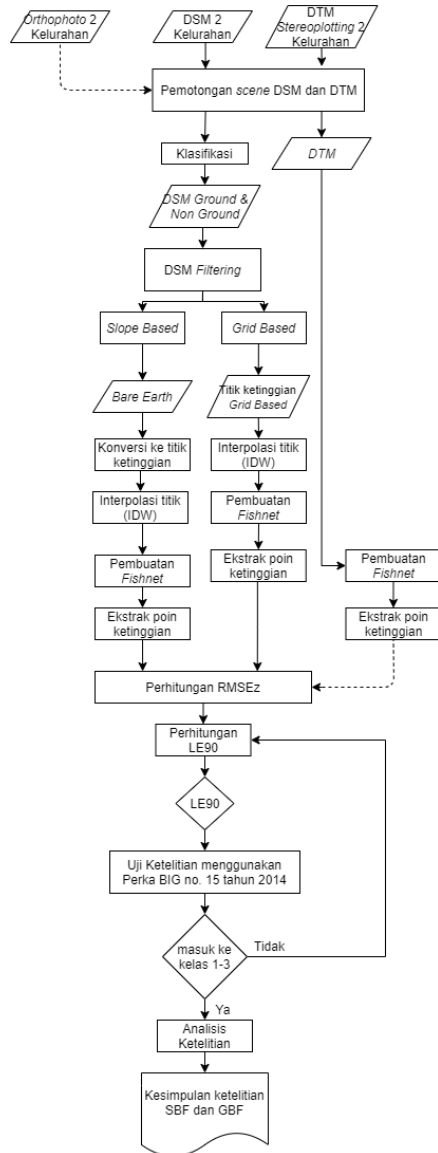
Dalam tahap ini dilakukan analisis hasil dari turunan DTM hasil SBF dan GBF berdasarkan Perka BIG no. 15 tahun 2014 tentang ketelitian peta dasar.

#### 5. Tahap Akhir

Pada tahap ini merupakan hasil dari pengolahan turunan DTM kedua metode dan juga analisis terkait pengolahan tersebut.

### 3.3.2 Tahapan Pengolahan Data

Adapun tahapan untuk pengolahan data untuk kegiatan penelitian ini adalah sebagai berikut: (di halaman berikut).



Gambar 3. 4. Diagram Alir Pengolahan Data

Berikut adalah penjelasan diagram alir tahapan diatas ::

1. Pemotongan Scene NLP DSM dan DTM  
Tahapan paling awal ini dilakukan karena terdapat perbedaan ukuran luasan piksel yang terdapat dalam data DSM dan DTM *Stereoplotting*. Oleh karena itu, dilakukan pemotongan agar jumlah titik yang akan dijadikan perbandingan antara kedua data tersebut sama banyak dan memiliki pasangan titik perbandingan masing-masing.
2. Klasifikasi *Ground & Non Ground*  
Setelah didapatkan jumlah luasan piksel yang sama dari data DSM, DTM, dan Orthophoto, lalu dilakukan pengklasifikasian objek-objek kedalam dua kelas, yaitu *ground* dan *non ground* berdasarkan analisa manual pada *Orthophoto* kedua wilayah. Selanjutnya hasil dari kelas *ground* adalah data yang digunakan untuk tahap *filtering*. Tujuan dari tahap ini yaitu mereduksi kesalahan dari fitur-fitur selain *ground* yang terkandung dari data DSM seperti bangunan dan vegetasi.
3. *DSM Filtering* Menggunakan Dua Metode  
Tahap kedua dalam pengolahan data, setelah data DSM dan DTM memiliki luasan piksel yang sama, dilakukan *Slope Based Filtering* untuk menyaring fitur *non-ground* di aplikasi SAGA GIS versi 7.6.1. pada tahap ini, dilakukan *filtering* menggunakan 8 parameter radius yang berbeda. Pada daerah Wonokromo (padat penduduk) digunakan radius 10, 30, 45, 60, 75, 90, 105 dan 120 (piksel). Sedangkan

pada daerah Lontar (lahan terbuka) menggunakan radius 10, 20, 40, 80, 120, 160, 200, dan juga 240 (meter). Kemudian parameter yang digunakan selanjutnya adalah *approx. terrain slope* sebesar  $1^\circ$ . Pada proses *Grid Based Filtering*, parameter yang digunakan di Wonokromo yaitu 4, 12, 18, 24, 30, 36, 42, 48. Sedangkan pada Kelurahan Lontar yaitu 4, 8, 16, 32, 48, 64, 80, dan 96. Inisiasi pemilihan besarnya radius ini berdasarkan karakteristik dan ukuran piksel yang terdapat pada masing-masing daerah yang mengacu pada ukuran piksel data DTM *Stereoplotting* yaitu 0,4 meter, maka radius dan *grid* yang dijadikan parameter pertama adalah 10x dari resolusi tersebut yaitu *grid* 4 meter dan radius 10 piksel. Pada metode *Grid Based Filtering*, parameter luasan *grid* dibuat dalam 8 ukuran yang berbeda dalam masing-masing dua kelurahan.

#### 4. Konversi ke titik-titik ketinggian

Setelah SBF dilakukan, tahap tersebut memisahkan 2 komponen data yang terdapat dalam DSM, yaitu *Bare Earth* (nilai yang dianggap sebagai *ground*) dan *Removed Objects* atau objek-objek selain dataran yang telah terbangun. Kemudian dari data *Bare earth* tersebut disimpan dalam format *\*GeoTiff* yang kemudian dijadikan data vektor berupa titik-titik yang terbentuk dari *Bare earth*. Proses konversi pada aplikasi ArcGIS menggunakan *tools Raster to Point*.

5. Interpolasi Titik-Titik *Bare earth*

Setelah titik-titik tersebut didapatkan, maka dilakukan tahap interpolasi menggunakan metode *Inverse Distance Weight* (IDW). Metode ini dipilih karena dalam mengestimasi titik yang hilang tersebut dipengaruhi titik terdekat yang diketahui dibandingkan titik yang lebih jauh. Tujuan dari tahapan ini adalah untuk mengetahui ketinggian dari data *ground* yang telah hilang pada tahap *filtering* dikarenakan terdapat unsur *non-ground* di atasnya.

6. Pembuatan *Fishnet*

Setelah dilakukan interpolasi dan menghasilkan data raster mengenai ketinggian, pada metode SBF dilakukan pembuatan *grid* yang ukurannya mengikuti dari parameter ukuran dari GBF. Pendefinisianannya adalah dalam *grid* awal yang dibuat yaitu 4x4 meter, terdapat 1 titik rata-rata yang mewakili 10 piksel dari kedua data DSM dan DTM. Pada proses GBF, *resampling* titik dibuat *fishnet* yang berukuran sama dengan ukuran *grid* yang diproses. Hal ini dilakukan untuk mempertahankan resolusi dari kedua data yang akan dibandingkan. Pada tahap pembuatan *fishnet* ini bertujuan untuk menghasilkan titik-titik ketinggian DSM dan DTM yang jumlahnya sama agar memudahkan dalam proses perbandingan ketinggian setelahnya. Pada data DTM *stereoplotting* juga dilakukan tahap ini agar diketahui data ketinggian yang berbeda dalam satu koordinat.

7. Ekstrak poin ketinggian

Dari hasil *fishnet*, didapatkan titik yang tersebar merata pada tiap sisi *scene* DSM dan DTM. Pada titik titik tersebut kemudian dilakukan ekstrak titik ketinggian yang didasarkan dari data raster DSM hasil interpolasi dan juga data DTM referensi. Kemudian selisih ketinggian dari dua data tersebut digunakan dalam perhitungan *RMS Error z*.

8. Perhitungan *RMSEz*

Setelah selisih dari ketinggian DSM hasil SBF dan GBF, kemudian dihitung RMS Error untuk ketinggian (*RMSEz*). Pada tahap analisis ini dilakukan perbandingan data ketinggian DTM hasil pengolahan masing-masing metode dengan poin-poin ketinggian DTM hasil *stereoplotting* (referensi) menggunakan RMS error pada hasil dari metode SBF. Ketinggian DTM referensi dianggap sebagai nilai yang benar, karena metode *Stereoplotting* merupakan teknik yang dianggap akurat *bare earth* nya (ketinggian diatas permukaan tanah), sedangkan selisih ketinggian antara DTM hasil filtering dan DTM *stereoplotting* merupakan nilai *error*.

9. Perhitungan LE90

Dari data *RMSEz* yang telah didapat, lalu dihitung LE90 nya. untuk mendapatkan akurasi vertikal didapatkan dari perhitungan ketelitian geometrik vertikal (ketinggian) yang didefinisikan sebagai nilai jarak yang menunjukkan bahwa 90% kesalahan atau

perbedaan nilai ketinggian objek di peta dengan nilai ketinggian sebenarnya tidak lebih besar daripada nilai jarak tersebut yang dinamakan perhitungan Linear Error 90% (LE90).

10. Uji ketelitian menggunakan PERKA BIG. No 15 tahun 2014

Dari data LE90 yang telah didapat, dari 3 parameter radius untuk SBF dan 3 parameter ukuran *grid* pada GBF, kemudian diklasifikasikan kedalam tabel yang mengacu pada Peraturan Badan Informasi Geospasial Nomor 6 Tahun 2018 tentang Perubahan Atas Peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial Nomor 15 Tahun 2014 Tentang Pedoman Teknis Ketelitian Peta Dasar.

11. Analisis Ketelitian SBF

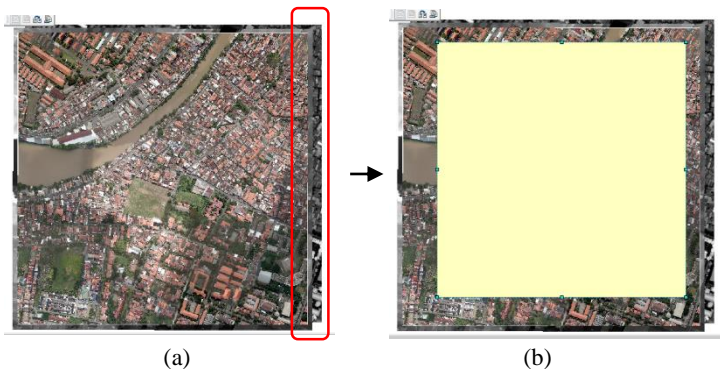
Pada tahap sebelumnya, didapatkan hasil klasifikasi ketelitian peta dasar, kedalam skala dan kelas. Dari data tersebut kemudian dianalisis bagaimana dalam radius pada SBF dan *grid* pada GBF karakteristik medan daerah yang berbeda dapat mempengaruhi hasil ketelitian dari kedua metode tersebut.



## BAB IV HASIL DAN ANALISIS

### 4.1 Hasil dan Analisis Potongan Scene DSM dan DTM

Tahap awal yang dilakukan adalah menampilkan data DSM dan DTM *Stereoplot* untuk melihat kesamaan dari letak poin-poin ketinggian yang akan dibandingkan. Hasil yang didapat adalah pada citra DSM dan DTM saling bertampalan, akan tetapi luas dari piksel yang dibentuk berbeda. Oleh karena itu, dilakukan pemotongan yang dimaksudkan untuk memberikan ukuran luas piksel yang sama, agar mempermudah dalam pengambilan titik-titik ketinggian dalam perbandingan ketinggian antara DTM hasil pengolahan dan DTM referensi.



Gambar 4. 1. Proses Pemotongan Scene NLP

Terlihat di gambar (a) pada kotak merah, ukuran antara DSM, DTM, dan Orthophoto berbeda dikarenakan resolusi pada masing-masing data berbeda. Pada gambar (b) ukuran yang ditentukan adalah 800x800 meter. Hal ini dikarenakan agar luasan dari ketiga data yang digunakan tersebut terbagi habis dengan ukuran resolusi dari data tersebut yaitu 0,4 meter.

## 4.2. Hasil dan Analisis Klasifikasi *Ground* dan *Non Ground*

### 4.2.1. Kelurahan Wonokromo



Gambar 4. 2. Hasil Klasifikasi Non Ground Wonokromo

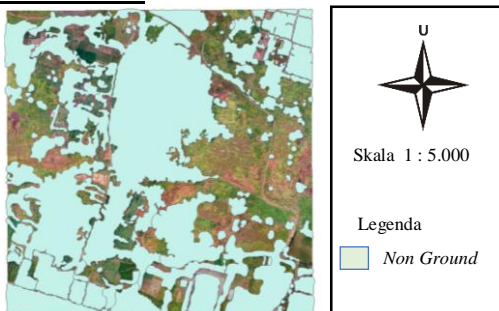
Berikut merupakan hasil dari luasan poligon klasifikasi *Ground* dan *Non Ground* pada Kelurahan Wonokromo:

Tabel 4. 1. Hasil Luas Klasifikasi Wonokromo

Luas Total (m <sup>2</sup> )	640.000
Non Ground (m <sup>2</sup> )	528.183
Ground (m <sup>2</sup> )	111.817

Pada tabel diatas dapat dilihat bahwa banyak sekali fitur *non ground* seperti bangunan, vegetasi, dan lainnya sehingga menghasilkan luas area terklasifikasi *non ground* yang besar dan menghasilkan fitur *ground* yang jumlahnya lebih sedikit.

#### 4.2.2. Kelurahan Lontar



Gambar 4. 3. Hasil Klasifikasi Kelurahan Lontar

Tabel berikut merupakan hasil dari luasan klasifikasi dalam dua kelas tersebut:

Tabel 4. 2. Hasil Luas Klasifikasi Lontar

Luas area total (m <sup>2</sup> )	640.000
Luas <i>Non Ground</i> (m <sup>2</sup> )	374.584
Luas <i>Ground</i> (m <sup>2</sup> )	265.415

Pada tabel diatas didapatkan luas area *non ground* lebih besar dibandingkan dengan *ground* dikarenakan pada daerah tersebut banyak dijumpai vegetasi seperti perkebunan dan pepohonan yang tinggi. Pada daerah tersebut juga terdapat pemukiman yang harus diklasifikasikan kedalam *non ground*.

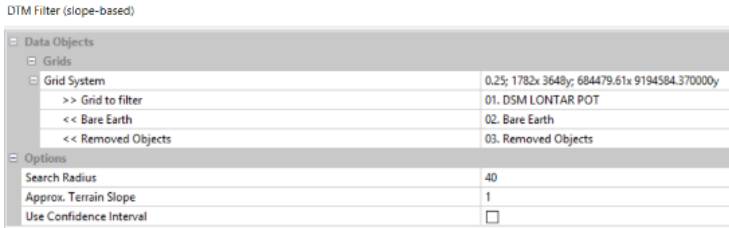
Perbandingan menunjukkan bahwa angka luasan fitur *non ground* antara Kelurahan Wonokromo dan Lontar menghasilkan Wonokromo jauh lebih banyak dibandingkan dengan Kelurahan Lontar. Hal ini pula menjelaskan bahwa penulis melakukan penelitian pada dua karakteristik wilayah yang berbeda.

### 4.3. Hasil dan Analisis Proses *Filtering DSM*

#### 4.3.1. *Slope Based Filtering*

Proses ini merupakan tahap inti dari penelitian, yaitu menyaring unsur dari data DSM yang mengandung vegetasi, bangunan, dan objek lainnya yang tidak dianggap sebagai dataran (*ground*). Konsep dari SBF dikembangkan berdasarkan asumsi bahwa nilai perbedaan tinggi antara dua *cell* bertetangga diakibatkan oleh curamnya lereng pada permukaan.

Pada *dialog* DTM filter (*slope-based*) terdapat dua parameter yang perlu diperhatikan yaitu *search radius* dan *approx terrain slope*. *Search radius* merupakan parameter yang menentukan jarak piksel yang akan diproses. Sedangkan *approx terrain slope* merupakan parameter kemiringan dari area yang dianggap sebagai permukaan tanah.



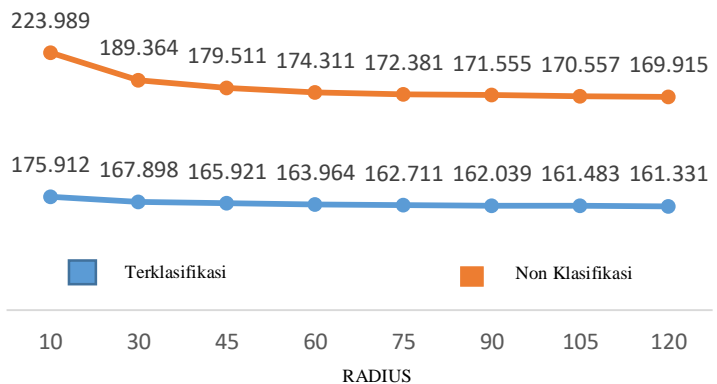
Gambar 4. 4. Dialog Parameter SBF

Pada penelitian ini digunakan 8 parameter *search radius* dalam 2 daerah penelitian. Tabel di bawah berikut merupakan data yang dihasilkan pada proses *filtering*.

## a. Kelurahan Wonokromo

Tabel 4. 3. Hasil Titik Bare Earth Wonokromo

Radius	Jumlah Titik Bare Earth Klasifikasi	Jumlah Titik Bare Earth Non Klasifikasi
10	175.912	223.989
30	167.898	189.364
45	165.921	179.511
60	163.964	174.311
75	162.711	172.381
90	162.039	171.555
105	161.483	170.557
120	161.331	169.915



Gambar 4. 5. Grafik Jumlah Titik Bare earth Wonokromo

Dari hasil yang didapat diatas menunjukkan jumlah titik *bare earth* yang dibentuk pada 2 jenis data DSM di Kelurahan Wonokromo. Pada jenis data klasifikasi tentunya terdapat jumlah titik *bare earth* yang dihasilkan lebih sedikit dikarenakan piksel pada fitur *non ground* telah dihilangkan. Pada kedua jenis data menunjukkan rentang perbedaan jumlah titik *bare earth*

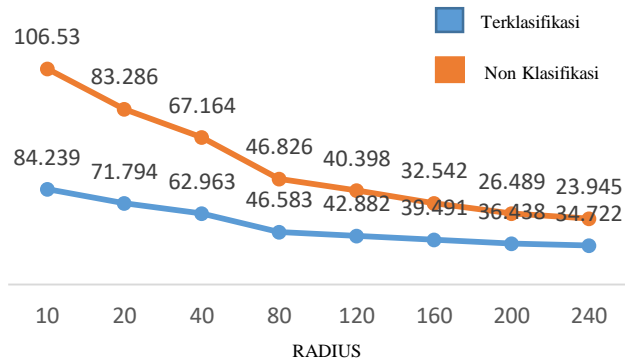
yang dihasilkan antara radius 10 ke radius-radius setelahnya memiliki rentang yang jauh. Sedangkan pada radius 30 hingga 120 menghasilkan rentang perbedaan yang kecil. Hal ini dikarenakan konsep dari SBF ini sendiri adalah menghilangkan ketinggian dari dua *cell* yang berdekatan. Sehingga apabila pada radius tertentu menganggap antara dua *cell* tidak memiliki *slope* yang terjal, maka jumlah piksel yang dihilangkan juga semakin sedikit. Pada kelurahan padat penduduk tersebut, titik yang dianggap *ground* sebagai referensi jumlahnya sedikit, oleh karena itu dapat dilakukan dengan mengurangi parameter *search radius* yang digunakan.

b. Kelurahan Lontar

Tabel 4. 4. Hasil Titik Bare Earth Lontar

<b>Radius</b>	<b>Jumlah titik <i>Bare Earth</i> Klasifikasi</b>	<b>Jumlah titik <i>Bare Earth</i> Non Klasifikasi</b>
10	84.239	106.530
20	71.794	83.286
40	62.963	67.164
80	46.583	46.826
120	42.882	40.398
160	39.491	32.542
200	36.438	26.489
240	34.722	23.945

Berbeda dengan area terbuka (Lontar) yang memiliki rentang perbedaan hasil jumlah titik *bare earth* yang merata pada radius 10-80, selanjutnya pada radius 120-240 menunjukkan perbedaan yang lebih kecil.

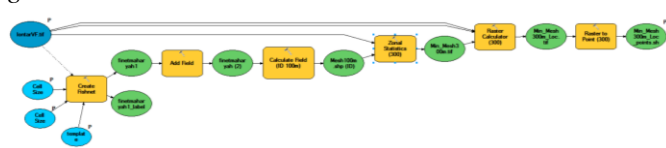


Gambar 4. 6. Grafik Bare earth Lontar

Pada kedua jenis data tersebut juga menunjukkan jenis data terklasifikasi memiliki jumlah titik yang lebih sedikit dikarenakan banyak piksel yang hilang di fitur *non ground* pada proses klasifikasi.

#### 4.3.2. Grid Based Filtering

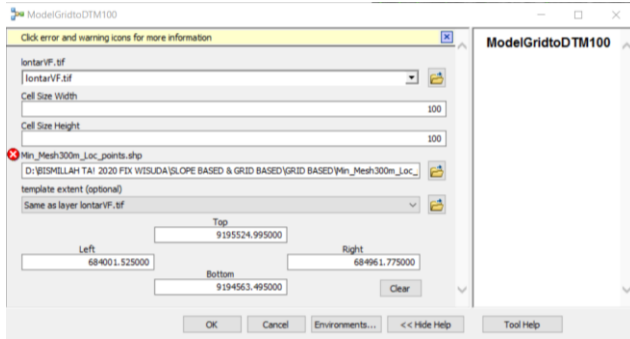
Konsep dari GBF didefinisikan berdasarkan ukuran *grid* yang dibentuk. Pada satu luasan *grid* yang terdiri atas beberapa piksel, diambil satu nilai terendah yang mewakili dari jumlah piksel yang terdapat pada *grid* tersebut.



Gambar 4. 7. Model Builder GBF pada ArcGIS

Pada dialog parameter GBF yang dibentuk dari *model builder*, *input raster data* yang digunakan adalah data DSM yang telah dipotong menggunakan *clip tool* menjadi ukuran 800x800 meter. Hal ini dilakukan untuk

mempermudah proses GBF dikarenakan keterbatasan perangkat yang digunakan pada penelitian ini.



Gambar 4. 8. Dialog Parameter GBF

Untuk mempertahankan resolusi dari ukuran piksel DSM dan DTM yang digunakan, ukuran-ukuran *grid* (dalam satuan meter) yang ditentukan pun menggunakan bilangan/angka yang dapat terbagi habis oleh 0,4, sehingga banyak-nya piksel yang diproses tidak ada yang terpotong. Pada masing-masing kelurahan digunakan 8 parameter ukuran *grid* yang berbeda.. Berikut merupakan hasil dari jumlah titik yang terbentuk:

a. Kelurahan Wonokromo

Tabel 4. 5. Hasil Titik pengolahan GBF Wonokromo

<b>Ukuran <i>Grid</i></b>	<b>Jumlah titik <i>grid</i> Terklasifikasi</b>	<b>Jumlah titik <i>grid</i> Non Klasifikasi</b>
4	32.835	32.835
12	4.422	4.422
18	1.936	1.936
24	1.089	1.089
30	729	729
36	484	484
42	361	361
48	289	289

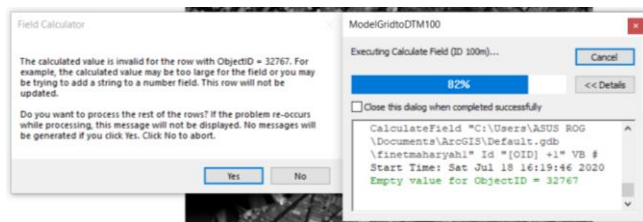


## b. Kelurahan Lontar

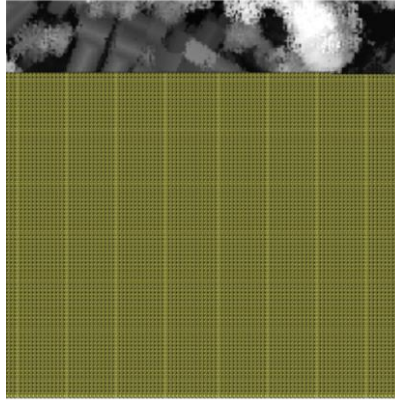
Tabel 4. 6. Hasil Titik Pengolahan GBF Lontar

Ukuran Grid	Jumlah titik grid Terklasifikasi	Jumlah titik grid Non Klasifikasi
4	32.835	32.835
8	9.900	9.900
16	2.500	2.500
32	625	625
48	272	272
64	156	156
80	100	100
96	64	64

Dari tabel diatas dapat dianalisis bahwa semakin besar ukuran *grid* yang digunakan, maka semakin sedikit titik yang terbentuk. Hal ini dikarenakan pada ukuran *grid* yang lebih besar, lebih banyak juga mengandung jumlah piksel yang banyak, jadi data piksel yang dibandingkan untuk menghasilkan satu titik terendah juga semakin banyak. Pada ukuran *grid* 4 pada setiap daerah kelurahan, jumlah titik yang terbentuk tidak tertutup secara keseluruhan, dikarenakan kemampuan perangkat yang digunakan terbatas, maka area yang titiknya terbentuk sekitar 80%. Berikut adalah dialog yang muncul pada saat *processing* data:



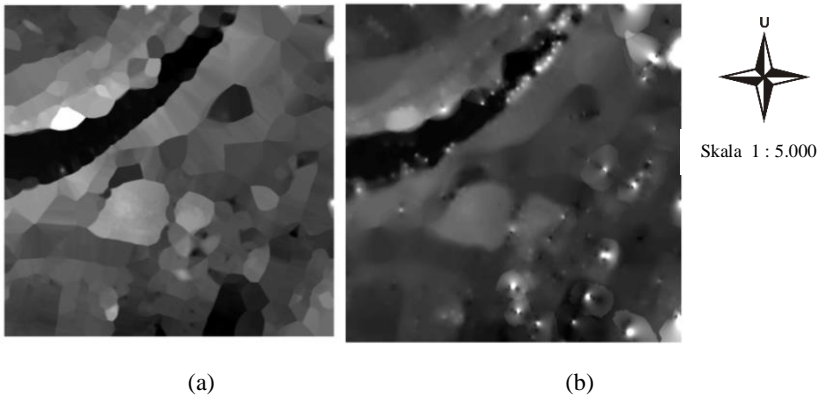
Gambar 4. 9. Dialog Kendala GBF pada Grid 4m



Gambar 4. 10. Titik yang TerCover pada *Grid* 4m

#### 4.4. Hasil Interpolasi Titik Ketinggian

*Bare earth* menghasilkan data ketinggian yang tidak lengkap, untuk menentukan titik-titik ketinggian yang hilang yang disebabkan proses SBF dan GBF, dilakukan interpolasi titik untuk mengestimasi titik-titik yang hilang tersebut.



Gambar 4. 11. Hasil Interpolasi Wonokromo SBF radius 30 (a) dan GBF *grid* 12 meter (b)

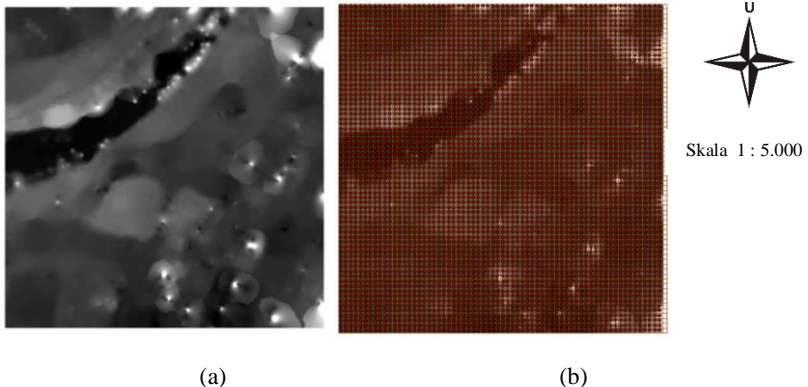
Bentuk dari hasil interpolasi berbeda mengikuti dari data *bare earth* yang terbentuk. Contoh dari hasil interpolasi diatas pada Kelurahan Wonokromo Terklasifikasi menggunakan SBF dengan radius30 (a) dan menggunakan GBF *grid* 12 meter (b).

Pada hasil interpolasi di metode GBF didapatkan resolusi yang sama dengan resolusi DSM (0,25 m) dan DTM ( 0,4 m).

#### 4.5. Hasil dan Analisis Jumlah Resampling Titik

##### 4.5.1. Slope Based Filtering

Perbandingan DTM hasil pengolahan dan data ketinggian dari DTM referensi. Akan tetapi permasalahan yang ditemukan adalah jumlah titik yang terbentuk antara DTM hasil SBF dan DTM referensi jumlahnya berbeda dan memiliki lokasi yang tidak sama. Untuk mengatasi hal tersebut, dilakukan pembentukan *fishnet* untuk menghasilkan *resampling* titik-titik *grid* dengan jumlah dan ukuran yang sama mengikuti dengan *grid* pada proses GBF.



Gambar 4. 12. Contoh Hasil Interpolasi yang digunakan untuk *fishnetting* (a) dan Proses pembuatan *fishnet* (b)

Pada gambar (a) merupakan hasil dari interpolasi IDW yang kemudian dilakukan *sampling* titik ketinggian menggunakan *fishnet* pada gambar (b).

Setelah *fishnet* terbentuk, maka dilakukan ekstrak poin-poin ketinggian sesuai dengan *grid* yang dibentuk. Berikut merupakan hasil dari jumlah titik-titik yang terbentuk:

a. Kelurahan Wonokromo

Tabel 4. 7. Hasil Titik Resampling SBF Wonokromo

<b>Radius</b>	<b>Jumlah Titik <i>Bare Earth</i> Klasifikasi</b>	<b>Jumlah Titik <i>Bare Earth</i> Non Klasifikasi</b>	<b>Jumlah titik <i>sampling</i></b>
10	175.912	223.989	39.800
30	167.898	189.364	9.900
45	165.921	179.511	2.500
60	163.964	174.311	625
75	162.711	172.381	289
90	162.039	171.555	156
105	161.483	170.557	100
120	161.331	169.915	64

b. Kelurahan Lontar

Tabel 4. 8. Hasil Titik Resampling SBF Lontar

<b>Radius</b>	<b>Jumlah titik <i>Bare Earth</i> Klasifikasi</b>	<b>Jumlah titik <i>Bare Earth</i> Non Klasifikasi</b>	<b>Jumlah titik <i>sampling</i></b>
10	84.239	106.530	39.800
20	71.794	83.286	9.900
40	62.963	67.164	2.500
80	46.583	46.826	625
120	42.882	40.398	289
160	39.491	32.542	156
200	36.438	26.489	100
240	34.722	23.945	64

Jumlah titik yang terbentuk dari proses *gridding* antara Titik DTM SBF dan DTM Referensi telah sama, dapat dilakukan perbandingan untuk menghasilkan RMSError.

#### **4.5.2. Grid Based Filtering**

Hal yang sama juga dilakukan pada hasil interpolasi dari metode GBF, perbedaan proses *resampling* titik terletak pada ukuran *fishnet* yang digunakan. Pada metode ini yang harus diperhatikan adalah mempertahankan resolusi dari data DSM dan DTM. Maka, besar ukuran *fishnet* yang digunakan untuk *resampling* mengikuti dari ukuran *grid* pada *dialog input* yang digunakan. Hal serupa diimplementasikan pada data DTM sebagai referensi, ukuran *fishnet* yang dibentuk mengacu pada ukuran *grid* di DTM GBF yang telah terbentuk. Hasilnya terdapat pada tabel berikut:

a. Kelurahan Wonokromo

Tabel 4. 9. Hasil Titik Resampling GBF Wonokromo

<b>Ukuran <i>Grid</i></b>	<b>Jumlah titik <i>grid</i> Terklasifikasi</b>	<b>Jumlah titik <i>grid</i> Non Klasifikasi</b>	<b>Jumlah Titik <i>Resampling</i></b>
4	32.835	32.835	32.835
12	4.422	4.422	4.422
18	1.936	1.936	1.936
24	1.089	1.089	1.089
30	729	729	729
36	484	484	484
42	361	361	361
48	289	289	289

## b. Kelurahan Lontar

Tabel 4. 10. Hasil Titik Resampling GBF Lontar

<b>Ukuran Grid</b>	<b>Jumlah titik grid Terklasifikasi</b>	<b>Jumlah titik grid Non Klasifikasi</b>	<b>Jumlah Titik Resampling</b>
4	32.835	32.835	32.835
8	9.900	9.900	4.422
16	2.500	2.500	1.936
32	625	625	1.089
48	272	272	729
64	156	156	484
80	100	100	361
96	64	64	289

**4.6. Hasil dan Analisis Perhitungan RMSEz dan LE90****4.6.1. Slope Based Filtering**

Ketinggian DTM hasil pengolahan dengan DTM hasil *stereoplotting* (referensi) menggunakan RMS error pada hasil dari metode SBF. Ketinggian DTM referensi dianggap sebagai nilai yang benar, karena metode *Stereoplotting* merupakan teknik yang dianggap akurat *bare earth* nya (ketinggian diatas permukaan tanah), sedangkan selisih ketinggian antara DTM hasil filtering dan DTM *stereoplotting* merupakan nilai error.

## a. Kelurahan Wonokromo

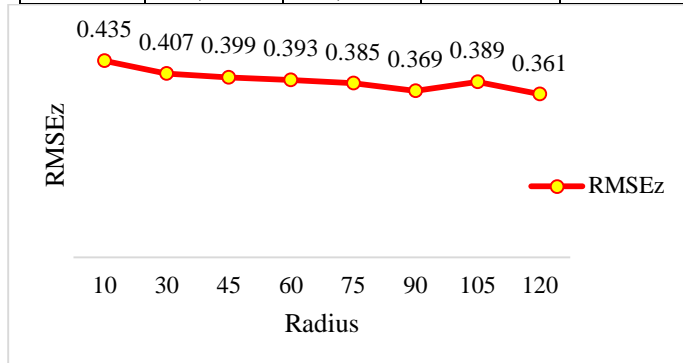
## 1. Terklasifikasi

Tabel 4. 11. Hasil Uji Ketelitian Wonokromo

<b>Radius</b>	<b>RMSEz (m)</b>	<b>LE90 (m)</b>	<b>Skala</b>	<b>Kelas</b>
10	0,435	0,718	1 : 2.500	2
30	0,407	0,673	1 : 2.500	2
45	0,399	0,659	1 : 2.500	2
60	0,393	0,648	1 : 2.500	2
75	0,385	0,635	1 : 2.500	2

Tabel 4. 12. Lanjutan Tabel 11

<b>Radius</b>	<b>RMSEz (m)</b>	<b>LE90 (m)</b>	<b>Skala</b>	<b>Kelas</b>
90	0,369	0,609	1 : 2.500	2
105	0,389	0,642	1 : 2.500	2
120	0,361	0,596	1 : 2.500	2



Gambar 4. 13. Grafik RMSEz Wonokromo Terklasifikasi

Pada hasil dari tabel dan grafik diatas menunjukkan RMS Error dari tiap radius yang konsisten. Dari grafik diatas juga dapat dilihat radius yang digunakan paling teliti adalah 120, sedangkan radius yang paling buruk digunakan adalah 10. Pada analisisnya, radius 120 memiliki rentang cukup jauh yaitu 48x48 meter untuk mereduksi kemiringan sebesar 1°, sehingga fitur-fitur *non ground* yang masih tersisa pada tahap klasifikasi dapat direduksi dengan baik.

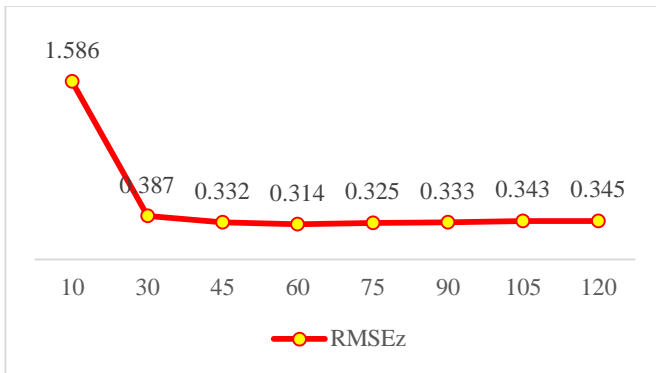
## 2. Non Klasifikasi

Tabel 4. 13. Hasil Uji Ketelitian Lontar

<b>Radius</b>	<b>RMSEz (m)</b>	<b>LE90 (m)</b>	<b>Skala</b>	<b>Kelas</b>
10	1.586	2.618	1 : 10.000	2
30	0.387	0.638	1 : 2.500	2

Tabel 4. 14. Lanjutan Tabel 13

Radius	RMSEz (m)	LE90 (m)	Skala	Kelas
45	0.332	0.549	1 : 2.500	2
60	0.314	0.519	1 : 2.500	2
75	0.325	0.537	1 : 2.500	2
90	0.333	0.549	1 : 2.500	2
105	0.343	0.566	1 : 2.500	2
120	0,345	0,569	1 : 2.500	2



Gambar 4. 14. Grafik RMSEz Wonokromo Non Klasifikasi

Tabel dan grafik diatas untuk Kelurahan Lontar Non Klasifikasi, dapat dilihat kelas ketelitian yang paling tinggi dihasilkan pada radius 60. Hal ini dikarenakan masih adanya fitur *non ground* yang direduksi dengan baik pada rentang 24x24 meter. Pada radius 10, ketelitian yang dihasilkan yaitu paling rendah hanya pada 1:10.000 dikarenakan hanya 4x4 meter rentang radius yang didapati untuk mereduksi fitur *non ground* yang mencapai 26 meter.



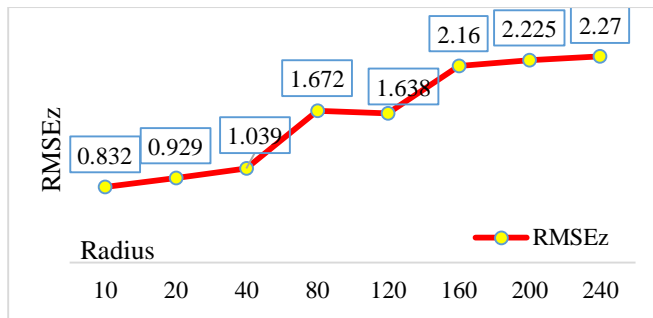
Pada hasil analisis tersebut juga dapat disimpulkan bahwa penggunaan metode SBF pada Kelurahan Wonokromo baik pada jenis data terklasifikasi dan non klasifikasi dapat dibuat peta dengan skala mencapai 1 : 2.500 dengan interval kontur 1 meter.

b. Kelurahan Lontar

1. Terklasifikasi

Tabel 4. 15. Hasil RMSEz Lontar Terklasifikasi

Radius	RMSEz	LE90	Skala	Kelas
10	0,832	1,373	1 : 5.000	2
20	0,929	1,532	1 : 5.000	3
40	1,039	1,715	1 : 5.000	3
80	1,672	2,759	1 : 10.000	2
120	1,638	2,703	1 : 10.000	2
160	2,16	3,564	1 : 10.000	3
200	2,225	3,671	1 : 10.000	3
240	2,27	3,907	1 : 10.000	3

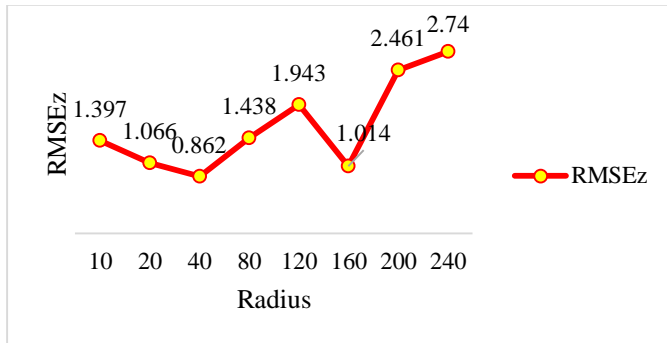


Gambar 4. 15. Grafik RMSEz Lontar Terklasifikasi

## 2. Non Klasifikasi

Tabel 4. 16. Hasil RMSEz Lontar Non Klasifikasi

Radius	RMSEz	LE90	Skala	Kelas
10	1,397	2,306	1 : 10.000	2
20	1,066	1,76	1 : 5.000	3
40	0,862	1,422	1 : 5.000	2
80	1,438	2,373	1 : 10.000	2
120	1,943	3,207	1: 10.000	3
160	1,014	1,6733	1 : 5.000	3
200	2,461	4,061	1 : 25.000	1
240	2,74	4,521	1 : 25.000	1



Gambar 4. 16. Grafik RMSEz Lontar Non Klasifikasi

Dari kedua grafik diatas, hasil *filtering* menggunakan SBF di Kelurahan Lontar, radius dan ukuran *grid* paling teliti adalah pada radius 10 pada jenis data Terklasifikasi dan radius 40 di jenis data Non Klasifikasi. Sedangkan pada radius 240 pada Non klasifikasi dan Klasifikasi menghasilkan data kelas ketelitian yang paling tidak teliti.

Tabel diatas menunjukkan hasil RMSEz dan LE90 dari kedua wilayah yang memiliki karakteristik berbeda. Semakin kecil nilai RMS Error yang dihasilkan

akan semakin baik ketelitian dari data tersebut. Hal ini terjadi pada daerah atau area yang memiliki karakteristik wilayah padat penduduk dan sedikit dijumpai pemukiman yaitu di Kelurahan Wonokromo. Sedangkan pada wilayah atau area terbuka (Lontar) didapati jumlah RMS Error lebih besar.

Dari hasil klasifikasi yang didapatkan, analisis yang didapat yaitu pada daerah Wonokromo, daerah terklasifikasi maupun tidak, memiliki hasil lokasi titik dari *bare earth* yang tersebar merata. Pada tahap interpolasi pembobotan, dataran yang kosong terinterpolasi dengan baik dikarenakan terdapat poin-poin ketinggian di dekatnya.

Sebaliknya, pada kelurahan Lontar, hasil dari klasifikasi banyak menghilangkan raster yang mengandung data ketinggian, sehingga banyak dijumpai data yang kosong. Hal ini saat dilakukan dinterpolasi, banyak titik ketinggian yang terestimasi menggunakan nilai yang lokasinya sangat jauh dari poin yang akan diestimasi nilai ketinggiannya.

Pada hasil analisis tersebut dapat disimpulkan penggunaan SBF pada kelurahan Lontar dapat dibuat peta dengan Sala 1:5.000.

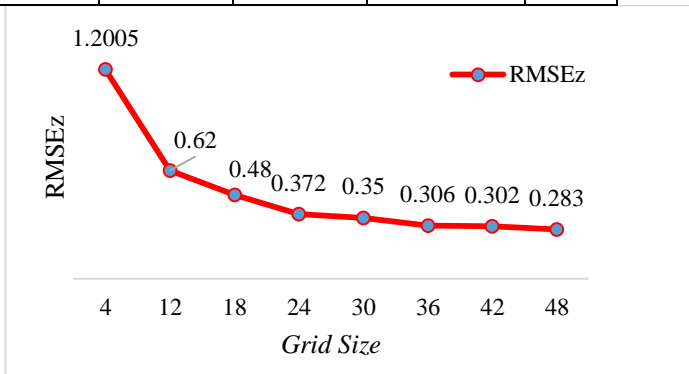
#### **4.6.2. Grid Based Filtering**

Sama halnya dengan metode SBF, ketinggian yang dianggap benar merupakan komponen  $z$  pada DTM *Stereoplotting*, sedangkan selisih ketinggian antara DTM hasil filtering dan DTM *stereoplotting* merupakan nilai *error*. Berikut tabel hasil dari perhitungan menggunakan metode GBF:

a. Kelurahan Wonokromo  
1. Terklasifikasi

Tabel 4. 17. Hasil Pengolahan GBF Wonokromo Terklasifikasi

Ukuran Grid	RMSEz (m)	LE90 (m)	Skala	Kelas
4	1.2005	1.98	1 : 5.000	1
12	0.62	1.023	1 : 5.000	1
18	0.48	0.792	1 : 2.500	3
24	0.372	0.614	1 : 2.500	2
30	0.35	0.578	1 : 2.500	2
36	0.306	0.505	1 : 2.500	2
42	0.302	0.499	1 : 2.500	1
48	0.283	0.466	1 : 2.500	1



Gambar 4. 17. Grafik RMSEz GBF Wonokromo Terklasifikasi

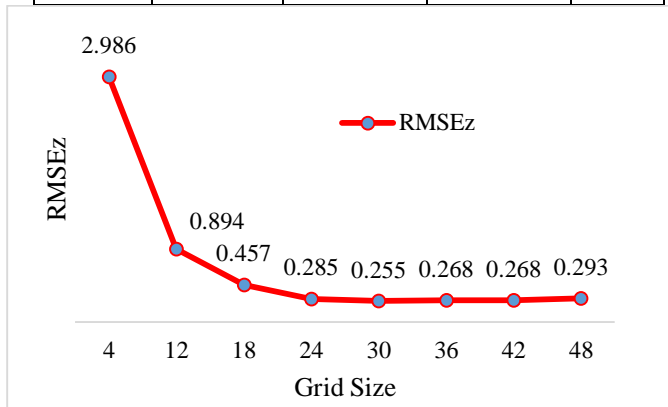
2. Non Klasifikasi

Tabel 4. 18. Hasil Perhitungan GBF Wonokomo Non Klasifikasi

Ukuran Grid	RMSEz (m)	LE90 (m)	Skala	Kelas
4	2.986	4.928	1 : 25.000	1
12	0.894	1.475	1 : 5.000	2
18	0.457	0.755	1 : 2.500	3

Tabel 4. 19. Lanjutan Tabel 18

Ukuran Grid	RMSEz (m)	LE90 (m)	Skala	Kelas
24	0.285	0.471	1 : 2.500	1
30	0.255	0.421	1 : 2.500	1
36	0.268	0.442	1 : 2.500	1
42	0.268	0.442	1 : 2.500	1
48	0.293	0.484	1 : 2.500	1



Gambar 4. 18. Grafik RMSEz GBF Wonokromo Non Klasifikasi

Pada grafik yang terbentuk di Kelurahan Wonokromo antara Klasifikasi dan Non klasifikasi dari ukuran *grid* terkecil hingga terbesar secara umum adalah menurun. Pada ukuran *grid* 24 di jenis data Non Klasifikasi yang memiliki nilai RMSEz terkecil pada jenis data terklasifikasi, merupakan yang paling efektif karena ukuran *grid* yang tidak terlalu kecil dan tidak terlalu besar akan membandingkan lebih banyak data pada DSM yang telah hilang fitur bangunannya, dibandingkan dengan *grid* 4 atau 48 yang memiliki nilai RMSEz terkecil dan terbesar di jenis data non klasifikasi, karena pada *grid* tersebut lebih

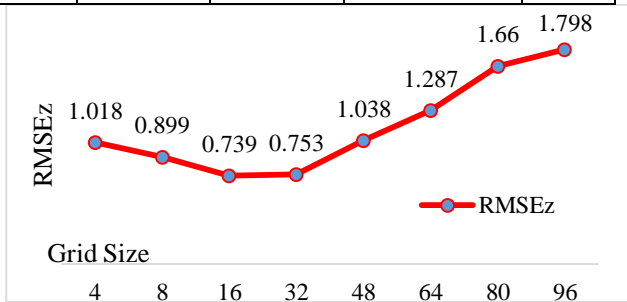
sedikit membandingkan data disebabkan masih terdapat banyak bangunan yang akan direduksi.

Jika dilihat pada penggunaan ukuran *grid* terkecil, data yang dibandingkan untuk menjadikan satu nilai minimum terlalu sedikit, sehingga masih terdapat fitur DTM yang terbentuk cenderung menyerupai fitur dari DSM. Pada tabel dan grafik yang dibentuk dapat ditarik kesimpulan bahwa pada penggunaan GBF di kelurahan Wonokromo dapat dibuat peta dengan skala 1:2.500 dengan interval kontur 1 meter.

b. Kelurahan Lontar  
1. Terklasifikasi

Tabel 4. 20. Hasil Perhitungan GBF Lontar Terklasifikasi

Ukuran <i>Grid</i>	RMSEz (m)	LE90 (m)	Skala	Kelas
4	1.018	1.68	1 : 2.500	3
8	0.899	1.483	1 : 2.500	2
16	0.739	1.22	1 : 2.500	2
32	0.753	1.242	1 : 2.500	2
48	1.038	1.712	1 : 2.500	3
64	1.287	2.124	1 : 10.000	2
80	1.66	2.74	1 : 10.000	2
96	1.798	2.967	1 : 10.000	3

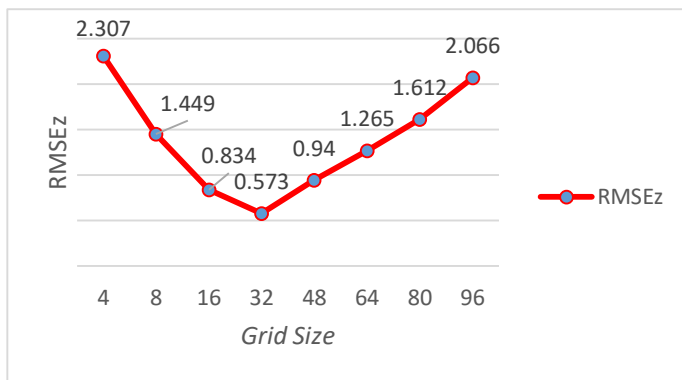


Gambar 4. 19. Grafik RMSEz GBF Lontar Terklasifikasi

## 2. Non Klasifikasi

Tabel 4. 21. Hasil Perhitungan GBF Lontar Non Klasifikasi

Ukuran Grid	RMSEz (m)	LE90 (m)	Skala	Kelas
4	2.307	3.806	1 : 10.000	3
8	1.449	2.391	1 : 10.000	2
16	0.834	1.377	1 : 5.000	3
32	0.573	0.945	1 : 2.500	3
48	0.94	1.552	1 : 5.000	3
64	1.265	2.088	1 : 10.000	2
80	1.612	2.659	1 : 10.000	2
96	2.066	3.41	1 : 10.000	3

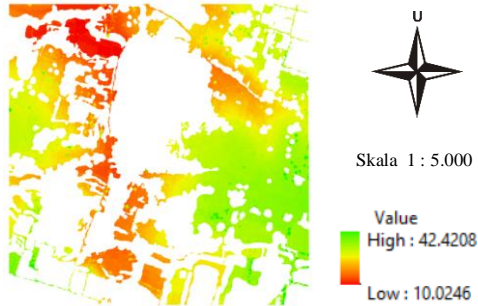


Gambar 4. 20. Grafik RMSEz GBF Lontar Non Klasifikasi

Dari tabel diatas, dapat dianalisis bahwa penggunaan *grid* yang terlalu kecil atau terlalu besar belum efektif pada wilayah yang memiliki karakteristik wilayah terbuka. Hal ini ditunjukkan pada grafik yang terbentuk paling rendah pada ukuran *grid* 16 dan 32.

Namun pada analisisnya jika dibandingkan dengan Kelurahan Wonokromo yang pada hasil kalsifikasinya memiliki titik ketinggian terbentuk merata, belum dapat

menyamai hasil tersebut. Pada kelurahan Lontar pada jenis data terklasifikasi memiliki DSM yang banyak ditemukan data yang kosong di bagian tengah. Hal ini ditunjukkan pada gambar :

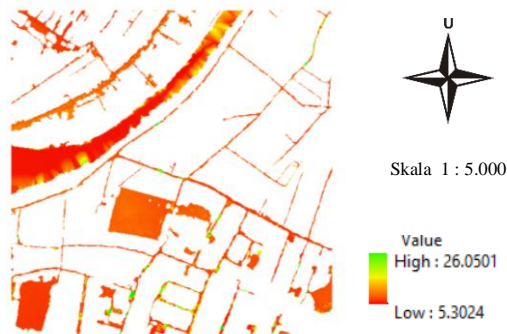


Gambar 4. 21. Hasil Visualisasi DSM Lontar Terklasifikasi

Pada pembentukan ketinggian dari luasan data yang kosong tersebut menggunakan metode interpolasi. Pada proses perbandingan ketinggian dengan DTM *Stereoplotting*, data yang digunakan oleh setiap parameter dan jenis data adalah data hasil interpolasi. Pada kelurahan lontar, hasil ketinggian yang dibentuk dari interpolasi memiliki rentang yang jauh hingga 3 meter. Hal ini disebabkan karena dalam mengestimasi titik ketinggian menggunakan pertimbangan titik disekitarnya yang jaraknya sangat jauh.

Hal sebaliknya terjadi pada Kelurahan Wonokromo yang membentuk DSM terklasifikasi dan menghasilkan titik ketinggian yang merata dapat dilihat pada gambar berikut :





Gambar 4. 22. Hasil DSM Wonokromo Terklasifikasi

Hasil ketinggian yang dibentuk pada Kelurahan Wonokromo tersebut merata, sehingga pada proses interpolasi menghasilkan titik ketinggian terestimasi dari pertimbangan titik yang lokasinya tidak terlalu jauh. Sehingga pada perbandingan hasil DSM yang sudah tersaring dengan DTM *Stereoplotting* tidak terlalu jauh, nilai RMSEz yang dihasilkan juga lebih kecil dibandingkan dengan Kelurahan Lontar.

Pada hasil tabel dan diagram yang dibentuk, metode GBF ini dapat digunakan dan menghasilkan peta dengan skala 1:2.500 pada kelurahan Wonokromo dan Kelurahan Lontar.

#### **4.7. Hasil dan Analisis Visualisasi DTM SBF & GBF**

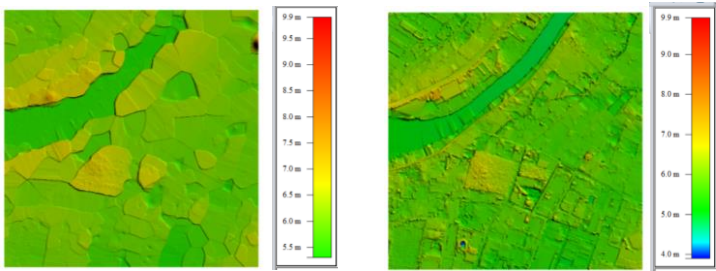
Geomorfologi yang dihasilkan oleh DTM menggunakan metode SBF, GBF, dan DTM Referensi ditunjukkan dibawah ini:

##### **4.7.1 Slope Based Filtering**

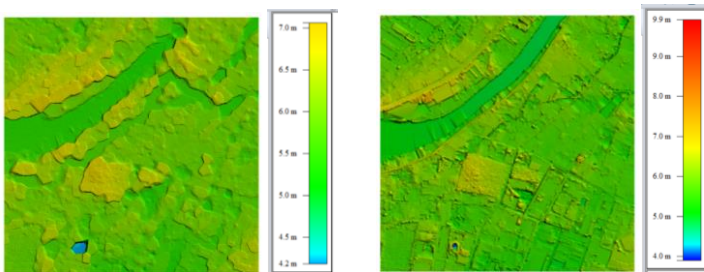
###### **i. Kelurahan Wonokromo**

Dibawah ini adalah hasil visualisasi DTM menggunakan metode SBF. Sampel dipilih berdasarkan nilai RMSEz terkecil (radius 60 Non Klasifikasi dan 90 Terklasifikasi).

Pada samping kanan gambar disertakan DTM *stereoplotting* untuk menjadi acuan dalam perbandingan.



(a)



(b)

Gambar 4. 23. Perbandingan Visualisasi Wonokromo radius 60 Terklasifikasi (a) dan 90 Non Klasifikasi (b)

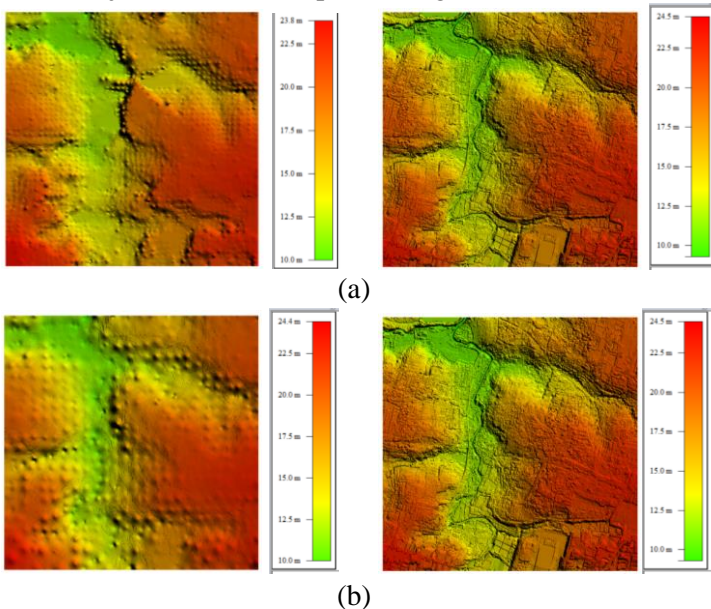
Hasil visualisasi yang didapatkan pada radius 60 Terklasifikasi dan 90 Non Klasifikasi secara umum sudah menyerupai DTM *stereoplotting*. Hanya saja pada radius 60 Terklasifikasi permukaan yang dibentuk lebih halus dibandingkan dengan radius 90 Non klasifikasi. Hal ini dikarenakan pada radius tersebut banyak fitur *non ground* yang hilang dan tergantikan dengan ketinggian yang diestimasi dengan menggunakan metode interpolasi.

Berberapa fitur-fitur yang terbentuk seperti jalan, sungai, dan dataran-dataran pada radius 90 Non klasifikasi juga sudah menyerupai DTM *stereoplotting* akan tetapi pada radius 60 terklasifikasi fitur-fitur tersebut tidak terbentuk secara jelas dibandingkan dengan radius 90 non klasifikasi.

#### 4.7.2. Grid Based Filtering

##### ii. Kelurahan Lontar

Dibawah ini adalah hasil visualisasi DTM menggunakan metode GBF. Sampel dipilih berdasarkan nilai RMSEz terkecil terhadap DTM *stereoplotting* untuk menjadi acuan dalam perbandingan.



Gambar 4. 24. Perbandingan Visualisasi Lontar *Grid* 16 Terklasifikasi (atas) dan *Grid* 32 Non Klasifikasi (bawah)

Hasil visualisasi yang didapatkan pada ukuran *grid* 16 Terklasifikasi dan 32 Non Klasifikasi secara umum sudah menyerupai DTM *stereoplotting*. Hanya saja pada *grid* 32 non klasifikasi permukaan yang dibentuk lebih kasar dan terlihat banyak fitur yang berbentuk membulat dibandingkan dengan *grid* 16 Terklasifikasi. Hal ini dikarenakan pada *grid* tersebut menghasilkan satu titik dalam ukuran *grid* 32x32 meter, sehingga bentuk *grid* pada *processing* data di GBF masih terlihat..

Beberapa fitur-fitur *ground* yang ketinggiannya dibawah sepuluh meter dibandingkan dengan DTM *Stereoplotting* sudah terbentuk.

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Kesimpulan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Perbandingan antara metode SBF dan GBF, metode yang paling akurat secara keseluruhan adalah SBF pada Kelurahan Wonokromo dengan ketelitian mencapai 1 : 2.500 pada kelas 1. Metode SBF dan GBF dapat digunakan untuk menghasilkan peta dengan skala 1 : 2.500 pada Kelurahan Wonokromo dan Lontar pada ukuran *grid* 32x32 meter.
2. Semakin besar radius yang digunakan dalam parameter SBF, maka semakin sedikit *bare earth* yang dibentuk, semakin banyak objek-objek yang dihilangkan (*Removed Objects*). Sebaliknya, semakin kecil radius yang digunakan dalam parameter SBF, maka semakin banyak *bare earth* yang dibentuk, semakin sedikit objek-objek yang dihilangkan (*Removed Objects*).
3. Berdasarkan hasil visual geomorfologi DTM yang terbentuk menggunakan metode SBF sudah menyerupai DTM *Stereoplotting*. Unsur-unsur yang terbentuk seperti sungai juga sudah menyerupai DTM *stereoplotting* yang digunakan sebagai referensi.

#### **5.2 Saran**

Saran yang dapat diberikan pada penelitian ini adalah:

1. Proses penapisan menggunakan metode SBF yang dihasilkan pada penelitian ini belum menghasilkan *filtering* yang sempurna. Pada proses *filtering* otomatis ini masih menyisakan unsur-unsur *non-ground* yang lolos dari *filtering* sehingga perlu dilakukan *editing* manual untuk menghilangkan objek-objek tersebut.

2. Pada penelitian ini masih menggunakan metode interpolasi IDW, disarankan untuk menggunakan metode interpolasi lain seperti *kriging*, *TIN*, dan lain lain tidak terpaku dengan satu metode saja.
3. Penentuan parameter pada SBF dan GBF masih menggunakan estimasi dari karakteristik wilayah. Disarankan untuk penelitian selanjutnya untuk mengembangkan parameter-parameter tersebut lebih jauh.
4. Proses validasi baiknya diukur langsung ke lapangan menggunakan GCP dan ICP. Sehingga disarankan untuk penelitian selanjutnya melakukan proses validasi lapangan tersebut.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, H. Z. 2000. Penentuan Posisi dengan GPS dan Aplikasinya. Jakarta: PT Pradnya Paramita.
- Abidin, H. Z. 2001. Geodesi Satelit. Jakarta: Pradnya Paramita.
- Aditya, S. Parapat, A, dan Nugraha, W. 2017. Pembuatan Model Tiga Dimensi (3D) Hasil Integrasi Data LiDAR dan Data Survei Hidrografi. Studi Kasus : Pelabuhan Jayapura. Cibinong : Pusat Pemetaan Kelautan dan Lingkungan Pantai Badan Informasi Geospasial.
- Axelsson, P. 2000. DEM Generation from Laser Scanner Data using Adaptive TIN Models. International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing.
- Badan Informasi Geospasial. 2014. Peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial Nomor 15 Tahun 2014: Pedoman teknis ketelitian peta dasar
- Badan Informasi Geospasial. 2015. Petunjuk Pelaksanaan Tahapan Stereoplotting. Pusat Pemetaan Rupabumi dan Toponim.
- Badan Informasi Geospasial. 2018. Peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial Nomor 6 Tahun 2018: Perubahan Atas Peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial Nomor 15 tahun 2014 Tentang Pedoman Teknis Ketelitian Peta Dasar.
- Badan Pusat Statistik. 2019. Kota Surabaya dalam Angka. Surabaya: Badan Pusat Statistik Kota Surabaya.
- Chang, K.T. 2008. Introduction to Geographic Information System. Singapura : McGraw Hill.

- Danoedoro, P. 2012. Pengantar Penginderaan Jauh Digital. Yogyakarta: CV. Andi Offset.
- Esri. 2015. GIS dictionary: Spatial *Grid*. <URL:<http://support.esri.com/en/knowledgebase/GISDictionary/term/spatial%20grid>>. Diakses pada tanggal 24 Februari 2020 pukul 23.14 WIB.
- Esri. . GIS dictionary: Cost Distace. <URL:<https://pro.arcgis.com/en/pro-app/tool-reference/spatial-analyst/cost-distance.htm>>. Diakses pada tanggal 25 Februari 2020 pukul 02.00 WIB.
- Featherstone, W. E. dan Khun, M., 2006. Height Systems and Vertical Datums: A Review in The Australian Context.
- Hadi, B.S. 2013. Metode Interpolasi Spasial Dalam Studi Geografi (Ulasan Singkat dan Contoh Aplikasinya). Geomedia Vol. 11 No.2.
- Hofmann W, Bernhard, Herlmut Moritz. 2005. Physical Geodesy. Springer.
- International Hurricane Research Center. (-). *LiDAR Techology*. [http:// LIDAR.ihrc.fiu.edu](http://LIDAR.ihrc.fiu.edu). diakses pada 29 Januari 2020 pukul 17.18 WIB.
- Jensen, J. R. 2007. Remote Sensing of the Environment: An earth resource perspective. 2ndPrentice-Hall series in Geographic Information Science, USA.
- Kahar, S. 2007. Diktat Pelengkap Kuliah Kerangka Dasar



Vertikal. Penerbit Teknik Geodesi UNDIP.  
Semarang

- Kilian, J., Haala N., English M., 1996. Capture and evaluation of airborne laser scanner data. International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, Vol. XXXI, B3, Vienna, Austria.
- Kuswondo. 2013. Analisis Tinggi Vertikal Sebagai Dasar Pengembangan Fasilitas Vital dan Penanggulangan Banjir, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Martiana, D.N. Prasetyo Y. Wijaya, P.A. 2017. Analisis Akurasi DTM Terhadap Penggunaan Data Point Clouds dari Foto Udara dan LAS LiDAR Berbasis Metode Penapisan *Slope Based Filtering* dan Algoritma *Macro TerraSolid*. Yogyakarta : Program Teknik Geodesi Universitas Gadjah Mada.
- Nirwansyah, A.D. 2017. Dasar Sistem Informasi Geografi dan Aplikasinya menggunakan ArcGIS 9.3. Purwokerto: Pendidikan Geografi, Universitas Muhammadiyah Purwokerto.
- Nuset, D. dan Dug, S. 2012. Applying The Inverse Distance Weighting and Kriging Methods of The Spatial Interpolation on The Mapping The Annual Presipitation in Bosnia and Herzegovina. International Congress on Environmental Modelling and Software Managing Resources of a Limited Planet. Sixth Biennial Meeting, Leipzig, Germany.

- Pambudi, L. C. 2015. Analisis Akurasi Penapisan DSM ke DTM Menggunakan Metode Simple Morphological Filter dan Slope *Based* Filtering. Semarang: Skripsi, Jurusan Teknik Geodesi, Fakultas Teknik Universitas Diponegoro.
- Pfreifer, N. 2008. Digital surface model and digital terrain model filtering. Austria: Institute of Photogrammetry and Remote Sensing Vienna University of Technology.
- Pramono, G. H. 2008. Akurasi Metode IDW dan Kriging untuk Interpolasi Sebaran Sedimen Tersuspensi. Forum Geografi Vol. 22 No.1 Hal. 97-110.
- Sugandi, dkk. 2009. Hand out Sistem Informasi Geografi (SIG). Fakultas Pendidikan Ilmu Pengetahuan Sosial UPI: Bandung
- Trisasongko, Bambang H., Diar Shiddiq. 2012. Manajemen dan Analisis Data Spasial dengan ArcView *GIS*. Bogor : IPB.
- Vosselman, G. 2000. Slope *Based* Filtering of Laser Altimetry Data. Belanda : Department of Geodesy, Faculty of Civil Engineering and Geosciences Delft University of Technology, The Amsterdam.
- Wolf, Paul R, DeWitt, Bon A. 2000. Elements of Photogrammetry with Application in GIS. McGraw-Hill Higher Education. 3rd Edition.

*“Halaman Sengaja Dikosongkan”*

## LAMPIRAN

### Lampiran 1. Data LiDAR Wonokromo dan Spesifikasi

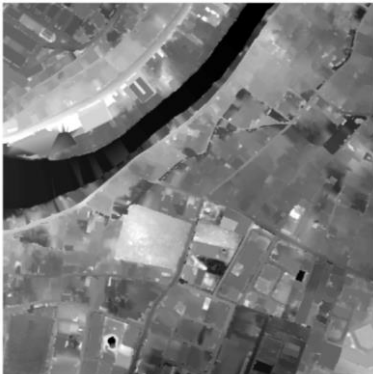
#### DSM



Raster Information	
Columns and Rows	1988, 2000
Number of Bands	1
Cell Size (X, Y)	0.4, 0.4
Uncompressed Size	15.17 MB
Format	TIFF
Source Type	Generic
Pixel Type	floating point
Pixel Depth	32 Bit

DSMWonoClip.tif	
Value	
High	43.1549
Low	4.1846

#### DTM

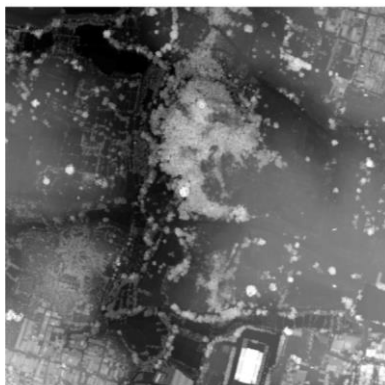


Raster Information	
Columns and Rows	1988, 2000
Number of Bands	1
Cell Size (X, Y)	0.4, 0.4
Uncompressed Size	15.17 MB
Format	TIFF
Source Type	Generic
Pixel Type	floating point
Pixel Depth	32 Bit

DTMWonoClip.tif	
Value	
High	9.91602
Low	3.90415

## Lampiran 2. Data LiDAR Lontar dan Spesifikasi

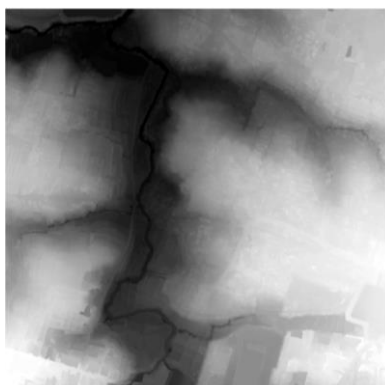
## DSM



Raster Information	
Columns and Rows	2001, 2001
Number of Bands	1
Cell Size (X, Y)	0.4, 0.4
Uncompressed Size	15.27 MB
Format	TIFF
Source Type	Generic
Pixel Type	floating point
Pixel Depth	32 Bit

DSMLontarclip.tif	
Value	
High	63.1237
Low	10.0246

## DTM

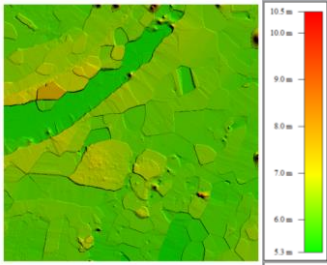


Raster Information	
Columns and Rows	2001, 2001
Number of Bands	1
Cell Size (X, Y)	0.4, 0.4
Uncompressed Size	15.27 MB
Format	TIFF
Source Type	Generic
Pixel Type	floating point
Pixel Depth	32 Bit

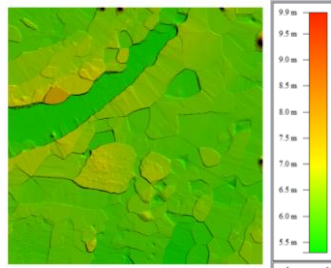
DTMLontarClip.tif	
Value	
High	24.504
Low	9.29068

Lampiran 3. Hasil Visualisasi SBF Wonokromo Terklasifikasi

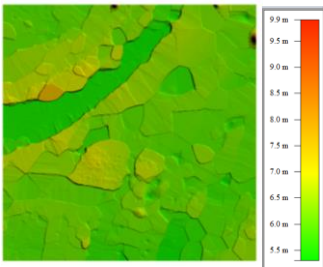
Radius 10



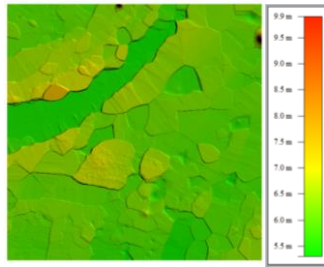
Radius 30



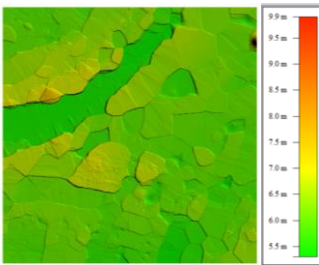
Radius 45



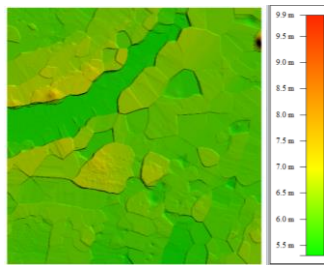
Radius 60



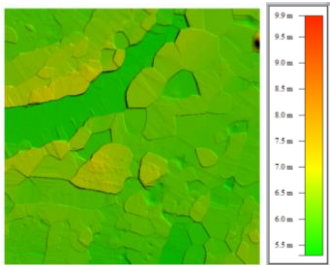
Radius 75



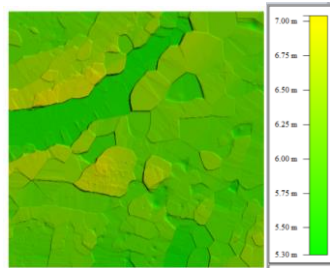
Radius 90



Radius 105

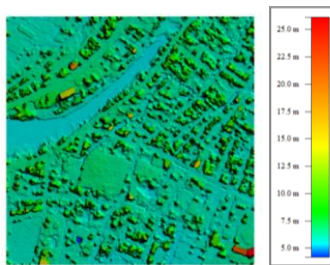


Radius 120

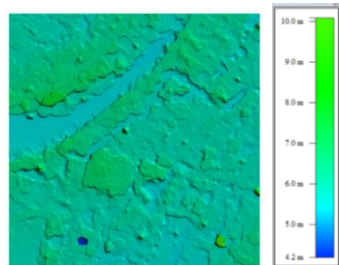


Lampiran 4. Hasil Visualisasi SBF Wonokromo Non Klasifikasi

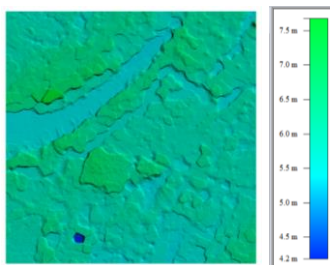
Radius 10



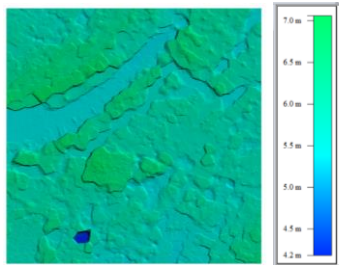
Radius 30



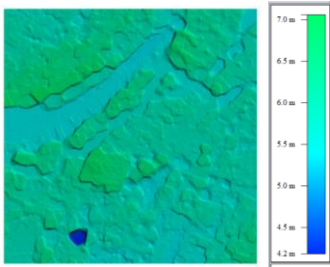
Radius 45



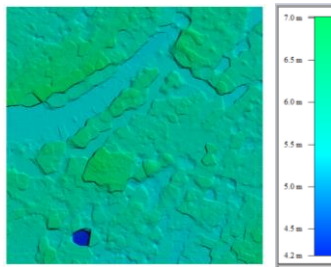
Radius 60



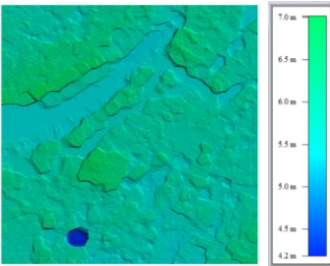
Radius 75



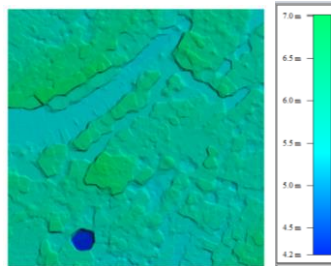
Radius 90



Radius 105

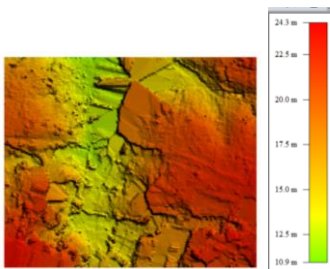


Radius 120

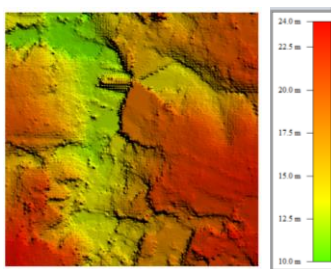


Lampiran 5. Hasil Visualisasi GBF Lontar Terklasifikasi

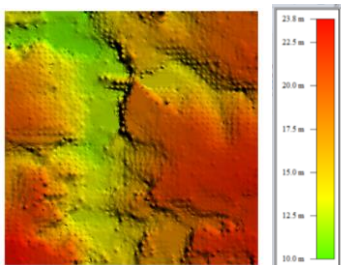
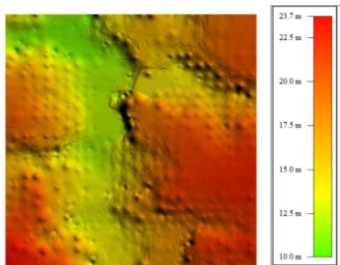
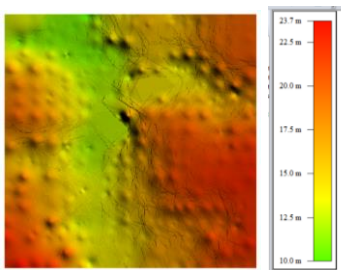
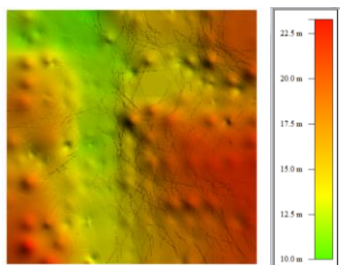
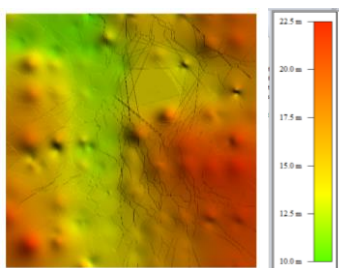
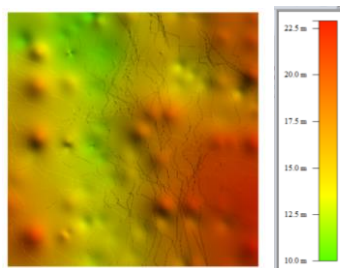
*Grid 4*



*Grid 8*

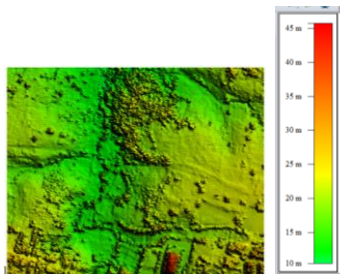




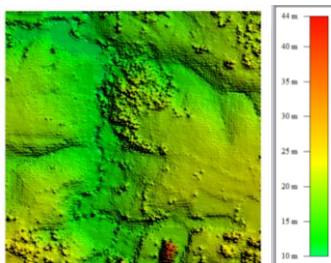
*Grid 16**Grid 32**Grid 48**Grid 64**Grid 80**Grid 96*

Lampiran 6. Hasil Visualisasi GBF Lontar Non Klasifikasi

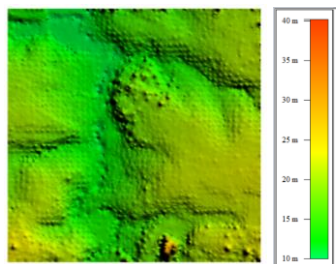
*Grid 4*



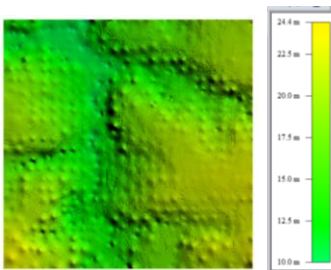
*Grid 8*



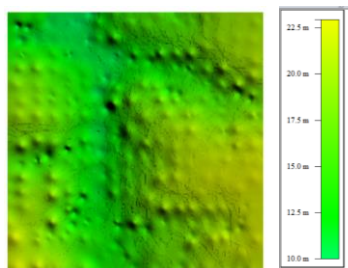
*Grid 16*



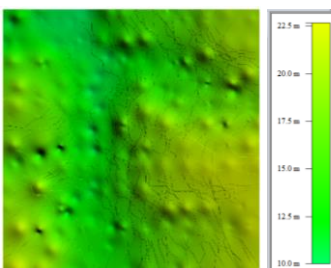
*Grid 32*



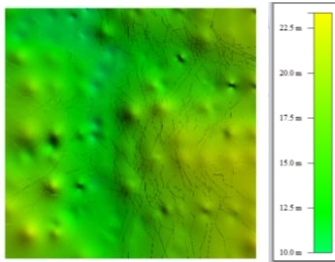
*Grid 48*



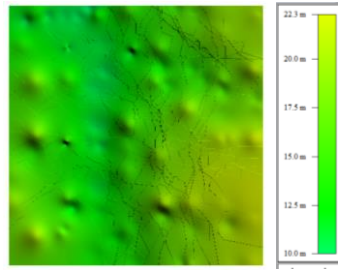
*Grid 64*



*Grid 80*



*Grid 96*



## BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Jakarta, 23 Juli 1998, merupakan anak ketiga dari tiga bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di TK Islam Al-Fajar, SD Islam Alfajar Bekasi, SMP Negeri 128 Jakarta Timur dan SMA Negeri 64, Kota Jakarta Timur. Setelah lulus dari SMA memilih melanjutkan kuliah S-1 dengan mengikuti program PKM (Kemitraan dan Mandiri) dan diterima di Teknik Geomatika – FTSPK ITS pada tahun 2016 dan terdaftar pada NRP 03311640000077. Selama perkuliahan, Penulis aktif berorganisasi di BEM ITS, HIMAGE ITS, dan Forum Komunikasi Ikatan Mahasiswa Geodesi Indonesia (IMGI). Organisasi yang pernah diikuti oleh penulis antara lain Staf Departemen Dalam Negeri HIMAGE-ITS 2017/2018, Staf Kementerian Perekonomian BEM-ITS 2018/2019, Kepala Departemen Dalam Negeri HIMAGE-ITS 2018/2019, dan Anggota Forkom IMGI for ITS 2017 – 2019. Pada tahun kedua, penulis diamanahkan sebagai ketua pelaksana Konferensi Ilmiah yang diadakan oleh IMGI di Batu, Jawa Timur. Pada tahun ketiga, penulis diamanahkan sebagai Ketua Pelaksana Pasar Malam Minggu ITS yang diadakan oleh BEM-ITS. Selain melakukan aktivitas di organisasi kemahasiswaan, penulis juga aktif berpartisipasi dalam melaksanakan pekerjaan dan pelatihan yang berkaitan dengan keprofesian teknik geomatika di bidang survey terestris, survei Hidrografi, dan survei GNSS. Dalam penelitian tugas akhir, peneliti memilih bidang Penginderaan Jauh dan Sistem Informasi Geografis khususnya di bidang *Digital Elevation Model*.