



TUGAS AKHIR - RM 184831

# **PEMANFAATAN DATA FOTO UDARA DAN LIDAR UNTUK ESTIMASI JUMLAH POPULASI PENDUDUK (Studi Kasus : Kelurahan Menanggal, Kecamatan Gayungan, Surabaya)**

YAHYA FAIKAR HANIF  
NRP 03311640000102

Dosen Pembimbing  
Hepi Hapsari Handayani, S.T., M.Sc., P.h.D.  
Nurwatik, S.T., M.Sc.

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





TUGAS AKHIR - RM 184831

# **PEMANFAATAN DATA FOTO UDARA DAN LIDAR UNTUK ESTIMASI JUMLAH POPULASI PENDUDUK (Studi Kasus : Kelurahan Menanggal, Kecamatan Gayungan, Surabaya)**

YAHYA FAIKAR HANIF  
NRP 03311640000102

Dosen Pembimbing  
Hepi Hapsari Handayani, S.T., M.Sc., P.hD.  
Nurwatik, S.T., M.Sc.

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

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*



FINAL PROJECT - RM 184831

**POPULATION ESTIMATION USING AERIAL  
PHOTOGRAPH AND LIDAR DATA (Case Study :  
Menanggal Village, Gayungan District,  
Surabaya)**

YAHYA FAIKAR HANIF  
NRP 03311640000102

Supervisor  
Hepi Hapsari Handayani, S.T., M.Sc., P.hD.  
Nurwatik, S.T., M.Sc.

Geomatics Engineering Department  
Faculty of Civil Planning and Geo Engineering  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2020

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

**PEMANFAATAN DATA FOTO UDARA DAN LIDAR  
UNTUK ESTIMASI JUMLAH POPULASI PENDUDUK  
(Studi Kasus : Kelurahan Menanggal, Kecamatan Gayungan,  
Surabaya)**

**Nama Mahasiswa : Yahya Faikar Hanif**  
**NRP : 03311640000102**  
**Departemen : Teknik Geomatika FTSPK-ITS**  
**Dosen Pembimbing: Hepi H. Handayani, S.T., M.Sc., P.hD**  
**Nurwatik, S.T., M.Sc.**

**ABSTRAK**

Data kependudukan memiliki peran penting dalam berbagai aspek, seperti dalam bidang penelitian, perencanaan tata kota dan mitigasi bencana. Contohnya dalam bidang mitigasi bencana, data penduduk digunakan untuk mengetahui banyaknya orang terdampak serta mengestimasi banyaknya orang yang bisa mencapai tempat tempat aman atau pengungsian. Di Indonesia, data kependudukan yang paling akurat dapat diperoleh 10 tahun sekali. Selain itu, lingkup terkecil yang dapat diperoleh terbatas dalam level administrasi desa atau kelurahan. Munculnya teknologi penginderaan jauh dan SIG dapat dimanfaatkan untuk melakukan estimasi penduduk. Ditambah lagi, dengan tersedianya data citra resolusi tinggi, foto udara, maupun LiDAR yang dapat meninjau tempat tinggal penduduk dengan lebih detail.

Dalam penelitian ini dilakukan estimasi populasi penduduk dengan memanfaatkan metode klasifikasi berbasis objek (OBIA) *rule-based* untuk mendapatkan luas area pemukiman. Klasifikasi OBIA menggunakan data foto udara dan DSM & DTM LiDAR. Klasifikasi dilakukan dengan 3 tahap yaitu tutupan lahan, penggunaan lahan bangunan, dan *habitable surface area*.

Estimasi populasi penduduk memanfaatkan data sampel penduduk dengan survei langsung dilapangan melalui wawancara kepada penduduk. Kemudian dilakukan estimasi populasi penduduk dengan metode perhitungan matematis demografi serta

regresi linear. Hasil dari estimasi populasi penduduk divalidasi menggunakan data referensi penduduk yang berasal dari Kantor Kelurahan Menanggal.

Berdasarkan hasil OBIA, didapatkan ketelitian yang tinggi melalui uji akurasi dengan menggunakan matriks konfusi. Pada klasifikasi tutupan lahan didapatkan koefisien kappa sebesar 0,93 dan 95,24% pada *overall accuracy*. Sedangkan pada klasifikasi *habitable surface area* mendapatkan 0,86 koefisien kappa dan 92,86% *overall accuracy*. Kedua uji akurasi memanfaatkan total 175 titik *ground truth*. Sedangkan pada hasil estimasi populasi penduduk, metode regresi linear memiliki kesalahan yang lebih kecil dibandingkan metode matematis demografi yaitu MAE, MAPE, RMSE, dan RRMSE pada Wisma Menanggal 40, 21%, 45, dan 0,25 sedangkan Gayungsari Timur 23, 18%, 34, dan 0,278. Selain nilai *error* yang kecil, nilai MAE, MAPE, RMSE, dan RRMSE menunjukkan bahwa estimasi yang dihasilkan model regresi linear lebih optimal.

*Kata Kunci*—DSM, DTM, Estimasi Penduduk, Kependudukan, OBIA



**POPULATION ESTIMATION USING AERIAL  
PHOTOGRAPH AND LIDAR DATA (Case Study :  
Menanggal Village, Gayungan District, Surabaya)**

**Student's Name : Yahya Faikar Hanif**  
**NRP : 03311640000102**  
**Department : Teknik Geomatika FTSPK-ITS**  
**Supervisor : Hepi H. Handayani, S.T., M.Sc., P.hD**  
**Nurwatik, S.T., M.Sc.**

***ABSTRACT***

Population data has an important role in various aspects, such as urban planning, disaster mitigation, and research. For example in the area of disaster mitigation, population data are used to find out the number of people affected and to estimate the number of people who can reach a safe place or refuge. In Indonesia, the most accurate population data obtained every 10 years through population census. Other than that, the available data are limited to village administration boundary level. The appearance of remote sensing technology and GIS can be used to estimate the population. In addition, the availability of high-resolution imagery data, aerial photographs, and LiDAR can measure residents' houses in more detail.

In this study, an estimate of inhabitant population was carried out using rule-based of Object-Based Image Analysis (OBIA) classification method to assist in obtaining area of residential building. The OBIA classification utilizes aerial photograph data and DSM & DTM derived from LiDAR. Classification is conducted with 3 steps, land cover classification, building utility of land cover classification, and the habitable surface area classification.

Population estimation utilizes population sample data with direct surveys in the field through interviews with residents. Then the population is estimated using two methods, namely

mathematical demographic method and linear regression. The results of population estimation are then validated using population data released from the Menanggal Village Office.

Based on the results, OBIA classification generates high accuracy of land use/land cover map obtained through confusion matrix. The kappa coefficient is 0.93 and overall accuracy is 95.24%. Whereas, the classification of habitable surface area obtained kappa coefficient of 0.86 and overall accuracy of 92.86%. Both accuracy tests utilize a total of 175 ground truth points. While the population estimation results reveal that the linear regression method has a smaller error than the mathematical demographic method. The MAE, MAPE, RMSE, and RRMSE in Wisma Menanggal values are 40, 21%, 45, and 0.25, while in Gayungsari Timur 23, 18%, 34, and 0.278. In addition to the small error value, the MAE, MAPE, RMSE, and RRMSE values indicate that the population estimation produced by the linear regression model is most optimal.

*Keywords*—DSM, DTM, Inhabitant Population, OBIA, Population Estimate

## LEMBAR PENGESAHAN

### PEMANFAATAN DATA FOTO UDARA DAN LIDAR UNTUK ESTIMASI JUMLAH POPULASI PENDUDUK (Studi Kasus : Kelurahan Menanggal, Kecamatan Gayungan, Surabaya)

#### TUGAS AKHIR

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
pada  
Program Studi S-1 Teknik Geomatika  
Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan dan Kebumihan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

**YAHYA FAIKAR HANIF**  
**NRP. 03311640000102**

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir

Hepi Hapsari Handayani ST., M.Sc., Ph.D

NIP. 1959 0819 1985 02 1001

Nurwatik ST., M.Sc.

NIP. 19922019 1207



**SURABAYA, AGUSTUS 2020**

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur saya sampaikan kehadiran Allah SWT atas segala limpahan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian untuk tugas akhirnya yang berjudul **“Pemanfaatan Data Foto Udara dan LiDAR untuk Estimasi Jumlah Populasi Penduduk (Studi Kasus : Kelurahan Menanggal, Kecamatan Gayungan, Surabaya)”**.

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

1. Allah SWT atas diberi-Nya segala kemudahan, rahmat dan hidayat.
2. Orang tua dan keluarga penulis, yang selalu memotivasi, mendukung dan mendoakan penulis selama pengerjaan Tugas Akhir.
3. Ibu Hepi Hapsari Handayani, S.T., M.Sc., P.hD. dan Ibu Nurwatik, S.T., M.Sc., selaku dosen pembimbing yang telah banyak memberi bimbingan, mendukung serta memberi masukan sehingga Tugas Akhir ini dapat terselesaikan.
4. Bapak Dinar Guruh Pratomo, S.T., M.T., Ph.D. selaku Ketua Departemen Teknik Geomatika ITS.
5. Seluruh dosen pengajar Departemen Teknik Geomatika yang tiada lelah memberi pelajaran akademik maupun non akademik selama masa perkuliahan penulis.
6. Seluruh teman-teman angkatan G18 yang senantiasa membantu dan mendukung penulis.
7. Semua pihak yang telah membantu penulis, yang tidak dapat disebutkan satu persatu dalam pelaksanaan Tugas Akhir sampai terselesaikannya laporan ini.

Penulis menyadari bahwa laporan penelitian ini masih jauh dari sempurna. Kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan

oleh penulis untuk perbaikan laporan ini. Semoga laporan ini dapat bermanfaat untuk semua pihak, khususnya untuk mahasiswa Departemen Teknik Geomatika, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Surabaya, Agustus 2020

## DAFTAR ISI

ABSTRAK .....	V
<i>ABSTRACT</i> .....	VII
LEMBAR PENGESAHAN.....	IX
KATA PENGANTAR.....	XI
DAFTAR ISI.....	XIII
DAFTAR GAMBAR .....	XVII
DAFTAR TABEL .....	xix
DAFTAR LAMPIRAN .....	XXI
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan.....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	5
2.1 LiDAR.....	5
2.2 Foto Udara.....	7
2.3 Interpretasi Citra.....	8
2.4 <i>Object Based Image Analysis</i> (OBIA).....	13
2.4.1 Segmentasi Citra.....	14
2.4.2 Klasifikasi Citra.....	17
2.5 <i>Digital Terrain Model</i> (DTM).....	19
2.6 <i>Digital Surface Model</i> (DSM).....	20
2.7 <i>Normalized Digital Surface Model</i> (nDSM) .....	20
2.8 <i>Zonal Statistics</i> .....	21
2.9 Estimasi Populasi .....	22

2.10 Uji Akurasi Klasifikasi.....	24
2.11 Uji Hasil Estimasi Populasi Penduduk.....	26
2.12 Penelitian Terdahulu.....	28
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....</b>	<b>31</b>
3.1 Lokasi Penelitian.....	31
3.2 Data Dan Peralatan.....	32
3.2.1 Data.....	32
3.2.2 Peralatan.....	32
3.3 Metodologi Pekerjaan.....	33
3.3.1 Diagram Alir Penelitian.....	33
3.3.2 Diagram Alir Pengolahan Data.....	35
3.3.3 Diagram Alir Klasifikasi Berbasis Objek (OBIA).....	38
<b>BAB IV HASIL DAN ANALISIS.....</b>	<b>41</b>
4.1 Hasil Klasifikasi Berbasis Objek (OBIA).....	41
4.1.1 Pemotongan Data Foto Udara, DSM, Dan DTM.....	41
4.1.2 Perhitungan Nilai nDSM.....	42
4.1.3 Klasifikasi Penutup Lahan (Level 1).....	43
4.1.4 Klasifikasi Penggunaan Lahan Bangunan (Level 2).....	55
4.1.5 Klasifikasi <i>Habitable Surface Area</i> (Level 3).....	58
4.1.6 Hasil Pengambilan Titik <i>Ground Truth</i> .....	63
4.2 Hasil Estimasi Populasi Penduduk.....	65
4.2.1 Hasil Pengambilan Sampel Penduduk.....	65
4.2.2 Perhitungan Estimasi Populasi Penduduk.....	67
4.3 Analisis.....	72
4.3.1 Analisis Hasil nDSM.....	72
4.3.2 Analisis Parameter Segmentasi.....	73
4.3.3 Uji Akurasi Klasifikasi.....	77
4.3.4 Analisis Model Regresi Linear.....	80
4.3.5 Analisis Hasil Estimasi Populasi Penduduk.....	82



4.3.6 Uji Chi <i>Square</i> Hasil Estimasi Populasi Penduduk ....	86
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....	91
5.1 Kesimpulan.....	91
5.2 Saran.....	92
DAFTAR PUSTAKA.....	93
LAMPIRAN .....	97
BIODATA PENULIS.....	11011

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Cara Mengukur Jarak LiDAR.....	5
Gambar 2.2 Ilustrasi Perekaman Data LiDAR .....	6
Gambar 2.3 Foto Udara Tegak .....	8
Gambar 2.4 Segmentasi citra.....	14
Gambar 2.5 Klasifikasi Citra (Dokumen Pribadi) .....	17
Gambar 2.6 <i>Digital Terrain Model</i> (DTM).....	19
Gambar 2.7 <i>Digital Surface Model</i> (DSM) .....	20
Gambar 2.8 DSM, DTM dan nDSM .....	21
Gambar 2.9 Ilustasi Zonal Statistics .....	22
Gambar 2.10 Ilustrasi <i>Habitable Surface</i> .....	23
Gambar 3.1 Peta Studi Lokasi Penelitian .....	31
Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian.....	33
Gambar 3.3 Diagram Alir Pengolahan Data.....	35
Gambar 3.4 Diagram Alir Klasifikasi Berbasis Objek .....	38
Gambar 4.1. Hasil Pemotongan (a) Foto Udara; (b) Hasil Pemotongan DSM; (c) Hasil Pemotongan DTM .....	41
Gambar 4.2 Hasil Perhitungan nDSM.....	42
Gambar 4.3 Hasil Pembuatan <i>Slope</i> .....	43
Gambar 4.4 Karakteristik <i>Slope</i> .....	44
Gambar 4.5 Parameter Segmentasi .....	45
Gambar 4.6 Sebagian Hasil Segmentasi.....	46
Gambar 4.7 Interpretasi dan Pengecekan Awal Nilai <i>Threshold</i>	49
Gambar 4.8 <i>Ruleset</i> Klasifikasi Tutupan Lahan.....	49
Gambar 4.9 Contoh Klasifikasi Jalan dan Permukaan Tanah .....	50
Gambar 4.10 Contoh Klasifikasi Bayangan (Hitam) .....	51
Gambar 4.11 Contoh Klasifikasi Vegetasi (Hijau).....	51
Gambar 4.12 Contoh Klasifikasi Bangunan Tahap 1 (Merah)....	52
Gambar 4.13 Contoh Klasifikasi Bangunan Tahap 2 (Merah)....	53
Gambar 4.14 Contoh Hasil Proses <i>Clean Up</i> .....	54
Gambar 4.15 Hasil Klasifikasi Tutupan Lahan .....	54

Gambar 4.16 <i>Ruleset</i> Klasifikasi Penggunaan Lahan.....	56
Gambar 4.17 Contoh Hasil Klasifikasi Penggunaan Lahan .....	57
Gambar 4.18 Hasil Klasifikasi Penggunaan Lahan Bangunan....	57
Gambar 4.19 <i>Habitable Surface</i> dan <i>Non-Habitable Surface</i> .....	59
Gambar 4.20 Pencarian <i>Threshold Non-Habitable</i> .....	59
Gambar 4.21 <i>Ruleset</i> Klasifikasi <i>Habitable Area</i> .....	62
Gambar 4.22 Hasil Klasifikasi <i>Habitable Area</i> .....	62
Gambar 4.23 Sebaran <i>Ground Truth</i> Klasifikasi Tutupan Lahan.....	64
Gambar 4.24 Contoh <i>Ground Truth</i> Tutupan Lahan.....	64
Gambar 4.25 <i>Ground Truth</i> Klasifikasi <i>Habitable Surface Area</i>	65
Gambar 4.26 Contoh <i>Ground Truth Habitable Surface</i> .....	65
Gambar 4.27 Model Estimasi Penduduk Regresi Linear Gayungsari Timur .....	70
Gambar 4.28 Model Estimasi Penduduk Regresi Linear Wisma Menanggal .....	71
Gambar 4.29 Persebaran Nilai nDSM.....	73
Gambar 4.30 Perbandingan Segmentasi Skala .....	75
Gambar 4.31 Perbandingan Parameter Segmentasi Bentuk dan Kekompakkan.....	77

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Konfusi Matriks.....	25
Tabel 2.2	Penelitian Terkait dan Perbandingannya.....	28
Tabel 4.1	Fitur Utama Klasifikasi Tutupan Lahan.....	47
Tabel 4.2	Hasil Luas Klasifikasi Tutupan Lahan.....	55
Tabel 4.3	Luasan Hasil Klasifikasi Penggunaan Lahan.....	58
Tabel 4.4	Hasil <i>Zonal Statistics</i> Permukiman 1 Lantai.....	60
Tabel 4.5	Hasil <i>Zonal Statistics</i> Permukiman 2 Lantai.....	61
Tabel 4.6	Luasan Hasil Klasifikasi <i>Habitable Surface Area</i> .....	63
Tabel 4.7	Sampel Penduduk Gayungsari Timur.....	66
Tabel 4.8	Sampel Penduduk Gayungsari Timur.....	67
Tabel 4.9	Luas Sampel Hasil OBIA.....	68
Tabel 4.10	Kepadatan Penduduk Tiap Kompleks.....	68
Tabel 4.11	Hasil Estimasi Penduduk Metode Matematis Demografi Gayungsari Timur.....	69
Tabel 4.12	Hasil Estimasi Penduduk Metode Matematis Demografi Wisma Menanggal.....	69
Tabel 4.13	Hasil Estimasi Penduduk Metode Regresi Linear Sederhana Perumahan Gayungsari Timur.....	71
Tabel 4.14	Hasil Estimasi Penduduk Metode Regresi Linear Sederhana Perumahan Wisma Menanggal.....	72
Tabel 4.15	Hasil Analisis Parameter Skala Segmentasi.....	74
Tabel 4.16	Analisis Parameter Bentuk dan Kekompakkan Segmentasi.....	76
Tabel 4.17	Hasil Perhitungan Uji Akurasi Klasifikasi Tutupan Lahan.....	78
Tabel 4.18	Hasil Perhitungan Uji Akurasi Klasifikasi <i>Habitable Surface Area</i> .....	79
Tabel 4.19	Interpretasi Hubungan Berdasarkan Nilai Korelasi...	80
Tabel 4.20	T Hitung Gayungsari Timur.....	81
Tabel 4.21	T Hitung Wisma Menanggal.....	81

Tabel 4.22 Perhitungan Kesalahan Metode Matematis Demografi Gayungsari Timur .....	82
Tabel 4.23 Perhitungan Kesalahan Metode Regresi Linear Gayungsari Timur .....	83
Tabel 4.24 Analisis Kesalahan Estimasi Gayungsari Timur .....	83
Tabel 4.25 Perhitungan Kesalahan Metode Matematis Demografi Wisma Menanggal .....	84
Tabel 4.26 Perhitungan Kesalahan Metode Regresi Linear Wisma Menanggal.....	84
Tabel 4.27 Analisis Kesalahan Estimasi Wisma Menanggal .....	85
Tabel 4.28 Uji Chi Square Gayungsari Timur Metode Matematis Demografi.....	87
Tabel 4.29 Uji Chi Square Gayungsari Timur Metode Regresi Linear .....	87
Tabel 4.30 Uji Chi Square Wisma Menanggal Metode Matematis Demografi.....	88
Tabel 4.31 Uji Chi Square Wisma Menanggal Metode Regresi Linear .....	89

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Foto Udara Dan LiDAR .....	97
Lampiran 2. Data Referensi Penduduk 2019.....	100
Lampiran 3. Dokumentasi Pengambilan Sampel Penduduk .	101
Lampiran 4. Peta Klasifikasi Tutupan Lahan ( <i>Level 1</i> ) .....	102
Lampiran 5. Peta Klasifikasi Penggunaan Lahan ( <i>Level 2</i> )..	103
Lampiran 6. Peta Klasifikasi <i>Habitable Area</i> ( <i>Level 3</i> ) .....	104
Lampiran 7. Uji Akurasi Klasifikasi Dan Kesesuaiannya.....	105

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*



# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Data kependudukan merupakan salah satu aspek penting yang dipertimbangkan dari berbagai bidang, seperti perencanaan tata kota, mitigasi bencana, dan penelitian lainnya. Bagi suatu daerah, kebutuhan informasi tentang kependudukan saat ini tidak cukup hanya sekedar data tekstual saja, lebih dari itu informasi spasial sangat diperlukan dalam suatu perencanaan. Informasi tentang kepadatan penduduk merupakan salah satu data yang memegang peranan penting dalam penentuan kebijakan (Wikantika dkk. 2005). Selain dalam penentuan kebijakan, data penduduk juga diperlukan dalam bidang mitigasi bencana. Misalnya, mengetahui beberapa orang yang kemungkinan terdampak pada area potensi bencana dan memperkirakan berapa banyak orang yang dapat mencapai area tempat berlindung atau bangunan evakuasi (Khomaruddin 2010).

Di Indonesia, data penduduk paling terpercaya bersumber dari Sensus Penduduk yang dikeluarkan oleh Badan Pusat Statistik (BPS). Berdasarkan undang-undang No. 16 Tahun 1997 Pasal 8 Tentang Statistika menyebutkan bahwa data sensus penduduk diambil setiap 10 tahun sekali (Pemerintah Indonesia 1997). Data sensus penduduk merupakan data yang akurat namun diperlukan waktu yang lama dan biaya yang cukup besar dalam kegiatannya. Selain itu, lingkup data yang tersedia terbatas hingga batas kelurahan atau desa.

Perkembangan dalam bidang geospasial terjadi dengan cepat. Beberapa teknologi yang dapat memperoleh informasi spasial secara cepat dan akurat adalah penginderaan jauh, baik aktif maupun pasif, foto udara, dan Sistem Informasi Geografis (SIG). Menurut Lu dkk. (2011), salah satu aplikasi dari penginderaan jauh dan SIG adalah sebagai estimasi kependudukan. Penggunaan penginderaan jauh dalam

pendekatan pemodelan statistik bertujuan mencari alternatif untuk sensus penduduk. Penelitian mengenai hal ini juga telah berlangsung sejak 2 dekade lalu. Belakangan ini penelitian mengenai spasial kependudukan mulai beralih pada pendekatan volume dan memanfaatkan *Object Based Image Analysis* (OBIA) untuk interpretasi otomatis penggunaan lahan.

Pendekatan volume dalam beberapa penelitian dapat menggunakan beberapa sumber data seperti LiDAR. Data LiDAR dapat dimanfaatkan untuk membentuk DSM dan DTM. *Digital Surface Model* (DSM) adalah model ketinggian yang menampilkan elevasi pada permukaan pertama di tanah. DSM digunakan untuk membentuk *Digital Terrain Model* (DTM) dengan *filtering* semua fitur dan area pohon secara digital (Purwanto, 2015). *Object Based Image Analysis* (OBIA) menurut Hay dan Castilla (2006) merupakan pembagian citra penginderaan jauh menjadi objek gambar yang bermakna dan menilai karakteristik mereka melalui berdasarkan aspek spasial, spektral, dan temporal. Penggunaan OBIA dapat digunakan untuk melakukan ekstraksi bangunan (Lu dkk. 2010), sehingga dapat mempermudah dalam perhitungan estimasi populasi.

Pendekatan volume dan OBIA dapat digunakan untuk membedakan jenis tempat tinggal yang heterogen (Lu dkk. 2010). Penelitian mengenai kependudukan menurut Cowen dan Jansen (1999) apabila menggunakan citra dengan resolusi sangat tinggi, maka dapat menghasilkan populasi yang semakin detail. Sehingga dalam penelitian ini digunakan data foto udara yang memiliki resolusi sangat tinggi.

Surabaya merupakan kota dengan jumlah penduduk kedua terbesar se-Indonesia. Menurut data sensus kependudukan dari BPS (2018), ibu kota dari Provinsi Jawa Timur ini memiliki jumlah penduduk 2.765.487 jiwa. Untuk mengontrol perencanaan kota yang lebih baik serta mendukung mitigasi bencana, dibutuhkan data jumlah penduduk yang akurat dalam rentang waktu yang dekat.

Dalam penelitian ini akan mengestimasi jumlah penduduk di Surabaya khususnya dalam kawasan Kelurahan Menanggal menggunakan data LiDAR dan foto udara. Kelurahan Menanggal dinilai penulis memiliki kondisi permukiman yang cukup beragam seperti adanya rumah susun dan beberapa permukiman padat. Namun, daerah padat dalam Kelurahan Menanggal dalam penelitian ini tidak diteliti. Menurut Lu dkk. (2010), penelitian mengenai studi pendudukan dapat dilakukan lebih baik dengan menggunakan pendekatan volumetrik apabila studi kasus memiliki kondisi permukiman yang heterogen. Dengan pendekatan volumetrik, dapat membantu melakukan klasifikasi pemukiman bertingkat, seperti rumah susun, apartemen, dan kondominium, sehingga data DSM dan DTM LiDAR turut digunakan dalam penelitian ini. Dengan kondisi ini diharapkan dapat mengetahui akurasi estimasi populasi penduduk dengan beberapa jenis tempat tinggal.

## **1.2 Perumusan Masalah**

Rumusan masalah dalam penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana tahapan yang sesuai untuk melakukan klasifikasi bangunan menggunakan metode *Object Based Image Analysis* (OBIA) dari data foto udara, DSM LiDAR dan DTM LiDAR?
2. Bagaimana cara melakukan perhitungan estimasi jumlah populasi penduduk melalui pendekatan volumetrik dengan menggunakan data foto udara, DSM LiDAR dan DTM LiDAR?
3. Bagaimana akurasi estimasi jumlah populasi penduduk dari foto udara, DSM LiDAR dan DTM LiDAR terhadap data sensus penduduk?

## **1.3 Batasan Masalah**

Batasan masalah dalam penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Daerah yang diteliti adalah kawasan barat Kelurahan Menanggal, Surabaya, yaitu kompleks Wisma Menanggal dan Gayungsari Timur.
2. Bangunan diklasifikasi menjadi rumah, perdagangan dan jasa, dan fasilitas umum menggunakan metode OBIA.
3. Data referensi penduduk yang digunakan yaitu pada tahun 2019, data ini akan digunakan sebagai validasi.
4. Penduduk yang diestimasi merupakan penduduk tetap.

#### **1.4 Tujuan**

Tujuan dalam penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Melakukan klasifikasi bangunan menggunakan metode OBIA dari data foto udara, DSM LiDAR dan DTM LiDAR.
2. Menghitung estimasi jumlah populasi penduduk melalui pendekatan volumetrik dengan menggunakan data foto udara, DSM LiDAR dan DTM LiDAR.
3. Melakukan analisis hasil estimasi jumlah penduduk terhadap data sensus penduduk.

#### **1.5 Manfaat Penelitian**

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui akurasi dari estimasi jumlah penduduk dengan pendekatan volumetrik menggunakan data foto udara, DSM LiDAR dan DTM LiDAR.
2. Membantu pemerintah setempat baik dalam tingkat kelurahan, kecamatan, dan kota dalam membuat kebijakan.

## BAB II

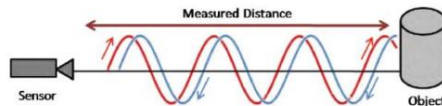
### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 LiDAR

LiDAR merupakan singkatan dari *Light Detection And Ranging*, yaitu teknologi penginderaan jauh (*remote sensing*) terkini dalam menyediakan data pengukuran elevasi dengan cepat dan akurat. LiDAR merupakan penginderaan jauh sistem aktif. Sistem LiDAR dapat melakukan pengukuran mencapai 40 km<sup>2</sup> dalam sehari dengan ketelitian horisontal dan vertikal masing-masing adalah 30 cm dan 15 cm. Dibantu dengan perkembangan teknologi INS (*Inertial Navigation System*) yang akurat di akhir tahun 90-an (0,008° presisi), membuat lidar memiliki akurasi yang memadai untuk digunakan di bidang pemetaan. INS dapat menghitung kontrol presisi dan merekam perubahan posisi wahana pesawat (*roll, pitch, yaw*). Untuk posisi horisontalnya ditambahkan GPS (*Global Positioning Systems*) yang memberikan posisi geografis dari pesawat dengan ketelitian tinggi (GIM International 2007)

Untuk mengukur jarak dari sebuah pancaran radiasi gelombang elektromagnetik dipergunakan ukuran beda fasa antara gelombang transmisi dan pantul. Beda fasa dipergunakan terlebih dahulu untuk mengukur waktu tempuh TL (*Time of Travel*) dengan rumusan berikut (Lohan 2010) :

$$T_L = nT + \frac{\phi}{2\pi} T \quad (1)$$



Gambar 2.1 Cara Mengukur Jarak LiDAR  
(Sunandar dan Syarifudin 2014)

Dimana  $n$  adalah jumlah gelombang penuh,  $T$  adalah waktu ditempuh cahaya yang diperlukan untuk menempuh satu panjang gelombang dan  $\phi$  adalah beda fasa. Nilai  $n$  yang tidak diketahui dihitung oleh alat modulasi. Maka  $R$  atau jarak dapat dihitung dengan rumus :

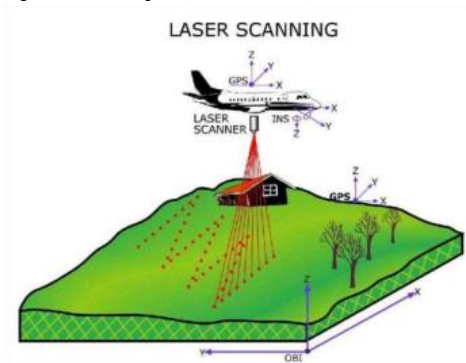
$$R = \frac{T_L}{2} c \quad (2)$$

Dimana :

$R$  : Jarak

$T_L$  : *Time of Travel*

$c$  : kecepatan cahaya ( $3 \times 10^8$  m/s)



Gambar 2.2 Ilustrasi Perekaman Data LiDAR  
(Sunandar dan Syarifudin 2014)

Kelebihan teknologi LiDAR dibandingkan teknologi indera lainnya menurut Sunandar dan Syarifudin (2014) pada saat ini adalah:

1. Ketelitian tinggi (*higher accuracy*), ketelitian vertikal 5-15 cm & ketelitian accuracy 30-50 cm.
2. Akuisisi & pengolahan data lebih cepat, akuisisi 1000 km<sup>2</sup> dalam 12 jam & pembuatan DEM 1000 km<sup>2</sup> dalam 24 jam.
3. Mengurangi *human error*, sebagian besar proses berlangsung otomatis.

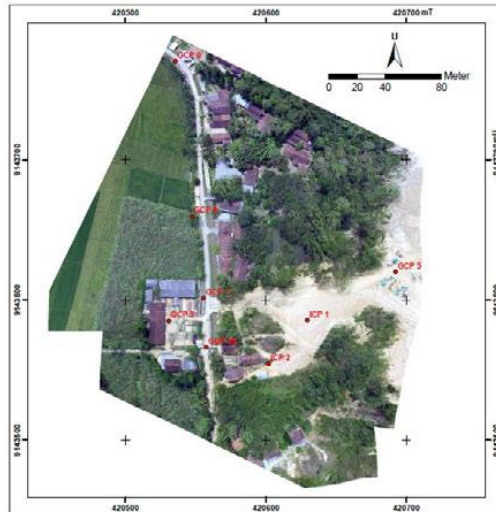
4. Tidak tergantung cuaca dan matahari, akuisisi dapat dilakukan siang dan malam.
5. Tembus kanopi, pulsa LiDAR dapat mencari celah-celah kecil diantara kanopi sehingga permukaan tanah dapat diukur juga.
6. Densitas data sangat tinggi, LiDAR dapat memancarkan 167,000 pulsa per detik, lebih dari 24 titik per m<sup>2</sup>.
7. Data 3D & *multiple returns*, dapat mengetahui struktur vertikal,
8. Tidak memerlukan *Ground Control Point* (GCP), hanya diperlukan *base station* untuk titik referensi, bermanfaat untuk dipakai di area yang sulit didatangi,
9. Informasi tambahan, energi pantul memiliki nilai amplitudo yang berbeda tergantung reflektannya dan informasi ini berguna untuk proses klasifikasi,
10. Biaya satuan LiDAR lebih mahal namun produk dengan yang dihasilkan berakurasi tinggi sehingga *cost benefit*-nya tinggi.

## 2.2 Foto Udara

Foto udara adalah foto yang dipotret dari udara dengan menggunakan kamera udara yang mempunyai fokus tertentu dan dipasang diatas pesawat terbang. Foto udara yang digunakan untuk pemetaan fotogrametri adalah foto udara tegak dimana sumbu optik kamera tegak lurus atau sangat mendekati tegak lurus (Wolf dkk. 2014). Posisi kamera yang tegak lurus didapatkan dengan sudut kemiringan dibawah 1 derajat. Maka akan menghasilkan foto udara dengan pemotretan secara *vertical*.

Foto Udara merupakan hasil dari proses fotogrametri. Fotogrametri merupakan seni, ilmu, dan teknologi perolehan informasi tentang obyek fisik dan lingkungan melalui proses perekaman, pengukuran, dan penafsiran foto udara (Thomson dan Gruner 1980). Dengan dihasilkannya foto udara dari proses fotogrametri maka dapat memperoleh informasi dari

suatu objek melalui proses pencatatan, pengukuran, dan interpretasi fotografis dimana aspek-aspek geometrik dari foto udara seperti sudut, jarak, koordinat, dan sebagainya merupakan faktor utama (Gularso dkk. 2013).



Gambar 2.3 Foto Udara Tegak  
(Purwanto 2015a)

## 2.3 Interpretasi Citra

Interpretasi citra adalah kegiatan mengkaji foto udara atau citra dengan maksud untuk mengidentifikasi objek dan menilai arti pentingnya objek tersebut. Pengidentifikasi objek dapat dilakukan dengan memanfaatkan elemen visual pada objek yang berada disekitarnya. Mengidentifikasi target citra berdasarkan elemen visual ini memungkinkan kita untuk menafsirkan dan menganalisis lebih jauh. Dalam interpretasi citra satelit, terdapat beberapa unsur yang dapat mempermudah interpretasi, yaitu :

### a. Rona dan Warna

Rona dan warna adalah tingkat kegelapan atau kecerahan objek pada suatu citra. Rona merupakan tingkatan dari hitam ke putih atau sebaliknya. Sedangkan Warna adalah



wujud yang tampak oleh mata dengan menggunakan spektrum yang sempit, lebih sempit dari spectrum tampak (Sutanto 1994). Contoh pada gambar (a), kondisi rona pada foto hitam putih. Objek piramida yang gelap merupakan daerah yang tidak terkena sinar matahari. Sedangkan pada (b), citra berwarna asli atap gedung berwarna merah kecoklatan, lapangan tampak dengan rumput yang hijau, kolam renang tampak dengan air yang berwarna biru.



(a)

(b)

Gambar 2.4 Unsur (a) Rona dan (b) Warna  
(LAPAN 2007)

### **b. Bentuk**

Bentuk sebagai unsur interpretasi mengacu ke bentuk secara umum, konfigurasi, atau garis besar wujud objek secara individual (Sutanto 1994). Bentuk merupakan atribut yang jelas sehingga banyak objek yang dapat dikenali berdasarkan bentuknya saja seperti bentuk bangunan yang cenderung berbentuk segi empat dan kubah masjid yang cenderung berbentuk lingkaran. Seperti pada contoh gambar 2.5, gedung perkantoran biasanya berbentuk huruf I, L atau U, pohon kelapa berbentuk bintang, dan pinus berbentuk kerucut



Gambar 2.5 Unsur Bentuk  
(LAPAN 2007)

### c. Ukuran

Ukuran merupakan atribut objek yang berupa jarak, luas tinggi, lereng, dan volume. Ukuran objek foto harus dipertimbang dengan skala yang ada (Sutanto 1994). Seperti pada contoh gambar 2.6, ukuran suatu rumah dibedakan apakah rumah hunian, kantor, atau pabrik. Rumah hunian biasanya ukurannya relatif lebih kecil dibandingkan dengan perkantoran atau pabrik.



Gambar 2.6 Unsur Ukuran  
(LAPAN 2007)

### d. Tekstur

Tekstur merupakan ukuran frekuensi perubahan rona pada citra atau pengulangan rona kelompok objek yang terlalu kecil untuk dibedakan secara individual (Sutanto 1994). Tekstur sering dinyatakan dalam tingkatan kasar, sedang dan halus. Contoh dalam gambar 2.7, tanaman

pekarangan bertekstur kasar, sedangkan sawah bertekstur halus.



Gambar 2.7 Unsur Tekstur  
(LAPAN 2007)

**e. Pola**

Pola terkait dengan susunan keruangan objek. Pola biasanya terkait juga dengan adanya pengulangan bentuk umum suatu atau sekelompok objek dalam ruang. Pola atau susunan keruangan merupakan ciri yang menandai bagi banyak objek bentukan manusia dan bagi beberapa objek alamiah (Meurah 2011). Contoh pada gambar 2.8, tanaman teh yang ditanam secara teratur mengikuti kontur tanah, sementara hutan tumbuh tidak berpola.



Gambar 2.8 Unsur Pola  
(LAPAN 2007)

**f. Bayangan**

Bayangan merupakan tampilan yang dibentuk oleh benda yang terkena sinar matahari. Bayangan dapat membantu

dalam proses interpretasi karena dapat digunakan untuk memperkirakan bagaimana profil dan ketinggian relatif suatu objek. Seperti cerobong asap pabrik dan bangunan tinggi akan tampak dari bayangan.



Gambar 2.9 Unsur Bayangan  
(LAPAN 2007)

#### **g. Situs**

Situs atau letak merupakan penjelasan tentang obyek relatif terhadap obyek atau kenampakan lain yang lebih mudah untuk dikenali. Menurut Lillesand dan Kiefer (1990) situs dapat diartikan sebagai letak objek terhadap kenampakan-kenampakan lingkungan sekitarnya atau letak objek terhadap objek-objek lain yang ada di dekatnya. Contoh kompleks pemukiman biasanya memanjang di sepanjang jalan.



Gambar 2.10 Unsur Situs  
(LAPAN 2007)

#### **h. Asosiasi**

Asosiasi adalah keterkaitan antara obyek yang satu dengan obyek lainnya (Sutanto 1994). Asosiasi memperhitungkan hubungan antara obyek atau fitur lain yang dapat dikenali yang dekat dengan obyek target. Contoh objek lapangan sepak bola berasosiasi dengan tiang gawang, bila ada tribun penonton maka objek tersebut merupakan stadion yang besar.



Gambar 2.11 Unsur Asosiasi  
(LAPAN 2007)

### **2.4 Object Based Image Analysis (OBIA)**

*Object Based Image Analysis* (OBIA) menurut Hay dan Castilla (2006) merupakan sub-disiplin *Geographic Information Science* yang ditujukan untuk membagi citra penginderaan jauh menjadi objek gambar yang bermakna dan menilai karakteristik mereka melalui berdasarkan aspek spasial, spektral, dan temporal.

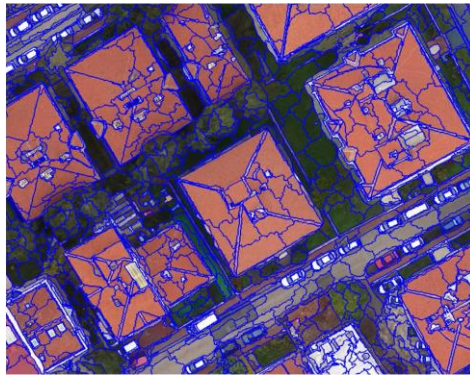
OBIA terdiri atas dua tahap yaitu segmentasi citra dan klasifikasi citra. Segmentasi merupakan proses memecah dan mengelompokkan piksel citra ke dalam segmen atau objek, dan klasifikasi merupakan proses untuk mengelaskan segmen-segmen ke dalam kelas tertentu. Kedua tahap tersebut sangat berpengaruh dalam menentukan tingkat akurasi hasil klasifikasi dalam OBIA. Proses klasifikasi dapat dilakukan dengan berdasarkan sampel (*sample-based*), berdasarkan aturan (*rule-based*), atau menggunakan keduanya melalui

klasifikasi bertingkat (*hierarchical classification*) (Hussein, Danoedoro, dan Farda 2016).

Berikut adalah penjelasan dari tahapan dalam klasifikasi citra menggunakan metode *Object-Based Image Analysis* (OBIA) :

#### 2.4.1 Segmentasi Citra

Segmentasi citra merupakan sebuah langkah awal pada klasifikasi citra dengan metode berbasis objek. Proses segmentasi dilakukan untuk membuat objek citra yang memiliki karakteristik yang mirip dengan objek permukaan bumi (*geo-object*) yang direpresentasikannya (Hussein dkk. 2016).



Gambar 2.12 Contoh Segmentasi citra  
(Comert dan Kaplan 2018)

Dalam penentuan dasar algoritma segmentasi, secara umum didasarkan pada salah satu dari sifat dasar nilai intensitasnya (Simamora dkk. 2015) , yaitu :

1. **Discontinuity** : Pendekatan dengan membagi citra berdasarkan perubahan besar pada nilai intensitasnya atau diskontinuitas diantara sub-wilayah (sub-region) seperti tepi citra (edge-linking). Perlu diperhatikan terdapat tiga tipe

diskontinuitas gray-level yaitu deteksi titik, deteksi garis dan deteksi tepi.

2. **Similarity** : Pendekatan dengan membagi citra kedalam region-region yang serupa dan sesuai dengan citra awal yang diberikan.

Berdasarkan pendekatan - pendekatan dasar algoritma segmentasi diatas, segmentasi citra dapat dilakukan dengan tiga metode (Simamora dkk. 2015), yaitu :

1. **Berbasis tepi (edge-base)**, merupakan sebuah himpunan dari piksel-piksel yang terhubung yang berada pada batas (boundary) diantara dua region berdasarkan gray-level. Contoh algoritma segmentasi yang menggunakan metode ini yaitu *contrast-split segmentation*.
2. **Ambang batas (thresholding)**, konsep dari metode ini adalah dengan memilih besar nilai threshold sehingga dapat memisahkan atau membagi dua mode objek. Contoh algoritma segmentasi yang menggunakan metode *thresholding* yaitu *chessboard segmentation*, *quadtree based segmentation*, dan *multi-threshold segmentation*.
3. **Berbasis region (region based)**, yaitu pengelompokan piksel atau subregion menjadi region yang lebih besar berdasar kriteria yang ada. Algoritma ini umum digunakan untuk segmentasi obyek pada berbagai karakteristik citra multi resolusi dan multi spektral yang dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti image layer weight, scale parameter, shape and color dan smoothness and compactness. Algoritma yang menggunakan metode ini yaitu *multiresolution segmentation*.

Dalam penelitian ini, algoritma segmentasi yang digunakan yaitu *multiresolution segmentation*. Algoritma *Fractal Net Evolution Approach* (FNEA)

yang selanjutnya dikenal sebagai *Multiresolution Segmentation* (MRS) dikembangkan oleh Baatz dan Schaepe (2000). Algoritma ini memanfaatkan pendekatan *region-based*. Secara sederhana, perhitungan algoritma yang digunakan adalah sebagai berikut (Baatz dan Schaepe 2000) :

$$S_t = w_{color} \times h_{color} + (1 - w_{shape}) \times h_{shape} \quad (3)$$

dimana :

$S_t$  = Fungsi Segmentasi

$w_{color}$  = bobot parameter warna

$w_{shape}$  = bobot parameter bentuk

$h_{color}$  = parameter warna

$h_{shape}$  = bobot parameter bentuk

Dari perhitungan diatas, algoritma ini dijalankan oleh lima *input* parameter yaitu skala, bentuk, warna, kekompakan, dan kehalusan. Selain parameter tersebut, dipadukan dengan pembobotan tiap *layer* (Trimble 2014). Alur kerja dari algoritma MRS tertera pada gambar 2.



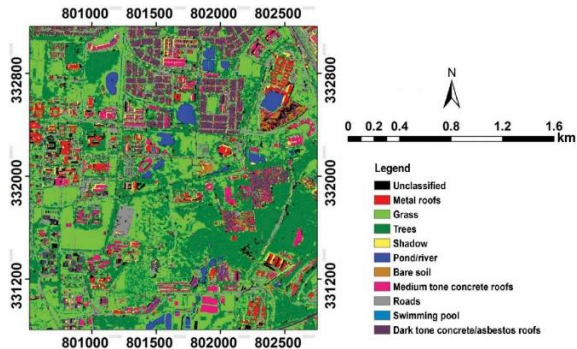
Gambar 2.13 Alur Kerja Algoritma MRS  
(Trimble 2014)



Berdasarkan gambar 2.13, tingkat homogenitas untuk algoritma MRS ditentukan melalui empat parameter, yaitu warna, bentuk, kehalusan, dan kekompakkan. Sedangkan parameter skala menentukan tingkat besarnya suatu objek (Trimble 2014).

#### 2.4.2 Klasifikasi Citra

Setelah dilakukan segmentasi citra, maka langkah selanjutnya adalah klasifikasi citra. Klasifikasi berarti mengelompokkan objek kedalam kelas-kelas tertentu sesuai dengan deskripsi kelas. Klasifikasi dapat dilakukan dengan berdasarkan sampel (*sample-based*) dan berdasarkan aturan (*rule-based*). Klasifikasi berdasarkan sampel dilakukan dengan cara yang mirip dengan klasifikasi multispektral secara terselia (*supervised*). Sedangkan berdasarkan aturan dilakukan dengan cara membuat aturan berdasarkan kriteria tertentu agar menghasilkan klasifikasi yang sesuai. (Hussein dkk. 2016)



Gambar 2.14 Contoh Klasifikasi Citra  
(Hamedianfar dan Shafri 2015)

Dalam tahap klasifikasi OBIA baik metode *sample-based* maupun *rule-based*, menggunakan beberapa fitur yang dapat digunakan, seperti :

- *Brightness* (kecerahan)  
Perhitungan *brightness* dalam dilakukan dengan formula berikut (Comert & Kaplan 2018)

$$B = \frac{1}{n_{vis}} \sum_{i=1}^{n_{vis}} \bar{C}_{(i)vis} \quad (4)$$

dimana  $\bar{C}_{(i)vis}$  merupakan rata-rata nilai dari *visible band* dalam suatu objek dan  $n_{vis}$  jumlah *visible band* yang digunakan

- Nilai rata-rata piksel  
Perhitungan matematis nilai piksel dari suatu objek dapat ditulis dengan (Lu dkk. 2010) :

$$\mu H = \frac{\sum_{i=1}^n H_i}{n} \quad (5)$$

dimana  $H_i$  merupakan nilai piksel ke- $i$  dalam suatu objek dan  $n$  merupakan jumlah piksel dalam suatu objek.

- Perbedaan rata-rata antar objek atau kelas  
Fitur ini menghitung perbedaan rata-rata nilai fitur suatu objek dan tetangganya dari kelas yang dipilih. Secara matematis dihitung dengan formula berikut (Trimble 2014).

$$\bar{\Delta}(v) = \frac{1}{w} \sum_{N_v(d)} w_u (\bar{c}(v) - \bar{c}(u)) \quad (6)$$

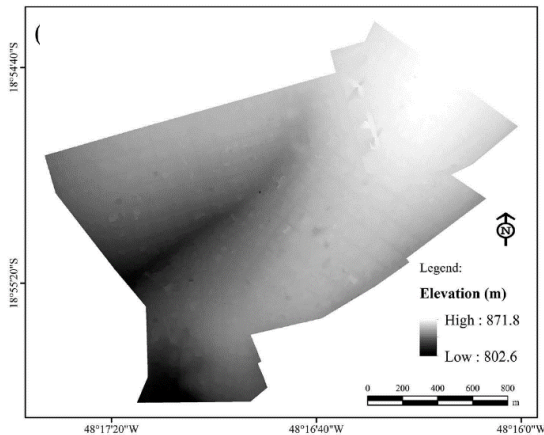
dimana  $u$  dan  $v$  merupakan dua objek yang berbeda,  $w$  merupakan bobot *layer* citra,  $n_v(d)$  merupakan jarak objek menuju tetangganya, dan  $\bar{C}$  nilai rata-rata objek dari citra *input*.

Selain fitur diatas, juga terdapat fitur lain dan dapat memanfaatkan perhitungan indeks antara *layer* citra sesuai dengan tujuan klasifikasi.

## 2.5 Digital Terrain Model (DTM)

DTM (*Digital Terrain Model*) adalah data digital yang menggambarkan 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. *Digital Terrain Model* (DTM) khususnya digunakan untuk menggambarkan model relief rupa bumi tiga dimensi (3D) yang menyerupai keadaan sebenarnya di dunia nyata (*real world*) divisualisasikan dengan bantuan teknologi komputer grafis dan teknologi *virtual reality* (Purwanto 2015).

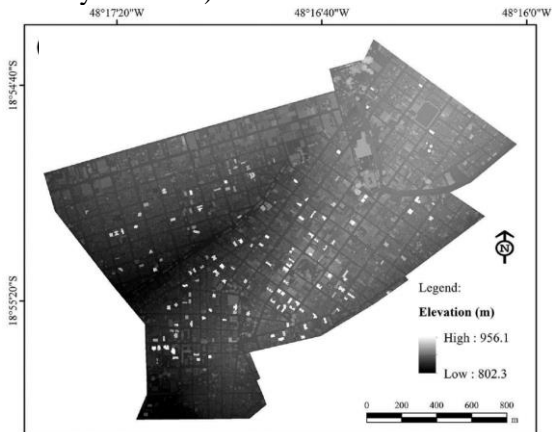
DTM merupakan bentuk digital dari *terrain* (permukaan tanah, tidak termasuk objek di atasnya). DTM digambarkan sebagai tiga representasi dimensi permukaan medan yang terdiri dari X, Y, Z koordinat disimpan dalam bentuk *digital* yang juga mencakup ketinggian dan elevasi unsur-unsur geografis lainnya serta fitur alami seperti sungai, jalur pegunungan. DTM secara singkat merupakan DEM yang telah ditambah dengan unsur-unsur seperti *breaklines* dan pengamatan selain data asli (Sari dan Cahyono 2016).



Gambar 2.15 Contoh Digital Terrain Model (DTM)  
(Tomás dkk. 2016)

## 2.6 Digital Surface Model (DSM)

*Digital Surface Model* (DSM) adalah model ketinggian yang menampilkan elevasi pada permukaan pertama di tanah. DSM digunakan untuk membentuk *Digital Terrain Model* (DTM) dengan membuang semua fitur dan area pohon secara digital (Purwanto 2015). DSM mendeskripsikan ketinggian dari vegetasi misalnya pohon dan fitur-fitur lainnya misalnya bangunan (Hirt 2015). *Digital Surface Model* (DSM) merupakan gambaran dari suatu permukaan fisik sekumpulan titik-titik koordinat tiga dimensi. Data hasil DSM mencakup vegetasi, jalan, bangunan, dan fitur *terrain* alami sehingga dapat dibuat model tiga dimensi dari berbagai sudut pandang dengan menambahkan *land covernya* (Sari dan Cahyono 2016)



Gambar 2.16 Contoh Digital Surface Model (DSM)  
(Tomás dkk. 2016)

## 2.7 Normalized Digital Surface Model (nDSM)

*Normalized Digital Surface Model* (nDSM) merupakan gambaran *surface model* 3 dimensi permukaan bumi dimana elevasi tanah telah dihilangkan. Dengan dihilangkannya elevasi tanah, maka tinggi bangunan dapat diperoleh sehingga memudahkan dalam penentuan tinggi suatu bangunan.

Ilustrasi nDSM dapat dilihat pada gambar 2.8. nDSM dapat dihitung dengan menggunakan formula (Elberink dan Maas, 2000) :

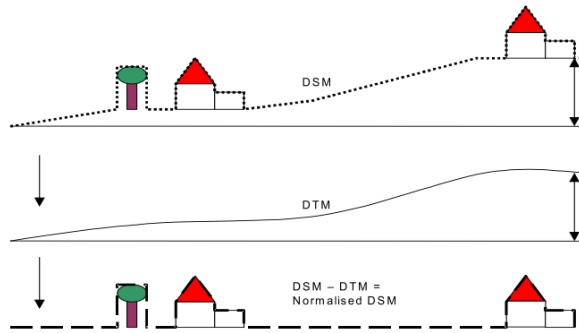
$$nDSM = DSM - DTM \quad (7)$$

dimana :

DSM : *Digital Surface Model*

DTM : *Digital Terrain Model*

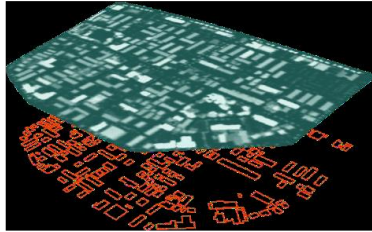
nDSM : *Normalized Digital Surface Model*



Gambar 2.17 DSM, DTM dan n-DSM  
(Elberink & Maas 2000)

## 2.8 Zonal Statistics

*Zonal statistics* merupakan salah satu tool yang terdapat pada beberapa software Sistem Informasi Geografis (SIG), seperti QGIS dan ArcGIS ArcMap. Menurut Lwin (2009a), fungsi *zonal statistics* adalah merangkum nilai-nilai dalam suatu raster terhadap dataset input, dimana dataset input dapat berupa data raster atau vektor. Fungsi statistik yang dapat digunakan antara lain yaitu mean, majority, minority, maximum, minimum, median, standar deviasi, dan jumlah. Kemudian fungsi tersebut dilaporkan dalam tabel. Gambar 2.9. menunjukkan ilustrasi *zonal statistics*.



Gambar 2.18 Ilustasi *Zonal Statistics*  
(Lwin 2009a)

## 2.9 Estimasi Populasi

Untuk mengetahui jumlah populasi, dapat dilakukan dengan cara sensus, namun cara tersebut memakan waktu yang lama serta jumlah tenaga kerja yang relatif banyak. Dengan foto udara data jumlah penduduk dapat diperkirakan. Waktu pelaksanaannya jauh lebih cepat serta jumlah tenaga penafsir yang jauh lebih sedikit. Foto udara juga dapat digunakan untuk mengetahui distribusi penduduk, pembuatan peta wilayah sensus, serta penaksiran pertambahan jumlah penduduk. Terdapat 2 metode yang digunakan dalam melakukan estimasi populasi.

Metode pertama menggunakan perhitungan dengan memanfaatkan kepadatan penduduk. Dalam penelitian ini, metode pertama akan dinamakan metode matematis demografi. Menurut Tomás dkk. (2016), perhitungan pada metode ini dapat dilakukan menggunakan formula berikut :

$$PD = PPP / RA \quad (8)$$

Dimana  $PD$  merupakan kepadatan penduduk,  $PPP$  merupakan jumlah penduduk, dan  $RA$  merupakan luas pemukiman.

Kemudian dilanjutkan dengan persamaan 5 untuk mendapatkan estimasi populasinya :

$$ERP = HS \times PD \quad (9)$$

Dimana  $ERP$  merupakan estimasi populasi,  $HS$  merupakan *habitable surface area* dan  $PD$  merupakan kepadatan penduduk yang didapatkan dari perhitungan sebelumnya. *Habitable surface area* merupakan permukaan

layak huni yang merupakan rasio volume dengan ketinggian rata-rata hingga atap (Tomás dkk. 2016).

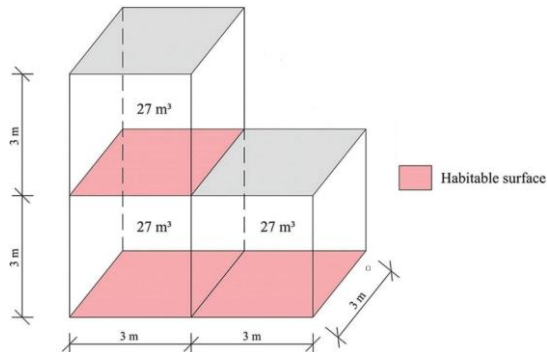
Metode kedua yaitu perhitungan estimasi populasi menggunakan metode regresi linear sederhana. Menurut Lu dkk. (2010) dalam penelitiannya mengenai estimasi kependudukan, regresi linear sederhana dapat digunakan sebagai model persamaan untuk estimasi jumlah penduduk. Perhitungan model regresi linear sederhana dapat dituliskan sebagai berikut :

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X + \varepsilon \quad (10)$$

dimana :

- Y : Estimasi populasi
- $\beta_0$  : Nilai konstanta *intercept*
- $\beta_1$  : Nilai koefisien arah
- X : *Habitable surface area*
- $\varepsilon$  : *Random error*

Luas area pemukiman menggunakan konsep *habitable surface area* atau permukaan layak huni. Perhitungan estimasi populasi penduduk berdasarkan volume, dapat memanfaatkan total luas daerah *habitable surface* (Tomás dkk. 2016). Secara visual, *habitable surface area* dapat digambarkan seperti gambar 2.10. Terlihat bahwa pada konsep *habitable surface area* tingkatan dari suatu bangunan diperhatikan.



Gambar 2.19 Ilustrasi *Habitable Surface*  
(Tomás dkk., 2016)

Untuk mendapatkan konsep tersebut, menurut Lwin (2009b) dapat menggunakan dua perhitungan, yaitu jumlah lantai dan tinggi rata-rata. Hal tersebut dapat terlihat dalam penelitiannya, dimana perhitungan sebagai berikut :

$$BP_i = \left( \frac{CP}{\sum_{k=1}^n BA_k BF_k} \right) BA_i BF_i \quad (11)$$

$$BP_i = \left( \frac{CP}{\sum_{k=1}^n BA_k BH_k} \right) BA_i BH_i \quad (12)$$

Dimana *BA* merupakan luas permukiman, *BF* merupakan jumlah lantai bangunan, *BH* merupakan rata-rata tinggi bangunan, *CP* merupakan penduduk dari area sampel, dan *BP* estimasi populasi.

Dalam penelitian ini, pendekatan yang digunakan merupakan pendekatan berdasarkan jumlah lantai atau persamaan 11.

### 2.10 Uji Akurasi Klasifikasi

Uji akurasi klasifikasi bertujuan untuk mendapatkan tingkat kepercayaan dari klasifikasi citra yang telah dihasilkan. Salah satu cara yang umum untuk menggambarkan tingkat atau besar akurasi dari suatu klasifikasi adalah dengan menggunakan matriks kesalahan (*error matrix*) atau disebut juga dengan istilah matriks konfusi (*confusion matrix*). Tahapan uji akurasi klasifikasi dilakukan dengan metode uji akurasi menggunakan metode koefisien kappa. Koefisien kappa didasarkan atas konsistensi penilaian dengan mempertimbangkan semua aspek yaitu akurasi pembuat (*producer accuracy*) dan akurasi pengguna (*user accuracy*) yang diperoleh dari matrik kesalahan atau *confusion matrix* (Hussein, Danoedoro, dan Farda 2016).

Berikut merupakan perhitungan yang digunakan dalam uji akurasi matriks konfusi (Arison dang, Sudarnsono, dan Prasetyo 2015) :



Tabel 2.1 Konfusi Matriks  
(Arison dang, Sudarnsono, dan Prasetyo 2015)

Kelas Referensi	Data Sampel			Jumlah Pikel	Akurasi Pembuat
	A	B	C		
A	X <sub>11</sub>	X <sub>12</sub>	X <sub>13</sub>	X <sub>1+</sub>	X <sub>11</sub> /X <sub>1+</sub>
B	X <sub>21</sub>	X <sub>22</sub>	X <sub>23</sub>	X <sub>2+</sub>	X <sub>22</sub> /X <sub>2+</sub>
A	X <sub>31</sub>	X <sub>32</sub>	X <sub>33</sub>	X <sub>3+</sub>	X <sub>33</sub> /X <sub>3+</sub>
Total Pikel	X <sub>+1</sub>	X <sub>+2</sub>	X <sub>+3</sub>	N	
Akurasi Pengguna	X <sub>11</sub> /X <sub>+1</sub>	X <sub>22</sub> /X <sub>+2</sub>	X <sub>33</sub> /X <sub>+3</sub>		X <sub>ii</sub>

a. *User Accuracy* (Akurasi Pengguna)

Merupakan peluang rata-rata (%) suatu pixel yang secara aktual mewakili kelas-kelas hasil klasifikasi citra. *User accuracy* menjelaskan mengenai ketelitian hasil klasifikasi terhadap seluruh obyek yang dapat diidentifikasi. Rumus untuk menghitung *user accuracy* adalah :

$$\text{User Accuracy} = \frac{X_{11}}{X_{+1}} \times 100\% \quad (13)$$

dimana:

X<sub>11</sub> : Jumlah sampel yang terbukti setelah validasi

X<sub>+1</sub> : Jumlah sampel validasi (*row*)

b. *Producer Accuracy* (Akurasi Pembuat)

Merupakan peluang rata-rata (%) suatu pixel yang menunjukkan sebaran masing-masing kelas hasil klasifikasi lapangan. Nilai *producer accuracy* berfungsi sebagai penilaian secara tematik, yaitu menunjukkan tingkat kebenaran hasil klasifikasi terhadap kondisi di lapangan. Rumus untuk menghitung *producer accuracy* adalah :

$$\text{Producer Accuracy} = \frac{X_{11}}{X_{1+}} \times 100\% \quad (14)$$

dimana:

$X_{11}$  : Jumlah sampel yang terbukti setelah validasi

$X_{1+}$ : Jumlah koordinat validasi (*coloumn*)

c. *Overall Accuracy*

Merupakan total ketelitian klasifikasi. *Overall accuracy* menggambarkan nilai akurasi total kenampakan objek yang benar di peta klasifikasi dengan lapangan. Rumus untuk menghitung *overall accuracy* adalah :

$$\text{Overall Accuracy} = \frac{\sum_i^r X_{ii}}{N} \times 100\% \quad (15)$$

dimana:

$X_{ii}$  : Jumlah nilai diagonal matriks

$N$  : Jumlah sampel matriks

d. Koefisien Kappa

Menurut Jaya (2010), saat ini akurasi yang dianjurkan adalah akurasi kappa, karena *overral accuracy* secara umum masih *over estimate*. Akurasi kappa ini sering juga disebut dengan indeks kappa. Secara matematis akurasi kappa disajikan sebagai berikut :

$$\text{Kappa} = \frac{N \sum_i^r X_{ii} - \sum_i^r X_{1+} X_{+1}}{N^2 - \sum_i^r X_{1+} X_{+1}} \times 100\% \quad (16)$$

dimana :

$X_{ii}$  : Jumlah nilai diagonal matriks

$N$  : Jumlah sampel matriks

$X_{1+}$ : Jumlah koordinat validasi (*coloumn*)

$X_{+1}$ : Jumlah sampel validasi (*row*)

## 2.11 Uji Hasil Estimasi Populasi Penduduk

Hasil estimasi penduduk yang telah didapatkan, perlu dilakukan validasi *error* terhadap data referensi. Beberapa uji yang dilakukan adalah sebagai berikut :

a. *Mean Absolute Error* (Deng, Wu, dan Wang 2010) :

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |P_{est} - P_{ref}| \quad (17)$$

b. *Mean Absolute Percentage Error* (Deng, Wu, dan Wang 2010):

$$MAPE = 100\% \times \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{P_{est} - P_{ref}}{P_{ref}} \right| \quad (18)$$

c. *Root Mean Square Error* (Lu dkk. 2011) :

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (P_{est} - P_{ref})^2}{n}} \quad (19)$$

d. *Relative RMSE* (Lu dkk. 2011):

$$RRMSE = \frac{\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (P_{est} - P_{ref})^2}{n}}}{P_{mean}} \quad (20)$$

Dimana  $P_{est}$  merupakan estimasi populasi penduduk,  $P_{ref}$  merupakan nilai referensi populasi penduduk,  $P_{mean}$  merupakan rata-rata dari referensi populasi penduduk, dan  $n$  adalah jumlah blok referensi. Dari empat persamaan tersebut, semakin kecil nilai yang dihasilkan maka metode yang digunakan lebih bagus, dan sebaliknya.

Untuk menguji data estimasi populasi penduduk dengan referensi terhadap simpangan bakunya, dilakukan uji chi *square*. Menurut Sugiyono (2007) uji chi *square* dua sampel digunakan untuk menguji hipotesis komparatif dua sampel independent bila datanya berbentuk diskrit atau nominal. Pengujian chi *square* komparatif dua sampel dapat dihitung dengan :

$$\chi^2 = \sum \frac{\sum (f_o - f_h)^2}{f_h} \quad (19)$$

Dimana  $f_h$  merupakan frekuensi harapan dan  $f_o$  merupakan frekuensi observasi. Adapun hipotesis yang digunkana yaitu :

Ho : Tidak terdapat perbedaan signifikan antara dua variabel independen.

Ha : Terdapat perbedaan signifikan antara dua variabel independen.

## 2.12 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu terkait estimasi penduduk dijelaskan dalam tabel berikut :

Tabel 2.2. Penelitian Terkait dan Perbandingannya

	Penulis		Isi Penelitian ini
	Lu dkk. (2011)	Lu dkk. (2010)	
<b>Judul</b>	<i>A Volumetric Approach to Population Estimation Using LiDAR Remote Sensing</i>	<i>Population Estimation Based on Multi-sensor Data</i>	Pemanfaatan Data Foto Udara dan LiDAR untuk Estimasi Jumlah Populasi Penduduk
<b>Metode</b>	Ekstraksi bangunan menggunakan algoritma <i>modified morphological building detection</i> . Kemudian hasil ekstraksi dihitung volumenya dengan memanfaatkan LiDAR. Kemudian dilakukan perhitungan regresi untuk mendapatkan model perhitungan estimasi volume dilakukan perhitungan regresi.	Menggunakan 3 skema OBIA untuk ekstraksi bangunan. OBIA menggunakan metode <i>sample-based decision tree</i> . Kemudian estimasi populasi dilakukan berdasarkan pendekatan volume dan area. Perhitungan estimasi populasi penduduk memanfaatkan model regresi.	Melakukan klasifikasi OBIA untuk memperoleh luas <i>habitable surface</i> dari kelas bangunan. Model estimasi populasi penduduk menggunakan dua metode, yaitu matematis demografi dan regresi linear sederhana. Setiap metode dilakukan estimasi populasi yang kemudian akan dibandingkan hasilnya.

	Penulis		Isi Penelitian ini
	Lu dkk. (2011)	Lu dkk. (2010)	
<b>Data</b>	LiDAR wilayah Denver 15 April 2008, data blok sensus dan data persil tanah tahun 2000.	LiDAR wilayah Denver 15 April 2008, Citra satelit QuickBird 23 Mei 2005, foto udara 30 September 1999 dan data blok sensus 2000.	Data DTM dan DSM LiDAR wilayah Surabaya Agustus 2016, foto udara Surabaya 2016, data referensi penduduk, dan data sampel jumlah penduduk.
<b>Hasil dan Analisis</b>	Hasil estimasi penduduk dianalisis dengan 4 model regresi. hasil menunjukkan, pendekatan volumetrik menggunakan penginderaan jauh lidar efektif untuk estimasi populasi di daerah dengan karakteristik perumahan yang heterogen. Selain itu penggunaan data persil dapat meningkatkan akurasi estimasi, namun tidak semua data persil dapat diakses secara mudah.	Pendekatan berbasis area sedikit lebih baik dibanding berbasis volume karena area perumahan di lokasi studi umumnya homogen. Informasi bentuk turunan LiDAR seperti ketinggian sangat meningkatkan estimasi populasi dibandingkan dengan estimasi populasi hanya menggunakan data spektral	Estimasi jumlah penduduk dengan memanfaatkan data sampel penduduk yang diambil tiap kompleks. Hal ini diakibatkan oleh kondisi kerapatan kompleks permukiman tiap berbeda-beda. Kemudian data penduduk hasil estimasi dan validasi akan dibandingkan agar dapat ditemukan akurasi estimasinya.

Dari tabel 2.2, secara umum, perbedaan antar penelitian yaitu terdapat pada ekstraksi bangunan dan estimasi populasi penduduk. Untuk ekstraksi bangunan, dalam penelitian Lu (2010) menggunakan metode *OBIA decision tree sample-based*, Lu (2011) menggunakan algoritma *modified*

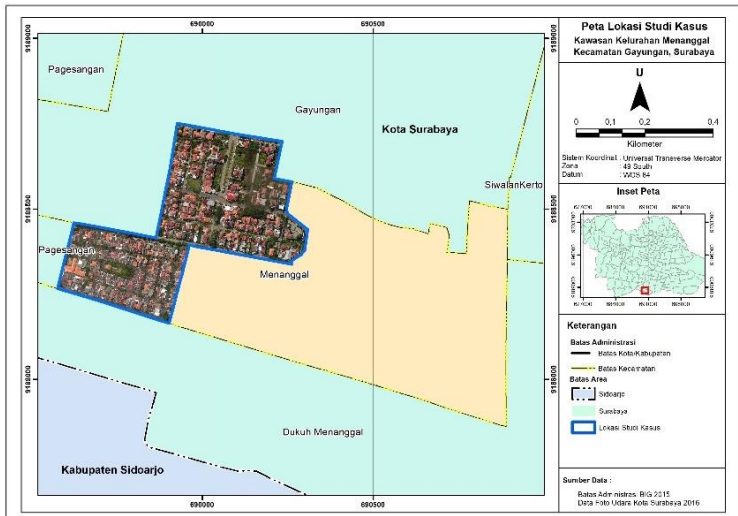
*morphological building detection*, dan dalam penelitian ini menggunakan OBIA *rule-based*.

Selain itu terdapat beberapa perbedaan dalam hal estimasi populasi penduduk, dalam penelitian Lu (2010) melakukan estimasi penduduk dengan dua pendekatan yaitu luas dan volume, sedangkan pada Lu (2011) hanya melakukan estimasi penduduk hanya dengan pendekatan volume namun memanfaatkan 4 model regresi. Dan dalam penelitian ini menggunakan pendekatan volume *habitable surface area* dan estimasi penduduk dengan metode matematis demografi dan regresi linear sederhana.

## BAB III METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Lokasi Penelitian

Lokasi yang dijadikan sebagai studi kasus pada penelitian ini berada di Kelurahan Menanggal, Kecamatan Gayungan, Kota Surabaya, Jawa Timur. Daerah ini terletak pada 7,336 – 7,344 LS dan 112,718 - 112,729 BT. Kelurahan Menanggal terdiri dari 6 RW dengan luasan 65.659 Ha. Namun, daerah barat Kelurahan Menanggal memiliki daerah yang kurang teratur bila dijadikan studi lokasi, sehingga daerah yang diambil adalah 2 RW pada kawasan barat Kelurahan Menanggal yaitu perumahan Wisma Menanggal (RW 04) dan Gayungsari Timur (RW 06). Kedua perumahan memiliki referensi sejumlah 1.614 orang.



Gambar 3.1 Peta Studi Lokasi Penelitian

## 3.2 Data dan Peralatan

### 3.2.1 Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Data *Digital Surface Model* (DSM) LiDAR Kota Surabaya resolusi 0,25 meter bulan Agustus 2016 dari Dinas Cipta Karya dan Tata Ruang Kota Surabaya.
2. Data *Digital Terrain Model* (DTM) LiDAR Kota Surabaya resolusi 0,4 meter bulan Agustus 2016 dari Dinas Cipta Karya dan Tata Ruang Kota Surabaya.
3. Data foto udara Kota Surabaya resolusi 0,08 meter bulan Agustus 2016 dari Dinas Cipta Karya dan Tata Ruang Kota Surabaya.
4. Data batas administrasi kelurahan tahun 2015 dari BIG Skala 1 : 25.000.
5. Data batas RW atau kompleks perumahan dari OSM yang telah diverifikasi dengan Ketua RW.
6. Data referensi penduduk Kelurahan Menanggal tahun 2019 yang digunakan sebagai validasi dari Kantor Kelurahan Menanggal.
7. Data sampel jumlah penduduk masing-masing 1 blok pada setiap perumahan dengan total 30 rumah.
8. Data *ground truth* untuk uji akurasi klasifikasi.

### 3.2.2 Peralatan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

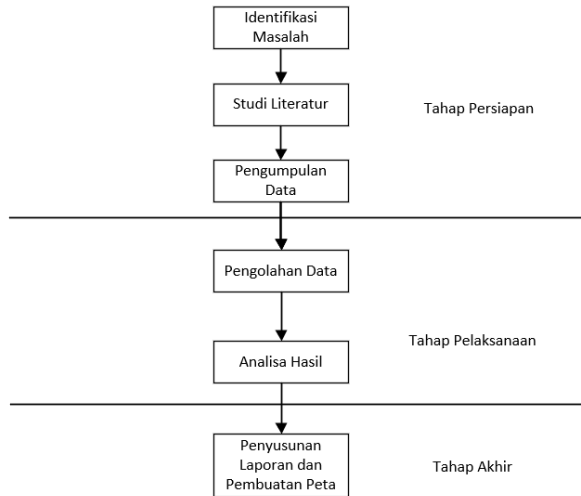
1. Laptop.
2. *Smartphone*, digunakan untuk dokumentasi *ground truth*.
3. Form survei sampel jumlah penduduk.
4. *Software* Microsoft Office.
5. *Software* pengolah data spasial.



### 3.3 Metodologi Pekerjaan

#### 3.3.1 Diagram Alir Penelitian

Berikut ini merupakan diagram alir pada penelitian ini :



Gambar 3.2. Diagram Alir Penelitian

Berikut merupakan penjelasan dari diagram penelitian diatas:

#### 1. Tahap Persiapan

##### a. Identifikasi Masalah

Pada tahap ini dilakukan identifikasi awal mengenai kasus yang diteliti, baik berupa perumusan masalah, batasan penelitian, tujuan, dan manfaat dari estimasi jumlah penduduk.

##### b. Studi Literatur

Berupa pengumpulan referensi-referensi terkait yang menunjang mulai tahapan teori, pengolahan data, hingga analisis. Dalam tahap ini juga ditentukan data dan metode apa yang akan digunakan.

##### c. Pengumpulan Data

Dalam tahap ini dilakukan pengumpulan data berupa data sekunder foto udara, DTM dan DSM LiDAR, data referensi penduduk sebagai validasi estimasi populasi, dan data batas area penelitian. Sedangkan data primer berupa data sampel penduduk, dan *ground truth* sebagai validasi klasifikasi.

## 2. Tahap Pelaksanaan

### a. Pengolahan Data

Tahap pengolahan data meliputi klasifikasi citra dengan metode *Object-Based Image Analysis* (OBIA) *rule-based* dan perhitungan estimasi populasi penduduk. Tahap ini akan dijelaskan lebih lanjut pada subbab 3.3.2. Diagram Alir Pengolahan Data.

### b. Analisis

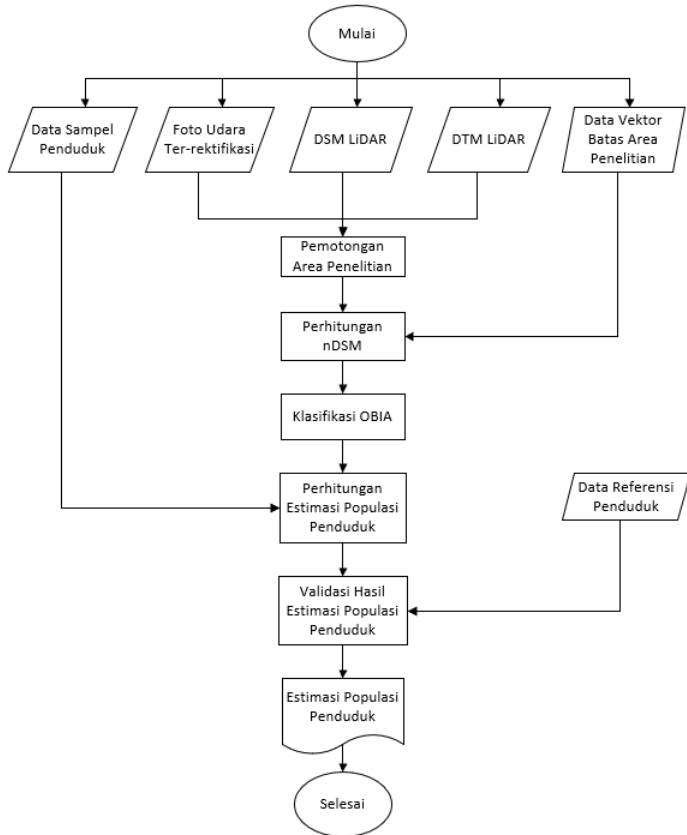
Dalam tahap ini dilakukan uji akurasi perbandingan hasil antara estimasi populasi penduduk dengan data referensi penduduk pada dua metode yang telah dilakukan. Sehingga dapat diketahui berapa *error* dari estimasi populasi penduduk dan metode mana yang paling baik untuk melakukan estimasi populasi penduduk dalam area penelitian. Perhitungan *error* akan mengacu pada subbab 2.11. Selain itu, dilakukan analisis segmentasi dan hasil klasifikasi OBIA dengan metode matriks konfusi untuk mendapatkan *overall accuracy* dan koefisien kappa.

## 3. Tahap Akhir

Tahap terakhir dari keseluruhan penelitian tugas akhir ini yaitu berupa laporan dan publikasi ilmiah sedemikian rupa sebagai bentuk pertanggungjawaban. Hasil akhir dari penelitian ini merupakan estimasi jumlah penduduk, peta klasifikasi dengan skala 1:2500 beserta dengan laporannya.

### 3.3.2 Diagram Alir Pengolahan Data

Berikut merupakan diagram alir pengolahan data pada penelitian ini :



Gambar 3.3 Diagram Alir Pengolahan Data

Berikut merupakan penjelasan dari diagram pengolahan data :

#### 1. Pengumpulan Data :

- a. **Data foto udara rektifikasi** : data foto udara yang telah didapatkan merupakan data untuk

pembuatan peta dasar Kota Surabaya yang memiliki *Ground Sampling Distance* (GSD) sebesar 0,08 meter yang diambil pada Agustus 2016 dengan ketinggian 750 meter.

- b. **DSM dan DTM Lidar** : data DSM dan DTM LiDAR yang didapatkan merupakan turunan dari *point cloud* LiDAR yang telah diolah. Data DSM dan DTM LiDAR ini memiliki resolusi spasial sebesar 0,25 meter yang diambil pada Agustus 2016
- c. **Data vektor batas area penelitian** : batas area penelitian adalah 2 kompleks perumahan (2 RW) dimana data batas ini didapatkan dari Kantor Kelurahan Menanggal dan Open Street Map (OSM) yang telah divalidasi kepada ketua RW.
- d. **Data sampel penduduk** : Data sampel populasi penduduk diambil masing-masing satu blok setiap RW atau perumahan. Data sampel diambil tiap perumahan didasari oleh karakteristik luasan tiap permukiman yang hampir berbeda. Nilai sampel populasi juga diklasifikasikan berdasarkan tingkat bangunannya.
- e. **Data Referensi Penduduk** : Data referensi penduduk bersumber dari Kantor Kelurahan Menanggal pada tahun 2019. Data tersebut memiliki tingkat terkecil yaitu RT, sehingga analisis perhitungan *error* per-RT dapat dilakukan.

## 2. Pemotongan Citra

Pemotongan citra bertujuan memperkecil luas area citra sehingga mempermudah untuk proses pengolahan selanjutnya.

## 3. Perhitungan nDSM

Dalam tahap ini dilakukan perhitungan nDSM dengan memanfaatkan data DTM dan DSM. Data nDSM merupakan data tinggi suatu objek diatas

permukaan tanah, sehingga bisa didapatkan tinggi bangunan. Perhitungan nDSM dapat menggunakan formula pada persamaan (7).

4. Klasifikasi Metode OBIA

Proses pengolahan klasifikasi menggunakan metode *Object Based Image Analysis* (OBIA) yang bertujuan untuk membedakan antara bangunan tempat tinggal dan bangunan lainnya. Dimana bangunan tempat tinggal tersebut akan dihitung luas daerahnya. Tahap pengerjaan dalam tahap ini akan dijelaskan lebih lanjut dalam subbab 3.3.3.

5. Perhitungan Estimasi Populasi Penduduk

Perhitungan estimasi populasi penduduk berdasar pada hasil klasifikasi *habitable area* yang telah dilakukan. Perhitungan estimasi populasi dilakukan menggunakan dua metode. Metode pertama menggunakan persamaan (9) yang dikemukakan oleh Tomas (2016) yaitu metode matematis demografi. Sedangkan metode kedua menggunakan metode regresi linear pada persamaan (10).

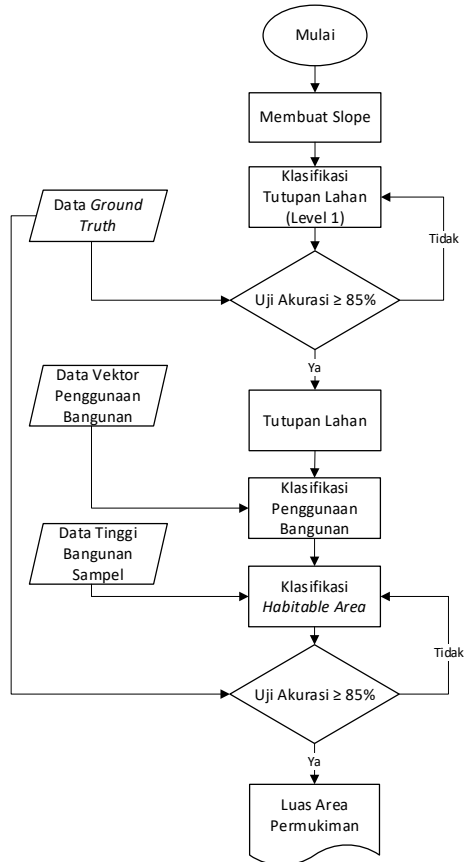
6. Validasi Hasil Estimasi Populasi Penduduk

Dari hasil estimasi populasi penduduk, dilakukan validasi berdasarkan data referensi penduduk dengan menggunakan persamaan-persamaan pada subbab 2.11 yaitu MAE, MAPE, RMSE, dan RRMSE. Dari kedua metode estimasi populasi penduduk tersebut kemudian didapatkan nilai *error* terhadap data referensi.

7. Estimasi Jumlah Populasi Penduduk

Hasil akhir dari penelitian ini yaitu estimasi jumlah populasi penduduk dengan memanfaatkan metode klasifikasi OBIA serta data sampel penduduk. Dari hasil tersebut, kemudian dilakukan analisis terkait dengan data referensi penduduk.

### 3.3.3. Diagram Alir Klasifikasi Berbasis Objek (OBIA)



Gambar 3.4 Diagram Alir Klasifikasi Berbasis Objek

Berikut merupakan penjelasan langkah klasifikasi OBIA :

#### 1. Membuat Slope

Pembuatan *slope* dilakukan untuk membantu mempermudah memisahkan antara objek bangunan dengan objek vegetasi. *Slope* akan dibuat dengan *surface calculation* yang terdapat pada software

pengolah data spasial. Satuan *slope* yang digunakan yaitu persen.

2. Klasifikasi Tutupan Lahan (Level 1)

a. **Segmentasi** : tahap pertama dalam klasifikasi berbasis objek (OBIA) yaitu segmentasi. Segmentasi dilakukan untuk membagi piksel-piksel pada citra dengan tingkat homogenitas tertentu ke dalam sebuah objek. Dalam tahap ini, segmentasi akan menggunakan algoritma *multiresolution segmentation* dengan nilai parameter tertentu agar mendapatkan hasil yang optimal.

b. **Klasifikasi** : klasifikasi akan membuat objek hasil segmentasi memiliki kelas tertentu berdasarkan dengan cirinya. Klasifikasi akan dilakukan dengan metode *rule-based*, dimana akan disusun aturan tertentu agar objek terklasifikasi dengan tepat. Metode *rule-based* memanfaatkan segala ciri dari setiap segmen seperti luasan, nilai piksel rata-rata, fitur bentuk, dan relasinya dengan kelas lain dan tidak perlu menggunakan *training area* seperti metode *sample-based*. Metode lebih memanfaatkan kemampuan interpretasi dari pengguna. Dalam klasifikasi tutupan lahan akan dibagi menjadi 3 kelas yaitu permukaan tanah dan jalan, vegetasi, dan bangunan.

3. Uji Akurasi

Klasifikasi tutupan lahan dan *habitable surface area* akan dilakukan uji akurasi untuk memvalidasi nilai *threshold*. Hasil klasifikasi tutupan lahan akan digunakan sebagai dasar untuk tahap selanjutnya sehingga diperlukan uji akurasi untuk mengetahui tingkat kebenarannya. Sedangkan hasil klasifikasi *habitable area* digunakan sebagai perhitungan estimasi populasi penduduk. Uji akurasi akan

dilakukan dengan menghitung koefisien kappa dan *overall accuracy* terhadap data lapangan (*ground truth*) dengan menggunakan bantuan matriks konfusi. Nilai koefisien kappa minimal 85%. Apabila nilai akurasi tercapai maka dapat dilanjutkan ke tahap selanjutnya.

4. Klasifikasi Penggunaan Lahan Bangunan (Level 2)  
 Dalam perhitungan populasi penduduk, luas kawasan yang dihitung merupakan kawasan permukiman. Untuk itu perlu dilakukan klasifikasi bangunan berdasarkan penggunaannya. Bangunan akan diklasifikasi menjadi tempat tinggal, fasilitas umum, dan komersial (perdagangan dan jasa). Membedakan antara bangunan permukiman dan bangunan lainnya terbilang cukup sulit, fitur bentuk dan tinggi terkadang kurang bisa membedakan penggunaan lahan dalam area penelitian ini. Untuk itu, digunakan data vektor penggunaan lahan bangunan untuk mempermudah klasifikasi penggunaan lahan, dimana data vektor tersebut didapat dari survei lapangan.
5. Klasifikasi *Habitable Area* (Level 3)  
 Dalam tahap sebelumnya bangunan permukiman hanya dianggap memiliki 1 lantai. Kemudian dalam tahap ini, bangunan permukiman diklasifikasi kembali terhadap tingkat bangunannya dengan konsep *habitable surface area* seperti pada gambar 2.10 atau konsep pendekatan volume berdasarkan lantai pada persamaan (11). Pada klasifikasi ini memanfaatkan *threshold* berdasarkan pada ketinggian.
6. Luas Area Permukiman  
 Hasil dari tahap klasifikasi berbasis objek ini adalah luas area permukiman berdasarkan konsep *habitable surface*. Hasil tersebut kemudian akan digunakan untuk melakukan estimasi populasi penduduk.

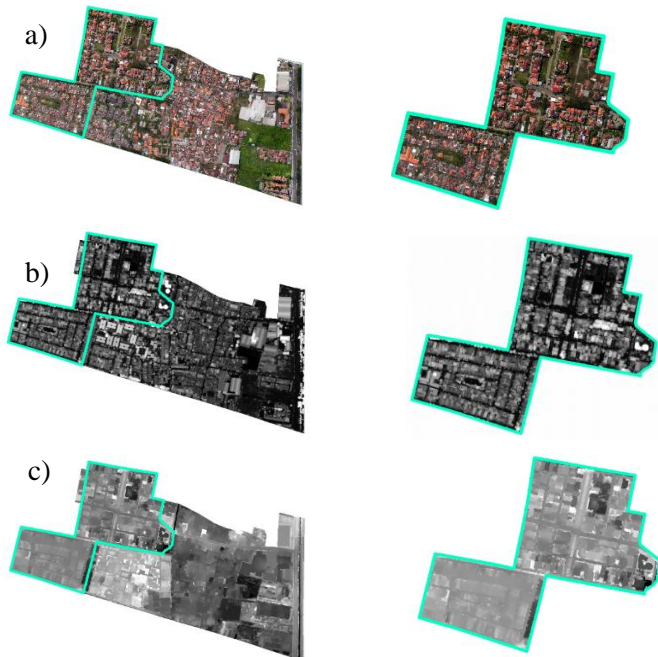


## BAB IV HASIL DAN ANALISIS

### 4.1 Hasil Klasifikasi Berbasis Objek (OBIA)

#### 4.1.1 Pemotongan Data Foto Udara, DSM, dan DTM

Sebelum dilakukan pengolahan, data foto udara, data DSM, dan data DTM dilakukan pemotongan sesuai dengan studi lokasi area penelitian. Tujuan dilakukannya pemotongan ini yaitu agar waktu pengolahan menjadi lebih singkat dan ukuran file menjadi lebih optimal. Berikut merupakan hasil pemotongan data foto udara, DSM, dan DTM :



Gambar 4.1. Hasil Pemotongan (a) Foto Udara; (b) Hasil Pemotongan DSM; (c) Hasil Pemotongan DTM

### 4.1.2 Perhitungan Nilai nDSM

Dalam menentukan tinggi bangunan, dapat menggunakan nilai nDSM. Normalized DSM (nDSM) merupakan gambaran 3 dimensi permukaan bumi dimana permukaan tanah telah dihilangkan, sehingga ketinggian terhadap suatu objek dapat diketahui. Input data yang digunakan dalam perhitungan nDSM ini yaitu data DSM dengan resolusi spasial 0,25 m dan data DTM 0,4 m. Dimana, kedua data ini diturunkan dari data LiDAR Kota Surabaya tahun 2016 yang diperoleh dari Pemerintah Kota Surabaya. Perhitungan nilai nDSM menggunakan persamaan 3. Dari hasil perhitungan, didapatkan nDSM dengan resolusi spasial sebesar 0,4 m dengan nilai terendah 0,001 meter dan tertinggi 27,136 meter. Untuk hasil nDSM yang lebih jelas dapat dilihat pada gambar 4.2 :



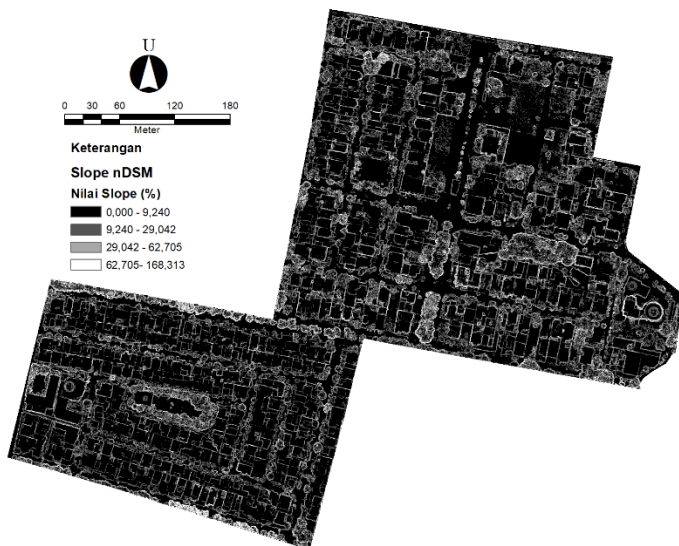
Gambar 4.2. Hasil Perhitungan nDSM

### 4.1.3 Klasifikasi Penutup Lahan (*Level 1*)

Dalam melakukan klasifikasi tutupan lahan dengan metode *Object-Based Image Analysis (OBIA) rule-based*. Dengan menggunakan metode *rule-based*, memungkinkan untuk tidak menggunakan *training area* untuk proses klasifikasi, seperti pada metode *sample-based*. Terdapat beberapa proses yang dilakukan agar mendapatkan hasil yang optimal.

#### a. Pembuatan nDSM Slope

Dalam klasifikasi tutupan lahan, penggunaan ketinggian dan karakteristik nilai piksel hijau kurang berperan maksimal dalam membedakan bangunan dengan vegetasi. Nilai *slope* dapat membantu dalam klasifikasi tersebut. Pembuatan slope dilakukan menggunakan *tool surface calculation* dengan algoritma *percent slope*. Berikut merupakan *slope* yang dihasilkan dari nDSM :



Gambar 4.3. Hasil Pembuatan *Slope*

*Slope* dapat membedakan karakteristik antara kelas bangunan dan vegetasi. Pada gambar 4.4 nilai *slope* yang tinggi ditunjukkan dengan warna putih. Terlihat pada lingkaran hijau terdapat sekumpulan *slope* yang memiliki nilai tinggi sedangkan pada lingkaran merah bersifat sebaliknya. Selain itu, lokasi antar *slope* yang memiliki yang nilai tinggi pada lingkaran hijau lebih berdekatan daripada lingkaran merah. Dimana lingkaran hijau merupakan karakteristik *slope* pada vegetasi dan lingkaran merah karakteristik *slope* pada bangunan. Sehingga, apabila terbentuk suatu objek di area vegetasi, maka nilai rata-rata *slope* akan tinggi.



Gambar 4.4. Karakteristik *Slope* Bangunan (merah) dan Vegetasi (hijau)

#### b. Hasil Segmentasi

Segmentasi merupakan langkah dimana data piksel *input* dimanfaatkan untuk membuat objek yang memiliki tingkat homogenitas tertentu.

Dalam penelitian ini segmentasi dilakukan dengan menggunakan algoritma *multiresolution segmentation* dengan memasukkan beberapa parameter. Terdapat 3 parameter yang digunakan, yaitu parameter skala, bentuk (*shape*), dan kekompakan (*compactness*).

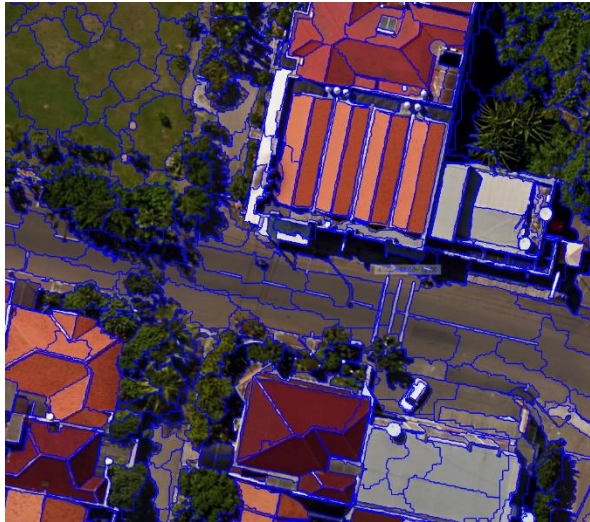
Pada parameter skala, semakin besar nilainya akan menghasilkan objek yang lebih besar sehingga tingkat detail objek akan menjadi lebih kecil. Parameter bentuk (*shape*) mencakup perbandingan antara bentuk dan warna, sedangkan parameter kekompakan (*compactness*) mencakup perbandingan antara kekompakan dan kehalusan. Kedua parameter ini memiliki rentang nilai antara 0 hingga 1, dimana pada parameter bentuk semakin tinggi nilainya maka akan lebih mempengaruhi bobot bentuk dibanding warna dan sebaliknya. Sedangkan pada parameter kekompakan semakin tinggi nilainya memungkinkan objek yang dihasilkan menjadi lebih kompak dan sebaliknya.

Nilai parameter yang digunakan yaitu parameter skala 50, parameter bentuk 0,2 dan parameter kekompakan 0,5. Selain itu, terdapat pembobotan terdapat setiap *layer* dengan nilai *red*, *green*, *blue*, dan *nDSM* masing-masing 1, 1, 1, dan 5. Untuk mendapatkan nilai parameter tersebut dilakukan dengan proses *trial and error*. Berikut merupakan gambar parameter segmentasi :

do		Algorithm parameters	
Algorithm		Parameter	Value
multiresolution segmentation		Overwrite existing level	No
Domain		Level Settings	
pixel level		Level Name	Level 1
Parameter	Value	Segmentation Settings	
Map	From Parent	Image Layer weights	1, 1, 5, 1
Threshold condition	---	blue	1
		green	1
		nDSM	5
		red	1
		Thematic Layer usage	
		Scale parameter	50
		Composition of homogeneity criterion	
		Shape	0.2
		Compactness	0.5

Gambar 4.5 Parameter Segmentasi

Dari proses segmentasi, dihasilkan sejumlah 15.581 objek dengan waktu selama 9 menit 52 detik. Hasil segmentasi cukup baik, dimana objek-objek yang dihasilkan dapat membedakan tiap kelas yang akan diklasifikasi. setiap objek digambarkan dengan poligon dengan *outline* bewarna biru. Berikut merupakan gambaran segmentasi yang dihasilkan.



Gambar 4.6. Sebagian Hasil Segmentasi

Dari gambar 4.6, terlihat bahwa hasil segmentasi dapat menghasilkan objek yang dapat memisahkan antara bangunan dan vegetasi. Begitu pula dengan bangunan dengan jalan dan permukaan tanah. Dan juga memisahkan antara vegetasi dengan jalan dan permukaan tanah.

### c. Hasil Klasifikasi Tutupan Lahan

Proses klasifikasi bertujuan untuk mengelompokkan objek citra hasil segmentasi ke berbagai jenis tutupan lahan, dalam penelitian ini yaitu bangunan, jalan dan permukaan tanah, dan vegetasi.

Klasifikasi dilakukan menggunakan metode OBIA *rule-based* dengan memanfaatkan berbagai macam fitur spektral dan spasial dari setiap objek. Fitur-fitur utama yang digunakan masing-masing kelas dalam klasifikasi tutupan lahan tertera dalam tabel 4.1.

Tabel 4.1 Fitur Utama Klasifikasi Tutupan Lahan

Kelas	Fitur
Jalan dan Permukaan Tanah	Ketinggian
Vegetasi	<i>Slope</i>
	<i>Green Index</i>
Bangunan	Ketinggian
	<i>Red Blue Spectral Index</i>
	Kecerahan
	<i>Different with nDSM</i>
Fitur Tambahan	Relasi antar kelas/objek <i>Enclosed by</i>

Untuk mendapatkan nilai *green index* dan *red blue spectral index* (RBSI) adalah sebagai berikut :

- *Green Index* (Li dkk, 2014) :

$$Green = \frac{4 \times Mean\ Green^2 - Mean\ Red^2 - Mean\ Blue^2}{Mean\ Red^2 + Mean\ Green^2 + Mean\ Blue^2}$$

- *Red Blue Spectral Index* (Comert dan Kaplan, 2018) :

$$RBSI = \frac{Red - Blue}{Red + Blue}$$

Dimana *red*, *green*, dan *blue* masing-masing merupakan nilai piksel merah, hijau, dan biru dari foto udara.

Nilai *threshold* (ambang batas) untuk setiap kelas klasifikasi didapatkan dengan interpretasi ciri berdasarkan rona, warna, bentuk, dan ukuran. Pertama, untuk kelas jalan dan permukaan tanah menggunakan

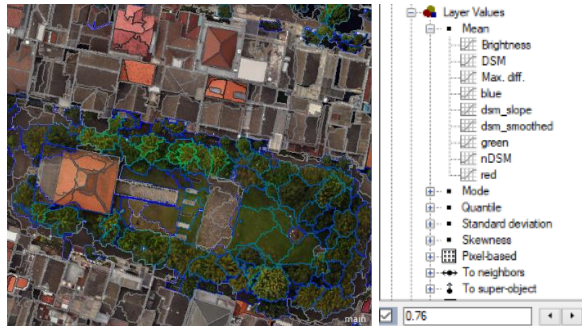
interpretasi ukuran, dimana memiliki ketinggian yang cenderung lebih rendah dibanding kelas yang lainnya. Kedua, pada kelas vegetasi, menggunakan interpretasi rona dan warna. Vegetasi memiliki warna hijau yang dominan dengan rona gelap. Sedangkan kelas bangunan menggunakan interpretasi rona, warna, dan bentuk. Bangunan umumnya berbentuk persegi atau persegi panjang dengan warna yang bermacam-macam. Seperti merah bata, abu-abu, putih, dan hijau dengan rona yang lebih terang dibanding dengan vegetasi. Gambar 4.7 mengilustrasikan interpretasi antar kelas.



Gambar 4.7 Interpretasi Antar Kelas; Bangunan (merah); Vegetasi (Hijau); Jalan dan Permukaan Tanah (Abu-abu)

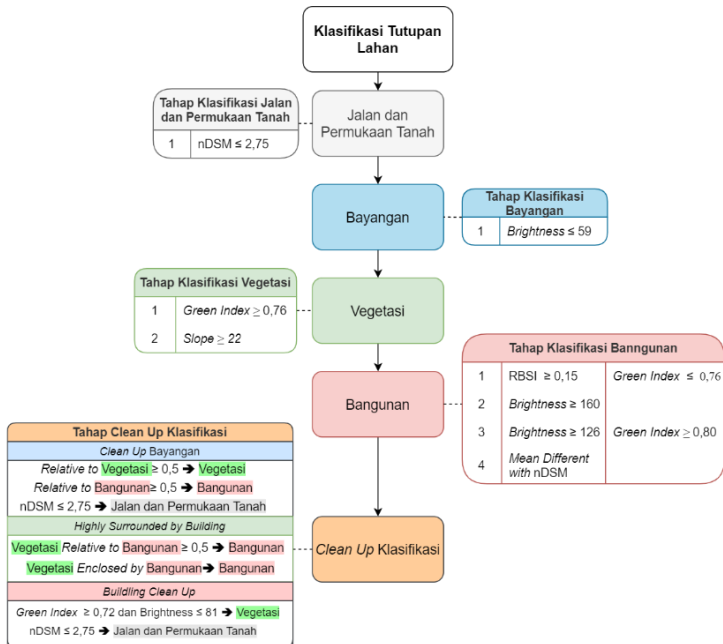
Foto udara dan nDSM memudahkan untuk interpretasi *threshold* dan pengecekan awal nilai *threshold* melalui *feature view tool*. Validasi akhir nilai *threshold* akan dilakukan pada tahap uji akurasi klasifikasi pada subbab 4.3.2. Titik uji yang digunakan merupakan data *ground truth* yang diambil di lapangan. Gambar 4.8 menunjukkan interpretasi serta pengecekan awal nilai *threshold*, yaitu vegetasi dengan *green index*  $\geq 0,76$ .





Gambar 4.8 Interpretasi dan Pengecekan Awal Nilai *Threshold*

Hasil akhir dari klasifikasi tutupan lahan ini terdiri dari tiga kelas yaitu vegetasi, bangunan, dan jalan dan permukaan tanah. Tahapan klasifikasi tutupan lahan diatas dijelaskan melalui *ruleset* pada gambar 4.9.



Gambar 4.9 *Ruleset* Klasifikasi Tutupan Lahan

Penjelasan dari *ruleset* klasifikasi pada gambar 4.9 adalah sebagai berikut :

Tahapan pertama klasifikasi tutupan lahan yaitu membuat kelas jalan dan permukaan tanah dengan memanfaatkan nilai nDSM pada objek sebesar  $\leq 2,75$ . Jika diinterpretasi berdasarkan bentuknya, jalan dan permukaan tanah dalam lokasi penelitian memiliki nilai ketinggian yang rendah. Pada gambar 4.10 memperlihatkan contoh klasifikasi jalan dan permukaan tanah dengan memanfaatkan nDSM.



Gambar 4.10 Contoh Klasifikasi Jalan dan Permukaan Tanah (Abu-Abu)

Tahapan kedua yaitu melakukan klasifikasi daerah gelap menjadi bayangan. Klasifikasi ini berdasarkan interpretasi rona memanfaatkan nilai *brightness* atau kecerahan pada objek sebesar  $\leq 59$ . Klasifikasi bayangan digunakan untuk meminimalisir *error* terhadap hasil akhir klasifikasi. Sehingga dalam proses akhir klasifikasi, bayangan akan diklasifikasi kembali menyesuaikan dengan relasi dengan kelas terdekat. Poligon dengan hitam pada gambar 4.11 akan diklasifikasi menjadi bayangan memanfaatkan fitur kecerahan.



Gambar 4.11 Contoh Klasifikasi Bayangan (Hitam)

Tahapan ketiga yaitu klasifikasi vegetasi baik pohon maupun rumput. Klasifikasi vegetasi didasari oleh interpretasi warna dan ukuran. Pada interpretasi warna, fitur yang digunakan adalah *green index* sebesar  $\geq 0,76$  karena vegetasi memiliki warna hijau yang tinggi. Sedangkan pada interpretasi ukuran memanfaatkan nilai *slope* dari nDSM sebesar  $\geq 22$ . Fitur *slope* diharapkan dapat mempermudah membedakan antara pohon tinggi dengan bangunan. Gambar 4.12 menunjukkan bahwa poligon dengan warna hijau diklasifikasi menjadi vegetasi melalui fitur *green index* dan *slope*. Namun, terdapat bangunan yang berwarna hijau terklasifikasi menjadi vegetasi.



Gambar 4.12 Contoh Klasifikasi Vegetasi (Hijau)

Salah satu langkah penting dalam estimasi populasi penduduk dalam penelitian ini yaitu dengan melakukan klasifikasi bangunan secara akurat. Tahap pertama dalam klasifikasi bangunan dipenelitian ini yaitu menggunakan *Red Blue Spectral Index (RBSI)*. Dengan interpretasi warna dengan nilai RBSI sebesar  $\geq 0,15$  dan *green index*  $\leq 0,76$  maka bangunan yang memiliki atap berwarna merah bata dapat terklasifikasi dengan baik. Selanjutnya, klasifikasi bangunan melalui interpretasi rona dengan nilai *brightness* sebesar  $\geq 160$  untuk melakukan klasifikasi pada bangunan yang memiliki warna putih. Pada gambar 4.13 menunjukkan contoh hasil klasifikasi bangunan. Terlihat bahwa bangunan yang terklasifikasi menjadi bangunan belum berubah.



Gambar 4.13 Contoh Klasifikasi Bangunan Tahap 1 (Merah)

Dalam area penelitian ini, terdapat beberapa bangunan yang memiliki atap berwarna hijau. Nilai yang membedakan atap berwarna hijau dengan vegetasi yaitu nilai *brightness* vegetasi cenderung lebih kecil (gelap). Sehingga memanfaatkan interpretasi rona dan warna, kombinasi antara nilai indeks *green*  $\geq 0,8$  dan *brightness*  $\geq 126$  dapat melakukan klasifikasi terhadap beberapa bangunan atap yang berwarna hijau. Poligon merah pada gambar 4.14 menunjukkan klasifikasi

bangunan. Terlihat bahwa bangunan yang sebelumnya terklasifikasi menjadi vegetasi pada gambar 4.13, beberapa sudah menjadi kelas bangunan.



Gambar 4.14 Contoh Klasifikasi Bangunan Tahap 2 (Merah)

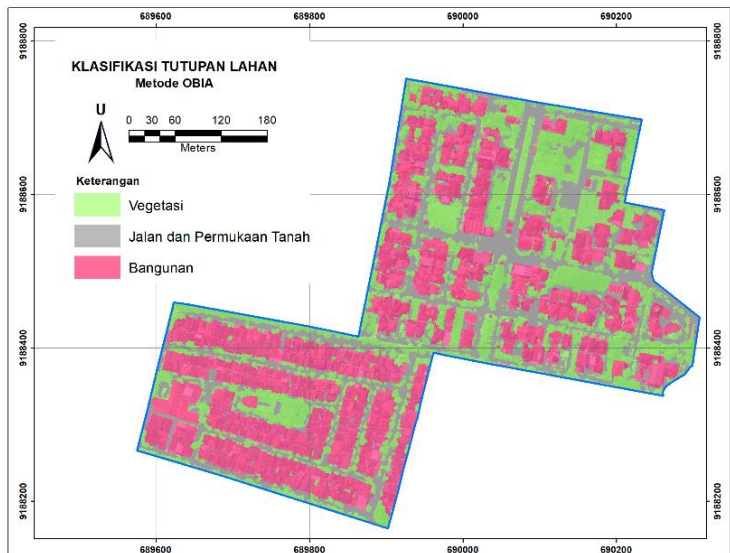
Tahap terakhir yaitu melakukan *clean up* hasil klasifikasi, hal ini bertujuan untuk mengurangi kesalahan klasifikasi yang terjadi. Langkah pertama *clean up* yaitu dengan merubah klasifikasi bayangan menjadi suatu kelas tutupan lahan berdasarkan kelas terdekat atau relasi antar kelas menggunakan fitur *relative to*. Kemudian kelas vegetasi yang sepenuhnya dikelilingi oleh kelas bangunan akan diklasifikasi menjadi kelas bangunan. Langkah tersebut dalam penelitian ini dinamakan *highly surrounded by building* yang memanfaatkan fitur *relative to* dan *enclosed by*. Namun, dalam langkah ini menyebabkan beberapa objek yang seharusnya merupakan vegetasi berubah menjadi kelas bangunan. Sehingga langkah terakhir dalam proses *clean up* yaitu memanfaatkan interpretasi warna dengan mengevaluasi kelas bangunan yang memiliki nilai spektral  $green\ index \geq 0,8$  dan  $brightness \leq 81$  untuk menjadi kelas vegetasi. Gambar 4.15 merupakan salah satu contoh hasil proses *clean up*.

Terlihat bahwa bangunan dengan atap hijau hampir terklasifikasi sebagai bangunan secara sempurna, karena masih terdapat objek yang terklasifikasi sebagai vegetasi.



Gambar 4.15 Contoh Hasil Proses *Clean Up*

Gambar 4.16 merupakan hasil dari klasifikasi tutupan lahan, daerah berwarna merah merupakan kelas bangunan, hijau merupakan kelas vegetasi, dan abu-abu merupakan kelas jalan dan permukaan tanah.



Gambar 4.16 Hasil Klasifikasi Tutupan Lahan

Dari hasil klasifikasi tutupan lahan tersebut, luas bangunan mendominasi dibandingkan dengan luasan tutupan lahan dari kelas lainnya. Berikut merupakan hasil luas dari setiap kelas tutupan lahan :

Tabel 4.2 Hasil Luas Klasifikasi Tutupan Lahan

Kelas	Luas (m <sup>2</sup> )
Bangunan	92.380,243
Jalan dan Permukaan Tanah	48.013,476
Vegetasi	62.517,146

#### 4.1.4 Klasifikasi Penggunaan Lahan Bangunan (*Level 2*)

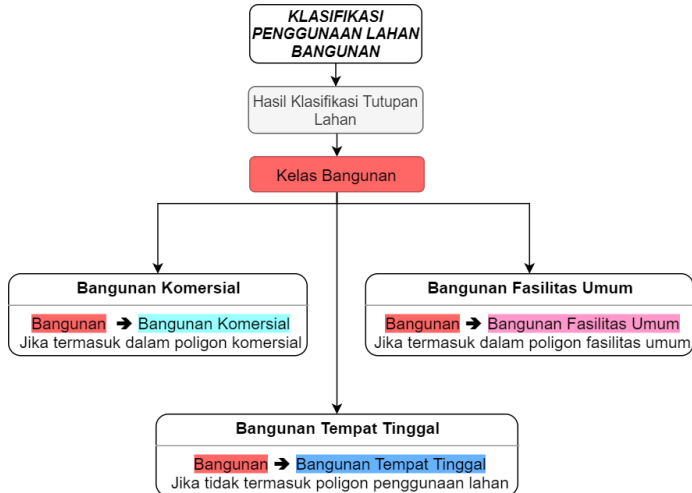
Klasifikasi penggunaan lahan bangunan dalam penelitian ini menggunakan bantuan dari data vektor (*thematic layer*). Data vektor yang digunakan merupakan digitasi bangunan daerah komersial (perdagangan dan jasa) dan fasilitas umum berdasarkan survei lapangan. Contoh bangunan daerah komersial yaitu ruko dan minimarket, sedangkan bangunan fasilitas umum yaitu tempat peribadatan, balai masyarakat, dan pos keamanan. Gambar 4.17 merupakan contoh survei penggunaan lahan bangunan pada area penelitian.



Gambar 4.17 Dokumentasi Klasifikasi Penggunaan Bangunan; (a) Ruko; (b) Masjid

Penggunaan data vektor ini didasari karena sulit untuk membedakan antara bangunan permukiman dengan penggunaan lahan lainnya jika hanya berdasarkan

kenampakan visual foto udara dan nilai ketinggian bangunan. Klasifikasi dilakukan dengan metode *rule-based*. Tahapan klasifikasi digambarkan dalam *ruleset* yang tertera pada gambar 4.18.



Gambar 4.18 *Ruleset* Klasifikasi Penggunaan Lahan

Berikut merupakan penjelasan *ruleset* klasifikasi pada gambar 4.18 :

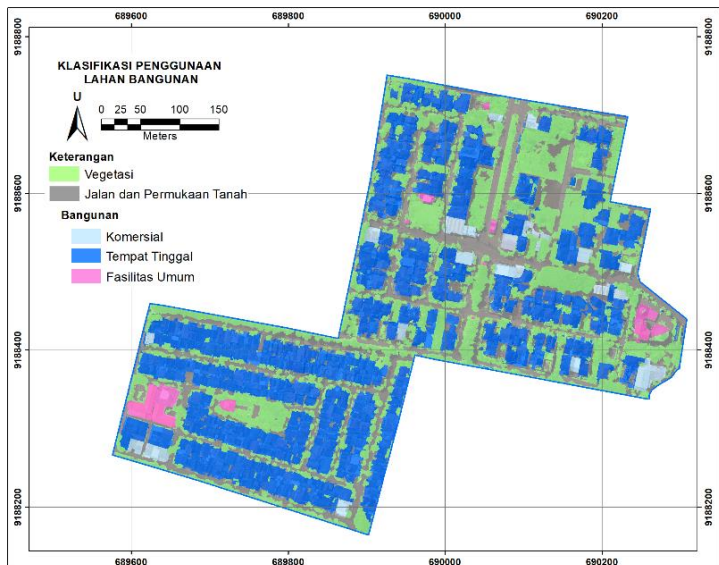
Tahapan pertama yaitu melakukan salinan hasil klasifikasi tutupan lahan kedalam *level* baru. Hal ini bertujuan agar hasil klasifikasi penutup lahan dan penggunaan lahan tidak tercampur. Kemudian dilanjutkan dengan klasifikasi penggunaannya berdasarkan pada data vektor yang telah dimasukkan yaitu komersial (perdagangan dan jasa) dan fasilitas umum. Bangunan yang tidak termasuk dalam data vektor akan penggunaan lahan akan diklasifikasikan sebagai bangunan tempat tinggal. Dengan langkah tersebut dihasilkan total 3 kelas turunan dari kelas bangunan yaitu bangunan tempat tinggal, bangunan komersial (perdagangan dan jasa), dan bangunan fasilitas umum seperti pada Gambar 4.19.





Gambar 4.19 Contoh Hasil Klasifikasi Penggunaan Lahan

Gambar 4.20 merupakan hasil dari klasifikasi penggunaan lahan bangunan, daerah berwarna biru merupakan bangunan tempat tinggal, merah muda merupakan fasilitas umum, dan biru muda merupakan komersial.



Gambar 4.20 Hasil Klasifikasi Penggunaan Lahan Bangunan

Dari hasil klasifikasi penggunaan lahan bangunan, bangunan tempat tinggal mendominasi dengan 40% luasan pada area penelitian. Rincian luasan hasil klasifikasi penggunaan lahan bangunan tertera pada tabel 4.3.

Tabel 4.3 Luasan Hasil Klasifikasi Penggunaan Lahan

Kelas	Luas (m <sup>2</sup> )
Vegetasi	62.517,151
Permukaan Tanah dan Jalan	48.013,476
Tempat Tinggal	81.930,978
Komersial	6.560,262
Fasilitas Umum	3.888,998

#### 4.1.5 Klasifikasi *Habitable Surface Area (Level 3)*

Pada tahap *level 3*, dilakukan klasifikasi yang membedakan bangunan tempat tinggal berdasarkan lantainya. Proses klasifikasi ini tetap menggunakan metode *OBIA rule-based*, dimana *threshold* (nilai batas) dari ketinggian bangunan didapatkan dari Standard Nasional Indonesia (SNI) dan *zonal statistic* rata-rata.

Menurut SNI 03-1733-2004 tentang Tata Cara Perencanaan Lingkungan Perumahan di Perkotaan, tinggi plafon minimal dari bangunan tempat tinggal adalah 2,5 m. Namun, data nDSM merupakan data tampak atas sehingga ketinggian yang diperoleh merupakan ketinggian hingga atap bangunan. Untuk itu, dilakukan proses *trial and error* untuk menentukan nilai yang pantas dari tinggi bangunan permukiman minimal, dimana nilai yang didapatkan adalah 3 meter. Bangunan tempat tinggal yang tidak memenuhi kriteria tinggi minimal ini akan diklasifikasi menjadi *non-habitable surface*. *Non-habitable* dapat berupa gazebo, halaman belakang dan depan rumah, garasi, dan mobil atau kendaraan lain yang terklasifikasi menjadi bangunan.



Gambar 4.21 *Habitable Surface* (Coklat dan Krem) dan *Non-Habitable Surface* (Hitam)

Gambar 4.22 memperlihatkan salah satu contoh gambar proses mendapatkan nilai minimal permukiman, terdapat garasi dan mobil yang terklasifikasi menjadi bangunan dengan nilai tinggi 2,983 meter.



Gambar 4.22. Pencarian *Threshold Non-Habitable*

Bangunan permukiman dalam area penelitian hanya memiliki maksimal 2 lantai. Untuk mengklasifikasi permukiman 1 lantai dan 2 lantai berdasarkan konsep pada persamaan (11), dibutuhkan *threshold*. *Threshold* antara bangunan 1 lantai dan 2 lantai didapatkan dari proses digitasi manual dari bangunan sampel, kemudian dilakukan proses *zonal statistics* rata-rata. Proses digitasi didasari oleh banyaknya lantai, sehingga apabila terdapat rumah yang bertingkat 2 hanya sebagian dari keseluruhan rumah maka akan terdapat dua atau lebih *polygon* dalam satu rumah.

Dari hasil proses *zonal statistic*, didapatkan batas antara permukiman 1 lantai dan 2 lantai adalah 6,1 meter, terlihat pada tabel 4.4 dan 4.5 (baris hijau). Dimana nilai  $< 6,1$  meter adalah bangunan lantai 1 dan nilai  $\geq 6,1$  meter merupakan bangunan 2 lantai. Berikut merupakan tabel hasil *zonal statistic* yang telah dilakukan :

**Tabel 4.4 Hasil *Zonal Statistics* Permukiman 1 Lantai**

No	Tingkat	Alamat	Tinggi Rata-rata (m)
1	1	Wisma Menanggal IV/18-20	5,741
2	1	Wisma Menanggal V/3	4,443
3	1	Wisma Menanggal V/5	4,437
4	1	Wisma Menanggal V/7	4,240
5	1	Wisma Menanggal V/9	4,406
6	1	Wisma Menanggal V/11	5,195
7	1	Wisma Menanggal V/13	4,520
8	1	Wisma Menanggal IV/16	5,186
9	1	Wisma Menanggal IV/12	4,908
10	1	Wisma Menanggal IV/10	4,051
11	1	Wisma Menanggal IV/8	4,233
12	1	Wisma Menanggal IV/6	4,683
13	1	Gayungsari Timur MGG/03	5,408
14	1	Gayungsari Timur MGG/02	4,839
15	1	Gayungsari Timur MGG/01	6,062
16	1	Gayungsari Timur MGG/12	4,804
17	1	Gayungsari Timur MGG/08	5,220
18	1	Gayungsari Timur MGG/07	4,952
19	1	Gayungsari Timur MGG/10	5,516
20	1	Gayungsari Timur MGG/09	4,783
21	1	Gayungsari Timur MGG/06	4,834

Tabel 4.5 Hasil *Zonal Statistics* Permukiman 2 Lantai

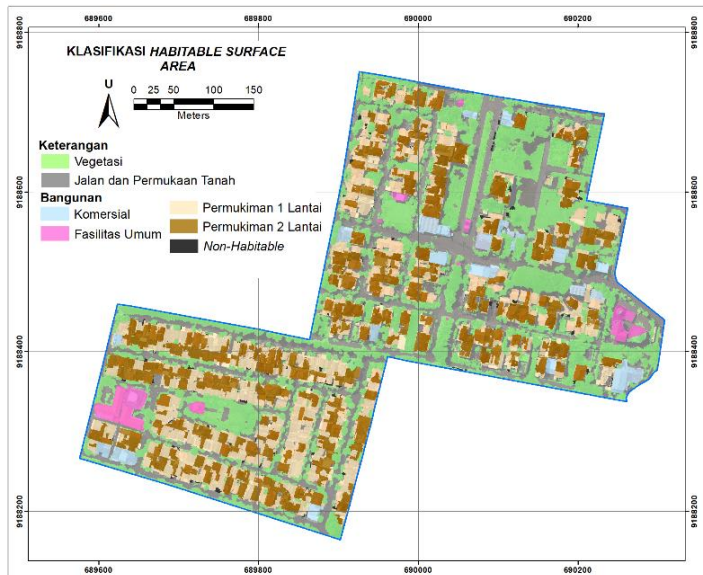
No	Tingkat	Alamat	Tinggi Rata-rata (m)
1	2	Wisma Menanggal V/5	6,381
2	2	Wisma Menanggal V/7	6,305
3	2	Wisma Menanggal V/17	7,062
4	2	Wisma Menanggal III/8	6,356
5	2	Wisma Menanggal IV/14	6,111
6	2	Wisma Menanggal V/19	6,107
7	2	Wisma Menanggal IV/8	6,516
8	2	Wisma Menanggal V/1	6,902
9	2	Wisma Menanggal IV/2-4	7,468
10	2	Gayungsari Timur MGG/04	7,815
11	2	Gayungsari Timur MGG/05	6,176
12	2	Gayungsari Timur MGG/11	9,188
13	2	Gayungsari Timur MGG/09	7,018
14	2	Gayungsari Timur MGG/01	8,552
15	2	Gayungsari Timur MGG/02	7,621

Dari hasil *zonal statistics* tersebut, dilanjutkan ke tahap klasifikasi OBIA *rule-based* dengan *ruleset* pada gambar 4.21. Pada *ruleset* tersebut, bangunan tempat tinggal dengan ketinggian  $< 6,1$  meter diklasifikasi menjadi permukiman 1 lantai dan  $\geq 6,1$  meter menjadi permukiman 2 lantai. Sedangkan bangunan  $\leq 3$  m tidak ikut dalam perhitungan populasi penduduk dan akan diklasifikasi menjadi *non-habitable*.



Gambar 4.23 Ruleset Klasifikasi *Habitable Area*

Gambar 4.22 merupakan hasil dari klasifikasi *habitable surface*, daerah berwarna coklat tua merupakan kelas bangunan 2 lantai dan daerah berwarna coklat muda merupakan kelas bangunan 1 lantai.



Gambar 4.24 Hasil Klasifikasi *Habitable Area*

Dari hasil klasifikasi *habitable area*, dihasilkan luasan permukiman 1 lantai dan 2 lantai masing-masing 38.874,918 m<sup>2</sup> dan 41.933,939 m<sup>2</sup>. Untuk rincian hasil luasan yang lebih jelas terdapat pada tabel 4.6.

Tabel 4.6 Luasan Hasil Klasifikasi Habitable Area

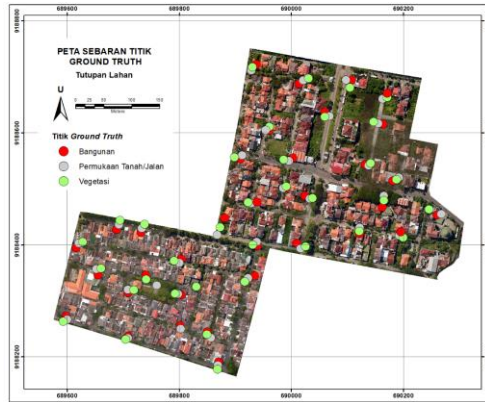
Kelas	Luas (m <sup>2</sup> )
Vegetasi	62.517,151
Permukaan Tanah dan Jalan	48.013,476
Permukiman 1 Lantai	38.874,918
Permukiman 2 Lantai	41.933,939
<i>Non-Habitable</i>	1.122,125
Komersial	6.560,262
Fasilitas Umum	3.888,998

#### 4.1.6 Hasil Pengambilan Titik *Ground Truth*

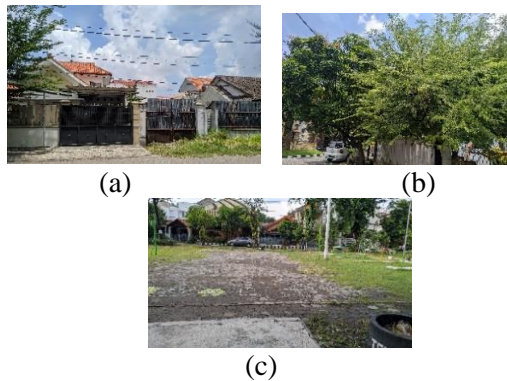
Pengambilan *ground truth* yang dilakukan berupa pengambilan foto dan koordinat di lapangan dari objek yang terklasifikasi, hal ini dilakukan untuk mengetahui keakuratan hasil klasifikasi citra. Dari seluruh area penelitian, diambil total 175 titik *ground truth* yang disebar secara acak. Dimana dari 175 titik tersebut terbagi menjadi dua tujuan, 105 titik untuk klasifikasi tutupan lahan dan 70 titik untuk klasifikasi *habitable surface area*. Berikut merupakan rincian titik *ground truth* yang diambil :

1. Klasifikasi Tutupan Lahan :
  - ❖ 35 titik sampel untuk kelas bangunan
  - ❖ 35 titik sampel untuk kelas vegetasi
  - ❖ 35 titik sampel untuk kelas permukaan tanah dan jalan.
2. Klasifikasi *Habitable Surface Area* :
  - ❖ 35 titik sampel untuk kelas permukiman 1 lantai
  - ❖ 35 titik sampel untuk kelas permukiman 2 lantai

Pengambilan *ground truth* digunakan sebagai uji akurasi klasifikasi tutupan lahan dan *habitable surface*. Klasifikasi tutupan lahan merupakan dasar klasifikasi, sedangkan klasifikasi *habitable surface* dimanfaatkan untuk estimasi populasi. Lokasi sebaran *ground truth* klasifikasi tutupan lahan dapat dilihat pada gambar 4.24 dan gambar 4.26 untuk *ground truth* klasifikasi *habitable surface area*.

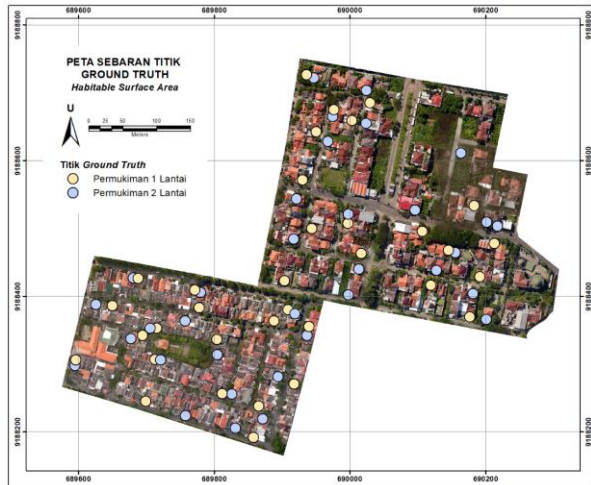


Gambar 4.25 Sebaran Sampel *Ground truth* Klasifikasi Tutupan Lahan



Gambar 4.26 Contoh *Ground Truth* Tutupan Lahan (a) Bangunan; (b) Vegetasi; (c) Jalan dan Permukaan Tanah





Gambar 4.27. Sebaran Sampel *Ground truth* Klasifikasi *Habitable Surface Area*



Gambar 4.28 Contoh *Ground Truth Habitable Surface*,  
(a) 1 Lantai; (b) 2 Lantai

## 4.2 Hasil Estimasi Populasi Penduduk

### 4.2.1 Hasil Pengambilan Sampel Penduduk

Pengambilan sampel pada masing-masing kompleks perumahan dilakukan dengan menentukan satu blok secara acak. Pada kompleks perumahan Gayungsari Timur, dilakukan pada blok MGG dengan jumlah rumah sebanyak 12 dan sampel penduduk sejumlah 25 orang. Total penduduk yang berada dalam rumah 1 lantai sejumlah 9 orang dan rumah 2 lantai sejumlah 16 orang.

Berikut merupakan rincian hasil pengambilan data sampel pada kompleks perumahan Gayungsari Timur :

Tabel 4.7 Sampel Penduduk Gayungsari Timur

No	Alamat	Jumlah Penghuni	Jenis Rumah
1	Gayungsari Timur MGG/01	4	Bangunan 2 Lantai (Setengah)
2	Gayungsari Timur MGG/02	0	Bangunan 2 Lantai (Setengah)
3	Gayungsari Timur MGG/03	0	Bangunan 1 Lantai
4	Gayungsari Timur MGG/04	0	Bangunan 2 Lantai
5	Gayungsari Timur MGG/05	0	Bangunan 2 Lantai
6	Gayungsari Timur MGG/06	2	Bangunan 1 Lantai
7	Gayungsari Timur MGG/07	5	Bangunan 1 Lantai
8	Gayungsari Timur MGG/08	0	Bangunan 2 Lantai
9	Gayungsari Timur MGG/09	4	Bangunan 2 Lantai (Setengah)
10	Gayungsari Timur MGG/10	2	Bangunan 1 Lantai
11	Gayungsari Timur MGG/11	8	Bangunan 2 Lantai
12	Gayungsari Timur MGG/12	0	Bangunan 1 Lantai
Jumlah		25	

Pada kompleks perumahan Wisma Menanggal pengambilan sampel dilakukan disekitar Wisma Menanggal IV dengan jumlah rumah 18 dan hasil sampel penduduk sejumlah 50 orang. Total penduduk yang berada dalam rumah 1 lantai sejumlah 17 orang dan rumah 2 lantai sejumlah 33 orang. Berikut merupakan rincian hasil pengambilan sampel pada kompleks perumahan Wisma Menanggal :

Tabel 4.8 Sampel Penduduk Gayungsari Timur

No	Alamat	Jumlah Penghuni	Jenis Rumah
1	Wisma Menanggal IV/18-20	9	Bangunan 1 Lantai
2	Wisma Menanggal IV/16	2	Bangunan 1 Lantai
3	Wisma Menanggal IV/14	5	Bangunan 2 Lantai
4	Wisma Menanggal IV/12	0	Bangunan 1 Lantai
5	Wisma Menanggal IV/10	2	Bangunan 1 Lantai
6	Wisma Menanggal IV/8	4	Bangunan 2 Lantai (Setengah)
7	Wisma Menanggal IV/6	0	Bangunan 1 Lantai
8	Wisma Menanggal IV/2-4	0	Bangunan 2 Lantai
9	Wisma Menanggal V/1	5	Bangunan 2 Lantai
10	Wisma Menanggal V/3	4	Bangunan 1 Lantai
11	Wisma Menanggal V/5	5	Bangunan 2 Lantai (Setengah)
12	Wisma Menanggal V/7	5	Bangunan 2 Lantai (Setengah)
13	Wisma Menanggal V/9	0	Bangunan 1 Lantai
14	Wisma Menanggal V/11	0	Bangunan 1 Lantai
15	Wisma Menanggal V/13	0	Bangunan 1 Lantai
16	Wisma Menanggal V/17	4	Bangunan 2 Lantai
17	Wisma Menanggal V/19	5	Bangunan 2 Lantai (Setengah)
18	Wisma Menanggal III/8	0	Bangunan 2 Lantai
Jumlah		50	

#### 4.2.2 Perhitungan Estimasi Populasi Penduduk

Perhitungan Estimasi akan dilakukan dengan menggunakan dua metode, yaitu metode matematis demografi dan metode regresi linear sederhana pada masing-masing perumahan. Hal tersebut dikarenakan luasan rumah dari perumahan Gayungsari Timur lebih besar. Dalam perhitungan kedua metode ini, sampel

rumah yang tidak berpenghuni tetap diikutsertakan, karena tidak semua rumah dalam area penelitian ini berpenghuni, sehingga diharapkan dapat memberikan pemerataan pada area yang tidak berpenghuni.

### 1. Model Metode Matematis Demografi

Metode ini digunakan oleh Tomás (2016) pada persamaan (8) dan (9). Sebelum melakukan estimasi, diperlukan angka kepadatan terlebih dahulu. Angka kepadatan didapatkan dari perhitungan antara jumlah penduduk per luas permukiman pada area sampel. Berdasarkan hasil klasifikasi OBIA, didapatkan nilai luas sampel pada tabel 4.9.

Tabel 4.9 Luas Sampel Hasil OBIA

	Gayungsari Timur	Wisma Menanggal
Luas 1 Lantai (m <sup>2</sup> )	1255,987	2335,245
Luas 2 Lantai (m <sup>2</sup> )	2285,517	1517,120
<b>Luas Total (m<sup>2</sup>)</b>	<b>3541,504</b>	<b>3852,365</b>

Dari luas tersebut, kemudian dilakukan perhitungan kepadatan penduduk pada setiap kompleks perumahan pada tabel 4.10. Jumlah penduduk sampel dapat dilihat pada subbab 4.2.1.

Tabel 4.10 Kepadatan Penduduk Tiap Kompleks

	Gayungsari Timur	Wisma Menanggal
<b>Kepadatan Penduduk (Jiwa/m<sup>2</sup>)</b>	0,00706	0,01298

Dengan didapatkannya angka kepadatan penduduk, maka estimasi jumlah penduduk dapat dilakukan. Berikut merupakan hasil dari estimasi

jumlah penduduk metode matematika sederhana. Tabel 4.11 menunjukkan hasil estimasi penduduk pada kompleks perumahan Gayungsari Timur, sedangkan tabel 4.12 merupakan hasil estimasi penduduk pada kompleks perumahan Wisma Menanggal.

Tabel 4.11 Hasil Estimasi Penduduk Metode Matematis Demografi Gayungsari Timur

<b>RT</b>	<b>Data Referensi</b>	<b>Luas Total (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Estimasi</b>
<b>1</b>	124	17648,980	125
<b>2</b>	106	16816,351	119
<b>3</b>	136	28946,611	204
<b>Total</b>	366		448

Dari hasil estimasi, kompleks perumahan Gayungsari Timur memiliki jumlah estimasi populasi penduduk sebanyak 448 jiwa. Data referensi didapatkan dari Kantor Kelurahan Menanggal. Terdapat perbedaan dibandingkan dengan nilai referensi yaitu 366.

Tabel 4.12 Hasil Estimasi Penduduk Metode Matematis Demografi Wisma Menanggal

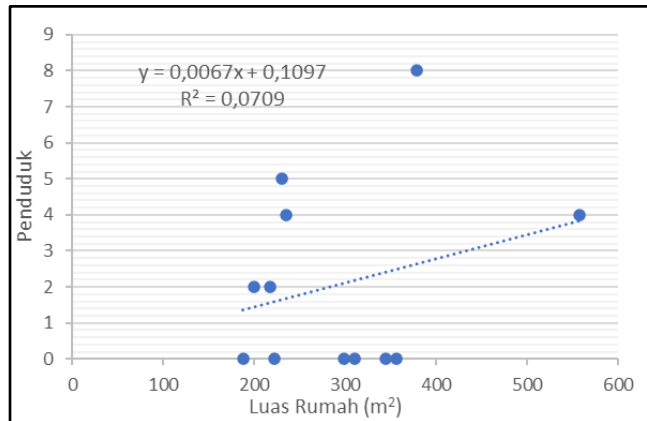
<b>RT</b>	<b>Data Referensi</b>	<b>Luas Total (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Estimasi</b>
<b>1</b>	172	7724,814	100
<b>2</b>	255	11802,982	153
<b>3</b>	132	7372,067	96
<b>4</b>	160	7035,660	91
<b>5</b>	116	7747,488	101
<b>6</b>	201	9048,872	117
<b>7</b>	212	8598,839	112
<b>Total</b>	1248		770

Dari hasil estimasi, kompleks perumahan Wisma Menanggal memiliki jumlah estimasi populasi penduduk sebanyak 770 jiwa. Data referensi didapatkan dari Kantor Kelurahan Menanggal. Terdapat perbedaan yang cukup jauh dibandingkan dengan nilai referensi yaitu 1248 jiwa.

## 2. Model Regresi Linear

Model regresi linear memanfaatkan luasan tiap rumah pada wilayah sampel dan jumlah penduduk tiap rumah.

Berikut merupakan pembuatan model regresi pada kompleks perumahan Gayungsari Timur. Didapatkan persamaan regresi  $Y = 0,0067x + 0,1097$  yang akan digunakan untuk estimasi. Dari persamaan tersebut, menghasilkan koefisien determinasi yang kecil yaitu 0,0709 dan koefisien korelasi 0,27.



Gambar 4.29 Model Estimasi Penduduk Regresi Linear Gayungsari Timur

Dari persamaan regresi pada gambar 4.29, dilakukan estimasi jumlah populasi penduduk pada wilayah yang sama. Tabel 4.13 menunjukkan hasil

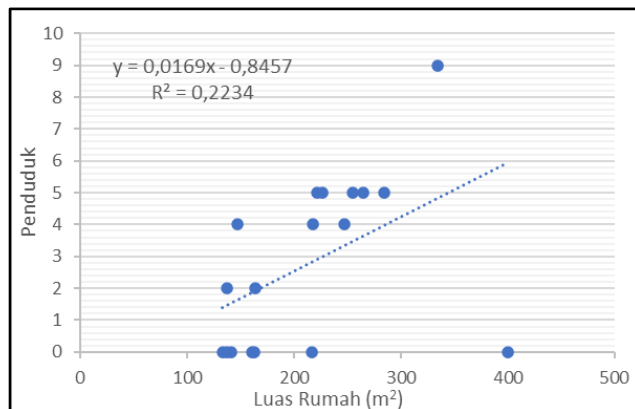
estimasi populasi penduduk pada wilayah kompleks perumahan Gayungsari Timur.

Tabel 4.13 Hasil Estimasi Penduduk Metode Regresi Linear Sederhana Perumahan Gayungsari Timur

RT	Data Referensi	Luas Total (m <sup>2</sup> )	Estimasi
1	124	17648,980	118
2	106	16816,351	113
3	136	28946,611	194
<b>Total</b>	366		425

Dari hasil estimasi, kompleks perumahan Gayungsari Timur memiliki jumlah estimasi populasi penduduk sebanyak 425 jiwa. Terdapat perbedaan dibandingkan dengan nilai referensi yaitu 366.

Berikut merupakan pembuatan model regresi pada kompleks perumahan Wisma Menanggal. Didapatkan persamaan regresi  $Y = 0,0169x - 0,8457$  yang akan digunakan untuk estimasi. Dari persamaan tersebut, menghasilkan koefisien determinasi yang kecil yaitu 0,2234 dan koefisien korelasi 0,47.



Gambar 4.30 Model Estimasi Penduduk Regresi Linear Wisma Menanggal

Persamaan regresi kompleks Wisma Menanggal ditunjukkan pada gambar 4.30, kemudian dilakukan estimasi jumlah populasi penduduk. Tabel 4.14 menunjukkan hasil estimasi populasi penduduk pada kompleks perumahan Wisma Menanggal.

Tabel 4.14 Hasil Estimasi Penduduk Metode Regresi Linear Sederhana Perumahan Wisma Menanggal

RT	Data Referensi	Luas Total (m <sup>2</sup> )	Estimasi
1	172	7724,814	130
2	255	11802,982	199
3	132	7372,067	124
4	160	7035,660	118
5	116	7747,488	130
6	201	9048,872	152
7	212	8598,824	144
<b>Total</b>	1248		997

Dari hasil estimasi dengan metode regresi linear, kompleks perumahan Wisma Menanggal memiliki jumlah estimasi populasi penduduk sebanyak 997 jiwa. Data referensi didapatkan dari Kantor Kelurahan Menanggal. Terdapat perbedaan yang cukup jauh dibandingkan dengan nilai referensi yaitu 1248 jiwa.

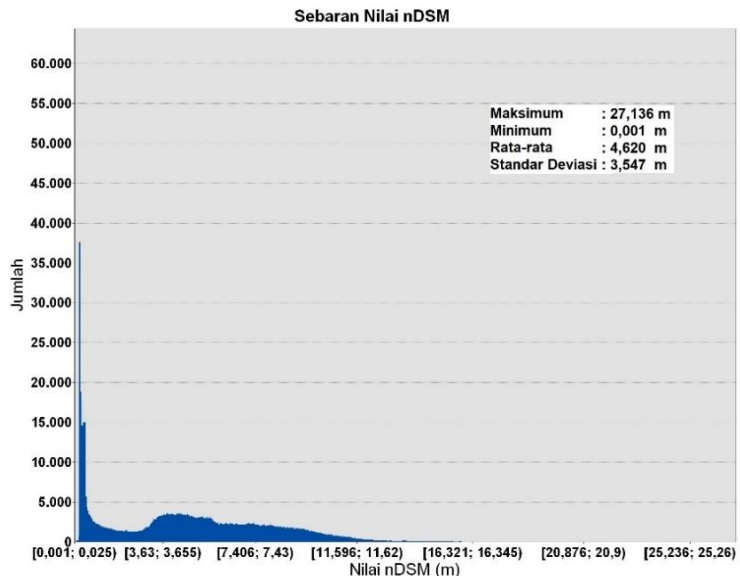
## 4.3 Analisis

### 4.3.1 Analisis Hasil nDSM

Dari hasil pengolahan nDSM, dihasilkan rata-rata nilai nDSM sebesar 4,620 meter dengan standar deviasi 3,547 meter. Rentang nilai dari nDSM yaitu 0,001 meter hingga 27,136 meter. Pada gambar 4.31, terlihat persebaran nilai nDSM terbanyak berada pada nilai 0,001 meter hingga 3,63 meter dengan sejumlah lebih dari 35.000 piksel. Nilai tinggi lain yang mendominasi area



penelitian yaitu sekitar 3,655 meter hingga sekitar 11,596 meter.



Gambar 4.31 Persebaran Nilai nDSM

#### 4.3.2 Analisis Parameter Segmentasi

Dalam melakukan klasifikasi OBIA, salah satu proses penting dalam pelaksanaannya yaitu tahap segmentasi. Untuk mendapatkan hasil segmentasi yang optimal, diperlukan *trial and error* dalam menentukan parameternya. Salah satu parameter yang berpengaruh yaitu parameter skala. Dalam penelitian ini dilakukan analisis segmentasi dengan 5 parameter skala yang berbeda. Dari 5 parameter skala yang dianalisis, parameter 50 merupakan yang paling optimal. Berikut merupakan analisis dari parameter skala segmentasi yang telah dilakukan :

Tabel 4.15. Hasil Analisis Parameter Skala Segmentasi

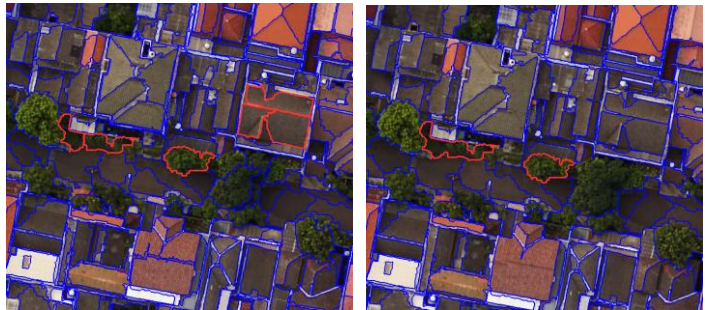
Parameter Skala	Jumlah Objek	Waktu	Hasil Segmentasi
25	53861	13'34"	Objek dibagi terlalu detail dan banyak area yang seharusnya homogen masih terpisahkan sehingga terjadi <i>oversegmentation</i>
40	24551	11'12"	Hasil objek cukup bagus, namun terdapat beberapa area homogen yang belum menyatu dalam satu objek
50	15581	09'52"	Hasil objek baik dan antara area homogen dan heterogen sudah terpisah dengan baik
60	12912	08'14"	Hasil objek baik, namun ada sedikit area heterogen yang belum terpisah. Tingkat detail paling sesuai
75	9240	06'04"	Cukup banyak area yang tidak homogen namun menjadi satu objek, sehingga menimbulkan <i>undersegmentation</i>

Apabila mengamati *polygon* dengan *outline* merah gambar 4.31, skala 40 (b) melakukan segmentasi yang menghasilkan objek lebih banyak dibanding dengan skala 50 (c) sehingga segmentasi kurang efisien. Pada skala 60 (d) terdapat objek yang tidak dapat membedakan antara jalan dan permukaan tanah dengan vegetasi, sedangkan pada skala 50 (c) objek tersebut dapat terpisahkan. Sehingga segmentasi skala 60 sedikit kurang tepat.



(a)

(b)



(c)

(d)



(e)

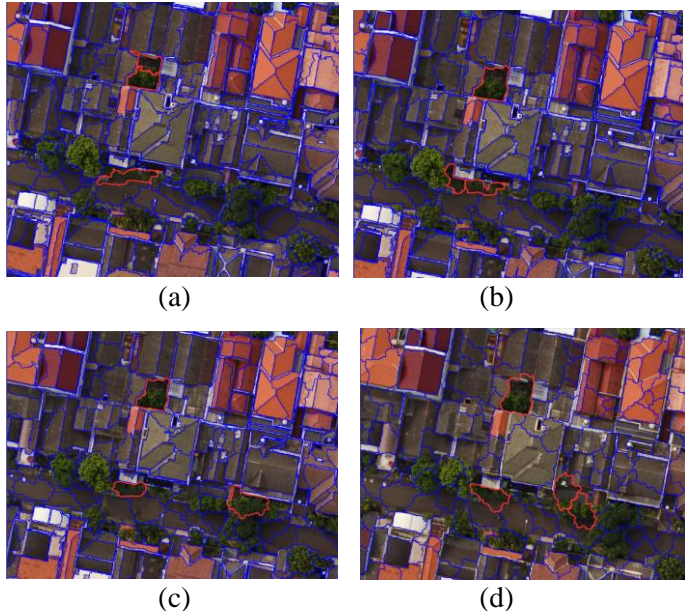
Gambar 4.32 Perbandingan Segementasi Skala (a) Skala 25; (b) Skala 40; (c) Skala 50; (d) Skala 60; (e) Skala 75

Untuk menentukan tingkat homogenitas pada objek segmentasi, digunakan parameter bentuk dan kekompakkan. Dilakukan 4 skenario trial and error dalam penelitian ini untuk mendapatkan parameter bentuk dan kekompakkan yang optimal. Perpaduan parameter bentuk 0,2 dan parameter kekompakkan 0,5 merupakan yang paling optimal karena objek yang dihasilkan dapat menseparasi antar kelas lebih dari parameter lain. Berikut merupakan analisis parameter bentuk dan kekompakkan :

Tabel 4.16 Analisis Parameter Bentuk dan Kekompakkan Segmentasi

Bentuk	Kekompakkan	Jumlah Objek	Hasil Segmentasi
0,2	0,2	16173	Menseparasi antar kelas cukup baik. Hanya terdapat sedikit objek yang mengandung dua kelas didalamnya
0,2	0,5	15581	Separasi antar kelas baik. Berhasil memisahkan beberapa objek pada sedikit lebih baik dari parameter bentuk dan kekompakkan 0,2 dan 0,2
0,2	0,8	18964	Hasil cukup detail, namun beberapa objek tidak bisa memisahkan antar kelas. Seperti pohon dengan atap gelap.
0,8	0,5	16640	Objek yang dihasilkan kurang detail. Beberapa objek tidak bisa memisahkan antar kelas

Poligon dengan *outline* merah pada gambar 4.31 menunjukkan *highlight* perbedaan antar parameter bentuk dan kekompakkan.



Gambar 4.33 Perbandingan Parameter Bentuk dan Kekompakkan (a) 0,2 & 0,2; (b) 0,2 & 0,5; (c) 0,2 & 0,8; (d) 0,8 & 0,5

Apabila ditinjau dari gambar 4.31, poligon *outline* merah pada gambar (a) masih terdapat sedikit objek yang didalamnya terdapat dua kelas, seperti permukaan tanah dan vegetasi yang menyatu. Gambar (c) dan (d) tiga kelas yang menyatu dalam satu objek. Sedangkan gambar (b) objek tersebut sudah dapat memisahkan tiap kelasnya.

### 4.3.3 Uji Akurasi Klasifikasi

Untuk mengetahui tingkat kebenaran hasil klasifikasi, dilakukan uji akurasi menggunakan matriks konfusi yang membandingkan antara hasil klasifikasi dengan kondisi dilapangan. Uji akurasi ini memperhatikan nilai koefisien kappa dan *overall accuracy* dengan nilai minimal  $\geq 85\%$ . Terdapat dua uji akurasi yang dilakukan dalam penelitian ini, yaitu :

### a. Uji Akurasi Klasifikasi Tutupan Lahan

Hasil dari klasifikasi tutupan lahan akan digunakan untuk klasifikasi selanjutnya. Sebelum klasifikasi selanjutnya dilakukan, perlu diperiksa kebenaran dari hasil klasifikasi tutupan lahan. Perhitungan dengan mengenai matriks konfusi dapat dilihat pada subbab 2.10.

Pada uji akurasi tutupan lahan, terdapat tiga titik jalan dan permukaan tanah yang terklasifikasi menjadi vegetasi. Kemudian terdapat dua titik bangunan yang terklasifikasi menjadi vegetasi. Sedangkan titik uji dari vegetasi semua terklasifikasi sesuai dengan *ground truth*. Berikut merupakan hasil matriks konfusi dan perhitungan uji akurasi klasifikasi tutupan lahan :

Tabel 4.17 Hasil Perhitungan Uji Akurasi Klasifikasi Tutupan Lahan

Kelas \ Referensi	V	JT	B	Total	User Accuracy
	V	35	3	2	40
JT	0	32	0	32	100,00%
B	0	0	33	33	100,00%
Total	35	35	35	105	
Producer Accuracy	100,00%	91,43%	94,29%		

Keterangan :

V = Vegetasi

JT = Jalan dan Permukaan Tanah

B = Bangunan

Perhitungan uji akurasi menunjukkan bahwa nilai akurasi yang dihasilkan dari klasifikasi tutupan lahan cukup tinggi. Dari uji tersebut, didapatkan nilai *overall accuracy* sebesar 94,94% dengan koefisien kappa sebesar 0,92. Dengan nilai tersebut, maka disimpulkan

bahwa hasil klasifikasi tutupan lahan dapat diteruskan ke tahap selanjutnya yaitu klasifikasi penggunaan lahan bangunan dan klasifikasi *habitable surface area*.

#### b. Uji Akurasi Klasifikasi *Habitable Surface Area*

Hasil klasifikasi *habitable surface area* merupakan hasil akhir dari proses klasifikasi yang mana, akan digunakan untuk perhitungan estimasi populasi penduduk. Maka sebelum itu, dilakukan uji akurasi untuk menilai tingkat kebenaran hasil klasifikasi.

Terdapat kesalahan pada klasifikasi permukaan 1 lantai sebanyak tiga titik uji dan permukaan 2 lantai sebanyak dua titik uji. Tabel 4.18 menunjukkan konfusi matriks serta uji akurasi klasifikasi *habitable surface area*.

Tabel 4.18 Hasil Perhitungan Uji Akurasi Klasifikasi *Habitable Surface Area*

Referensi Kelas	L1	L2	Total	User Accuracy
	L1	32	2	35
L2	3	33	36	91,67%
Total	35	35	70	
Producer Accuracy	91,43%	94,29%		

Keterangan :

L1 = Permukiman 1 Lantai

L2 = Permukiman 2 Lantai

Dari hasil perhitungan uji akurasi, didapatkan nilai *overall accuracy* dan koefisien kappa masing-masing sebesar 92,86% dan 0,86. Nilai tersebut menandakan hasil klasifikasi *habitable surface area* memenuhi minimal syarat uji akurasi. Sehingga, hasil klasifikasi

dapat dimanfaatkan untuk perhitungan estimasi populasi penduduk.

#### 4.3.4 Analisis Model Regresi Linear

Hasil perhitungan regresi linear dapat dimanfaatkan untuk mengetahui hubungan variabel luas rumah dengan penghuni atau penduduk. Untuk menilai hubungan ini dapat menggunakan korelasi antar dua variabel tersebut. Menurut Sugiyono (2015), mengetahui tingkat hubungan korelasi dapat menggunakan tabel berikut :

Tabel 4.19 Interpretasi Hubungan Berdasarkan Nilai Korelasi (Sugiyono, 2015)

Interval Koefisien	Tingkat Hubungan
0,00 - 0,199	Sangat Rendah
0,20 - 0,399	Rendah
0,40 - 0,599	Sedang
0,60 - 0,799	Tinggi
0,80 - 1,000	Sangat Tinggi

Korelasi yang didapatkan dalam perumahan Gayungsari Timur sebesar 0,27. Berdasarkan tabel 4.19 tingkat hubungan antara luas rumah dengan penduduk adalah rendah. Sedangkan pada perumahan Wisma Menanggal, korelasi yang diperoleh 0,47 sehingga memiliki tingkat hubungan sedang.

Maka dapat disimpulkan bahwa nilai korelasi antar luas rumah dengan penduduk pada area penelitian ini sedang dan rendah.

Untuk menguji signifikansi hubungan pada model regresi yang didapatkan, akan dilakukan uji T parsial pada setiap lokasi penelitian dengan signifikansi 5%.

##### a) Uji T

Hipotesis dalam uji T dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :



$H_0$  = Tidak terdapat pengaruh yang signifikan antara luas rumah dengan penduduk.

$H_a$  = Terdapat pengaruh yang signifikan antara luas rumah dengan penduduk.

Apabila  $T$  tabel  $<$   $T$  hitung maka  $H_0$  ditolak dan  $H_a$  diterima. Sedangkan apabila  $T$  tabel  $>$   $T$  hitung maka  $H_0$  diterima dan  $H_a$  ditolak.

Pada perumahan Gayungsari Timur, didapatkan  $T$  hitung sebesar 0,87364. Perhitungan uji  $T$  secara lengkap dapat dilihat pada tabel 4.20.

Tabel 4.20  $T$  Hitung Gayungsari Timur

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>
Luas	0,00668	0,00765	0,87364	0,40280

Nilai  $T$  tabel yang didapatkan pada derajat kebebasan 8 dengan taraf signifikansi 5% yaitu 2,22813. Hal ini menunjukkan bahwa  $T$  tabel  $>$   $T$  hitung, sehingga  $H_0$  diterima yang berarti tidak terdapat pengaruh yang signifikan antara luas rumah dengan penduduk pada perumahan Gayungsari Timur. Hal tersebut berarti variabel luas rumah dalam Gayungsari Timur kurang berpengaruh dalam mengetahui jumlah penduduk. Selain itu, model yang dihasilkan memiliki nilai koefisien determinasi yang kecil.

Pada perumahan Wisma Menanggal, nilai  $t$  hitung yaitu 2,14555. Sedangkan nilai  $T$  tabel dengan signifikasn 5% dan derajat kebebasan 16 adalah 2,1199. Tabel 4.21 merupakan perhitungan  $T$  hitung dari perumahan Wisma Menanggal

Tabel 4.21  $T$  Hitung Wisma Menanggal

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>
Luas	0,016930761	0,007891104	2,14555	0,047598

Hal ini menunjukkan bahwa  $T_{tabel} < T_{hitung}$ , sehingga  $H_0$  ditolak yang berarti terdapat pengaruh yang signifikan antara luas rumah dengan penduduk pada perumahan Wisma Menanggal. Hal tersebut berarti variabel luas rumah dalam Wisma Menanggal berpengaruh dengan signifikan dalam mengetahui jumlah penduduk.

#### 4.3.5 Analisis Hasil Estimasi Populasi Penduduk

Hasil estimasi populasi penduduk dilakukan analisis kesalahan terhadap data referensi. Empat perhitungan tingkat kesalahan mengacu pada subbab 4.2.2, berikut merupakan analisis hasil estimasi :

a. Perumahan Gayungsari Timur :

Berikut merupakan perhitungan kesalahan hasil estimasi yang dihasilkan pada metode matematis demografi terhadap data referensi. Untuk metode regresi linear, tidak dilakukan karena model hubungan tidak dapat berlaku untuk

- Perhitungan Kesalahan Metode Matematis Demografi Sederhana

Tabel 4.22 Perhitungan Kesalahan Metode Matematis Demografi Gayungsari Timur

RT	Data Referensi	Luas Total (m <sup>2</sup> )	Estimasi	Selisih	Selisih <sup>2</sup>
1	124	17648,980	125	1	1
2	106	16816,351	119	13	169
3	136	28946,611	204	68	4624
Total			448	82	4832

- Perhitungan Kesalahan Metode Regresi Linear

Tabel 4.23. Perhitungan Kesalahan Metode Regresi Linear Gayungsari Timur

RT	Data Referensi	Luas Total (m <sup>2</sup> )	Estimasi	Selisih	Selisih <sup>2</sup>
1	124	17648,980	118	-6	32
2	106	16816,351	113	7	46
3	136	28946,611	194	58	3370
Total			425	59	3448

- Perbandingan Dua Metode Pada Perumahan Gayungsari Timur

Tabel 4.24 Analisis Kesalahan Estimasi Gayungsari Timur

Analisis Estimasi Gayungsari Timur		
Perhitungan	Matematis Demografi	Regresi Linear
Total Estimasi	448	425
Selisih	82	-9
Persentase Error	-22%	-16%
MAE	27	23
MAPE	21%	18%
RMSE	40	34
RRMSE	0,328	0,278

Dari hasil perbandingan antara dua metode, pada perumahan model regresi memiliki kesalahan lebih kecil. Hal tersebut dapat dilihat pada nilai perhitungan selisih, persentase *error*, MAE, MAPE, RMSE dan RRMSE yang lebih kecil. Namun, penggunaan model regresi pada perumahan Gayungsari Timur tidak direkomendasikan berdasarkan analisis pada subbab 4.3.5.

Pada kedua model juga mengalami *over*-estimasi (nilai estimasi melebihi data referensi). Jika ditinjau

dari tabel 4.22 dan tabel 4.23, nilai *over*-estimasi yang tinggi berada pada RT 3.

b. Perumahan Wisma Menanggal :

Berikut merupakan perhitungan kesalahan hasil estimasi yang dihasilkan dengan dua metode terhadap data referensi pada perumahan wisma menanggal.

- Perhitungan Kesalahan Metode Matematis Demografi Sederhana

Tabel 4.25 Perhitungan Kesalahan Metode Matematis Demografi Wisma Menanggal

RT	Data Referensi	Luas Total (m <sup>2</sup> )	Estimasi	Selisih	Selisih <sup>2</sup>
1	172	7724,814	100	-72	5147
2	255	11802,982	153	-102	10365
3	132	7372,067	96	-36	1319
4	160	7035,660	91	-69	4717
5	116	7747,488	101	-15	239
6	201	9048,872	117	-84	6981
7	212	8598,839	112	-100	10079
Total			770	-478	38847

- Perhitungan Kesalahan Metode Regresi Linear

Tabel 4.26 Perhitungan Kesalahan Metode Regresi Linear Wisma Menanggal

RT	Data Referensi	Luas Total (m <sup>2</sup> )	Estimasi	Selisih	Selisih <sup>2</sup>
1	172	7724,814	130	-42	1789
2	255	11802,982	199	-56	3178
3	132	7372,067	124	-8	68
4	160	7035,660	118	-42	1759
5	116	7747,488	130	14	198
6	201	9048,872	152	-49	2393
7	212	8598,839	144	-68	4560
Total			997	-251	13946

- Perbandingan Dua Metode Pada Perumahan Wisma Menanggal

Tabel 4.27 Analisis Kesalahan Estimasi Wisma Menanggal

Analisis Estimasi Wisma Menanggal		
Perhitungan	Matematis Demografi	Regresi Linear
Total Estimasi	770	997
Selisih	-478	-251
Persentase Error	38%	20%
MAE	68	40
MAPE	36%	21%
RMSE	74	45
RRMSE	0,418	0,250

Perbandingan pada tabel 4.21 juga menunjukkan hasil dari model regresi linear menghasilkan estimasi yang lebih baik. Hal tersebut ditunjukkan dengan angka *error* yang dihasilkan dari model regresi lebih kecil dari model matematis demografi.

Berbeda dengan perumahan Gayungsari Timur yang mengalami *over*-estimasi, perumahan Wisma Menanggal menghasilkan estimasi yang kurang dari data referensi (*under*-estimasi). Jika ditinjau dari tabel 4.25 dan tabel 4.26, nilai *under*-estimasi terbesar terjadi di RT 2 dan RT 7.

Terjadinya *under*-estimasi dan *over*-estimasi ini dapat disebabkan oleh berbagai faktor. Yang pertama yaitu jumlah sampel yang diambil hanya satu blok pada masing-masing perumahan. Kedua, yaitu variabel yang digunakan perlu ditambahkan karena dalam penelitian ini hanya menggunakan variabel luas rumah. Variabel luas rumah sendiri dalam penelitian ini hanya memiliki tingkat hubungan

korelasi rendah dan sedang. Dan ketiga yaitu data referensi yang digunakan bersumber dari data registrasi penduduk yang mana data Kartu Keluarga (KK). Penggunaan data referensi tersebut karena data sensus penduduk tahun 2019 atau 2020 yang belum tersedia.

#### 4.3.6 Uji Chi Square Hasil Estimasi Populasi Penduduk

Untuk mengetahui apakah hasil estimasi populasi penduduk dalam penelitian ini dapat digunakan untuk penelitian selanjutnya, dilakukan uji chi square ( $\chi^2$ ). Uji chi square dilakukan untuk mengetahui apakah standar deviasi yang didapatkan memenuhi atau tidak. Adapun hipotesis dalam uji ini adalah sebagai berikut :

Ho : Tidak terdapat perbedaan signifikan antara estimasi populasi penduduk dengan referensi penduduk.

Ha : Terdapat perbedaan signifikan antara estimasi populasi penduduk dengan referensi penduduk.

Apabila  $\chi^2_{hitung} \geq \chi^2_{tabel}$ , maka Ho ditolak dan Ha diterima. Sedangkan apabila  $\chi^2_{hitung} \leq \chi^2_{tabel}$ , berlaku sebaliknya.

Berikut merupakan analisis dari uji chi square disetiap perumahan pada masing-masing metode.

##### a) Gayungsari Timur

- Metode Matematis Demografi

Dari uji chi square yang dilakukan, hasil pada perumahan Gayungsari Timur dengan metode matematis demografi tertera pada tabel 4.28.

Tabel 4.28 Uji Chi Square Gayungsari Timur  
Metode Matematis Demografi

RT	Estimasi ( $O_i$ )	$E_i$	$\frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$
1	125	124	0,008
2	119	106	1,594
3	204	136	34,000

Nilai  $\chi^2$ hitung perumahan Gayungsari Timur metode matematis demografi didapatkan sebesar 35,602, sedangkan nilai  $\chi^2$ tabel dengan derajat kebebasan 2 dan  $\alpha$  0,05 adalah 5,99. Dari nilai tersebut,  $\chi^2$ hitung  $\geq$   $\chi^2$ tabel maka  $H_0$  ditolak sehingga terdapat perbedaan signifikan antara estimasi populasi penduduk dengan referensi penduduk.

- Metode Regresi Linear

Dari uji chi *square* yang dilakukan, didapatkan hasil seperti pada tabel 4.29.

Tabel 4.29 Uji Chi Square Gayungsari Timur  
Metode Regresi Linear

RT	Estimasi ( $O_i$ )	$E_i$	$\frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$
1	118	124	0,290
2	113	106	0,462
3	194	136	24,735

Nilai  $\chi^2$ hitung perumahan Gayungsari Timur metode regresi linear didapatkan sebesar 25,487, sedangkan nilai  $\chi^2$ tabel dengan derajat kebebasan 2 dan  $\alpha$  0,05 adalah 5,99. Dari nilai tersebut,  $\chi^2$ hitung  $\geq$   $\chi^2$ tabel maka  $H_0$  ditolak sehingga terdapat perbedaan signifikan antara estimasi populasi penduduk dengan referensi penduduk.

## b) Wisma Menanggal

- Metode Matematis Demografi

Tabel 4.30 Menunjukkan uji chi *square* yang dilakukan pada perumahan Wisma Menanggal dengan metode matematis demografi.

Tabel 4.30 Uji Chi Square Wisma Menanggal  
Metode Matematis Demografi

RT	Estimasi ( $O_i$ )	$E_i$	$\frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$
1	100	172	30,139
2	153	255	40,800
3	96	132	9,818
4	91	160	29,756
5	101	116	1,939
6	117	201	35,104
7	112	212	47,169

Nilai  $\chi^2$ hitung perumahan Wisma Menanggal metode matematis demografi didapatkan sebesar 197,727, sedangkan nilai  $\chi^2$ tabel dengan derajat kebebasan 6 dan  $\alpha$  0,05 adalah 12,99. Dari nilai tersebut,  $\chi^2$ hitung  $\geq$   $\chi^2$ tabel maka  $H_0$  ditolak sehingga terdapat perbedaan signifikan antara estimasi populasi penduduk dengan referensi penduduk.

- Metode Regresi Linear

Tabel 4.31 Menunjukkan uji chi *square* yang dilakukan pada perumahan Wisma Menanggal dengan metode regresi.



Tabel 4.31 Uji Chi Square Wisma Menanggal Metode Regresi Linear

RT	Estimasi ( $O_i$ )	$E_i$	$\frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$
1	130	172	10,25581
2	199	255	12,29804
3	124	132	0,484848
4	118	160	11,025
5	130	116	1,689655
6	152	201	11,94527
7	144	212	21,81132

Nilai  $\chi^2$ hitung perumahan Wisma Menanggal metode matematis demografi didapatkan sebesar 65,509, sedangkan nilai  $\chi^2$ tabel dengan derajat kebebasan 6 dan  $\alpha$  0,05 adalah 12,99. Dari nilai tersebut,  $\chi^2$ hitung  $\geq$   $\chi^2$ tabel maka  $H_0$  ditolak sehingga terdapat perbedaan signifikan antara estimasi populasi penduduk dengan referensi penduduk.

Uji chi *square* setiap perumahan dengan kedua metode ditolak, artinya terdapat perbedaan signifikan antara estimasi populasi penduduk dengan referensi penduduk. Data sampel penduduk yang diambil kurang menghasilkan estimasi yang optimal bila dibandingkan dengan data referensi penduduk. Sehingga pengambilan data sampel penduduk 1 blok pada suatu perumahan tidak direkomendasikan.

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Hasil yang diperoleh dari penelitian ini dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Pada klasifikasi OBIA dilakukan segmentasi dengan menggunakan algoritma *multiresolution segmentation* dengan nilai parameter skala sebesar 50, parameter bentuk sebesar 0,2, parameter kekompakan 0,5, dan pembobotan *layer* RGB-nDSM sebesar 1,1,1,5. Klasifikasi OBIA dilakukan dengan menggunakan metode *rule-based* dengan memanfaatkan fitur nilai piksel, ketinggian, *green index*, *slope*, RBSI, kecerahan, dan hubungan antar kelas. Hasil dari klasifikasi OBIA mendapatkan koefisien kappa sebesar 0,929 dan *overall accuracy* sebesar 95,24% untuk klasifikasi tutupan lahan. Sedangkan klasifikasi *habitable surface area* memiliki *overall accuracy* dan koefisien kappa masing-masing sebesar 92,86% dan 0,86.
2. Hasil estimasi populasi penduduk pada perumahan Gayungsari Timur metode matematis demografi memperoleh hasil 448 orang dan metode regresi linear 425 orang. Sedangkan pada perumahan Wisma Menanggal metode matematis demografi mendapatkan hasil 770 orang dan metode regresi linear 997 orang.
3. Akurasi estimasi populasi penduduk menggunakan metode regresi linear lebih optimal dalam area penelitian ini. Hal tersebut didukung dengan nilai MAPE, MAE, RSME, dan RRMSE yang lebih kecil. Nilai MAPE, MAE, RMSE, dan RRMSE pada perumahan Gayungsari Timur dengan metode regresi linear berturut-turut sebesar 23, 18%, 34 orang, dan 0,278. Sedangkan nilai MAPE, MAE, RMSE, dan RRMSE pada perumahan Wisma Menanggal sebesar 40, 21%, 45 orang, dan 0,250. Namun, model regresi linear pada perumahan Gayungsari Timur cukup buruk, terlihat pada uji signifikansi yang buruk dan koefisien determinasi

yang rendah. Selain itu, penggunaan sampel penduduk satu blok pada area penelitian tidak direkomendasikan untuk penelitian selanjutnya.

## 5.2 Saran

Saran untuk penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut:

1. Memilih lokasi penelitian dengan kondisi rumah yang lebih heterogen (perumahan, permukiman, perkampungan, dan apartemen/rumah susun) agar lebih merepresentasikan kondisi bangunan tempat tinggal di Indonesia
2. Melakukan survei penduduk lebih dari satu blok atau melakukan survei pada beberapa rumah disetiap blok secara acak.
3. Mencoba menggunakan metode *multiple linear regression* (regresi linear berganda) dengan menambahkan variabel lain seperti jumlah rumah atau yang lainnya.

## DAFTAR PUSTAKA

- Alahmadi, M., Atkinson, P. M., Martin, D. 2014. "A Comparison of Small-Area Population Estimation Techniques Using Built-Area and Height Data, Riyadh, Saudi Arabia". *IEEE Journal* : 1939-1404
- Arison dang V, Sudarsono B, dan Prasetyo Y. 2015. "Klasifikasi Tutupan Lahan Menggunakan Metode Segmentasi Berbasis Algoritma Multiresolusi (Studi Kasus Kabupaten Purwakarta, Jawa Barat)". *Jurnal Geodesi Undip* 4, 1 : 9-19.
- Baatz, M., dan Schaepe A. 2000. "Multiresolution Segmentation: an optimization approach for high quality multi scale image segmentation". *Geographische Information Verarbeitung XII*. Wichmann Karlsruhe. 12-23.
- Badan Pusat Statistik. 2018. Surabaya Dalam Angka 2018. BPS Kota Surabaya.
- Budi, S. 1992. "Peranan Foto Udara Dalam Perencanaan Kota". *Forum Geografi* 6, 10 : 46-54.
- Comert, R. & Kaplan, O. 2018. "Object Based Building Extraction and Building Period Estimation from Unmanned Aerial Vehicle Data". *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences* 4, 3:71-76.
- Deng, C., Wu, C., dan Wang, Le. 2010. Improving the Housing-Unit Method for Small-Area Population Estimation Using Remote-Sensing and GIS Information. *Internation Journal of Remote Sensing* 32, 21 : 5673-5688.
- Elberink, S. O., & Maas, H.-G. 2000. "The use of anisotropic height texture measures for the segmentation of airborne lasser scanner data". *IAPRS XXXIII* : 678–684.
- GIM International. 2007. Product Survey : Airborne LiDAR Sensors. Netherland : Delft University of Technology.
- Gularso, H., Subiyanto, S., dan Sabri, L. M. 2013. "Tinjauan Pemotretan Udara Format Kecil Menggunakan Pesawat Modelskywalker 1680 (Studi Kasus : Area Sekitar Kampus Undip)". *Jurnal Geodesi Undip*, 2, 2 : 78–94.

- Hamedianfar, A. dan Shafri H. Z. M. 2015. "Detailed Intra-Urban Mapping Through Transferable OBIA Rule Sets Using Worldview-2 Very-High-Resolution Satellite Images". *International Journal of Remote Sensing* 35, 13 : 3380-3396
- Hay, G. J., dan Castilla, G. 2006. "Object-Based Image Analysis: 70 Strengths, Weaknesses, Opportunities and Thi 93 (SWOT)". *Proceeding. 1st Int. Conf. OBIA*, 4–5.
- Hirt, C. 2015. *Digital Terrain Models Encyclopedia of Geodesy* (Ed. E.W. Grafarend). Berlin: Heidelberg.
- Hussein, S., Danoedoro, P., dan Farda, N. M. 2016. *Kajian Object Based Image Analysis pada Foto Udara untuk Klasifikasi Penutup dan Penggunaan Lahan Skala Detil*. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- Jaya, I. N. S. 2010. *Perspektif Penginderaan Jauh Untuk Pengelolaan Sumberdaya Alam : Teori dan Praktik Menggunakan Erdas Imagine*. Bogor : Jurusan Manajemen Hutan Fakultas Kehutanan IPB.
- Jensen, J.R., dan Cowen, D. J. 1999. "Remote sensing of urban/suburban infrastructure and socio-economic attributes". *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing* 65, 6 : 611–622.
- Li, X., Myint, S.W., Zhang, W., Galetti, C., dan Zhang, X. 2014. "Object-based land-cover classification for metropolitan Phoenix, Arizona, using aerial photography". *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* 33 : 321-330.
- Lillesand T.M., dan Kiefer R.W. 1990. *Penginderaan Jauh dan Interpretasi Citra : Diterjemahkan oleh Dulbahri, Hartono, dkk. Fakultas Geografi. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta*
- Lillesand, T.M., Kiefer R.W. dan Chipman, J.W. 2004. *Remote Sensing and Image Interpretation. (Fifth Edition)*. New York : John Wiley & Sons, Inc.
- Lohan, B. 2010. *Airborne Altimetric LiDAR: Principle, Data collection, processing and Applications*. India : IIT Kanpur, Departemen of Civil Engineering.

- Lu, Z., Im, J., dan Quackenbush, L.J. 2011. "A Volumetric Approach to Population Estimation Using Lidar Remote Sensing". *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing* 77, 11 : 1145–1156.
- Lu, Z., Im, J., Quackenbush, L.J., dan Halligen, K. 2010. "Population estimation based on multi-sensor data fusion". *International Journal of Remote Sensing* 31, 21 : 5587–5604.
- Lwin, K. K. 2009a. *The Use of Zonal Statistics Function in ArcGIS*. Japan : Graduate School of Life and Environmental Science, University of Tsukuba.
- Lwin, K. K. 2009b. "A GIS Approach to Estimation of Building Population for Micro-spatial Analysis". *Transactions in GIS* 13, 4 : 401–414.
- Meurah R, C. 2011. *Pengindraan Jauh. Bahan Ajar*. Jakarta: Jurusan Geografi Fakultas Ilmu Sosial Universitas Negeri Jakarta.
- Pemerintah Indonesia. 1997. Undang-Undang No. 16 Tahun 1997 Pasal 8 Tentang Statistika. Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 1997 Nomor 39. Jakarta : Sekretariat Negara.
- Purwanto, T. H. 2015a. *Digital Terrain Modelling*. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- Purwanto, T. H. 2015b. "Pemanfaatan Foto Udara Format Kecil untuk Ekstraksi Digital Elevation Model dengan Metode Stereoplotting". *Majalah Geografi Indonesia* 31, 1 : 73 - 89
- Sari, D. R. dan Cahyono, A. B. 2016. "Analisa Geometrik True Orthophoto Data LiDAR". *Jurnal Teknik ITS* 4, 1 (1-4).
- Simamora, Frandi B., Sasmito, dan Bandhi, Hani'ah. 2015. "Kajian Segmentasi untuk Identifikasi Tutupan Lahan dan Luas Bidang Menggunakan Cira pada Google Earth (Studi Kasus : Kecamatan Tembalang, Semarang)". *Jurnal Geodesi Undip* 4, 4: 43-51.
- Sunandar, I. dan Syarifudin, D. 2014. "LiDAR : Penginderaan Jauh Sensor Aktif Dan Aplikasinya Di Bidang Kehutanan". *Jurnal Planologi Unpas* 1, 2 : (145-154).

- Sutanto. 1994. Penginderaan Jauh Jilid 2. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Sugiyono. 2007. Statistika Untuk Penelitian. Bandung : Aflabeta.
- Sugiyono. 2015. Metode Penelitian Pendidikan : Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D. Bandung : Aflabeta.
- Thompson M., dan Gruner H. 1980. Foundations of Photogrammetry. In Manual of Photogrammetry. Falls Church, Virginia (US) : American Society of Photogrammetry.
- Tomás, L., Fonseca, L., Almeida, C., Leonardi, F. dan Pereira, M., 2016. "Urban Population Estimation Based On Residential Buildings Volume Using IKONOS-2 Images and Lidar Data". International Journal of Remote Sensing 37:1-28.
- Trimble. 2014. Ecognition Developer Reference Book. München, Germany : Trimble Documentation.
- Wikantika, K., Rahman, F. M., dan Hernandi, A. 2005. "Analisis Distribusi Kepadatan Penduduk dengan Citra Satelit". Pertemuan Ilmiah Tahunan MAPIN XIV. Surabaya: MAPIN.
- Wolf, P. R., Dewitt, B. A., dan Wilkinson, B. E. 2014. Elements of Photogrammetry - With Applications in GIS. (Fourth Edition). New York : McGraw-Hill Education.



# LAMPIRAN

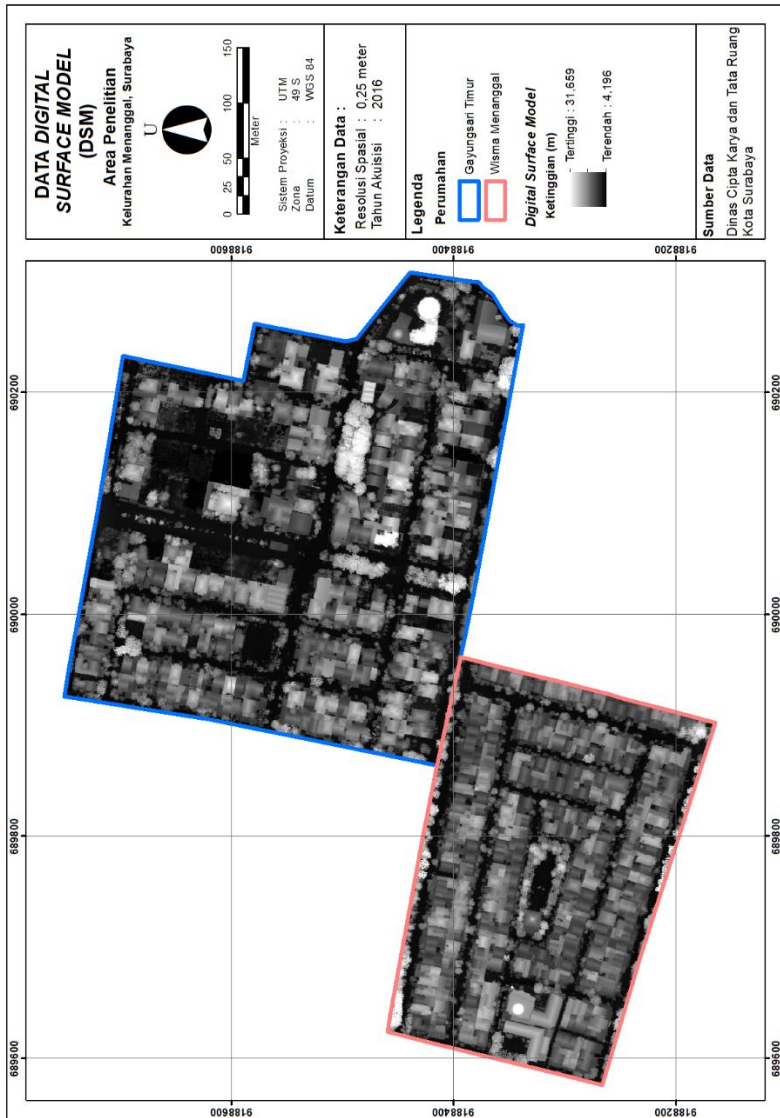
## Lampiran 1. Data Foto Udara dan LiDAR



Data Foto Udara



Data Digital Terrain Model (DTM)



Data Digital Surface Model (DSM)

## Lampiran 2. Data Referensi Penduduk 2019 (Sumber : Kantor Kelurahan Menanggal)

### B. DATA PENDUDUK

Kelurahan Menanggal memiliki jumlah penduduk sebanyak 9023 jiwa yang terdiri dari laki-laki sebanyak 3713 jiwa dan perempuan sebanyak 5310 jiwa yang bertempat dan menyebar di 6 RW (Rukun Warga) dan 38 RT (Rukun Tetangga). Jumlah penduduk tersebut disajikan dalam tabel berikut ini.

**TABEL 1**  
Jumlah Penduduk  
Berdasarkan Jumlah Kartu Keluarga (KK) Tahun 2019

NO	RW	RT	JUMLAH KK
1	01	1	181
		2	358
		3	367
		4	323
		5	138
		6	263
2	02	1	413
		2	384
		3	374
3	03	1	530
		2	595
		3	400
4	04	1	172
		2	255
		3	132
		4	160
5	05	1	205
		2	268
		3	330
		4	316
		5	268
		6	334
		7	251
6	06	1	124
		2	106
		3	136

Monografi Kelurahan Menanggal Tahun 2019

3

### Lampiran 3. Dokumentasi Pengambilan Sampel Penduduk



1. Bu Hermianto warga  
Wisma Menanggal



2. Bu Samiran warga  
Wisma Menanggal



3. Pak Hendro warga  
Wisma Menanggal



4. Bu Subari warga  
Wisma Menanggal

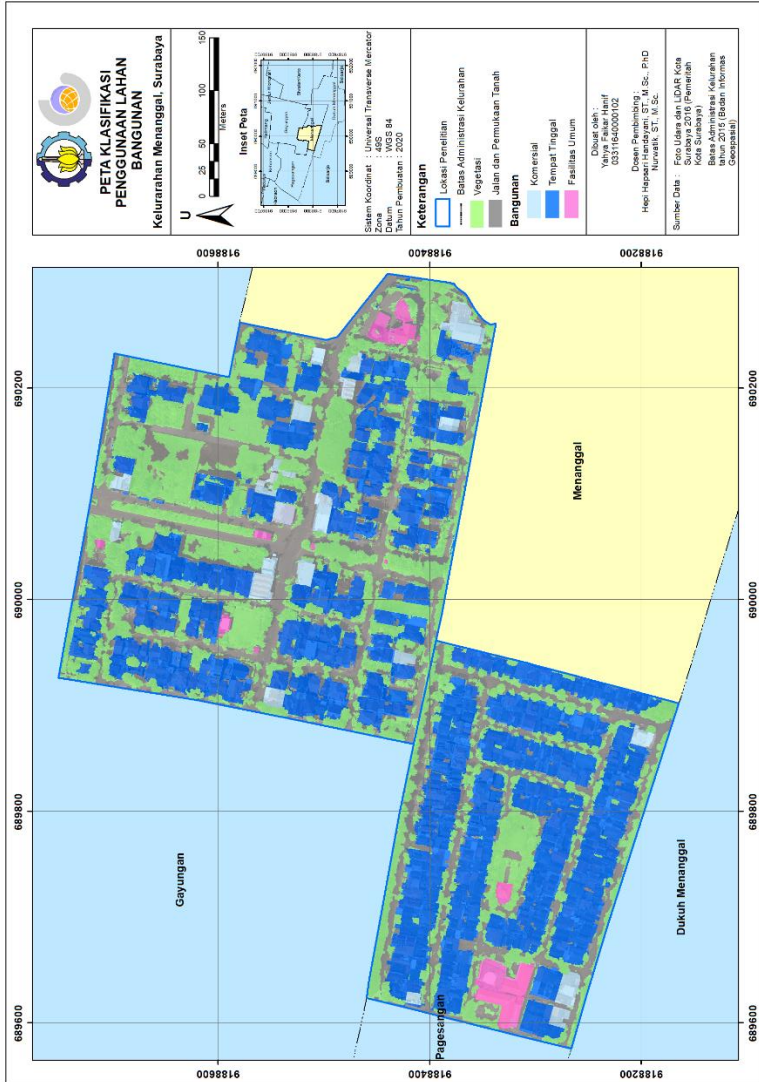


5. Pak Tumiri, Satuan Pengamanan Gayungsari Timur yang membantu pengambilan sampel di perumahan Gayungsari Timur

**Lampiran 4.** Peta Hasil Klasifikasi Tutupan Lahan (*Level 1*)



### Lampiran 5. Peta Hasil Klasifikasi Penggunaan Lahan Bangunan (Level 2)








**Lampiran 6.** Peta Hasil Klasifikasi *Habitable Surface Area* (Level 3)










## Lampiran 7. Beberapa Titik Uji Akurasi Klasifikasi dan Kesesuaiannya




- Tutupan Lahan

No. Titik Uji	Referensi	Dokumentasi	Hasil Klasifikasi	Kesesuaian
1	Bangunan		Bangunan	Sesuai
2	Permukaan Tanah/Jalan		Permukaan Tanah/Jalan	Sesuai
3	Vegetasi		Vegetasi	Sesuai
4	Bangunan		Bangunan	Sesuai
5	Permukaan Tanah/Jalan		Permukaan Tanah/Jalan	Sesuai

No. Titik Uji	Referensi	Dokumentasi	Hasil Klasifikasi	Kesesuaian
6	Vegetasi		Vegetasi	Sesuai
19	Bangunan		Bangunan	Sesuai
20	Permukaan Tanah/Jalan		Vegetasi	Tidak Sesuai
21	Vegetasi		Vegetasi	Sesuai
37	Bangunan		Vegetasi	Tidak Sesuai
38	Permukaan Tanah/Jalan		Permukaan Tanah/Jalan	Sesuai

No. Titik Uji	Referensi	Dokumentasi	Hasil Klasifikasi	Kesesuaian
43	Bangunan		Bangunan	Sesuai
44	Permukaan Tanah/Jalan		Vegetasi	Tidak Sesuai
45	Vegetasi		Vegetasi	Sesuai
46	Bangunan		Bangunan	Sesuai
47	Vegetasi		Vegetasi	Sesuai
48	Permukaan Tanah/Jalan		Permukaan Tanah/Jalan	Sesuai

- *Habitable Surface Area*

No. Titik Uji	Referensi	Dokumentasi	Hasil Klasifikasi	Kesesuaian
1	1 Lantai		1 Lantai	Sesuai
2	2 Lantai		2 Lantai	Sesuai
3	1 Lantai		1 Lantai	Sesuai
4	2 Lantai		2 Lantai	Sesuai
57	2 Lantai		2 Lantai	Sesuai

No. Titik Uji	Referensi	Dokumentasi	Hasil Klasifikasi	Kesesuaian
58	1 Lantai		2 Lantai	Tidak Sesuai
61	1 Lantai		1 Lantai	Sesuai
62	2 Lantai		2 Lantai	Sesuai
63	2 Lantai		1 Lantai	Tidak Sesuai
64	1 Lantai		1 Lantai	Sesuai

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## BIODATA PENULIS



Penulis bernama lengkap Yahya Faikar Hanif yang biasa dipanggil Fiki. Lahir di Surabaya, 17 Januari 1998, merupakan anak kedua dari tiga bersaudara. Penulis menempuh pendidikan formal di SD Al-Hikmah Surabaya, SMP Negeri 22 Surabaya, dan SMA Negeri 6 Surabaya. Setelah lulus dari SMA, penulis melanjutkan kuliah S-1 dengan diterima melalui jalur Mandiri di Teknik Geomatika – FTSPK, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) pada tahun 2016 dengan NRP 03311640000102.

Selama berkuliah di ITS, penulis aktif mengikuti kegiatan organisasi yaitu UKM Pencinta Lingkungan Hidup (PLH) SIKLUS ITS pada staff Divisi Diklat (2017-2018) dan *Geomatics Islamic Study* (GIS) pada staff Departemen Kaderisasi (2017-2018) dan wakil ketua Departemen Syiar (2018-2019). Penulis juga aktif mengikuti kepanitiaan yang diselenggarakan baik di tingkat departemen, fakultas, maupun institut. Dalam bidang karya tulis ilmiah, penulis pernah meraih prestasi juara 3 tingkat nasional pada Lomba KTI Nasional dalam serangkaian Sinas Inderaja yang diselenggarakan oleh Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN) pada tahun 2019. Penulis telah melaksanakan Kerja Praktek di Pusat Pemanfaatan Penginderaan Jauh, LAPAN pada tahun 2019. Terakhir, penulis mengambil bidang keahlian geospasial pada tugas akhirnya dengan judul “Pemanfaatan Data Foto Udara dan LiDAR untuk Estimasi Populasi Penduduk (Studi Kasus : Kelurahan Menanggal, Kota Surabaya)”.