



**PETA PERENCANAAN PERUMAHAN MENGGUNAKAN UAV DAN
GEODETIC UNTUK UJI AKURASI SERTA STUDI KOMPARASI
BIAYA PENGUKURAN DENGAN *THEODOLITE TS***

SKRIPSI

Oleh :

Fajar Maulana

NIM 151910301072

PROGRAM STUDI S1 TEKNIK SIPIL

JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS JEMBER

2019



**PETA PERENCANAAN PERUMAHAN MENGGUNAKAN UAV DAN
GEODETIC UNTUK UJI AKURASI SERTA STUDI KOMPARASI
BIAYA PENGUKURAN DENGAN *THEODOLITE TS***

SKRIPSI

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat
untuk menyelesaikan Program Studi Strata 1 Teknik Sipil
dan mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh :

Fajar Maulana

NIM 151910301072

PROGRAM STUDI S1 TEKNIK SIPIL

JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS JEMBER

2019

PERSEMBAHAN

Puji syukur penulis ucapkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas limpahan rahmat serta hidayah-Nya, penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Penyusunan skripsi ini berdasarkan topik yang diambil pada konsentrasi ilmu di bidang penunjang umum teknik sipil. Atas terselesaikannya skripsi ini, penulis menyampaikan hormat dan terima kasih kepada :

1. Kedua orang tuaku, Bapak Agus Santoso dan Ibu Dewi Khodija tercinta yang selalu mendoakan serta memberikan semangat untuk saya. Terima kasih untuk segala cinta dan kasih sayangnya bapak dan ibu.
2. Kakakku Afif Amiluddin dan Adikku Tiya Agustin terimakasih telah mensupport dan mendoakan saudaramu ini.
3. Ibu Sri Sukmawati, S.T.,M.T. dan Ibu Indra Nurtjahjaningtyas,S.T.,M.T. Selaku dosen pembimbing, terimakasih atas bimbingannya, kesabaran, dan ilmu yang telah diberikan selama ini.
4. As Sofwah Squad, Sam Cuyu, Sam Sokle, Sam Kidod, Mas Yeppai, Mas Anton dan Mas Boma Gede atas cacian serta makian selama ini.
5. Resa Miftahatu Y, Asfira Imada, dan Moch Aditya Nugraha untuk segala Supporting dan hinaan selama ini.
6. KRK Family, Frendi Bagus, Royyan M.A, Lutfia Endah, Ery Kusworowati, Amirotul M untuk supporting system.
7. Anwar Fathona, Boma Indra dan Baihaqi Efendi untuk kerecehannya.
8. Guru-guruku dari taman kanak-kanak hingga perguruan tinggi, terimakasih atas ilmu dan bimbingannya selama ini.
9. Semua teman-teman angkatan 2015,terimakasih atas semua drama, hinaan, motivasi, doa, bantuan, dan supportnya. Kupu-Kupu 2015 tempatnya orang-orang bar-bar yang selalu inget dosa.
10. Almamater Jurusan Teknik Sipil Universitas Jember.

MOTTO

“IMPOSSIBLE IS NOTHING”

(OASIS 14)



PERNYATAAN

Saya yang bertandatangan di bawah ini :

Nama : Fajar Maulana

NIM : 151910301072

Menyatakan dengan sungguh bahwa skripsi yang berjudul : *Peta Perencanaan Perumahan Menggunakan UAV dan Geodetic Untuk Uji Akurasi Serta Studi Komparasi Biaya Pengukuran Dengan Theodolite TS* adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali jika dalam kutipan substansi disebutkan sumbernya, dan belum pernah diajukan pada institusi manapun, serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapatkan sanksi akademik jika ternyata dikemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 30 Juni 2019

Yang menyatakan,



Fajar Maulana

NIM 151910301072

SKRIPSI

**PETA PERENCANAAN PERUMAHAN MENGGUNAKAN UAV DAN
GEODETIC UNTUK UJI AKURASI SERTA STUDI KOMPARASI
BIAYA PENGUKURAN DENGAN *THEODOLITE TS***

Oleh :

Fajar Maulana

NIM 151910301072

Pembimbing :

Dosen Pembimbing Utama : Sri Sukmawati, S.T.,M.T

Dosen Pembimbing Anggota : Indra Nurtjahjaningtyas, S.T.,M.T.

PENGESAHAN

Skripsi yang berjudul “Peta Perencanaan Perumahan Menggunakan UAV dan Geodetic Untuk Uji Akurasi Serta Studi Komparasi Biaya Pengukuran Dengan *Theodolite TS*” telah diuji dan disahkan pada :

Hari : Senin

Tanggal : 15 Juli 2019

Tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Tim Pembimbing :

Pembimbing Utama

Pembimbing Anggota

Sri Sukmawati, ST., MT
NIP. 19650622 199803 2 001

Indra Nurtjahjaningtyas, ST.MT
NIP. 19701024 199803 2 001

Tim Pembimbing :

Pembimbing Utama

Pembimbing Anggota

Ahmad Hasanuddin, ST., MT
NIP. 19710327 199803 1 003

Rendra Suprobo Aji, ST.MT., CAPM
NIP. 760017169

Mengesahkan,
Dekan,



Dr. I. Entin Hidayah, M.U.M
NIP. 19661215 199503 2 001

RINGKASAN

Peta Perencanaan Perumahan Menggunakan UAV dan *Geodetic* untuk Uji Akurasi serta Studi Komparasi Biaya Pengukuran dengan *Theodolite TS*, Fajar Maulana 151910301072; 2019: 52 halaman; Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember.

Kebutuhan pengukuran dan pemetaan di bidang lahan perumahan khususnya daerah jember masih sangat kurang. Banyak bidang-bidang lahan yang belum terpetakan. Karena itu diperlukannya metode pengukuran dan pemetaan di bidang lahan perumahan yang efektif dan efisien untuk menunjang terlaksananya pemetaan bidang lahan. Salah satu metode yang efektif dan efisien yang dapat digunakan dalam pembuatan peta adalah *fotogrametri* menggunakan wahana pesawat UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*).

Pemetaan bidang lahan menggunakan wahana pesawat tanpa awak untuk peta perencanaan perumahan dengan penunjang standar ketelitian peta dasar dari BIG (Badan Informasi Geospasial) yang sebagai uji akurasi dan juga ditambahkan perhitungan perbandingan biaya antara penggunaan UAV dan *geodetic*, dikomparasi dengan pengukuran menggunakan *Theodolite TS* dengan rujukan INKINDO (Ikatan Nasional Konsultan Indonesia).

Berdasarkan hasil penelitian yang dilaksanakan di Perumahan *Green Garden Residence* di Desa Kaliwates, Kecamatan Tegal Besar, Kabupaten Jember dengan luasan lahan 6 Ha menggunakan wahana pesawat UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*) dan GPS *Geodetic* Geo Fennel FGS1, dapat disimpulkan peta perencanaan perumahan yang direncanakan masuk kedalam ketelitian peta kelas 1 dengan skala 1:2500 dengan hasil uji CE90 sebesar 0,115. Perbandingan biaya pengukuran menggunakan wahana UAV dan *geodetic* Geo Fennel FGS1 dengan pengukuran menggunakan *Theodolite TS* dengan acuan INKINDO 2019, dapat disimpulkan biaya penggunaan alat pengukuran luasan lahan ditinjau dari ketersediaan alat dan tenaga ahli pada daerah penelitian.

SUMMARY

The planning map of housing area using UAV and Geodetic for Accuracy Test and Comparative Study of Cost Measurement with Theodolite TS, Fajar Maulana 151910301072; 2019: 52 pages; Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Jember University.

The requirement of housing area measurement and mapping, especially in the region of Jember, is scimpny. There are many land lot that hasn't been mapped. Therefore it is necessary to have an effective and efficient measurement and mapping methods in the housing area to support the implementation of land lot mapping. One of the most effective and efficient methods that can be used in making a map is photogrammetry using UAV (Unmanned Aerial Vehicle) aircraft mode.

The land lot mapping is using aircraft mode without body to the planning map of housing area by supporting the accuracy standard of basic maps from Geospatial Information Agency that as an accuracy test and also added with the comparison of cost calculations within the use of UAV and Geodetic, comparing with the measurement using *Theodolite TS* with reference from (INKINDO) National Association of Indonesian Engineering Consultants.

Based on the result of the research which was conducted in Green Garden Residence in Kaliwates, Tegal Besar, Jember with 6 hectares land area using UAV (Unmanned Aerial Vehicle) aircraft and GPS Geodetic Geo Fennel FGS1, it shows that the planning map of housing area which is planned is included in the first class accuracy with 1:2500 scale with the amount of CE90's test result is 0.115. The comparison between the measurement fee using UAV mode and Geodetic Fennel FG1 by using *Theodolite TS* with the reference of INKINDO 2019, it can be concluded that the cost of using land lot measurement tool is reviewed from the availability of tools and experts in the research area.

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN SAMPUL.....	i
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iii
HALAMAN MOTTO	iv
HALAMAN PERNYATAAN.....	v
HALAMAN PEMBIMBING	vi
PENGESAHAN.....	vii
RINGKASAN	viii
SUMMARY	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR TABEL	xiv
BAB 1. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Manfaat	2
1.5 Batasan Masalah	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Pengertian Fotogrametri	4
2.2 Pesawat Tanpa Awak.....	5
2.3 Pengertian <i>Global Navigation Satellite System</i> (GNSS).....	6
2.4 Receiver GPS Tipe Geodetik	7
2.5 Petunjuk Teknis Pembuatan Peta Kerja dengan Menggunakan Pesawat Nirawak/ <i>Drone</i>	7
2.5.1 Definisi-definisi Penunjang	7
2.5.2 Spesifikasi Peralatan dan Hasil Keluaran	10

2.5.3 Uji Akurasi Peta Foto	13
2.6 Pedoman AHSP (Analisa Harga Satuan Pekerjaan) Pengukuran Topografi dan Pemetaan	14
2.6.1 Itilah dan Definisi	14
2.6.2 Singkatan	15
2.6.3 Ketentuan dan Persyaratan	15
2.6.4 Indeks Komponen Harga Satuan Pekerjaan	16
2.6.5 Peta Topografi	18
2.6.6 Peta Citra	18
2.7 Pedoman Standar Minimal Tahun 2019 Jasa Konsultasi Ikatan Nasional Konsultan Indonesia	18
2.7.1 Biaya Langsung Personil (<i>Remuneration/Billing Rate</i>).....	19
2.7.2 Biaya Langsung Non Personil (<i>Direct Cost</i>)	20
2.7.3 Biaya Langsung Personil Tenaga Ahli Nasional	21
2.7.4 Biaya Langsung Personil Tenaga Sub Profesional	22
2.7.5 Biaya Langsung Personil Tenaga Sub Pendukung	22
2.7.5 Indeks Biaya Langsung Personil Per Provinsi	23
BAB 3. METODELOGI PENELITIAN	
3.1 Lingkup Penelitian	26
3.2 Pelaksanaan Penelitian	26
3.3 Jadwal Penelitian	26
3.4 Peralatan Penelitian	27
3.5 Diagram Alir	28
3.6 Metode Pengumpulan Data	30
3.6.1 Perencanaan Survei	30
3.6.2 Pengambilan Data	31
3.7 Metode Pengolahan Data	32
3.7.1 Pengolahan Data Foto	32
3.7.2 Pengolahan <i>Orthofoto</i>	32
3.7.3 Uji Akurasi Peta Foto	32
3.7.4 Perhitungan Biaya Pengukuran	32

BAB 4. PEMBAHASAN

4.1 Data Pengukuran GPS	33
4.2 Hasil Pengukuran GPS	34
4.3 Pembentukan <i>Orthofoto</i>	35
4.3.1 Tahapan Pembentukan <i>Orthofoto</i>	35
4.3.2 Tahapan Penentuan Koordinat <i>Orthofoto</i>	35
4.4 Hasil Pembentukan <i>Orthofoto</i>	36
4.4.1 Peta <i>Orthofoto</i>	36
4.4.2 Koordinat <i>Orthofoto</i>	36
4.5 Hasil Uji Ketelitian Geometri	37
4.6 Perhitungan Biaya Pemotretan dan Pengukuran	40
4.6.1 Variabel Asumsi Perhitungan Biaya Pertama	40
4.6.2 Variabel Asumsi Perhitungan Biaya Kedua	43
4.6.3 Variabel Asumsi Perhitungan Biaya Ketiga	45
4.6.4 Variabel Asumsi Perhitungan Biaya Keempat	47
4.7 Hasil Studi Komparasi Biaya Pengukuran	48

BAB 5. PENUTUP

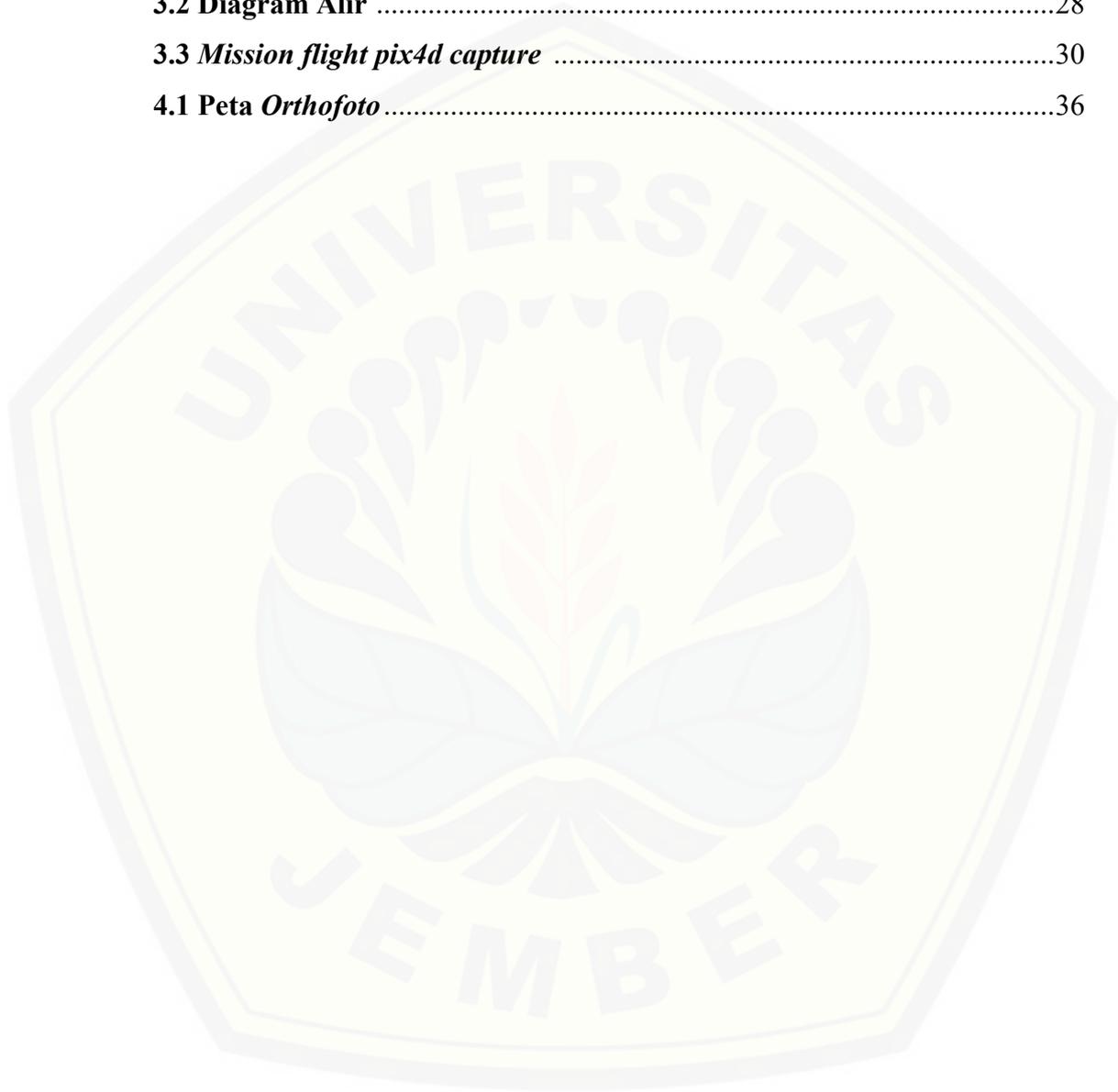
5.1 Kesimpulan	50
5.2 Saran	50

DAFTAR PUSTAKA	52
-----------------------------	----

LAMPIRAN**LAMPIRAN A-1****LAMPIRAN A-2**

DAFTAR GAMBAR

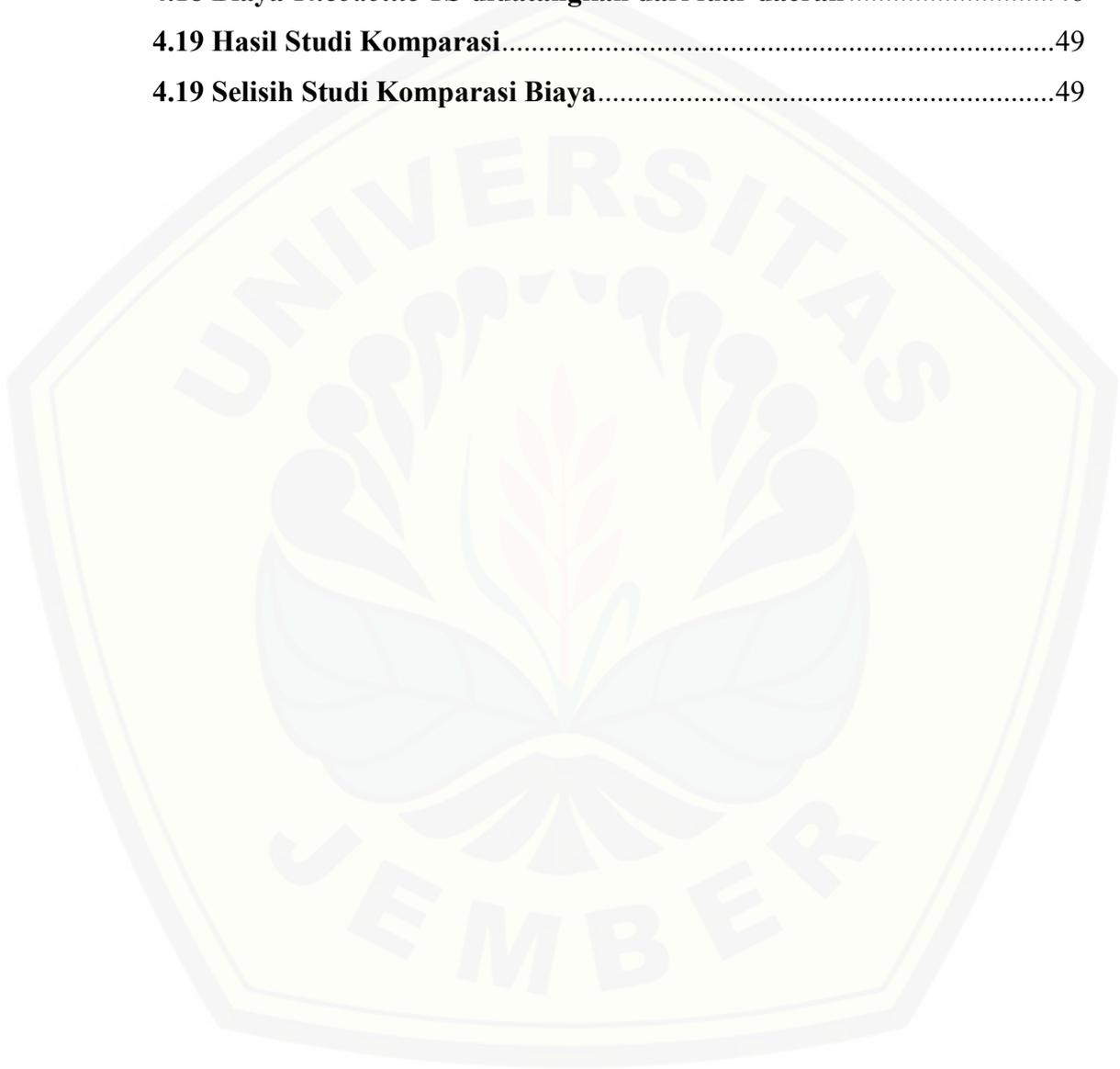
	Halaman
3.1 Lokasi Perumahan Green Garden Residence	26
3.2 Diagram Alir	28
3.3 <i>Mission flight pix4d capture</i>	30
4.1 Peta <i>Orthofoto</i>	36



DAFTAR TABEL

	Halaman
2.1 Spesifikasi Fitur DJI Phantom 4 <i>Profesional</i>	5
2.2 Spesifikasi Peralatan	11
2.3 Standar Hasil Keluaran	12
2.4 Tabel Perhitungan Akurasi CE90	13
2.5 Ketelitian Peta Kerja	14
2.6 Singkatan Istilah	15
2.7 Pengukuran Poligon Utama	17
2.8 Koefisien Bobot	17
2.9 Biaya Langsung Personil	21
2.10 Biaya Langsung Personil Untuk Tenaga <i>Sub Profesional</i>	22
2.11 Biaya Langsung Personil Untuk Tenaga Pendukung	23
2.12 Indeks Biaya Langsung Personil Per Provinsi Tahun 2019	24
3.1 Rencana Penelitian	27
3.2 Perangkat Keras digunakan dalam penelitian	27
3.3 Perangkat Lunak digunakan dalam penelitian	27
4.1 Data GCP Lapangan	33
4.2 Data ICP Lapangan	33
4.3 GCP Lapangan Format UTM	34
4.4 ICP Lapangan Format UTM	35
4.5 GCP <i>Orthofoto</i> Format UTM	37
4.6 ICP <i>Orthofoto</i> Format UTM	37
4.7 Perhitungan Uji Ketelitian	38
4.8 Hasil Uji Ketelitian	39
4.9 Ketelitian Peta Kerja	39
4.10 Variabel Asumsi	40
4.11 Biaya UAV dan <i>Geodetic</i> didatangkan dari dalam daerah	41
4.12 Biaya <i>Theodolite TS</i> didatangkan dari dalam daerah	42
4.13 Biaya UAV dan <i>Geodetic</i> didatangkan dari dalam daerah	43

4.14 Biaya <i>Theodolite TS</i> didatangkan dari luar daerah	44
4.15 Biaya UAV dan <i>Geodetic</i> didatangkan dari luar daerah.....	45
4.16 Biaya <i>Theodolite TS</i> didatangkan dari dalam daerah	46
4.17 Biaya UAV dan <i>Geodetic</i> didatangkan dari luar daerah.....	47
4.18 Biaya <i>Theodolite TS</i> didatangkan dari luar daerah	48
4.19 Hasil Studi Komparasi.....	49
4.19 Selisih Studi Komparasi Biaya.....	49



BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kebutuhan pengukuran dan pemetaan di bidang lahan perumahan khususnya daerah jember masih sangat kurang. Banyak bidang-bidang lahan yang belum terpetakan. Karena itu diperlukannya metode pengukuran dan pemetaan di bidang lahan perumahan yang efektif dan efisien untuk menunjang terlaksananya pemetaan bidang lahan. Salah satu metode yang efektif dan efisien yang dapat digunakan dalam pembuatan peta adalah *fotogrametri* menggunakan wahana pesawat UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*).

Fotogrametri tidak hanya dilakukan menggunakan pesawat berawak, melainkan menggunakan wahana pesawat tanpa awak atau UAV, UAV mudah didapatkan serta memiliki kemampuan melakukan pemotretan udara. Terdapat 2 tipe atau model UAV, yaitu *fix wing* dan *copter*. Wahana yang digunakan dalam penelitian ini adalah model *copter* dengan merk DJI Phantom 4 Pro. UAV tersebut dapat terbang lebih stabil dibandingkan dengan model *fix wing* karena adanya gimbal yang berfungsi menjaga kestabilan kamera. Perangkat lunak pembentuk *orthofoto*, yaitu menggunakan *Software* pemetaan. Penggunaan UAV diharapkan dapat menghasilkan peta foto dengan standar ketelitian yang diisyaratkan dari BIG dan dapat mengoptimalkan peta perencanaan perumahan.

Pemetaan bidang lahan menggunakan wahana pesawat tanpa awak untuk peta perencanaan perumahan dengan penunjang standar ketelitian peta dasar dari BIG (Badan Informasi Geospasial) dengan data pengukuran GCP (*Ground Control Point*) dan ICP (*Independent Control Point*). GCP berfungsi sebagai titik control lapangan dan ICP sebagai titik uji ditambahkan perhitungan perbandingan biaya antara penggunaan UAV dan *geodetic*, dikomparasi dengan pengukuran menggunakan *Theodolite TS* dengan rujukan INKINDO (Ikatan Nasional Konsultan Indonesia), yang bertujuan sebagai penunjang parameter pada peta perencanaan perumahan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah di atas, perumusan masalah yang akan dibahas pada penelitian ini adalah :

1. Apakah pemetaan bidang lahan menggunakan wahana UAV dan *Geodetic* dapat dihitung menggunakan standar ketelitian peta dasar dari BIG (Badan Informasi Geospasial)?
2. Bagaimanakah perbandingan biaya pengukuran menggunakan wahana UAV dan *geodetic* dengan pengukuran menggunakan *Theodolite TS* ?

1.3 Tujuan

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mengetahui perhitungan dengan standar uji ketelitian Geometri pada peta bidang lahan yang dihasilkan dari pemotretan udara dan pengukuran *geodetic*.
2. Mengetahui biaya penggunaan wahana UAV dan *Geodetic* dibandingkan dengan pengukuran menggunakan *Theodolite TS*.

1.4 Manfaat

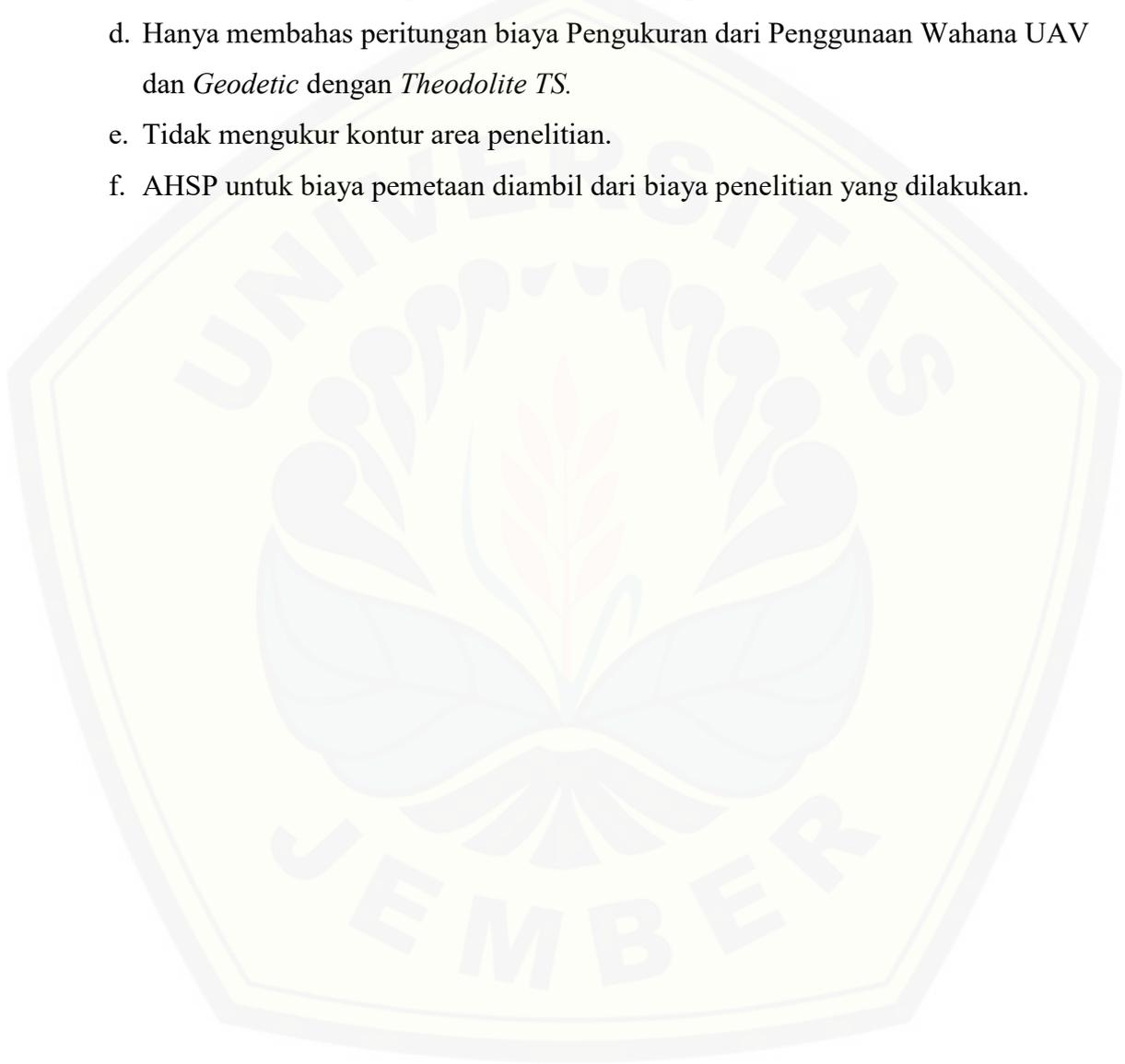
Adapun manfaat dari penelitian ini adalah

1. Bagi mahasiswa
Memberikan kontribusi bagi ilmu fotogrametri, khususnya mengenai ketelitian geometri *orthofoto* menggunakan UAV DJI Phantom 4 Pro.
2. Bagi perusahaan / instansi
Hasil penelitian dapat digunakan sebagai referensi dalam pekerjaan *fotogrametri*.
3. Bagi penulis
Mengoptimalkan teknologi yang sedang berkembang ditengah masyarakat dalam rangka penelitian di bidang pemetaan.

1.5 Batasan Masalah

Adapun Batasan masalah dari penelitian ini adalah :

- a. Hanya memetakan luasan area peta perumahan yang di studi kasuskan.
- b. Tidak memperhitungan Ketelitian beda tinggi (nilai Z).
- c. Tidak membahas mengenai Ketelitian atribut peta dasar.
- d. Hanya membahas peritungan biaya Pengukuran dari Penggunaan Wahana UAV dan *Geodetic* dengan *Theodolite TS*.
- e. Tidak mengukur kontur area penelitian.
- f. AHSP untuk biaya pemetaan diambil dari biaya penelitian yang dilakukan.



BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian *Fotogrametri*

Fotogrametri adalah suatu seni, ilmu dan teknik untuk memperoleh data-data tentang objek fisik dan keadaan di permukaan bumi melalui proses perekaman, pengukuran, dan penafsiran citra fotografik. Citra fotografik adalah foto udara yang diperoleh dari pemotretan dari udara yang menggunakan pesawat terbang atau wahana terbang lainnya. Hasil dari proses *fotogrametri* adalah berupa peta foto atau peta garis. Peta ini umumnya dipergunakan untuk berbagai kegiatan perencanaan dan desain, seperti jalan raya, jalan kereta api, jembatan, jalur pipa, tanggul, jaringan listrik, jaringan telepon, bendungan, pelabuhan, pembangunan perkotaan.

Fotogrametri atau *aerial surveying* adalah teknik pemetaan melalui foto udara. Hasil pemetaan secara fotogrametrik berupa peta foto dan tidak dapat langsung dijadikan dasar atau lampiran penerbitan peta. Pemetaan secara fotogrametrik tidak dapat lepas dari referensi pengukuran secara terestris, mulai dari penetapan *ground controls* (titik dasar kontrol) hingga kepada pengukuran batas tanah. Batas-batas tanah yang diidentifikasi pada peta foto harus diukur di lapangan. Fotogrametri berasal dari kata Yunani yakni dari kata “photos” yang berarti sinar, “gramma” yang berarti sesuatu yang tergambar atau ditulis, dan “metron” yang berarti mengukur. Oleh karena itu “fotogrametri” berarti pengukuran secara grafik dengan menggunakan sinar (Thompson, 1980 dalam Sutanto, 1983) Dalam manual fotografi edisi lama. *Fotogrametri* didefinisikan sebagai ilmu atau seni untuk memperoleh ukuran terpercaya dengan menggunakan foto dengan menambahkan interpretasi foto udara kedalamnya dengan fungsi yang hampir sama kedudukannya dengan penyadapan ukuran dari foto. Setelah edisi ketiga pada tahun 1996, definisi *fotogrametri* diperluas lagi hingga meliputi penginderaan jauh (Sutanto, 1983).

Dapat disimpulkan bahwa *fotogrametri* adalah suatu seni, ilmu, dan teknik untuk memperoleh data-data tentang objek fisik dan keadaan di permukaan bumi melalui proses perekaman, pengukuran, dan penafsiran citra fotografik. Citra

fotografik adalah foto udara yang diperoleh dari pemotretan udara yang menggunakan pesawat terbang atau wahana terbang lainnya.

2.2 Pesawat Tanpa Awak

Pesawat Tanpa Awak atau *Unamned Aerial Vecihle* (UAV) merupakan wahana yang mampu dikendalikan dari jarak jauh dengan menggunakan kontrol dengan frekuensi tertentu. Jenis UAV yang digunakan adalah jenis *Quadcopter* yang memiliki 4 buah rotor sebagai penggerak *propeller* yang menghasilkan gaya angkat. *Quadcopter* dapat melakukan terbang dan mendarat secara *vertical*. Adapun tidak semua UAV digunakan dalam bidang pemetaan, berikut Spesifikasi Peralatan UAV untuk bidang pemetaan adalah sebagai berikut :

- a. Jenis kamera *non metrik*, tunggal atau jamak;
- b. Dilengkapi dengan *Mount* kamera dengan *gyro stabilizer* gimbal;
- c. Dilengkapi Dengan *receiver* pengukuran satelit dan IMU (Juknis UAV, 2017).

Penelitian ini menggunakan UAV DJI Phantom 4 Pro, UAV ini memiliki spesifikasi yang disyaratkan oleh Juknis UAV, (2017). DJI Phantom 4 Pro merupakan seri tertinggi kelas DJI Phantom, Drone ini berjenis *quadcopter* dengan kemampuan terbang 30 menit. Memiliki Fitur kamera sebesar 20 mp dengan sensor 1' menghasilkan gambar yang jernih dan tajam. Berikut merupakan spesifikasi secara umum DJI Phantom 4 Pro pada tabel 2.1.

Tabel 2.1 Spesifikasi Fitur DJI Phantom 4 Pro.

No	Drone	Keterangan
1	Nama	DJI Phantom 4 Pro
2	Jenis	<i>Quadcopter</i>
3	<i>Satellite Positioning Systems</i>	GPS/GLONASS
4	<i>Max Wind Speed Resistance</i>	10 m/s
5	<i>Battery</i>	5870 mAh

No	Gimbal	Keterangan
1	<i>Stabilization</i>	3-axis (<i>pitch, roll, yaw</i>)
2	<i>Controllable range</i>	<i>Pitch: -90° to +30°</i>
3	<i>Max Controllable Angular Speed</i>	<i>Pitch: 90°/s</i>
4	<i>Angular Vibration Range</i>	$\pm 0.02^\circ$

sumber: <https://www.dji.com/id/phantom-4pro>

2.3 Pengertian GNSS

GNSS adalah singkatan dari *Global Navigation Satellite System*. GNSS tersebut merupakan teknologi yang digunakan untuk menentukan posisi atau lokasi (lintang, bujur, dan ketinggian) serta waktu dalam satuan ilmiah di bumi. Satelit akan mentransmisikan sinyal radio dengan frekuensi tinggi yang berisi data waktu dan posisi yang dapat diambil oleh penerima yang memungkinkan pengguna untuk mengetahui lokasi tepat mereka dimanapun di permukaan bumi. Saat ini terdapat 4 macam GNSS yang telah dan akan beroperasi secara penuh, yaitu:

1. GPS – *Global Positioning System* (Amerika)
2. GLONASS – *Global Navigation Satellite System* (Russia)
3. *Beidou* (Kompas – China)
4. *Galileo* (Uni Eropa)

Sistem-sistem tersebut akan terus dikembangkan untuk menjadi lebih baik untuk memenuhi standar keakuratan data yang dihasilkan dan kehandalan dalam memenuhi kebutuhan. Terdapat pula satelit navigasi yang beroperasi secara regional pada wilayah negara tertentu, seperti IRNSS (India), QZSS (Jepang), dan DORIS (Perancis), (dalam Buletin Gambaran, Opini, dan Informasi Kehutanan, Edisi 3 tahun 2017).

Pada dasarnya GPS terdiri dari tiga segmen utama, yaitu segmen angkasa (*space segment*), yang terdiri dari satelit-satelit GPS, segmen sistem kontrol (*control system segment*) yang terdiri dari stasiun-stasiun pemonitor dan pengontrol satelit, dan sistem pemakai (*user segment*) yang terdiri dari pemakai GPS termasuk alat-alat penerima (*receiver*) dan pengolah sinyal dan data GPS (dalam Hasanudin Abidin, Penentuan dengan GPS dan Aplikasinya, 2000).

GPS receiver adalah alat yang dapat melakukan penerimaan sinyal GPS dari satelit GPS dan memproses sinyal tersebut untuk menghasilkan data koordinat. Terdapat tiga kategori *GPS receiver* untuk kepentingan sipil (non militer), yaitu; *Receiver GPS* Tipe navigasi, *Receiver GPS* tipe *mapping*, dan *Receiver GPS* tipe *geodetic*.

2.4 Receiver GPS Tipe Geodetic

GPS Receiver tipe *geodetic* adalah *GPS receiver* yang fungsi utamanya adalah sebagai *receiver GPS* untuk memperoleh informasi posisi yang akurat dan presisi hingga orde milimeter. *Receiver* ini juga sudah mendukung fasilitas koreksi data GPS yang diakibatkan efek *multipath*, bisa atmosfer, dan *low visibility*, baik secara koreksi metode absolut maupun differensial, dan juga secara *realtime correction* maupun *post processing correction*, sehingga secara umum kualitas data yang dihasilkan jauh lebih baik dari *receiver* navigasi dan *receiver mapping*. Kegunaan utama untuk informasi posisi yang presisi, biasanya fungsi navigasi dan mapping yang disediakan tidak banyak, tapi fungsi koreksi data, *logging*/perekaman data. *Receiver* tipe *geodetic* umumnya berbentuk *dedicated antenna/receiver* yang nanti dapat dikoneksikan dengan *receiver mapping* sebagai *controllernya* atau *dedicated controller*.

GPS Receiver tipe *geodetic* banyak dipakai untuk aplikasi yang memerlukan informasi posisi yang presisi, seperti studi deformasi tanah dan batuan, pengukuran kadastral (bidang tanah), studi pergerakan lempeng, pembuatan peta skala besar, dan lain-lain.

2.5 Petunjuk Teknis Pembuatan Peta Kerja dengan Menggunakan Pesawat Nirawak/Drone

Petunjuk Teknis ini disusun untuk menjadi acuan awal dalam melaksanakan berbagai kegiatan pembuatan peta kerja dengan pemotretan udara dengan menggunakan wahana pesawat udara nirawak (*drone*).

2.5.1 Definisi-definisi penunjang

Definisi-definisi penunjang dalam pengerjaan petunjuk teknis pembuatan peta kerja dengan menggunakan pesawat nirawak/*drone* sebagai berikut:

1. *Ground Sampling Distance* (GSD) adalah jarak diantara dua pusat /*central pixel* berurutan yang diukur dilapangan.

2. Identifikasi bidang tanah secara *fotogrametri* adalah penentuan batas-batas bidang tanah secara *visual/physical boundaries* yang terlihat pada peta foto dan di lapangan dengan menarik garis ukur (*deliniasi*) pada peta foto dengan terlebih dahulu menandai (*prick*) detail yang posisinya sama pada peta foto.
3. *Inertial Measurement Unit* (IMU) adalah alat yang memanfaatkan sistem pengukuran seperti *gyroskop* dan *akselerometer* untuk memperkirakan posisi relatif, kecepatan, dan akselerasi dari gerakan motor, yang merupakan bagian dari sistem navigasi.
4. Mosaik citra/foto adalah mosaik citra/foto adalah hasil proses menggabungkan/ menempelkan dua atau lebih citra/foto yang tumpang tindih (*overlapping*) sehingga menghasilkan citra yang *representatif* dan kontinyu.
5. *Ortofoto* adalah foto yang memperlihatkan citra dari objek dalam posisi ortogonal sehingga memiliki skala yang seragam dan bebas dari pengaruh kesalahan *relief displacement*
6. Pemetaan bidang tanah adalah kegiatan pengolahan data dan penggambaran hasil pengukuran bidang-bidang tanah dengan suatu metode tertentu pada media tertentu sehingga letak dan ukuran bidang tanahnya dapat diketahui dari media tempat pemetaan bidang tanah tersebut.
7. Peta foto adalah peta yang menggambarkan detail lapangan dari citra foto dengan skala tertentu. Peta foto sudah melalui proses pemetaan *fotogrametri* oleh karena itu ukuran-ukuran pada peta foto sudah benar dengan demikian detail-detail yang ada di peta foto dan dapat diidentifikasi dilapangan mempunyai posisi sudah benar di peta.
8. Peta Kerja adalah peta yang menyajikan unsur alam dan buatan manusia, yang beradi di permukaan bumi, digambarkan pada suatu bidang datar dengan skala dan sistem proyeksi tertentu untuk keperluan identifikasi bidang tanah serta kegiatan pertanahan lainnya.
9. Sistem koordinat adalah sistem acuan yang diakui untuk satu titik dari suatu lokasi dalam ruang, didefinisikan oleh proyeksi peta, *sferoid referensi* dan *datum*.

10. Survei pendahuluan adalah kegiatan survei lapangan awal yang dilakukan untuk mengetahui kondisi lapangan yang sebenarnya bagi keperluan penempatan titik kontrol seperti kondisi tutupan lahan, topografi dan kemiringan lereng.
11. Sistem referensi adalah sistem acuan yang digunakan untuk mendefinisikan dan menyatakan koordinat suatu titik baik koordinat *horizontal* maupun *vertikal*.
12. Titik Dasar Teknik (TDT) adalah titik yang mempunyai koordinat yang diperoleh dari suatu pengukuran dan perhitungan dalam suatu sistem tertentu yang berfungsi sebagai titik kontrol atau titik ikat untuk keperluan pengukuran dan rekonstruksi batas.
13. Titik kontrol (*Ground Control Point*) adalah sebuah sistem titik dengan posisi horizontal dan vertikal yang digunakan sebagai referensi tetap dalam posisi dan terkait dengan objek peta, foto udara atau citra penginderaan jauh
14. *Bundle block adjustment* adalah proses triangulasi udara pada fotografi udara dan dapat didefinisikan untuk mendeskripsikan perbaikan koordinat 3d pada fotografi udara, *scene geometri*, parameter *relative motion* dan karakteristik optis yang digunakan untuk memperoleh image, dengan memperhatikan korespondensi dari proyeksi *image* untuk keseluruhan point.
15. *Circular error 90%* (CE90) adalah ukuran ketelitian geometrik horisontal yang didefinisikan sebagai radius lingkaran yang menunjukkan 90% kesalahan atau perbedaan posisi horisontal obyek di peta dengan posisi yang dianggap benar tidak lebih dari radius tersebut
16. *Digital Elevation Model* (DEM) adalah suatu model yang menggambarkan permukaan yang kontinyu seperti permukaan *terrain*. DEM digunakan untuk menginterpolasi ketinggian dari sembarang lokasi dengan menggunakan beberapa titik permukaan (x,y,z)
17. *Forward overlap* adalah pertampalan kemuka di fotografi udara diperlukan untuk mendapatkan pandangan stereoskopis. Format overlap umumnya dinyatakan dalam prosentase.
18. *Premark* adalah Suatu tanda lapangan yang dipasang pada titik di tanah sehingga dapat terlihat pada foto udara untuk keperluan pengukuran titik kontrol.

19. *Resampling* adalah proses menginterpolasi nilai-nilai sel dari satu kumpulan data raster ke dalam suatu yang baru yang mempunyai sel sel yang lebih besar atau lebih kecil atau yang tidak boleh didaftarkan bersama dengannya
20. *Root Mean Square Error (RMSE)* adalah akar kuadrat dari rata – rata kuadrat dari selisih antara nilai koordinat di peta dan nilai koordinat sumber independent yang akurasiya lebih tinggi.
21. *Seamless* adalah konsisten dan koheren.
22. *Side overlap* adalah pertampalan kesamping di fotografi udara diperlukan untuk mendapatkan pandangan *stereoskopis*. *Format side overlap* pada umumnya dinyatakan dalam prosentase.
23. Pesawat Udara Nir awak/ *Unmanned Aerial Vehicle (UAV)* adalah Sebuah mesin terbang yang berfungsi dengan kendali jarak jauh oleh pilot atau mampu mengendalikan dirinya sendiri, menggunakan hukum aerodinamika untuk mengangkat, bisa digunakan kembali dan mampu membawa muatan baik senjata atau kamera atau muatan lainnya.

2.5.2 Spesifikasi peralatan dan hasil keluaran

Spesifikasi peralatan dan hasil keluaran penunjang dalam pengerjaan petunjuk teknis pembuatan peta kerja dengan menggunakan pesawat nir awak/*drone*, dapat dilihat di tabel 2.2 dan 2.3.

Tabel 2.2 Spesifikasi Peralatan.

Pemotretan udara digital dengan menggunakan pesawat nir awak		
Persiapan	Software Jalur Terbang	Memiliki kemampuan mendesain jalur terbang sesuai sensor yang digunakan
	Software GIS	
Pengukuran titik kontrol	Receiver pengukuran metode Satelit	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Single</i> atau <i>Dual frequency</i> • Tipe <i>receiver Geodetic</i>
	Software pengolah data pengukuran titik kontrol	Memiliki kemampuan mengolah data pengamatan metode satelit hingga menghasilkan koordinat dengan level akurasi yang disyaratkan
Pemotretan udara	Sistem Kamera Udara <i>Non Metrik</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Tunggal, atau Jamak (<i>multispectral, dual</i> kamera, kombinasi <i>vertikal obliq</i>) • Dilengkapi mount kamera dengan <i>gyro stabilizer/ gymbal (Optional)</i> • Dilengkapi dengan <i>receiver</i> pengukuran satelit dan IMU (<i>Optional</i>)
	Pesawat Udara Nir Awak	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Type Fix wing</i> atau <i>Type Chopter</i> • <i>RC</i> • <i>Autonomous Flight</i> • <i>RTK</i> atau <i>GNSS PPK installed(Optional)</i>
Pengolahan data foto udara	Komputer <i>Workstation</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Mampu mengolah data grafis • <i>Operating system: 64 bit</i> • CPU: intel i3 / i5 / i7 / <i>or equivalent</i> • RAM: 32 GB atau lebih
	Software pengolah foto udara nirawak	Memiliki kemampuan untuk: <ul style="list-style-type: none"> • Proses <i>bundle block adjustment</i> • <i>Dense Image Matching Technology</i> • Membentuk <i>digital surface model (DSM)</i> secara otomatis • Mengolah <i>orthofoto</i> • Membuat mosaik

sumber: Petunjuk Teknis Pembuatan Peta Kerja dengan Menggunakan Pesawat Nirawak/Drone

Tabel 2.3 Standar Hasil Keluaran

Pemotretan udara digital dengan menggunakan pesawat nir awak			
Persiapan		AOI rencana distribusi titik control	Dalam Hektar Peta <i>Digital format</i> (* .pdf dan *.shp)
		Peta rencana jalur terbang	<i>Digital format</i> (* .pdf dan *.shp)
Pengukuran titik kontrol	<ul style="list-style-type: none"> • Jumlah Titik Kontrol Utama Minimal 10 Titik • Apabila menggunakan RTK atau GNSS pada Pesawat Nir awak, jumlah titik minimal 5 titik • Ketelitian horisontal ≤ 5 cm • Ketelitian vertikal ≤ 10 cm 	Deskripsi titik kontrol	Digital format (* .pdf)
		Data pengamatan pengukuran metode satelit	<i>Digital format</i> Rinex dan koordinat format raw data
		Daftar koordinat kontrol	<i>Digital format</i> titik (* .xls dan *.shp)
Akuisis data foto udara	<ul style="list-style-type: none"> • Luas Maksimum 5.000 Ha dalam satu blok atau maksimal 3000 foto • <i>Forward overlap</i> 70% • <i>Side overlap</i> 60% • Untuk daerah pegunungan/<i>berelief</i>, <i>forward overlap</i> 80% dan <i>side overlap</i> 70% atau lebih 	Data mentah foto udara digital	<i>Digital format</i> sesuai kamera
Pengolahan data foto udara	<ul style="list-style-type: none"> • Obyek harus <i>seamless</i> pada perpotongan <i>seamline</i> antar <i>orthofoto</i> • Ketelitian <i>horizontal</i> Serendah rendahnya 0.5 mm X bilangan skala peta 1 : 5.000 (2.5 m) dihitung pada koordinat titik cek di mosaik <i>orthofoto</i> • Mosaik <i>orthofoto</i> per lembar peta mengacu pada sistem koordinat nasional TM 3° 	Mosaik <i>orthofoto</i> gabungan	<i>Digital format</i> (* .ecw dan GeoTIFF)
		DEM	<i>Digital format</i> (GeoTIFF dengan elevasi)
		Mosaik <i>orthofoto</i> perlembar peta	<i>Digital format</i> (GeoTIFF)

sumber: Petunjuk Teknis Pembuatan Peta Kerja dengan Menggunakan Pesawat Nirawak/Drone

2.5.3 Uji Akurasi Peta Foto

Uji Akurasi Peta Foto dalam pelaksanaan petunjuk teknis pembuatan peta kerja dengan menggunakan pesawat nirawak/*drone*, dapat dijelaskan sebagai berikut ;

1. Titik yang digunakan dalam uji akurasi adalah titik Cek (ICP).
2. Jumlah titik Cek minimal 12 titik pada luasan total satu blok 20.000 Ha.
3. Koordinat posisi titik cek dibandingkan antara posisi sebenarnya dengan posisi pada hasil orthophoto.
4. Akurasi dihitung pada CE 90, seperti pada tabel 2.4

Tabel 2.4 Perhitungan Akurasi CE90

NO	ICP	KOORDINAT ORTO		KOORDINAT ICP		ΔX (X1- X2)	ΔY (Y1- Y2)	ΔX^2	ΔY^2	KET
		X	Y	X	Y					
		1	1	2	2					
1	ICP01	218682.9	809008.4	218682.4	809008.3	-0.075	0.088	0.006	0.008	-
...
12	ICP12	219717.6	807545.8	219717.6	807545.8	0.027	-0.020	0.001	0.000	-
$\sum \Delta X^2$ (Jumlah ΔX^2 diatas)								0.029		
$\sum \Delta Y^2$ (Jumlah ΔY^2 diatas)								0.052		
$\sum \Delta X^2 + \sum \Delta Y^2$								0.082		
$(\sum \Delta X^2 + \sum \Delta Y^2)/n$								0.0068		
RMSE=SQRT($(\sum \Delta X^2 + \sum \Delta Y^2)/n$)								0.0825		
CE90=1.5175 X RMSE								0.125		

sumber: Petunjuk Teknis Pembuatan Peta Kerja dengan Menggunakan Pesawat Nirawak/Drone

Keterangan:

- Angka di atas merupakan ilustrasi
- n adalah jumlah titik cek
- 1,5175 merupakan konstanta pengali untuk CE90, yang berasal dari *factor* 2.146 yang diaplikasikan untuk *circular error* pada 90 % *confident level*.

5. Akurasi *horizontal* 0.5 mm X bilangan skala peta (0.5 m). Ilustrasi angka diatas adalah **0.125** maka masuk dalam toleransi akurasi.
6. Hasil uji akurasi di masukkan kedalam metadata atau keterangan peta dalam legenda. Contoh : “Peta Kerja yang digunakan adalah dari hasil pemotretan udara nirawak/*drone* yang memiliki akurasi 0.125 “.
7. Ketelitian peta foto dari pesawat nir awak/*drone* yang dihasilkan serendah- rendahnya berada pada kelas 3 skala 1:10.000 yaitu 5 meter. Selengkapnya dapat dibaca pada tabel 2.5.

Tabel 2.5 Ketelitian Peta Kerja

No.	Skala	Ketelitian Peta Kerja					
		Kelas 1		Kelas 2		Kelas 3	
		H (m)	V (m)	H(m)	V (m)	H (m)	V (m)
1	1 : 10.000	2	2	3	3	5	5
2	1 : 5.000	1	1	1.5	1.5	2.5	2.5
3	1 : 2.500	0.5	0.5	0.75	0.75	1.25	1.25
4	1 : 1.000	0.2	0.2	0.3	0.3	0.5	0.5

sumber: *Petunjuk Teknis Pembuatan Peta Kerja dengan Menggunakan Pesawat Nirawak/Drone*

2.6 Pedoman AHSP (Analisa Harga Satuan Pekerjaan) Pengukuran *Topografi* dan Pemetaan

Pedoman ini menetapkan besaran indeks tenaga kerja, bahan dan peralatan yang dibutuhkan untuk menghitung harga satuan pekerjaan dari setiap unit satuan pengukuran berbagai jenis pekerjaan atau komponen terkait. Pedoman ini menetapkan pula berbagai item pekerjaan yang termasuk dalam suatu kegiatan atau unit pembangunan guna menghitung harga paket pekerjaan berdasarkan sistem harga satuan pekerjaan.

2.6.1 Istilah dan Definisi

Istilah dan definisi dalam pedoman analisa harga satuan pekerjaan pengukuran *topografi* dan pemetaan.

1. Angka indeks adalah faktor pengali (koefisien) sebagai dasar perhitungan bahan baku dan upah kerja.
2. Biaya bahan adalah jumlah biaya berbagai bahan yang dibutuhkan untuk pelaksanaan pekerjaan, didapat dari perkalian harga dasar satuan bahan dengan jumlah atau volume bahan yang dipakai.
3. Harga Satuan Pekerjaan (HSP) adalah biaya upah kerja dengan atau tanpa harga bahan-bahan bangunan untuk satuan pekerjaan tertentu.
4. Jumlah pekerja adalah jumlah tenaga kerja yang digunakan untuk menyelesaikan pekerjaan.
5. Satuan pekerjaan adalah satuan jenis kegiatan konstruksi bangunan yang dinyatakan dalam satuan panjang, luas, volume dan unit.
6. adalah biaya untuk upah pekerja yang diperlukan untuk pelaksanaan pekerjaan, didapat dari hasil perkalian jumlah tenaga manusia yang dibutuhkan dengan harga dasar satuan upah untuk masing-masing tingkat keahliannya.

2.6.2 Singkatan

Singkatan dalam pedoman analisa harga satuan pekerjaan pengukuran topografi dan pemetaan selengkapnya dapat dilihat pada tabel 2.6.

Tabel 2.6 Singkatan istilah

Singkatan	Kepanjangan	Istilah
cm	Centimeter	Satuan Panjang
kg	Kilogram	Satuan Berat
m atau m'	Meter Panjang	Satuan Panjang
m ²	Meter Persegi	Satuan Luas
m ³	Meter Kubik	Satuan Volume
OH	Orang Hari	Satuan tenaga kerja per-hari
LS	Lump Sum	Satuan volume paket pekerjaan

sumber: Pedoman AHSP Pengukuran Topografi dan Pemetaan tahun 2006

2.6.3 Ketentuan dan Persyaratan

Ketentuan dan persyaratan dalam pedoman analisa harga satuan pekerjaan pengukuran topografi dan pemetaan.

Persyaratan umum dalam pedoman penyusunan analisa harga satuan pekerjaan ini adalah :

1. Besaran indeks kebutuhan tenaga kerja, bahan dan peralatan ini berlaku untuk seluruh Indonesia. Besaran harga satuan pekerjaan mungkin berbeda untuk masing-masing daerah yang berdasarkan harga dasar bahan dan upah tenaga kerja sesuai dengan kondisi setempat.
2. Besaran indeks dihitung berdasarkan spesifikasi bahan dan cara pengerjaan setiap jenis pekerjaan sesuai dengan standar atau pedoman yang berlaku di Indonesia.
3. *Volume* pekerjaan dapat dihitung berdasarkan gambar teknis yang telah disetujui (misal gambar detail desain atau jika ada gambar hasil *shop drawing*), atau besaran *volume* pekerjaan BoQ (*Bill of Quantity*) yang telah tertera pada Rencana Kerja dan Syarat-syarat.
4. Jam kerja efektif untuk para pekerja diperhitungkan selama 7(tujuh) jam per hari.
5. Indeks bahan, upah (tenaga) dan juga ada yang termasuk peralatannya ini dipakai untuk menghitung harga satuan pekerjaan.
6. Harga satuan pekerjaan adalah hasil AHSP ditambah maksimum 15%-nya yang merupakan komponen 5% *overhead cost* dan keuntungan 10%.

2.6.4 Indeks Komponen Harga Satuan Pekerjaan

Indeks komponen harga satuan pekerjaan dalam pedoman analisa harga satuan pekerjaan pengukuran *topografi* dan pemetaan.

Berbagai jenis pekerjaan terkait pada bagian ini adalah sebagai berikut:

1. Pekerjaan pengukuran
 - A. Pengukuran Poligon utama

Untuk 10 ha setara dengan 1 km pelaksanaan pekerjaan pengukuran poligon utama dapat dilihat pada tabel 2.7.

Tabel 2.7 Pengukuran Poligon utama

	Kebutuhan	Satuan	Indeks	
			Pengukuran	Pengecekan
Tenaga Kerja	Kepala Tim Pengukuran	OH	0,10	0,25
	<i>Surveyor</i> / Juru ukur	OH	0,67	0,25
	Pekerja pemegang rambu	OH	1,33	0,50
	Tukang pasang patok	OH	1,33	0,50
	Tukang rintis	OH	1,33	0,50
	Pekerja pengangkat alat	OH	1,33	0,50
	Juru gambar untuk penulisan dan plotting sketsa hasil ukur di lapangan	OH	0,67	0,25
Peralatan	<i>Waterpas</i> atau <i>theodolit</i>	Hari	0,67	0,25
	Rambu atau pita ukur	Hari	1,33	0,55
	Kendaraan	Hari	0,67	0,25
	peralatan lain seperti alat komunikasi, GPS, kalkulator, senter, payung, kertas, batu baterai dll.	Hari	-	-
	(dihitung sebagai biaya lain-lain secara LS). jumlah patok dihitung secara terpisah untuk keperluan, ukuran dan bahan yang digunakan.	Hari	-	-

sumber: Pedoman AHSP Pengukuran Topografi dan Pemetaan tahun 2006

- B. Koefisien bobot tingkat ketelitian dan Kondisi medan dalam pedoman analisa harga satuan pekerjaan pengukuran topografi dan pemetaan dapat dilihat pada tabel 2.8.

Tabel 2.8 Koefisien Bobot

No.	Ketelitian		Datar	AC	Curam	SC	ASC
	Skala	Jarak. Patok	S<5°	5°<S<10°	10°<S<20°	20<S<35°	S>35°
1	1:>100.000	150-120m	1.00	1.10	1.25	1.40	1.50
		120-100m	1.25	1.38	1.56	1.75	1.88
		100-80m	1.40	1.54	1.75	1.96	2.10
2	1:100.000	70-100m	1.10	1.21	1.38	1.54	1.65
		50-70m	1.38	1.51	1.72	1.93	2.06
		30-50m	1.54	1.69	1.93	2.16	2.31
3	1:50.000 – 1:25.000	70-100m	1.25	1.38	1.56	1.75	1.88
		50-70m	1.56	1.72	1.95	2.19	2.34
		30-50m	1.75	1.93	2.19	2.45	2.63
4	1:5000	50-70m	1.40	1.54	1.75	1.96	2.10
		20-50m	1.75	1.93	2.19	2.45	2.63
		10-20m	1.96	2.16	2.45	2.74	2.94
5	1:<5.000	50-70m	1.50	1.65	1.88	2.10	2.25
		20-50m	1.88	2.06	2.34	2.63	2.81
		10-20m	2.10	2.31	2.63	2.94	3.15

sumber: Pedoman AHSP Pengukuran Topografi dan Pemetaan tahun 2006

Catatan: AC = agak curam, SC= sangat curam, ASC = amat sangat curam

2.6.5 Peta Topografi

Biaya pemetaan *topografi* yang dilaksanakan sendiri biasanya harganya lebih mahal jika dibandingkan dengan harga peta yang telah dijual bebas, misalnya Bakosurtanal (Badan Koordinasi Survei & Pemetaan Nasional) menjual peta *topografi* seluruh Indonesia dengan skala besar sampai detail sesuai dengan ketersediaan peta yang ada. Sehubungan dengan AHSP untuk kegiatan pengukuran dan pemetaan merupakan analisa rinci komponen harga satuan biaya, namun untuk beberapa daerah mempunyai harga satuan pekerjaan yang distandarkan oleh pemerintah daerah setempat.

2.6.6 Peta Citra

Selain peta topografi dan peta tematik lainnya, ada pula yang disebut Peta Citra. Untuk mendapatkan peta tersebut biasanya dapat dipesan langsung ke pembuatnya seperti NOAA, ASTER, SPOTS, IKONOS/QUICKBIR dll. Namun dapat juga pesan melalui bakosurtanal.

2.7 Pedoman Standar Minimal Tahun 2019 Jasa Konsultasi Ikatan Nasional Konsultan Indonesia

Pedoman Standar Minimal Tahun 2019 ini dibuat dalam rangka memenuhi kebutuhan Perusahaan Jasa Konsultansi Nasional untuk menyusun Penawaran Harga (Usulan Biaya) serta dapat digunakan oleh Pengguna Jasa sebagai acuan dalam menyusun Rencana Anggaran Biaya (RAB) dan Harga Perkiraan Sendiri (HPS) untuk kegiatan Usaha Jasa Konsultansi.

Ikatan Nasional Konsultan Indonesia (INKINDO) sebagai Asosiasi Perusahaan di bidang Usaha Jasa Konsultansi dengan ini menerbitkan secara resmi *Billing Rate* dan *Direct Cost* 2019 untuk dapat dipergunakan sebagai salah satu acuan sumber data yang dapat dipertanggung jawabkan. Pedoman Standar Minimal Tahun 2019 yang disusun INKINDO terdiri atas dua komponen pokok, yaitu Biaya Langsung *Personil (Remuneration/Billing Rate)* dan Biaya Langsung *Non Personil (Direct Cost)*. Biaya Langsung *Personil (Remuneration/Billing Rate)* untuk Tenaga Ahli

(Professional) dihitung berdasarkan rumus perkiraan dengan menggunakan faktor sosial ekonomi yang dikeluarkan pemerintah berupa *forecast* Tahun 2019.

2.7.1 Biaya Langsung Personil (*Remuneration/Billing Rate*)

Biaya langsung personil dalam penggunaan Pedoman Standar Minimal Tahun 2019 ini, dipakai ketentuan sebagai berikut :

1. Biaya langsung personil untuk jasa konsultasi dihitung dengan mempertimbangkan dan berdasarkan harga pasar yang berlaku dan wajar serta didukung dengan studi perbandingan, penelitian yang komprehensif serta dokumen-dokumen yang dapat dipertanggung jawabkan.
2. Biaya langsung personil ini berlaku untuk tenaga ahli nasional.
3. Biaya langsung personil terdiri dari 2 (dua) bagian yaitu biaya langsung personil untuk pengadaan jasa dalam rangka undangan pelelangan internasional ICB (*International Competitive Bidding*) dan biaya langsung personil untuk pengadaan jasa dalam rangka undangan pelelangan nasional NCB (*National Competitive Bidding*).
4. Mata uang yang dipergunakan untuk undangan internasional (ICB) dan undangan nasional (NCB) adalah dalam bentuk mata uang rupiah.
5. Biaya langsung personil bagi seorang tenaga ahli yang memberikan jasa konsultasi dihitung menurut jumlah satuan waktu tertentu (bulan, minggu, hari, jam) ditetapkan berdasarkan pengalaman profesional yang setara (*comparable experiences*) sejak lulus dari pendidikan tinggi.
6. Biaya langsung personil tenaga ahli nasional untuk pengadaan jasa konsultasi dalam rangka undangan pelelangan nasional (NCB) tercantum dalam tabel 2.9 berlaku untuk Provinsi DKI Jakarta (sebagai *Benchmark*).
7. Biaya langsung personil tenaga sub profesional tercantum dalam tabel 2.10 berlaku untuk Provinsi DKI Jakarta (sebagai *Benchmark*).
8. Biaya langsung personil tenaga pendukung tercantum dalam tabel 2.11 berlaku untuk Provinsi DKI Jakarta (sebagai *Benchmark*).
9. Indeks biaya langsung personil per provinsi dengan *Benchmarking* DKI Jakarta tercantum pada tabel 2.12.

10. Biaya langsung personil tenaga ahli, tenaga *sub profesional* serta tenaga pendukung untuk masing- masing provinsi di Indonesia (diluar Provinsi DKI Jakarta) dihitung dengan mengalikan biaya langsung personil di Provinsi DKI Jakarta (sebagai *Benchmark*) dengan Indeks Biaya Langsung Personil per Provinsi pada tabel 2.12.
11. Biaya langsung personil (tenaga ahli dan tenaga sub profesional) yang dihitung sudah mencakup gaji dasar (*basic salary*) termasuk PPh-21, beban biaya sosial (*social charge*), beban biaya umum (*overhead cost*), dan keuntungan (*profit/fee*).

2.7.2 Biaya Langsung Non Personil (*Direct Cost*)

Biaya langsung non personil dalam menggunakan pedoman standar minimal tahun 2019 ini, dipakai ketentuan sebagai berikut :

1. Biaya langsung non personil adalah biaya langsung yang diperlukan untuk menunjang pelaksanaan kegiatan proyek yang dibuat dengan mempertimbangkan dan berdasarkan harga pasar yang wajar dan dapat dipertanggungjawabkan serta sesuai dengan perkiraan kegiatan. Biaya langsung non personil ini terdiri dari 3 (tiga) komponen, yaitu:
 - a. *Reimbursable* adalah biaya yang dapat diganti yang sebenarnya dikeluarkan oleh konsultan untuk pengeluaran-pengeluaran yang sesungguhnya (*at cost*) dan kegiatan yang ditetapkan.
 - b. *Fixed Unit Rate* adalah biaya yang dikeluarkan oleh konsultan berdasarkan harga satuan yang pasti dan tetap untuk setiap item / unsur pekerjaan dengan volume yang diperkirakan.
 - c. *Lump Sum* adalah biaya suatu atau beberapa item / unsur pekerjaan dalam batas waktu tertentu, dengan jumlah harga yang pasti dan tetap serta dibayarkan sekaligus.
2. Untuk komponen kegiatan yang dibelanjakan di dalam negeri dengan sumber pembiayaan melalui dana/pinjaman luar negeri, nilai kontrak dinyatakan dalam Rupiah.

3. Indeks biaya langsung non personil per provinsi dengan *Benchmarking* Provinsi DKI Jakarta.

2.7.3 Biaya Langsung Personil Tenaga Ahli Nasional

Biaya langsung personil tenaga ahli nasional untuk pengadaan jasa konsultansi dalam rangka undangan pelelangan nasional (NCB) tercantum dalam tabel 2.9 berlaku untuk Provinsi DKI Jakarta (sebagai *Benchmark*).

Tabel 2.9 Biaya Langsung Personil

KUALIFIKASI TENAGA AHLI DAN TAHUN PENGALAMAN	RUPIAH PER BULAN			
		S1 / Setara	S2 / Setara	S3 / Setara
TENAGA AHLI (TIDAK BER SKA / SKK) ▶	1	**)	23.750.000	30.250.000
	2	**)	25.500.000	32.250.000
AHLI MUDA ▶	1	3	18.500.000	27.250.000
	2	4	20.000.000	29.250.000
AHLI MADYA ▶	1	3	21.500.000	31.000.000
	2	4	23.000.000	32.750.000
	3	5	24.500.000	34.750.000
AHLI UTAMA ▶	1	4	26.000.000	36.500.000
	2	5	27.500.000	38.250.000
	3	6	29.000.000	40.250.000
	4	7	30.500.000	42.000.000
	5	8	32.000.000	43.750.000
	6	9	33.500.000	45.750.000
	7	10	35.000.000	47.500.000
	8	11	36.500.000	49.250.000
	9	12	38.000.000	51.250.000
	10	13	39.500.000	53.000.000
	11	14	41.000.000	54.750.000
	12	15	42.500.000	56.750.000
	13	16	44.000.000	58.500.000
	14	17	45.500.000	60.250.000
	15	18	47.000.000	62.250.000
	16	19	48.500.000	64.000.000
	17	20	50.000.000	65.750.000
	18	21	51.500.000	67.750.000

sumber: Pedoman Standar Minimal Tahun 2019 Jasa Konsultansi Ikatan Nasional Konsultan Indonesia

*) Referensi Biaya Minimal Tahun 2019 (*benchmarking* DKI Jakarta dengan Indeks = 1,000).

2.7.4 Biaya Langsung Personil Tenaga Sub Profesional

Biaya langsung personil tenaga sub professional untuk pengadaan jasa konsultasi dalam rangka undangan pelelangan nasional (NCB) tercantum dalam tabel 2.10 berlaku untuk Provinsi DKI Jakarta (sebagai *Benchmark*).

Tabel 2.10 Biaya Langsung Personil Untuk Tenaga *Sub Professional*

NO	PERSONIL	RUPIAH PER BULAN
1.	<i>CAD / CAM OPERATOR</i>	10.700.000
2.	<i>SOFTWARE PROGRAMMER / IMPLEMENTER</i>	12.550.000
3.	<i>HARDWARE TECHNICIAN</i>	10.700.000
4.	<i>FACILITATOR</i>	10.700.000
5.	<i>SENIOR ASSISTANT PROFESSIONAL STAFF</i>	13.650.000
6.	<i>ASSISTANT PROFESSIONAL STAFF</i>	12.900.000
7.	<i>SPECIAL TECHNICIAN / INSPECTOR</i>	12.550.000
8.	<i>TECHNICIAN</i>	10.700.000
9.	<i>INSPECTOR</i>	10.700.000
10.	<i>SURVEYOR</i>	9.600.000

sumber: *Pedoman Standar Minimal Tahun 2019 Jasa Konsultasi Ikatan Nasional Konsultan Indonesia*

*) Referensi Biaya Minimal Tahun 2019 (*benchmarking* DKI Jakarta dengan Indeks = 1,000).

2.7.5 Biaya Langsung Personil Tenaga Sub Pendukung

Biaya langsung personil tenaga sub pendukung untuk pengadaan jasa konsultasi dalam rangka undangan pelelangan nasional (NCB) tercantum dalam tabel 2.11 berlaku untuk Provinsi DKI Jakarta (sebagai *Benchmark*).

Tabel 2.11 Biaya Langsung Personil Untuk Tenaga Pendukung

NO	PERSONIL	RUPIAH PER BULAN
1.	OFFICE MANAGER	11.250.000
2.	SITE OFFICE MANAGER / ADMINISTRATOR	10.150.000
3.	BILINGUAL SECRETARY	11.100.000
4.	SECRETARY	6.900.000
5.	COMPUTER OPERATOR / TYPIST	6.100.000
6.	DRAFTER (MANUAL)	5.700.000
7.	MESSENGER	4.300.000
8.	OFFICE BOY	4.000.000
9.	DRIVER	4.600.000
10.	OFFICE GUARD / SECURITY OFFICER	4.250.000

sumber: Pedoman Standar Minimal Tahun 2019 Jasa Konsultasi Ikatan Nasional Konsultan Indonesia

*) Referensi Biaya Minimal Tahun 2019 (*benchmarking* DKI Jakarta dengan Indeks = 1,000).

2.7.6 Indeks Biaya Langsung Personil per Provinsi

Indeks biaya langsung personil per provinsi dengan biaya langsung personil tenaga ahli, tenaga *sub profesional* serta tenaga pendukung untuk masing-masing provinsi di Indonesia (diluar Provinsi DKI Jakarta) dihitung dengan mengalikan biaya langsung personil di Provinsi DKI Jakarta (sebagai *Benchmark*) dengan Indeks Biaya Langsung Personil per Provinsi pada tabel 2.12.

Tabel 2.12 Indeks Biaya Langsung Personil per Provinsi Tahun 2019

NO	PROVINSI	INDEKS
1	Nanggroe Aceh Darussalam	1,091
2	Sumatera Utara	0,939
3	Sumatera Barat	0,894
4	Riau	0,967
5	Kepulauan Riau	0,997
6	Jambi	0,879
7	Sumatera Selatan	0,915
8	Kepulauan Bangka Belitung	0,923
9	Bengkulu	0,843
10	Lampung	0,858
11	Banten	0,886
12	DKI Jakarta (<i>Benchmarking</i>)	1,000
13	Jawa Barat	0,810
14	Jawa Tengah	0,809
15	DI Yogyakarta	0,815
16	Jawa Timur	0,880
17	Bali	0,861
18	Nusa Tenggara Barat	0,891
19	Nusa Tenggara Timur	0,885
20	Kalimantan Barat	0,847
21	Kalimantan Tengah	0,911
22	Kalimantan Selatan	0,928
23	Kalimantan Timur	0,978
24	Kalimantan Utara	0,979
25	Sulawesi Utara	0,992
26	Sulawesi Tengah	0,891
27	Sulawesi Tenggara	0,914
28	Sulawesi Selatan	0,948
29	Sulawesi Barat	0,920
30	Gorontalo	0,877
31	Maluku	0,930
32	Maluku Utara	0,936
33	Papua	1,181

*sumber: Pedoman Standar Minimal Tahun 2019 Jasa Konsultasi Ikatan Nasional
Konsultan Indonesia*

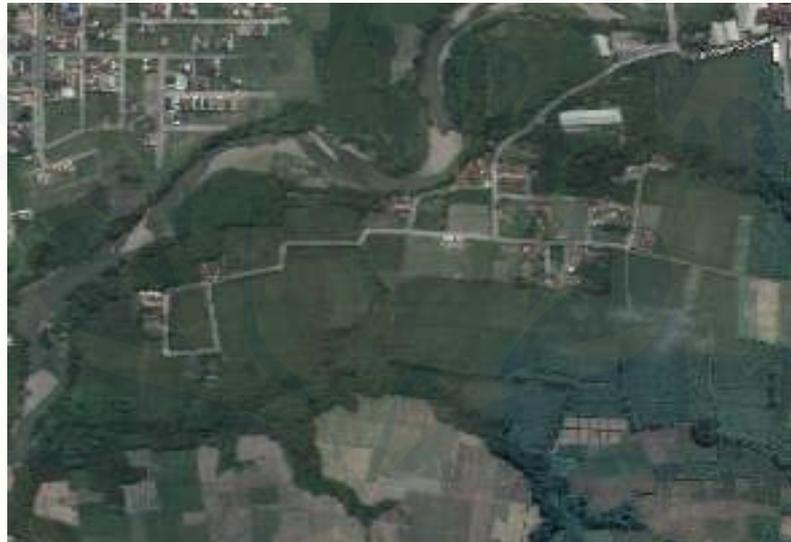


BAB 3 METODE PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di area Perumahan *Green Garden Residence*, Desa Kaliwates, Kecamatan Tegal Besar, Kabupaten Jember. lokasi dapat dilihat pada gambar 3.1.

Secara geografis lokasi penelitian berada di koordinat *latitude* $8^{\circ}11'46.38''S$ dan *longitude* $113^{\circ}40'25.48''E$, dengan luas rencana penelitian 6 Ha.



Gambar 3.1 Lokasi Perumahan *Green Garden Residence*
sumber: google maps

3.2 Pelaksanaan Penelitian

Waktu pelaksanaan penelitian dilakukan selama 1 hari dimulai dari pukul 08.00 WIB hingga pukul 15.00 WIB. Pengambilan data meliputi data GCP & ICP lapangan dan data foto udara dari UAV.

3.3 Jadwal Penelitian

Jadwal penelitian bertujuan sebagai acuan dalam proses pengerjaan tugas akhir selengkapnya bisa dilihat pada tabel 3.1.

Tabel 3.1 Rencana Penelitian

Kegiatan	Tanggal																							
	Februari				Maret				April				Mei				Juni							
Penyusunan Proposal	■	■																						
Seminar Proposal			■																					
Revisi Proposal			■	■	■	■																		
Perijinan					■	■																		
Pengambilan Data							■																	
Pengolahan Data									■	■	■	■	■	■	■	■								
Seminar Hasil																	■	■	■	■				
Revisi Hasil																			■					
Sidang Skripsi																					■	■		
Penyerahan Laporan																								■

3.4 Peralatan Penelitian

Peralatan yang digunakan dalam pelaksanaan penelitian dibagi menjadi dua komponen yaitu:

a. Perangkat Keras/*Hardware*

Perangkat keras yang digunakan dalam penelitian, seperti pada tabel 3.2.

Tabel 3.2 Perangkat Keras digunakan dalam penelitian

No	Perangkat Keras	Fungsi
1	GPS <i>Geodetic Geo Fennel FGS1</i>	Pengambilan titik koordinat
2	Pesawat tanpa awak <i>DJI Phantom 4 Pro</i>	Pengambilan foto udara
3	Laptop <i>core i7 Ram 24 GB merk ASUS</i>	Pengolahan foto dan data
4	<i>Smartphone</i>	Pendukung UAV dan GPS

sumber: Perangkat keras yang digunakan dalam pengerjaan penelitian

b. Perangkat Lunak/*Software*

Perangkat keras yang digunakan dalam penelitian, seperti pada tabel 3.3.

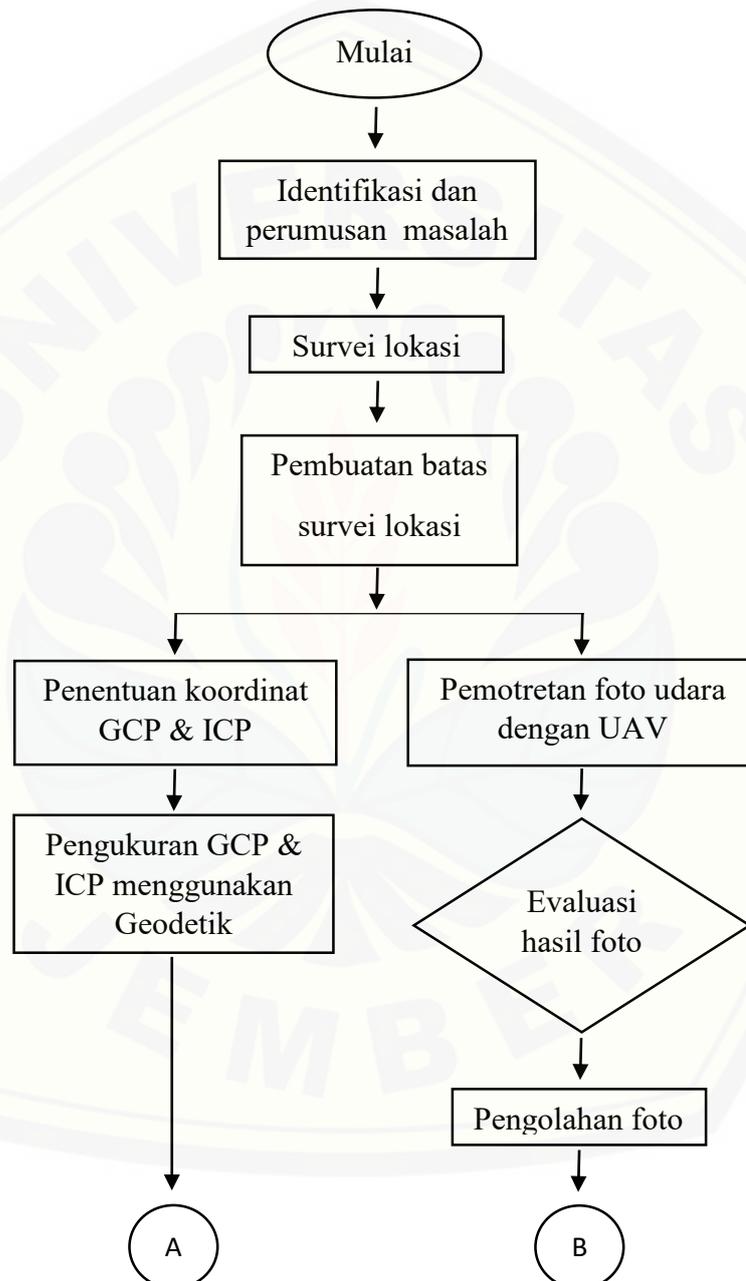
Tabel 3.3 Perangkat Lunak digunakan dalam penelitian

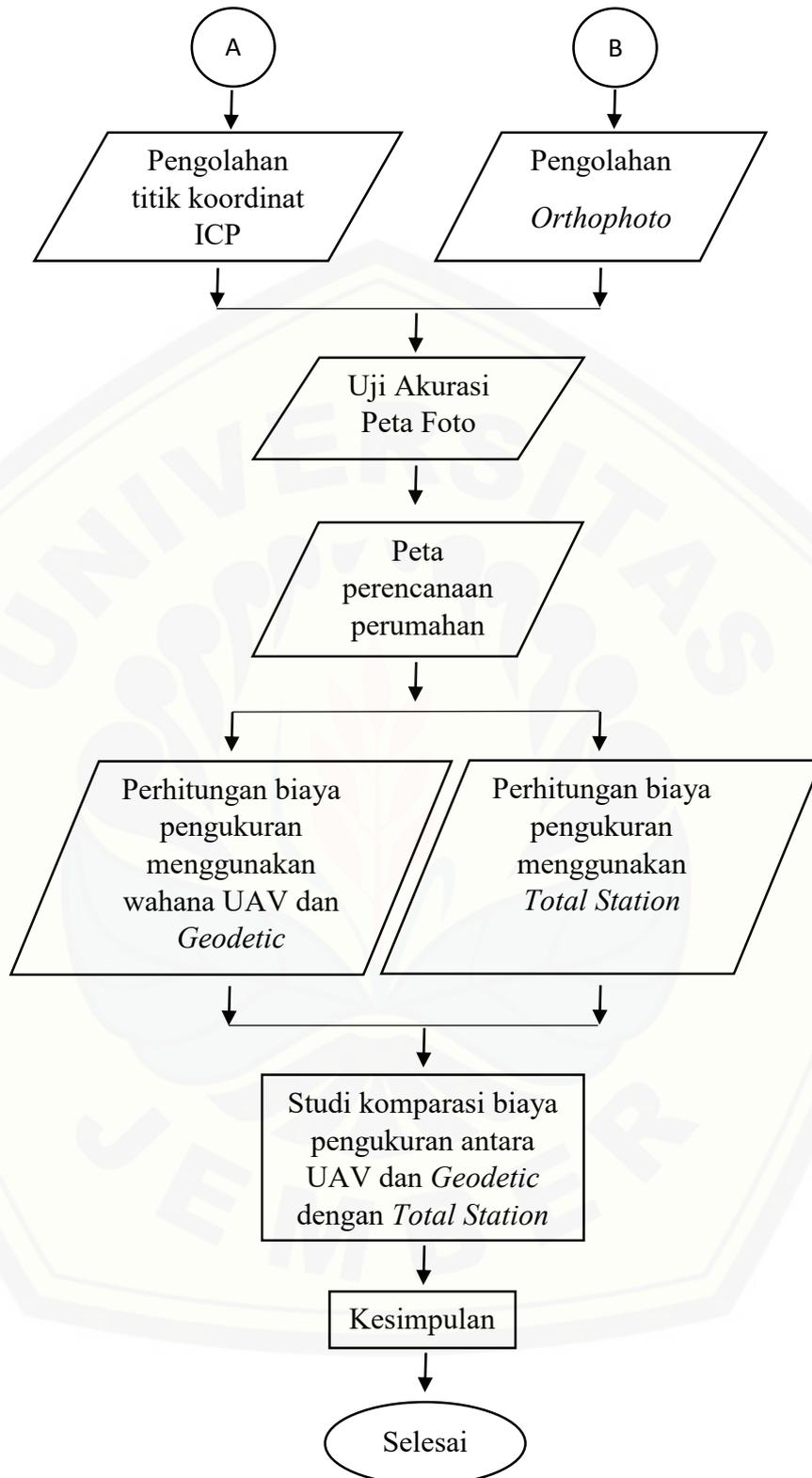
No	Perangkat Lunak	Fungsi
1	<i>Application DJI GO 4</i>	Kalibrasi <i>drone</i>
2	<i>Application Pix4D Capture</i>	Perencanaan dan pengambilan data
3	<i>Softwawe Agisoft Photo Scan</i>	Pengolahan foto
4	<i>Software Quantum GIS</i>	Pengolahan foto dan data
5	<i>Software ArcGIS</i>	Pengolahan digitasi <i>orthofoto</i>

sumber: Perangkat lunak yang digunakan dalam pengerjaan penelitian

3.5 Diagram Alir

Diagram alir penelitian peta perencanaan perumahan menggunakan UAV dan *geodetic* serta studi komparasi biaya pengukuran dengan *theodolite ts.* dapat dilihat pada gambar 3.2.





Gambar 3.2 Diagram Alir

3.6 Metode pengumpulan Data

Pengumpulan data pada penelitian ini merujuk tahapan metode yang dapat dijelaskan dibawah ini ;

3.6.1 Perencanaan Survei

Perencanaan survei adalah kegiatan pengumpulan beberapa informasi sebelum kegiatan survei berlangsung, adapun perencanaan survei dalam penelitian ini adalah survei lokasi, survei administrasi perijinan dan kondisi alam sekitar lokasi penelitian.

a. Pembuatan batas

Batas area survei dibuat menggunakan *google earth* dengan cara digitasi. Hasil digitasi *polygon* disimpan dalam bentuk *project google earth* (.KMZ). *Project* akan di pindahkan ke aplikasi *Pix4d Capture*, batas yang telah di buat selanjutnya digunakan sebagai acuan dalam pembuatan *mission flight*. *Mission flight* menggunakan *Pix4d Capture* yang merupakan aplikasi berbasis android, gratis untuk pengambilan data. Gambar 3.3 merupakan hasil dari perencanaan *mission flight* dari batas survei.



Gambar 3.3 *Mission flight Pix4d capture*

Sumber: Tampilan *Mission flight Pix4d capture* pada smartphone

b. Perencanaan Titik GCP dan ICP

Perencanaan titik GCP dan ICP dibuat berdasarkan bentuk dari batas wilayah yang akan dipetakan. Estimasi jumlah GCP dan ICP yang digunakan mengikuti pola dari bentuk lahan. Posisi penempatan GCP dibuat sesuai dengan syarat GCP

yaitu tidak tertutup dan mudah di interpretasi dan posisi penempatan ICP yang pendistribusiannya di dalam area GCP.

3.6.2 Pengambilan data

Proses pengambilan data dilakukan dengan cara menyebar titik rencana tanda dan mengambil titik koordinat di masing-masing tanda. Proses pengambilan data pada tahap ini dilakukan menjadi beberapa tahapan berikut ini:

- a. Penempatan tanda untuk *Ground Control Point* (GCP) digunakan untuk koreksi geometrik dan penentuan nilai elevasi dari data yang dihasilkan oleh UAV. Penempatan tanda dilakukan dengan menggunakan tanda silang yang berukuran 1,5 m × 1,5 m. Titik koordinat di ukur menggunakan GNSS *Geodetic*.
- b. Penempatan tanda untuk *Independent Control Point* (ICP) digunakan untuk uji akurasi koordinat posisi titik cek dibandingkan antara posisi sebenarnya dengan posisi pada hasil *orthophoto*. Persebaran titik ICP di dalam area GCP.
- c. GCP yang disyaratkan adalah untuk 5.000 Ha terdapat 10 titik kontrol. Jumlah titik ini pada sistem navigasi UAV masih belum *geodetic*. Penempatan GCP dapat menggunakan RTK dan statik.
- d. Titik yang digunakan dalam uji akurasi adalah titik Cek (ICP) berjumlah minimal titik uji dalam satu area pekerjaan adalah 12 titik pada luasan total dalam satu area 20.000 Ha dengan standart pengujian mengikuti SNI ketelitian peta.
- e. Pengambilan data menggunakan UAV DJI Phantom 4 Pro. Metode pengambilan data dilakukan secara otomatis menggunakan misi penerbangan yang telah dibuat sebelumnya. Penerbangan akan berlangsung secara runtut sesuai dengan jalur penerbangan. Pengaturan dalam pengambilan data pada UAV pada setiap gambar adalah *overlap* 70% dan *sidelap* 30%, dengan tinggi 250 m. Ketinggian ini, didapatkan berdasarkan estimasi nilai *Ground Distance Sampling* (GSD) *Orthophoto* 6 cm (pix4d). Apabila UAV terbang lebih dari 150 m, maka diwajibkan izin di ruang pengguna udara sekitar lokasi (Juknis UAV, 2017).

3.7 Metode Pengolahan Data

Pengolahan data di lakukan setelah semua data terkumpul, yaitu titik koordinat GCP & ICP dan foto udara dari UAV. Berikut merupakan uraian dari pengolahan data di sub bab berikut ;

3.7.1 Pengolahan Data Foto

Setelah semua foto udara terkumpul dan terkoreksi (tidak ada foto yang miring), foto udara diolah untuk di jadikan orthophoto. Secara umum, tahapan dalam pengolahan foto adalah di mulai dengan memasukan foto ke dalam aplikasi, proses pengolahan orthophoto.

3.7.2 Pengolahan *Orthofoto*

Perangkat lunak yang digunakan untuk mengolah *Orthofoto* menggunakan software QGis. Proses ini bertujuan untuk merapikan *Orthofoto* yang kurang baik.

3.7.3 Uji akurasi peta foto

Untuk Uji akurasi peta foto menggunakan acuan petunjuk teknis pembuatan peta kerja dengan menggunakan pesawat nir awak/*drone*.

3.7.4 Perhitungan biaya pengukuran

Perhitungan biaya pengukuran bertujuan untuk mengomparasi biaya pengukuran dari UAV dan *geodetic* dengan *Theodolite TS* dengan variabel perbandingan biaya.

BAB 5 PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang dilaksanakan diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Pemetaan bidang lahan dapat dihitung menggunakan standar ketelitian peta dasar dari BIG, hasil dari Perhitungan Uji Akurasi Peta Foto pada area penelitian di Perumahan *Green Garden Residence* di Desa Kaliwates, Kecamatan Tegal Besar, Kabupaten Jember dengan luasan lahan 6 Ha menggunakan wahana pesawat UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*) dan GPS *Geodetic Geo Fennel FGS1*, dapat disimpulkan peta perencanaan perumahan yang direncanakan masuk kedalam ketelitian peta kelas 1 dengan skala 1:2500 dengan hasil uji CE90 sebesar 0,115.
2. Perbandingan biaya pengukuran menggunakan wahana UAV dan *geodetic Geo Fennel FGS1* dengan pengukuran menggunakan *Theodolite TS* dengan acuan INKINDO 2019, dapat disimpulkan biaya penggunaan alat pengukuran luasan lahan ditinjau dari ketersediaan alat dan tenaga ahli pada daerah penelitian, untuk penelitian ini diasumsikan kondisi variabel asumsi perhitungan biaya pertama yaitu ketersediaan alat didatangkan dari dalam daerah sehingga alat yang direkomendasikan menggunakan *Theodolite TS* dengan selisih biaya sebesar Rp. 581,996.

5.2 Saran

Penggunaan *drone* dan *geodetic* sendiri disarankan untuk pengerjaan pengukuran luasan lahan saja, tetapi untuk pengukuran kontur lahan untuk sementara ini penggunaan *drone* tidak direkomendasikan, lebih direkomendasikan menggunakan *Theodolite TS/Waterpass* dikarenakan faktor paling berpengaruh untuk kontur adalah sumbu Z.

Untuk studi kasus yang lain dengan luasan yang berbeda atau kondisi lahan relatif berbukit/relief sangat mencolok ada kemungkinan untuk pengukuran luasan

lahan menggunakan *Theodolite TS* mengalami penambahan jumlah surveyor dan juga alat akan berdampak pada durasi pelaksanaan pengambilan data, tentu saja membutuhkan biaya tambahan lebih pada saat proses pelaksanaan pengambilan data. Lebih disarankan untuk pengukuran lahan yang tidak menghitung nilai Z penggunaan *drone* dan *geodetic* dapat dijadikan sebagai salah satu alat pengukuran lahan yang efektif dan efisien.



DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, Dr. Hasanudin Z., 2000. Penentuan dengan GPS dan Aplikasinya. Pradna Paramita, Jakarta
- Badan Pertanahan Nasional, 2017. Petunjuk Teknis, Pembuatan Peta Kerja Dengan Menggunakan Pesawat Nirawak/Drone. Direktorat Jendral Infrastruktur Keagrariaan, Kementraian Agraria dan Tata Ruang
- Bidang Sumber Daya Air, Konsep. Pedoman Analisa Harga Satuan Pekerjaan Volume I: Umum Bagian – 2. Pekerjaan Pengukuran Topografi dan Pemetaan tahun 2006
- Buletin Gambaran, Opini, dan Informasi Kehutanan, Edisi 3 tahun 2017
- DJI Team, Product Comparasion, <https://www.dji.com/id/phantom-4pro?site=brandsite&from=nav>.
- INKINDO, 2019. Pedoman Standar minimal tahun 2019 Biaya Langsung Personil dan Biaya Langsung Non Personil untuk Kegiatan Usaha Jasa Konsultansi, Modul GNSS Geodetik BPN
- Modul Peraturan kepala Badan Informasi Geospasial nomor 15 tahun 2014, tentang pedoman teknis ketelitian peta dasar
- Pix4d Team. Free drone flight planning app for optimal 3D mapping and modeling . (di akses pada) <https://www.pix4d.com/product/pix4dcapture/>
- Sutanto. 1983, Pengetahuan Dasar Fotogrametri. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.

LAMPIRAN

Tahapan penerbangan UAV copter untuk pengukuran luasan lahan, dapat dilihat pada gambar.



Pembahasan :

1. Mempersiapkan UAV. Pada penelitian menggunakan *drone* merk DJI PHANTOM 4 PRO.
2. Mengecek kelengkapan perangkat alat yang mau digunakan.
3. Melepas sanggahan gimbal pada kamera *drone*.
4. Memasang *propeller* pada *drone*.
5. Menyalakan *drone* dan *remote* serta mengkoneksikan ke *smartphone* menggunakan aplikasi DJI GO 4 dan Pix4d .
6. Mengkalibrasi *drone* menggunakan aplikasi DJI GO 4.

7. Merencanakan Penerbangan jalur terbang menggunakan aplikasi Pix4d dengan memilih Perencanaan jalur terbang menggunakan *Grid Mission*.
8. Menerbangkan *drone* dengan jalur terbang yang sudah direncanakan secara otomatis.
9. Setelah *drone* terbang dan selesai melakukan pengambilan gambar, *drone* akan turun ditempat semula (*landing*) secara otomatis.



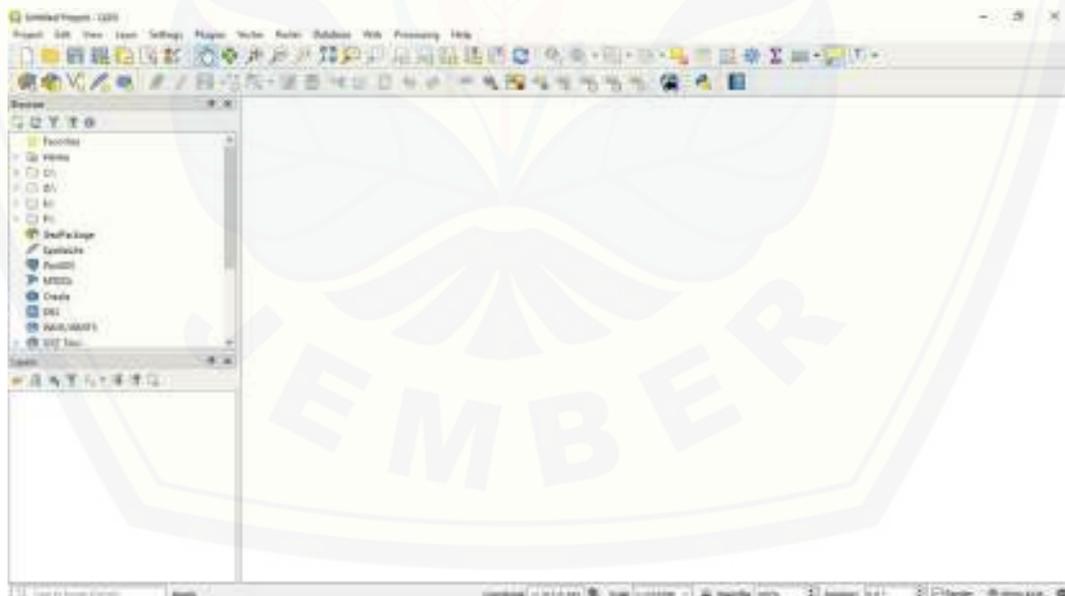
LAMPIRAN A-1

Tahapan pembentukan peta *orthofoto* menggunakan *software* QuantumGIS

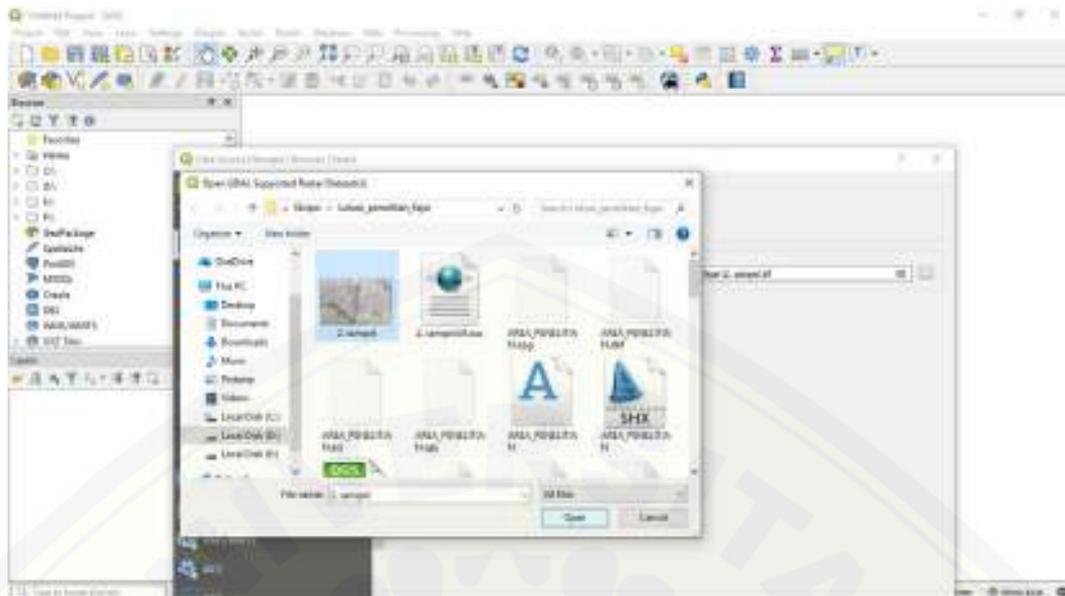
3.4.1.



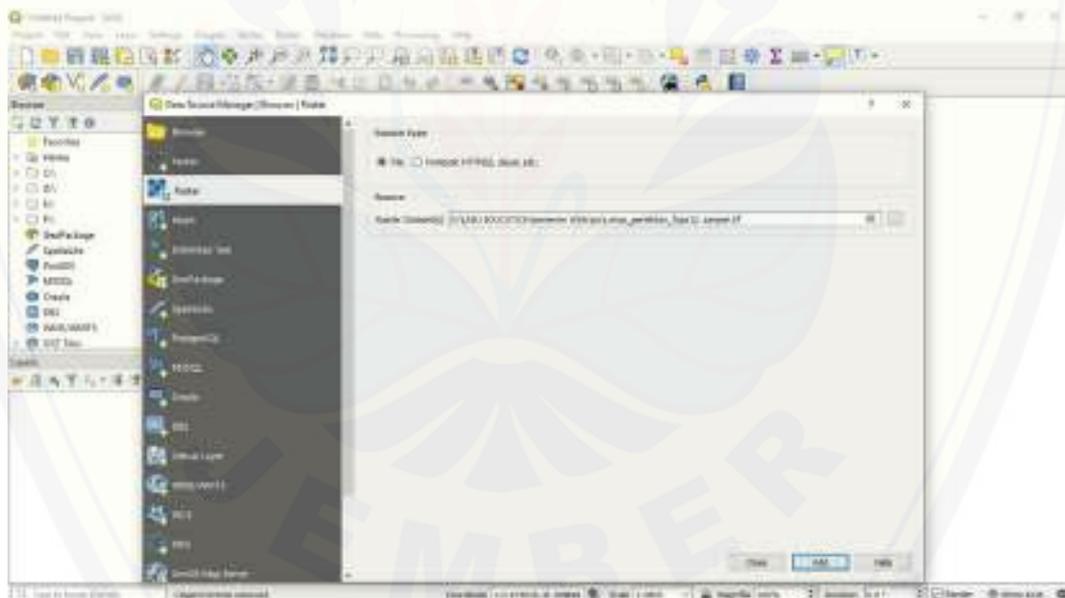
➤ Open Software QuantumGIS 3.4.1.



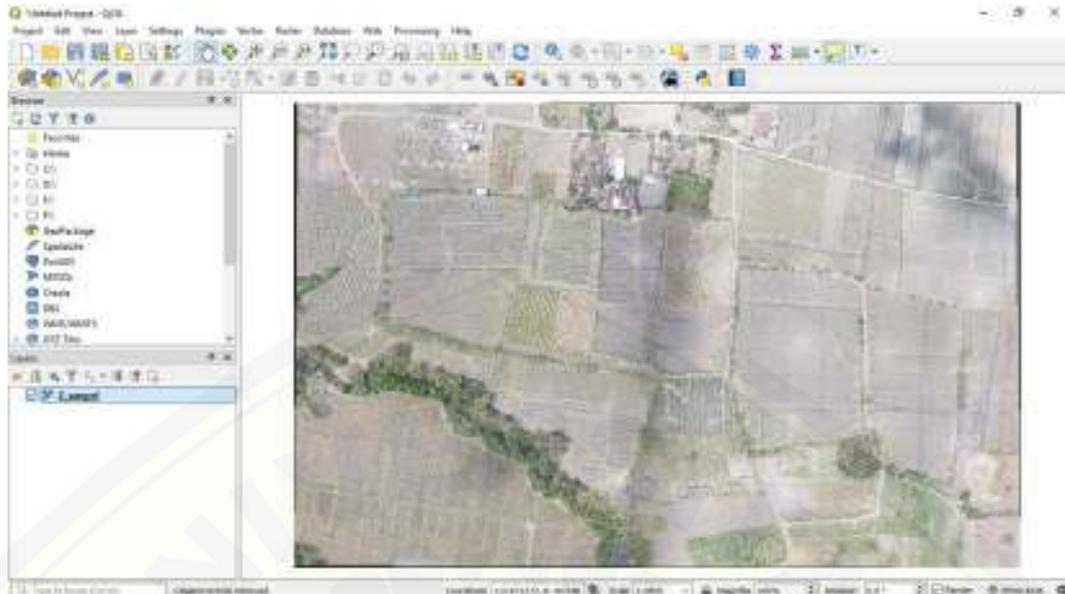
➤ Tampilan Interface QuantumGIS 3.4.1.



- Pilih gambar yang sudah digabungkan menggunakan Software Agisoft, Format TIFF

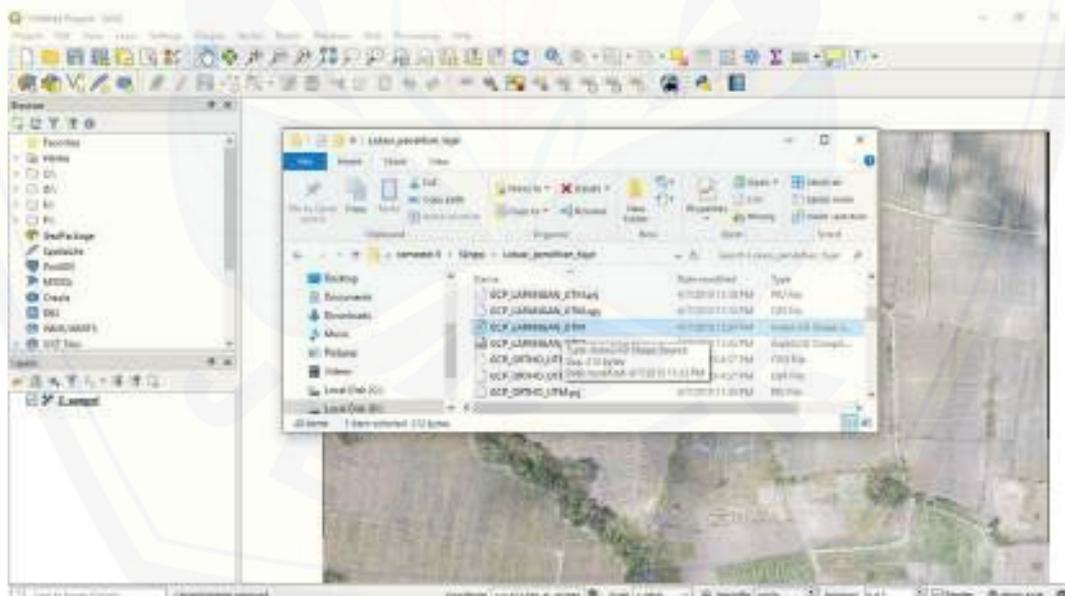


- Klik Add

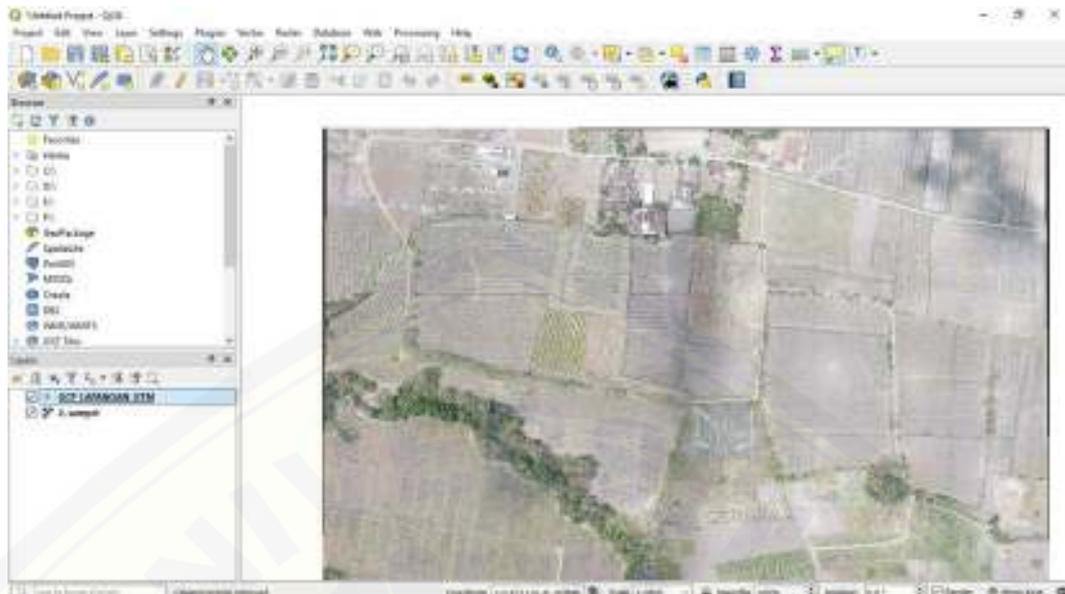


- Tampilan Gambar Raster yang diolah.

2. Import file koordinat GPS



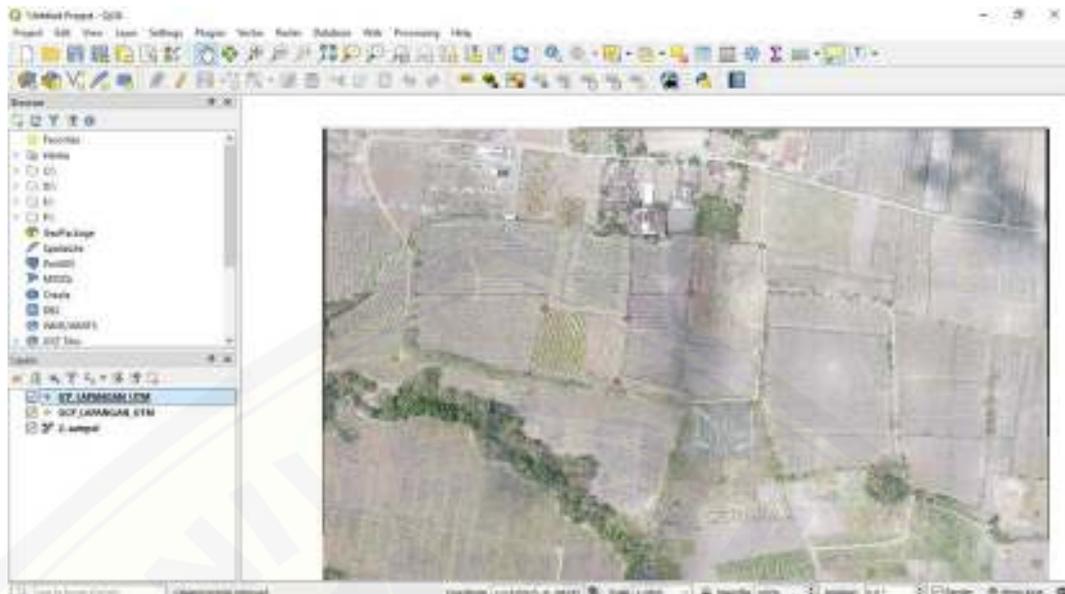
- Drag File data GPS lapangan GCP_LAPANGAN_UTM ke software QuantumGIS.



➤ Tampilan Titik Digitasi GCP_LAPANGAN_UTM.



➤ Drag File data GPS Lapangan ICP_LAPANGAN_UTM.

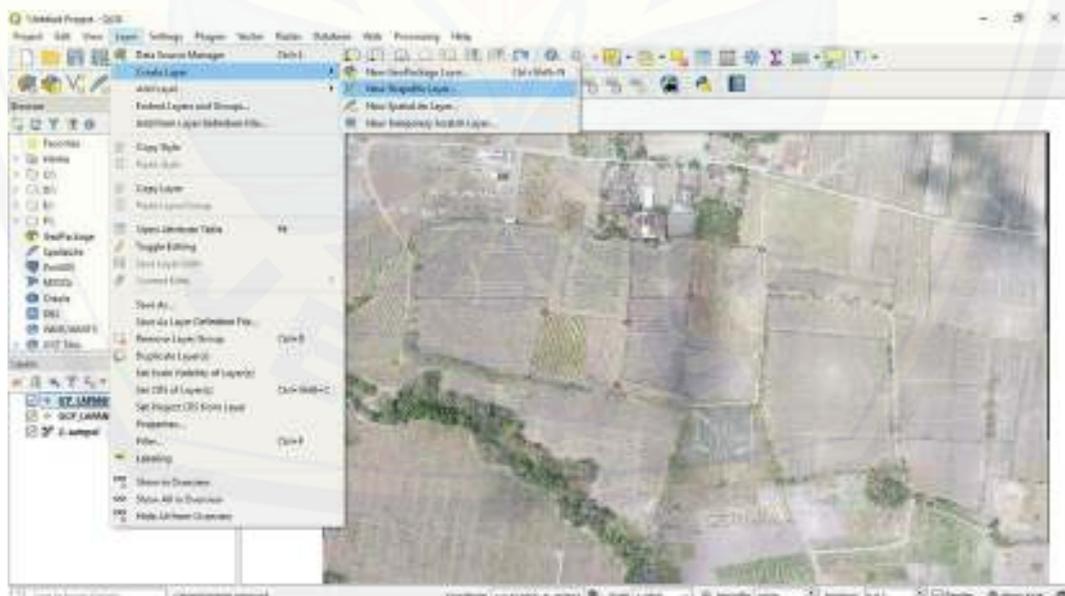


- Tampilan Titik Digitasi ICP_LAPANGAN_UTM.

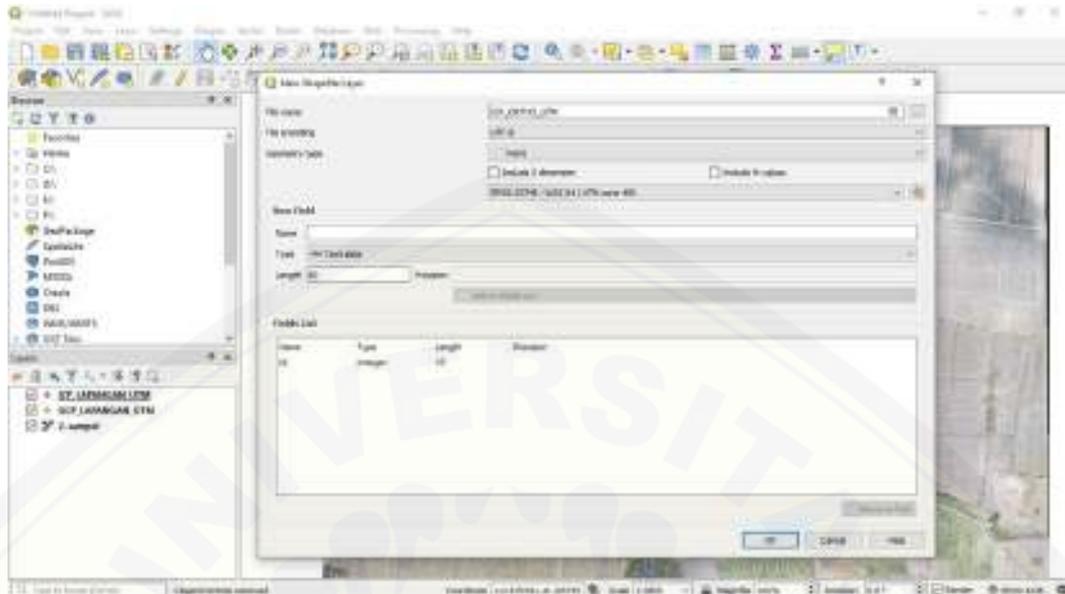
3. Digitasi

Membuat Titik Baru untuk GCP dan ICP Orthofoto.

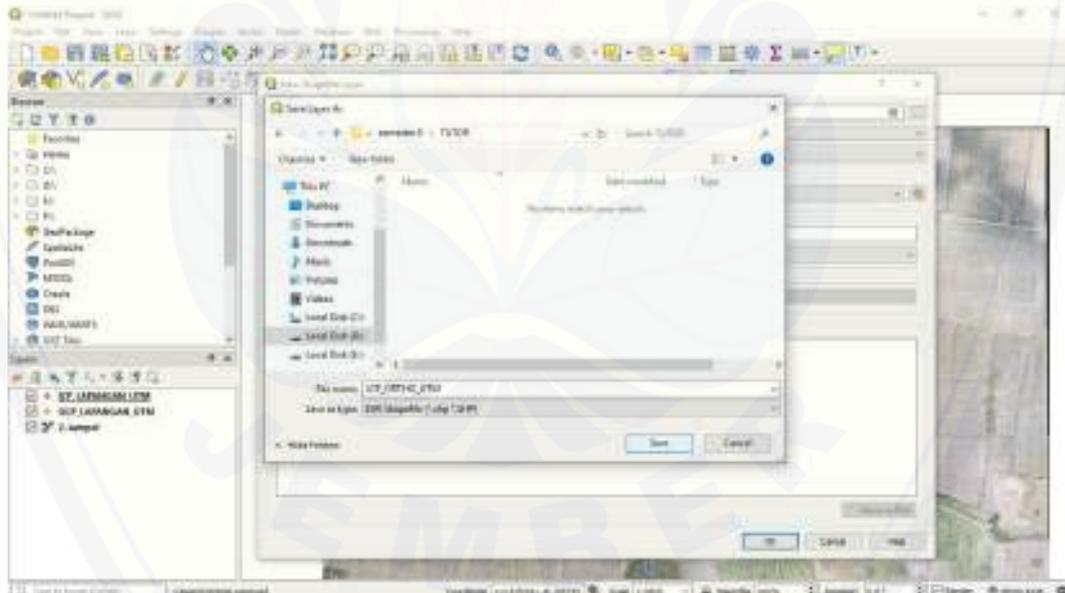
(a) Membuat Layer Point.



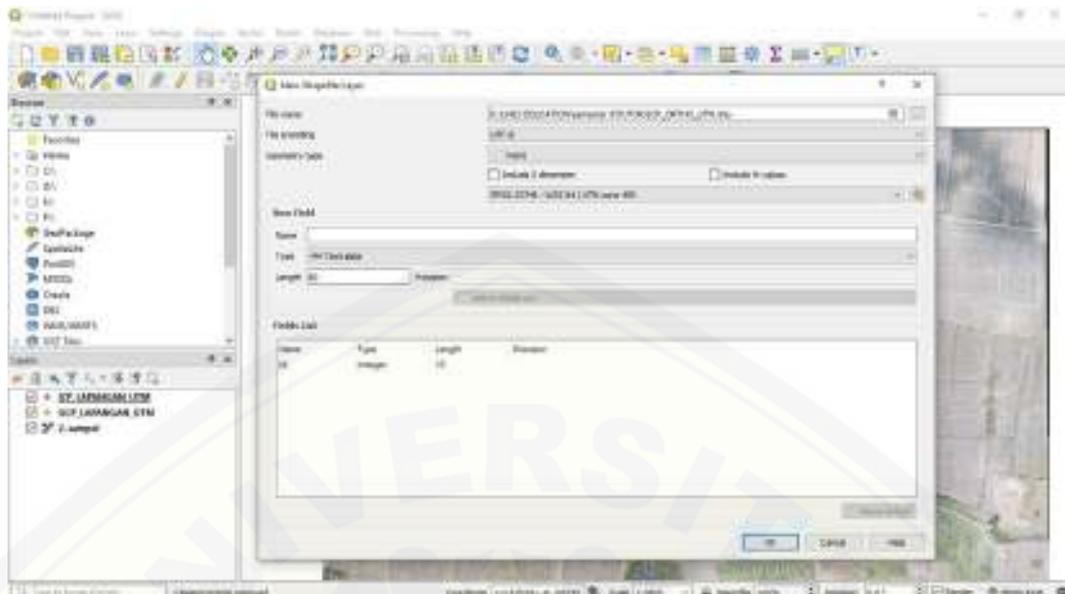
- Klik Layer, pilih Create Layer, Pilih New Shapefile Layer.



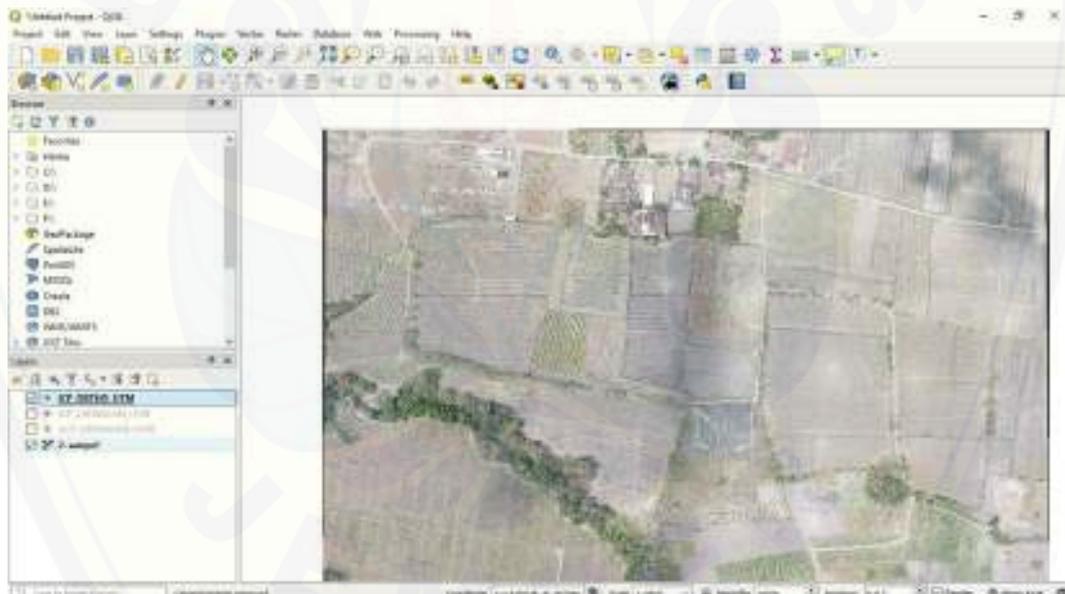
➤ New Shape Layer saya beri nama ICP_ORTHO_UTM



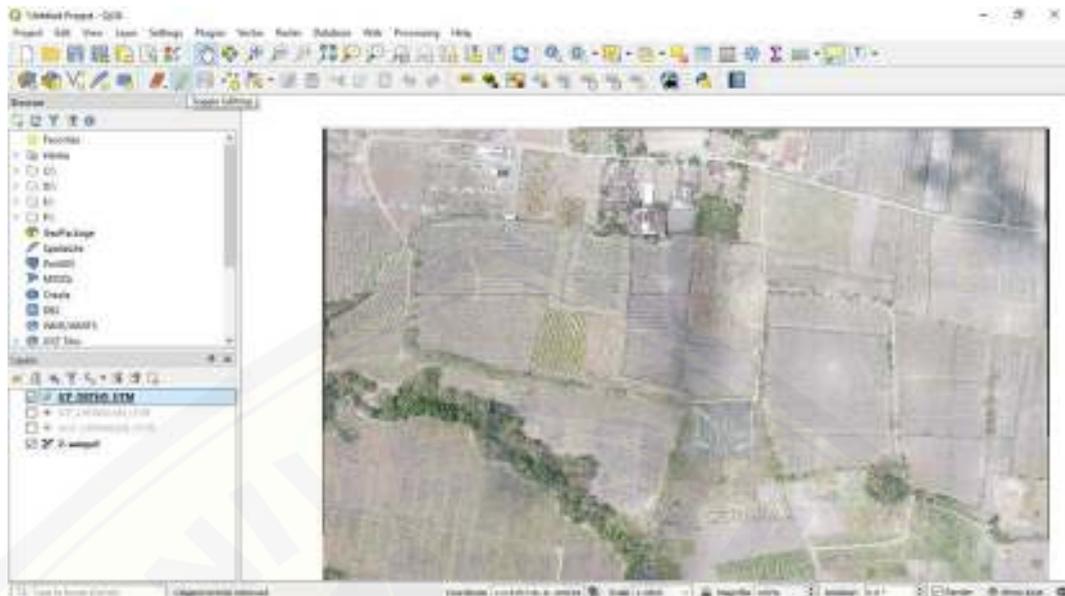
➤ Simpan layer terlebih dahulu,



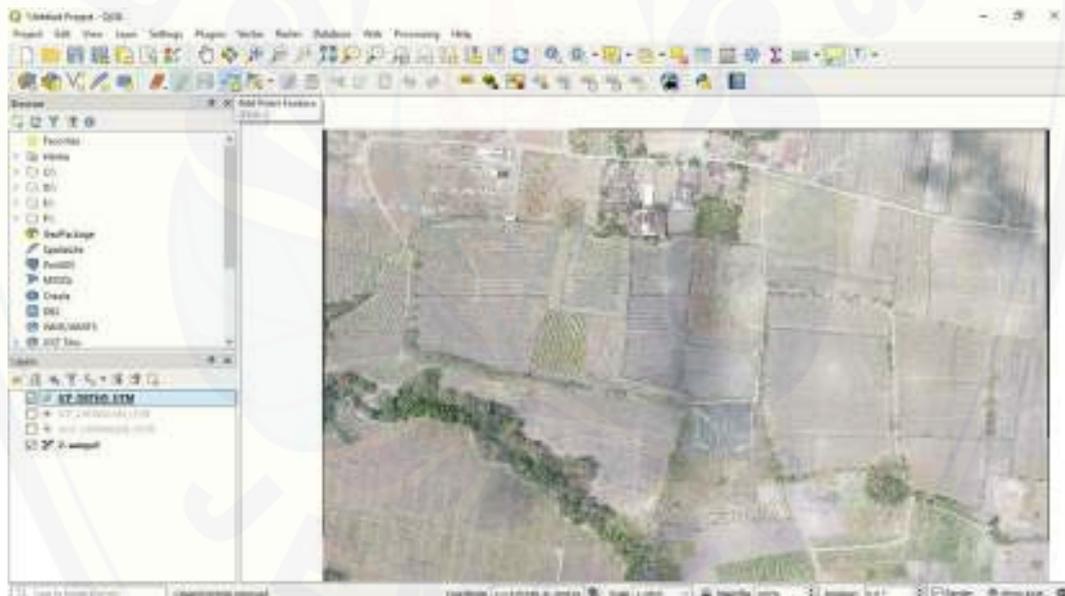
- Tempat penyimpanan sudah dikaitkan, kemudian klik OK.



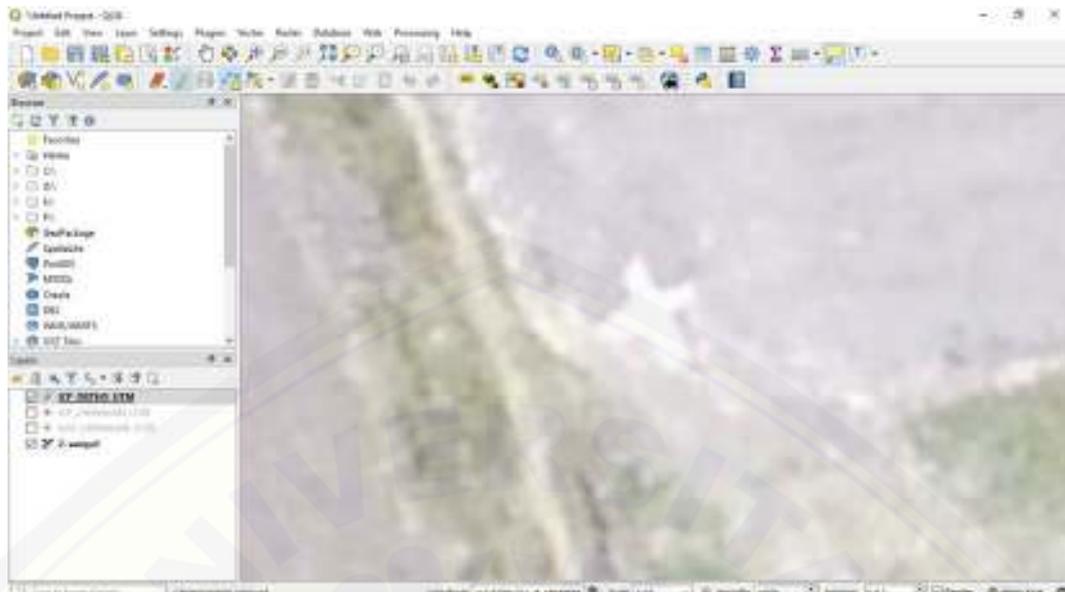
- Tampilan New Shape yang belum ada point digitasinya.



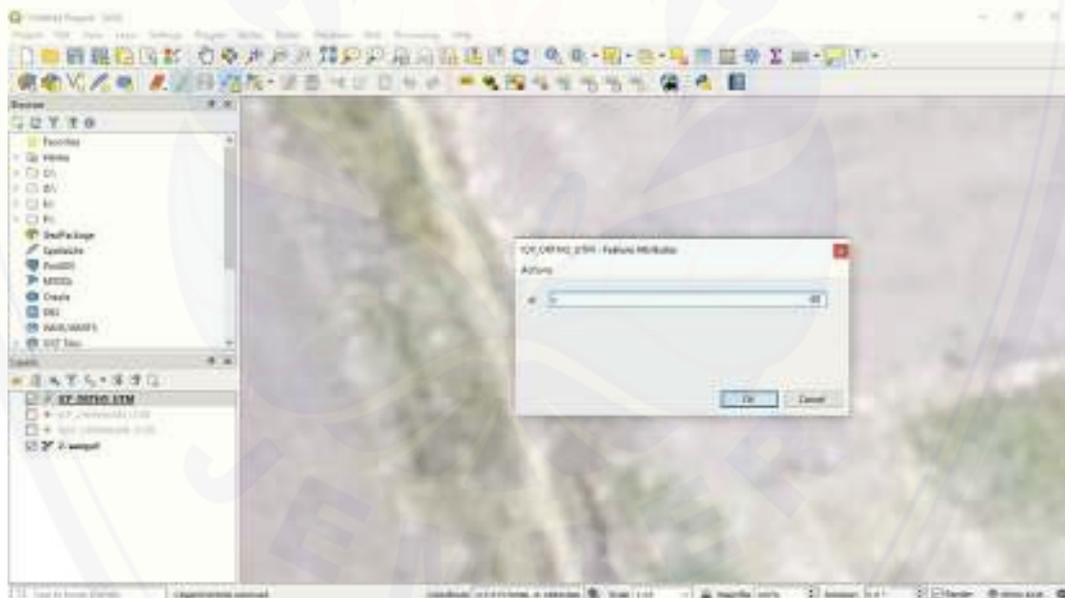
➤ Klik ICP_ORTHO_UTM, kemudian Klik Toggle Editing.



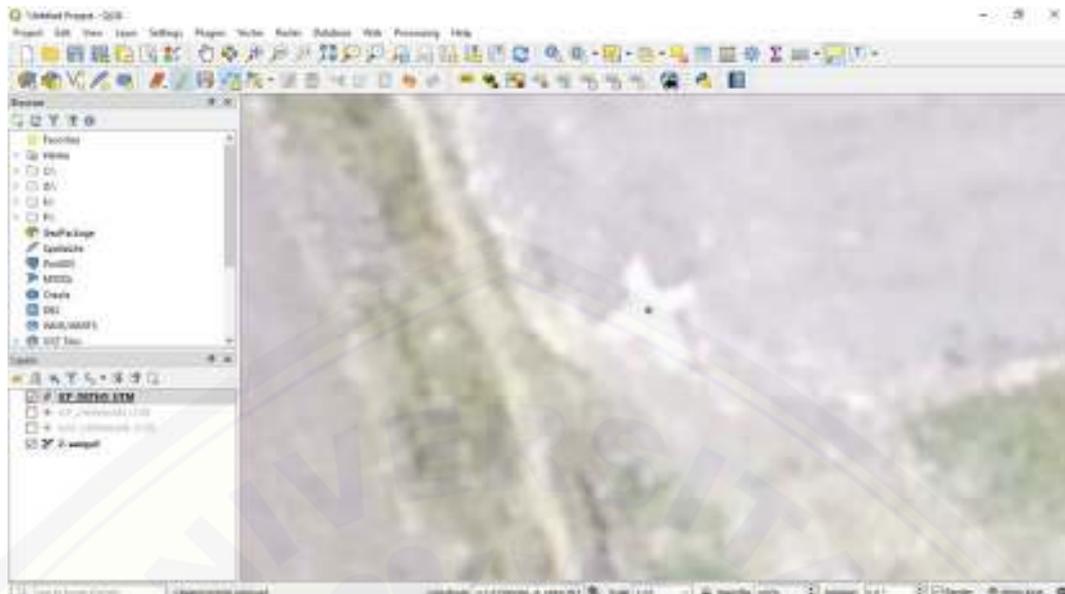
➤ Klik Add Point Feature.



- Zoom pada Premark lapangan yang ditujukan untuk pembuatan digitasi ICP_ORTHO_UTM kemudian, klik kiri.

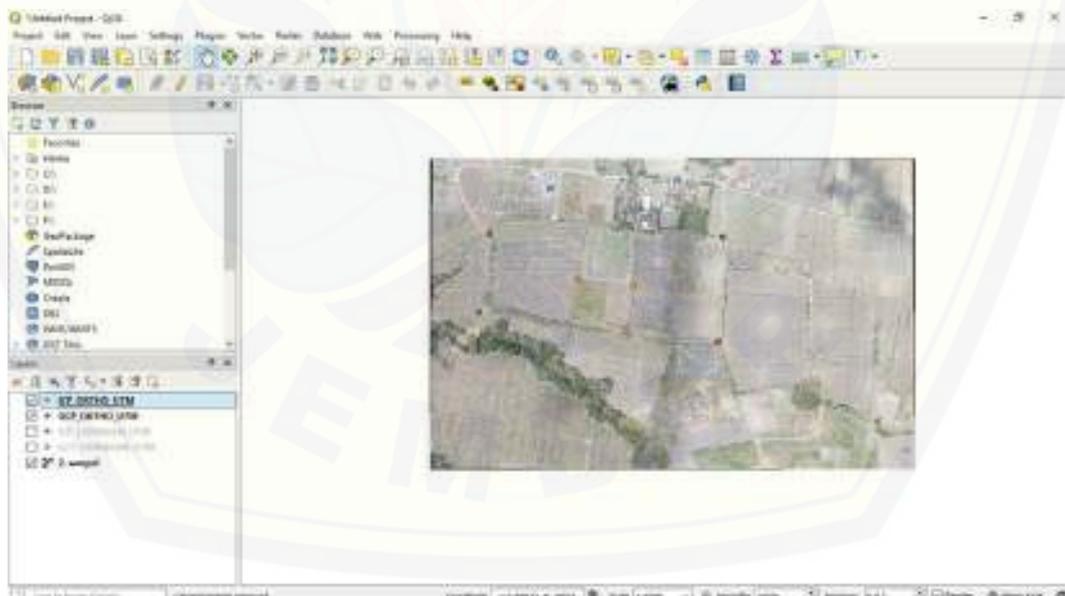


- Muncul kolom Atribut peta.



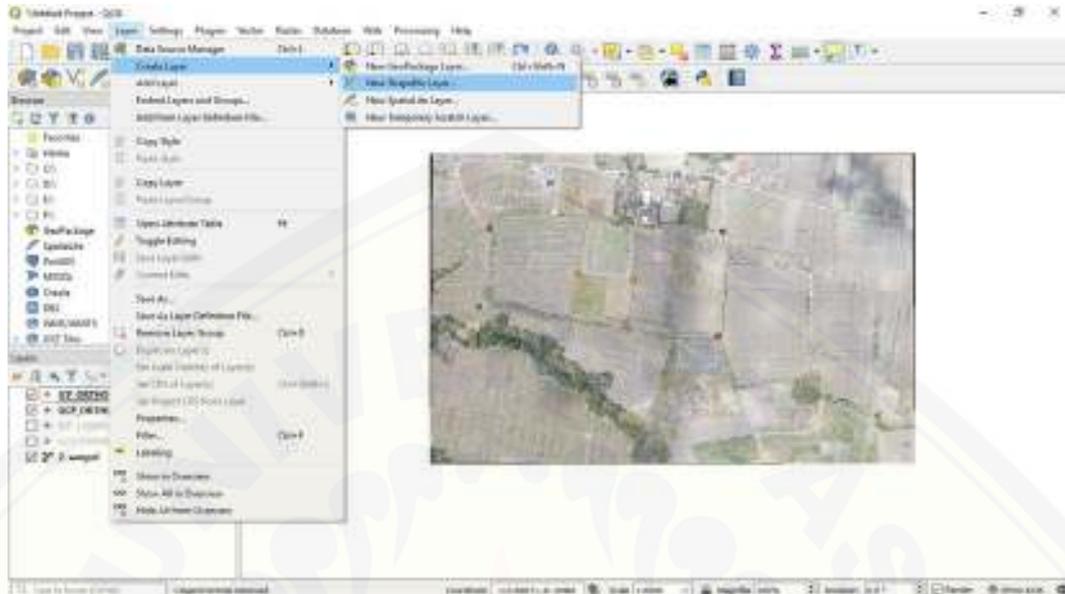
- Tampilan titik digitasi ICP_ORTHO_UTM

Nb: Untuk Pembuatan titik digitasi ICP_ORTHO_UTM yang lainnya sama proses pembuatannya. Dan Juga Pembuatan Titik GCP_ORTHO_UTM.

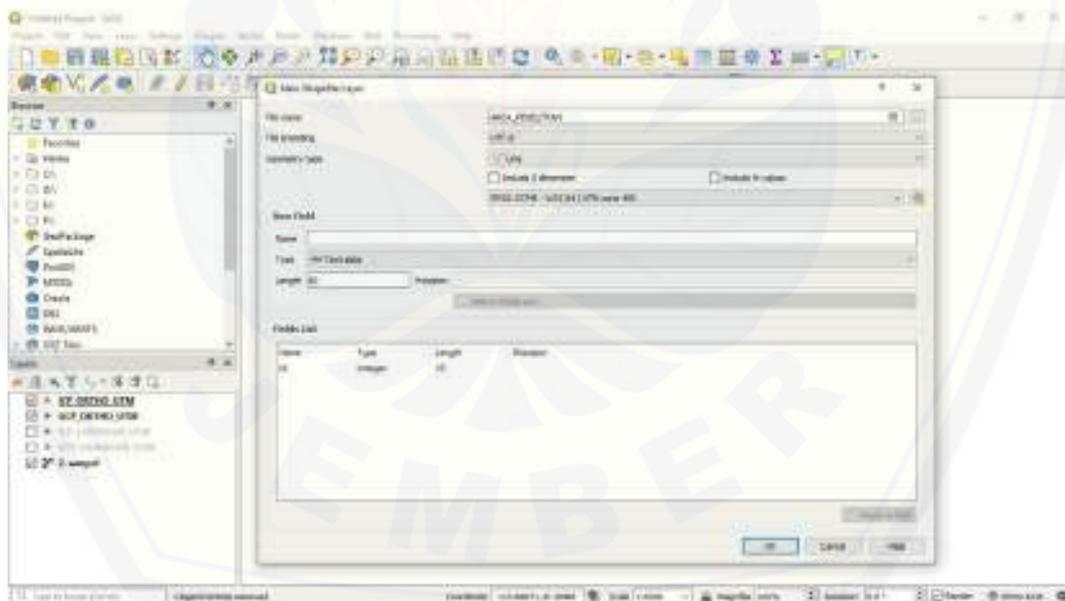


- Tampilan titik digitasi ICP_ORTHO_UTM dan GCP_ORTHO_UTM yang sudah dibuat.

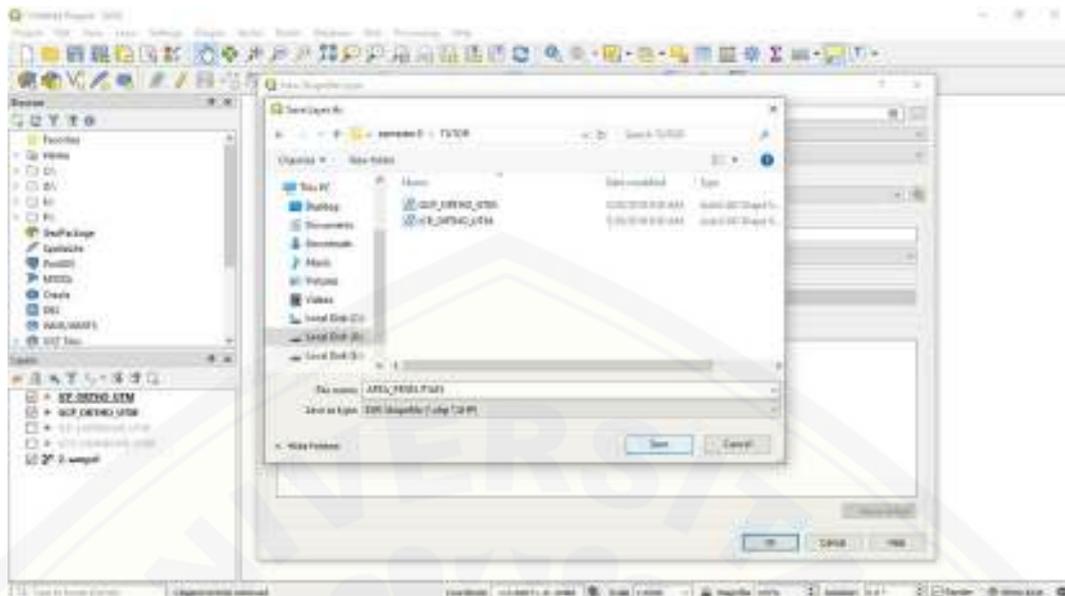
- (b) Membuat layer line
Membuat batasan Area Penelitian / polygon



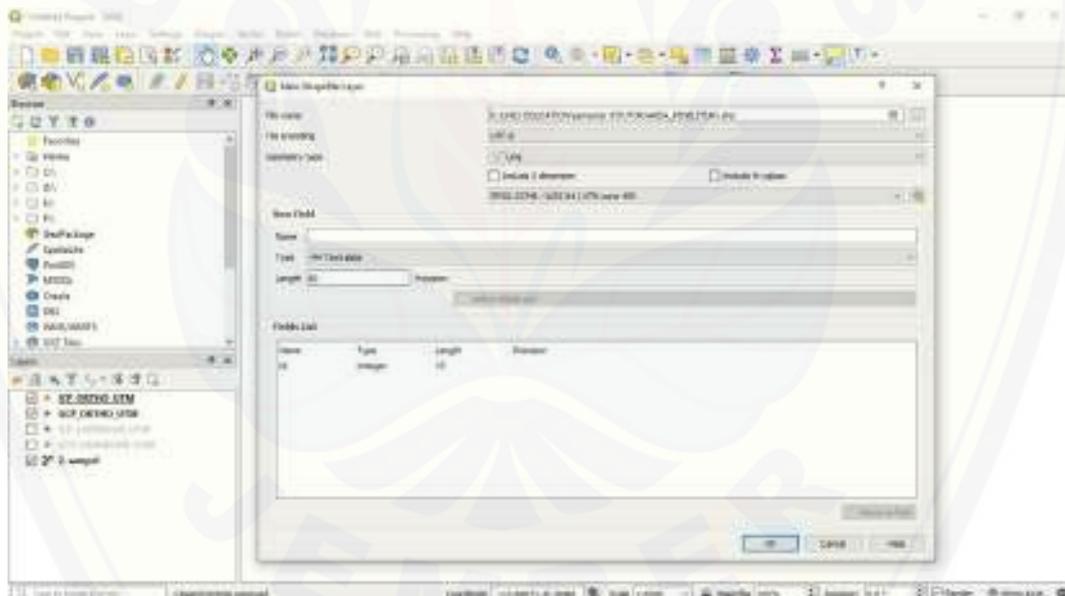
- Klik Layer, pilih Create Layer, Pilih New Shapefile Layer.



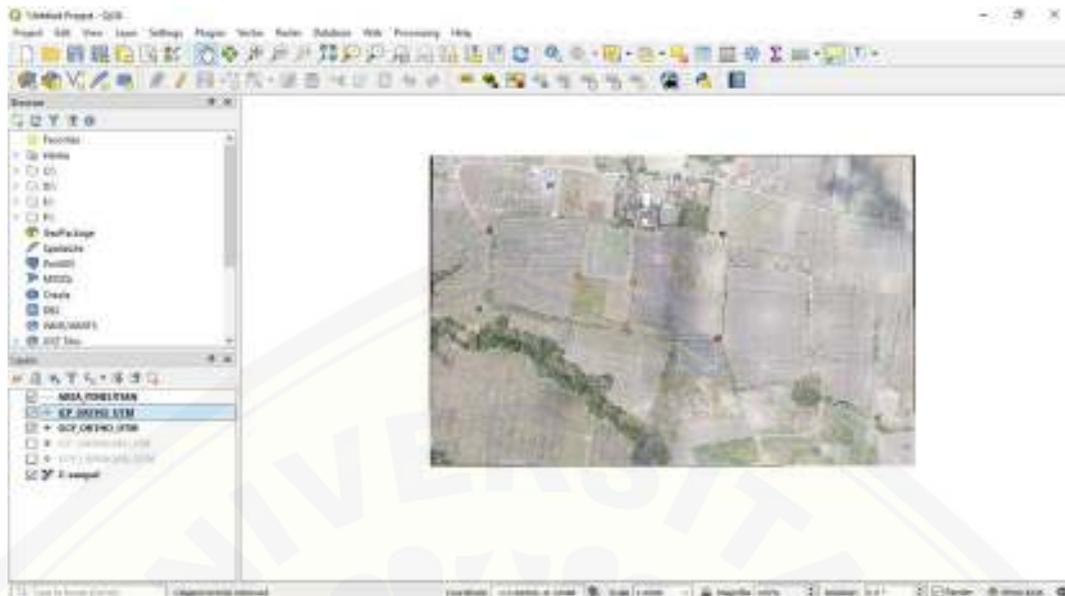
- New Shape Layer saya beri nama AREA_PENELITIAN.



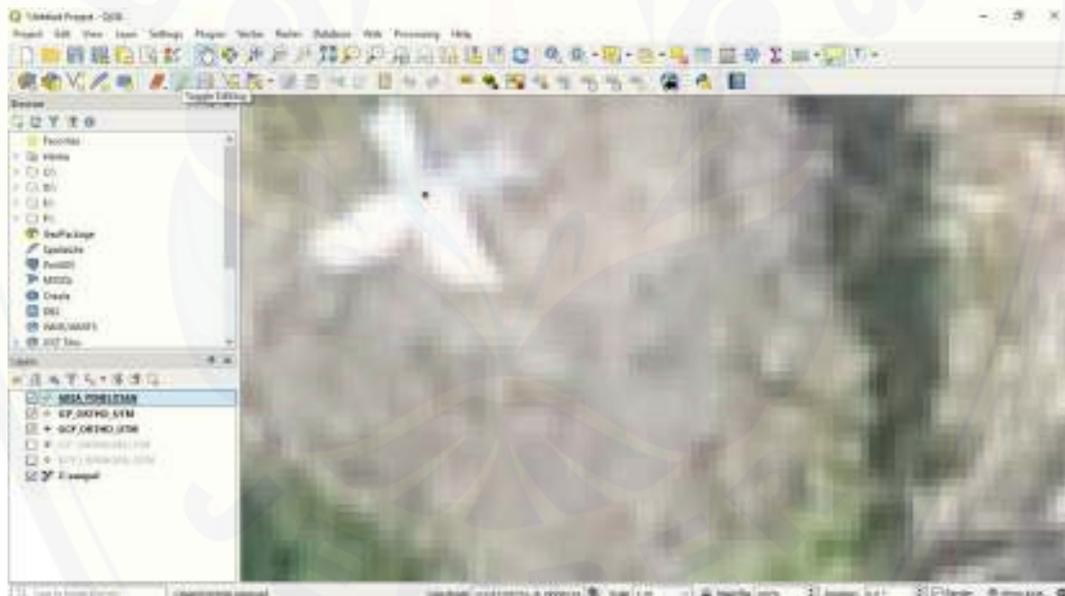
➤ Simpan layer terlebih dahulu,



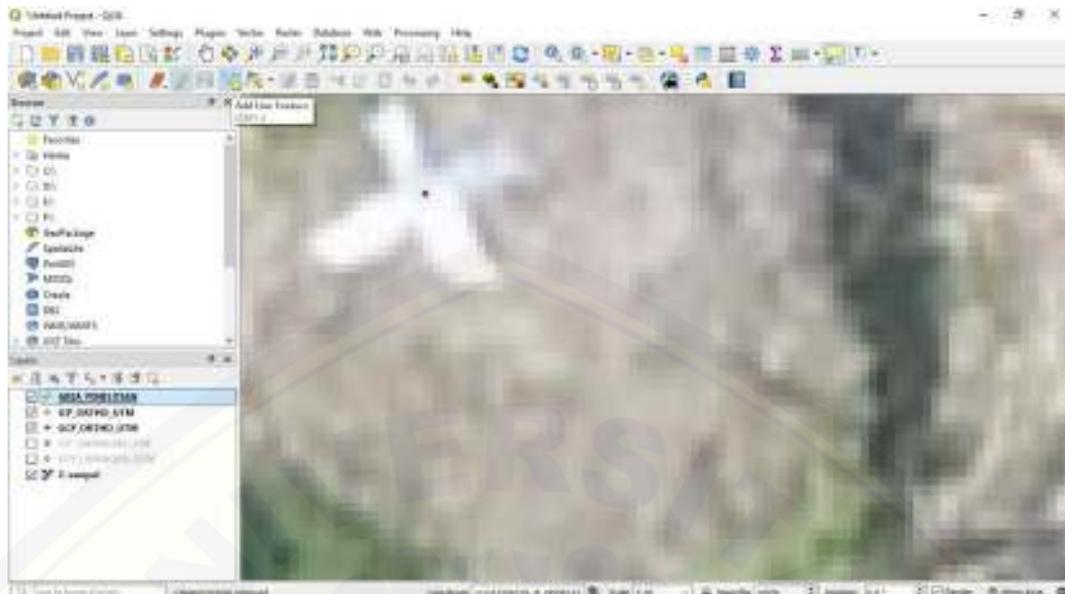
➤ Tempat penyimpanan sudah dikaitkan, kemudian klik OK.



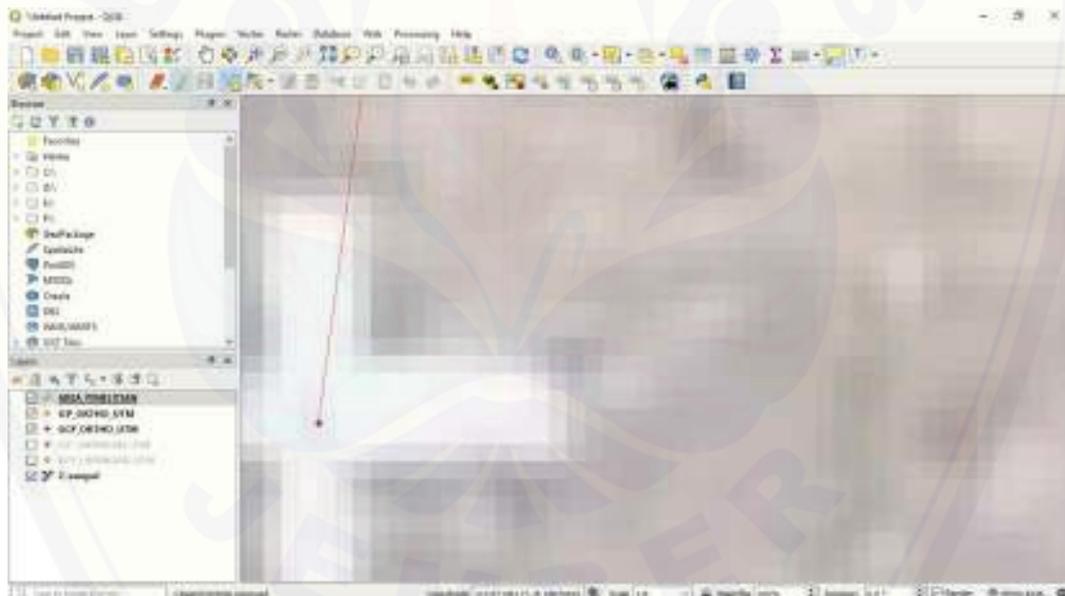
- Tampilan New Shape yang belum ada line.



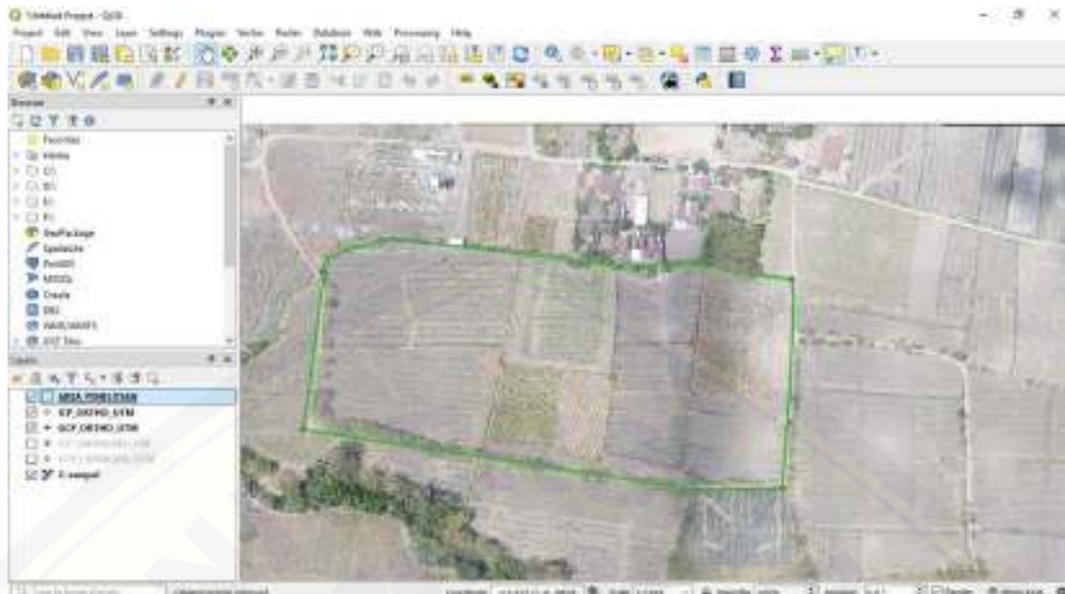
- Zoom pada rencana batas area penelitian, aktifkan Toogle Editing.



- Klik Add Line Feature.



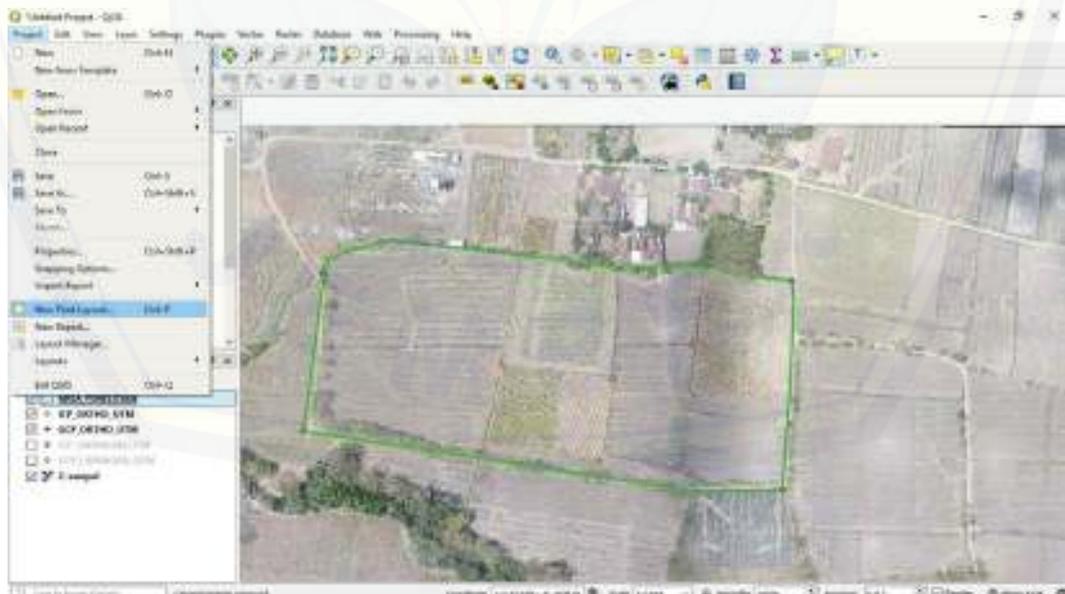
- Hubungkan titik batas area yang sudah dibuat di digitasi point.



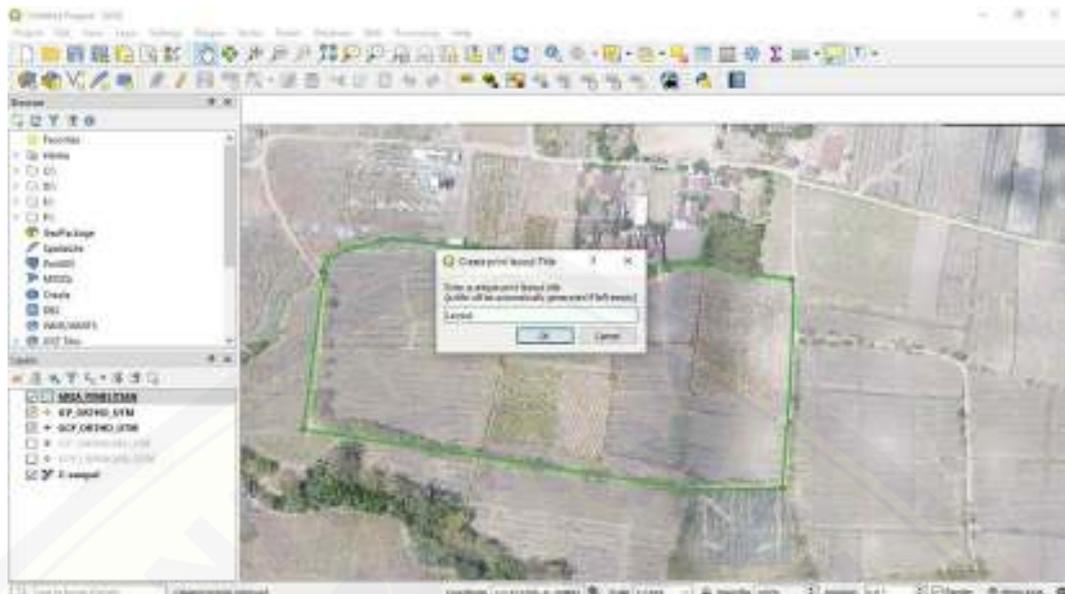
- Tampilan AREA_PENELITIAN yang sudah dibuat mengikuti daerah penelitian.

4. Layouting

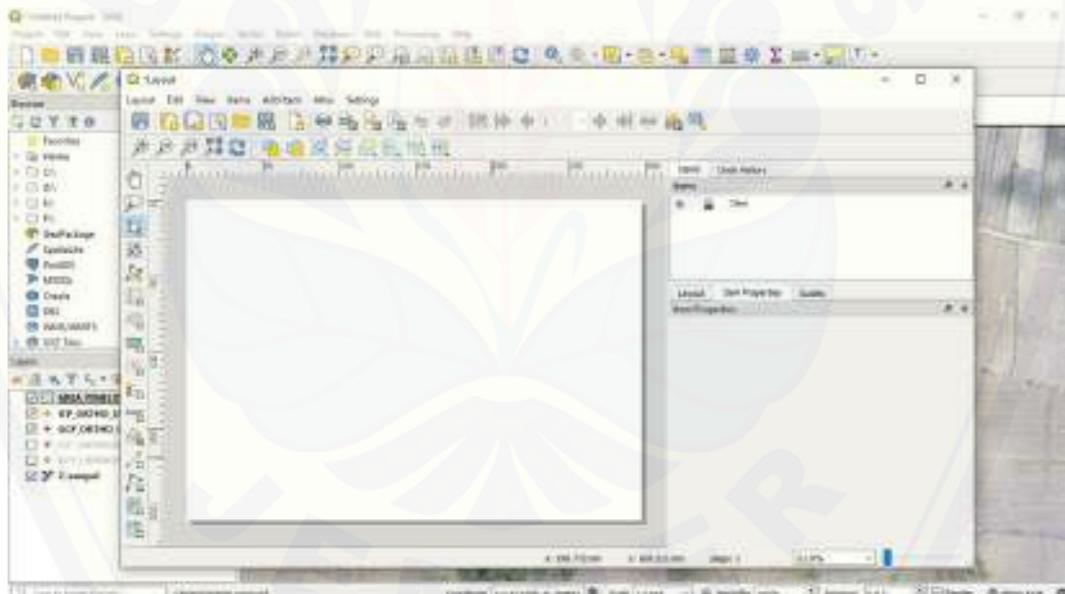
Menampilkan hasil peta dalam bentuk yang lebih informatif sesuai dengan tematik yang di inginkan.



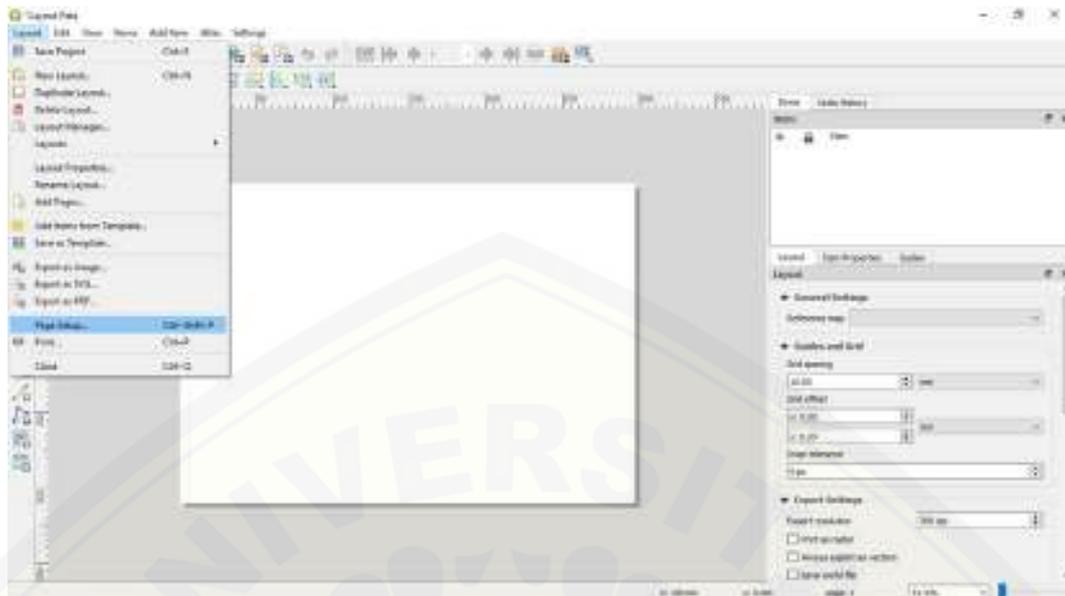
- Klik project, pilih New Project Layout.



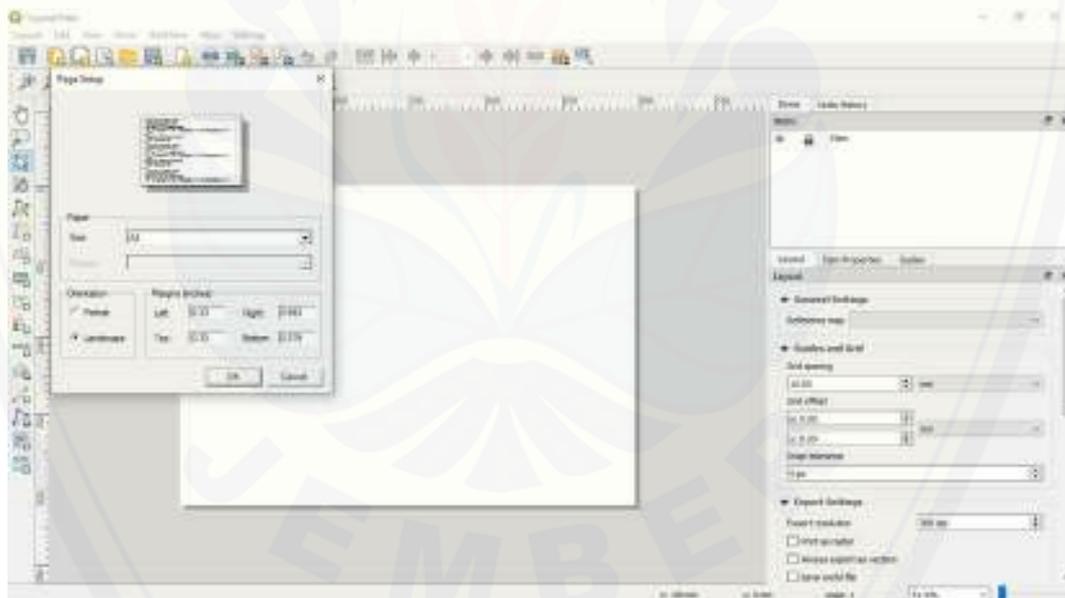
➤ Isi title layout, kemudian klik OK.



➤ Tampilan Layout

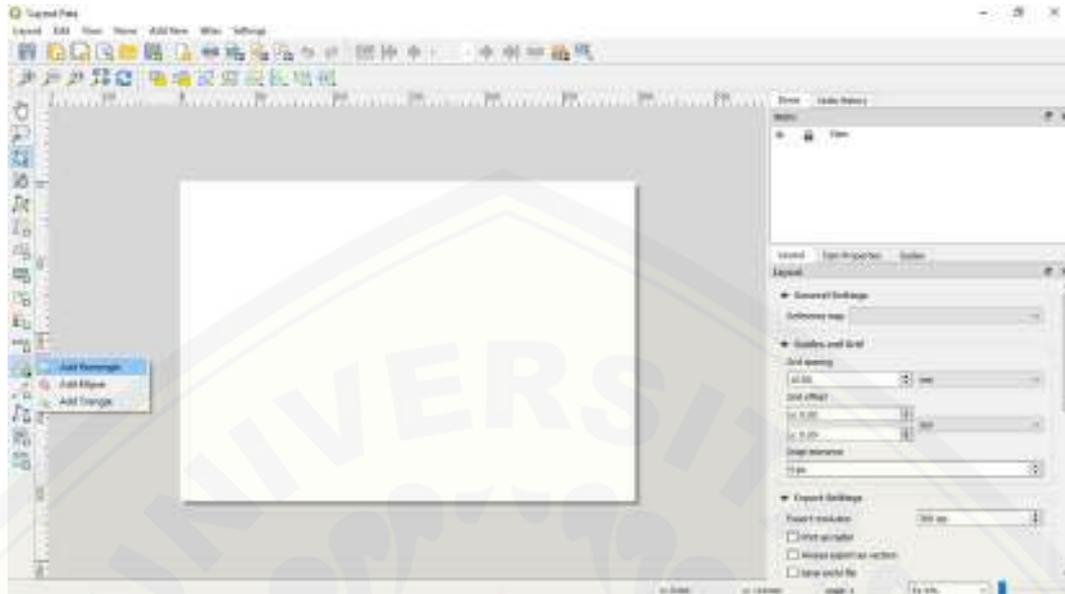


- Klik maximize biar tampilan fullscreen, kemudian pilih layout, klik Page Setup.

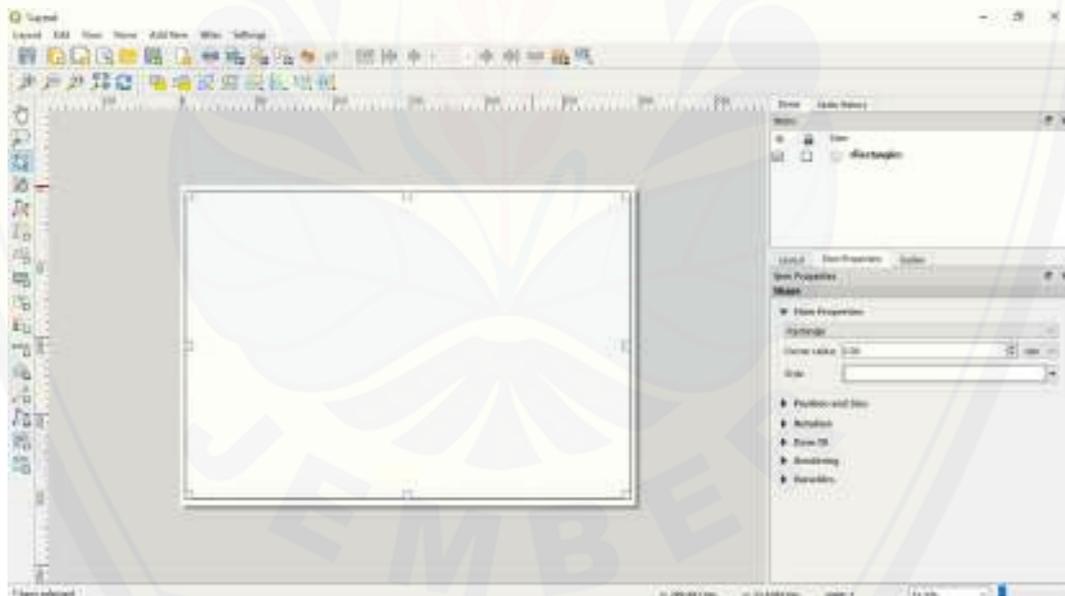


- Page setup size paper ganti A4, kemudian klik OK.

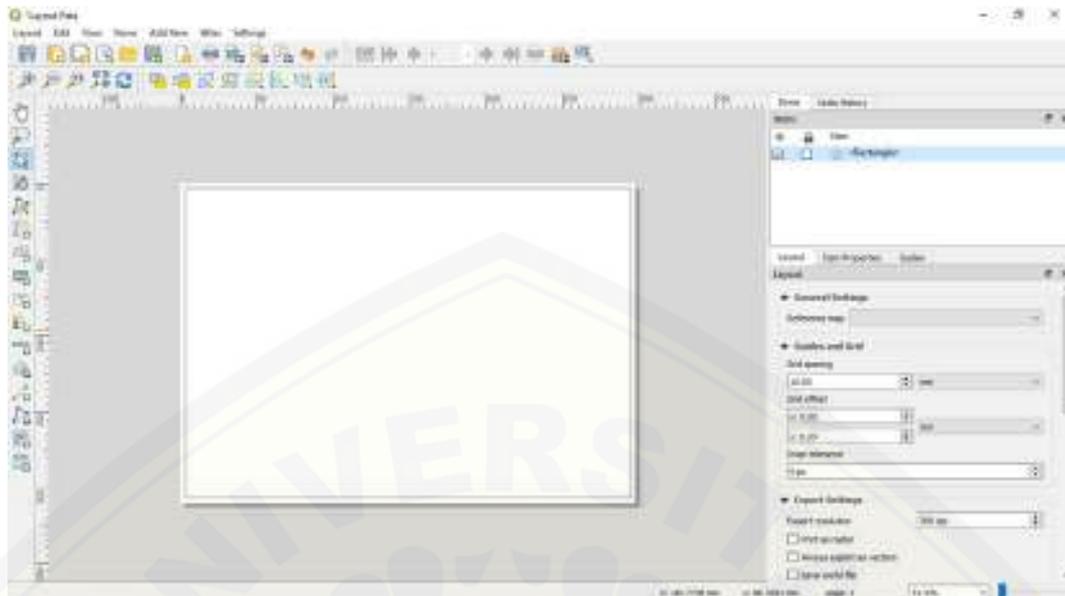
1. Membuat bingkai pada peta.



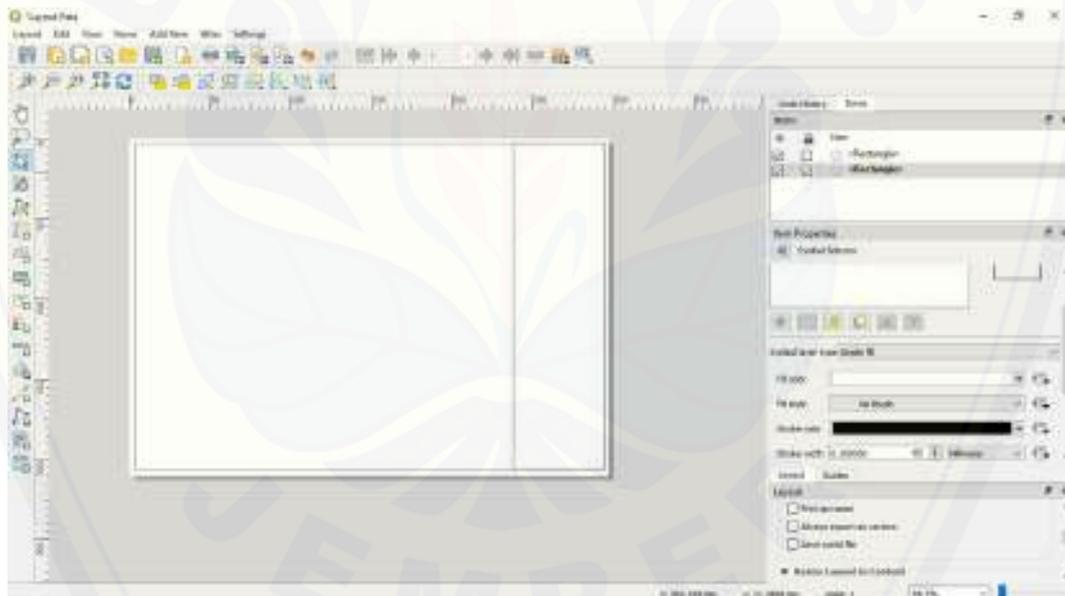
➤ Membuat Bingkai Peta. Add Shape, pilih Add Rectangle



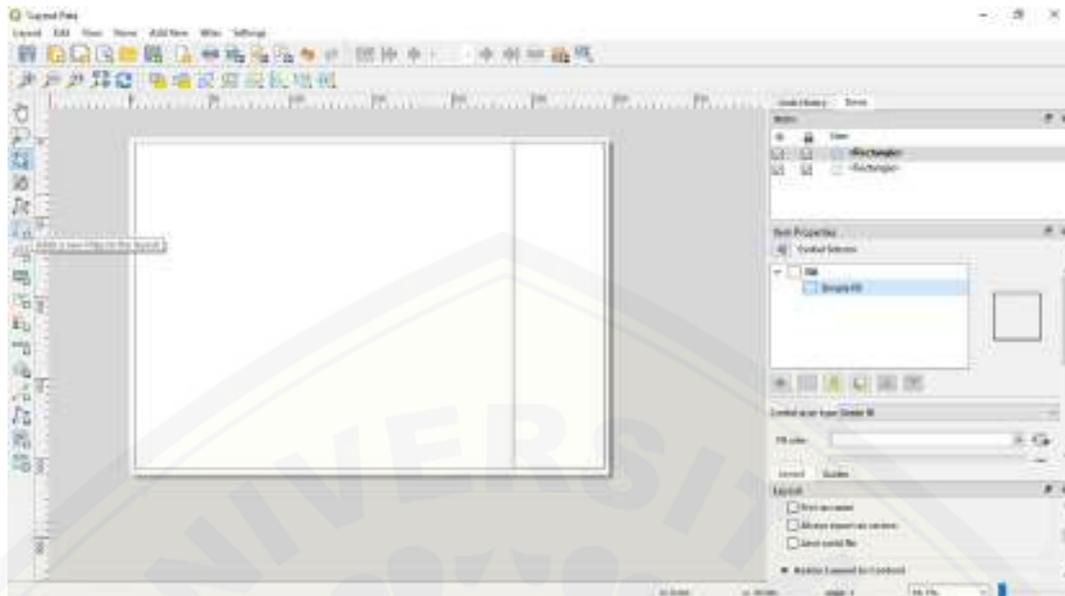
➤ Proses Pembuatan Rectangle.



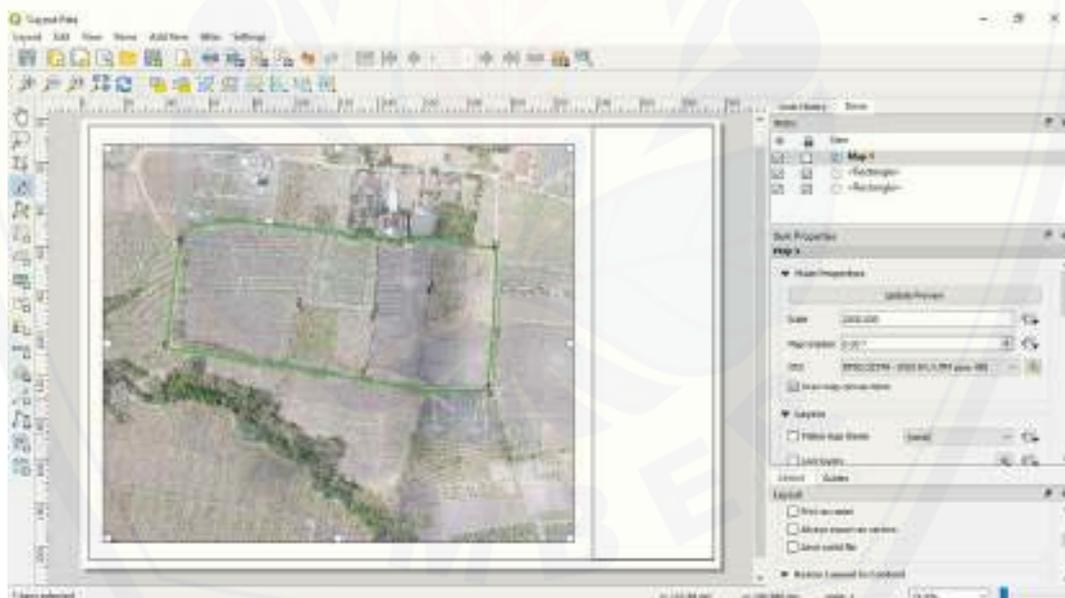
- Bingkai yang sudah dibuat.



- Buat bingkai lagi untuk diisi informasi tentang peta.

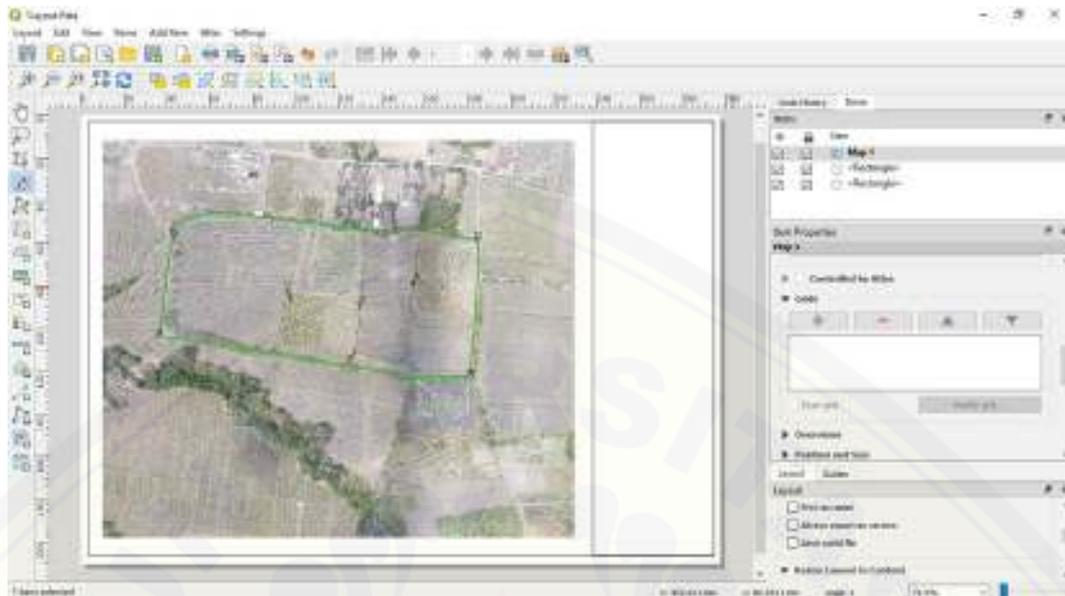


- Memasukkan File Map yang sudah dibuat. Klik Adds a new Map to the layout, arahkan mouse ke area display peta kemudian, klik kiri, klik OK.
- 2. Memasukkan Peta yang dilayout.

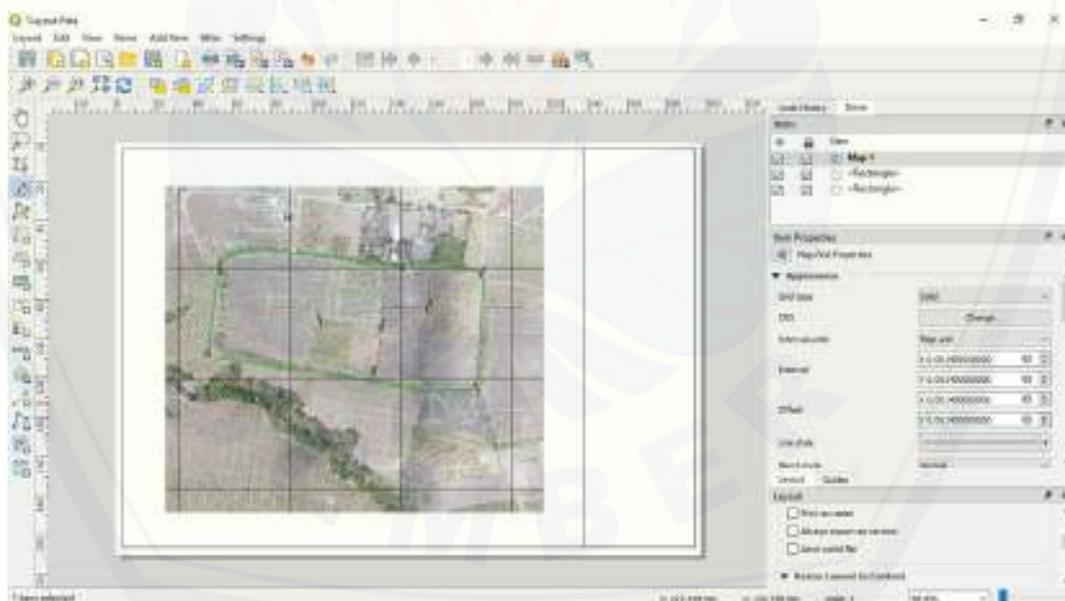


- Atur Skala pada Item Properties Masukkan angka skala 1:2500 menyesuaikan dengan luasan peta rencana.

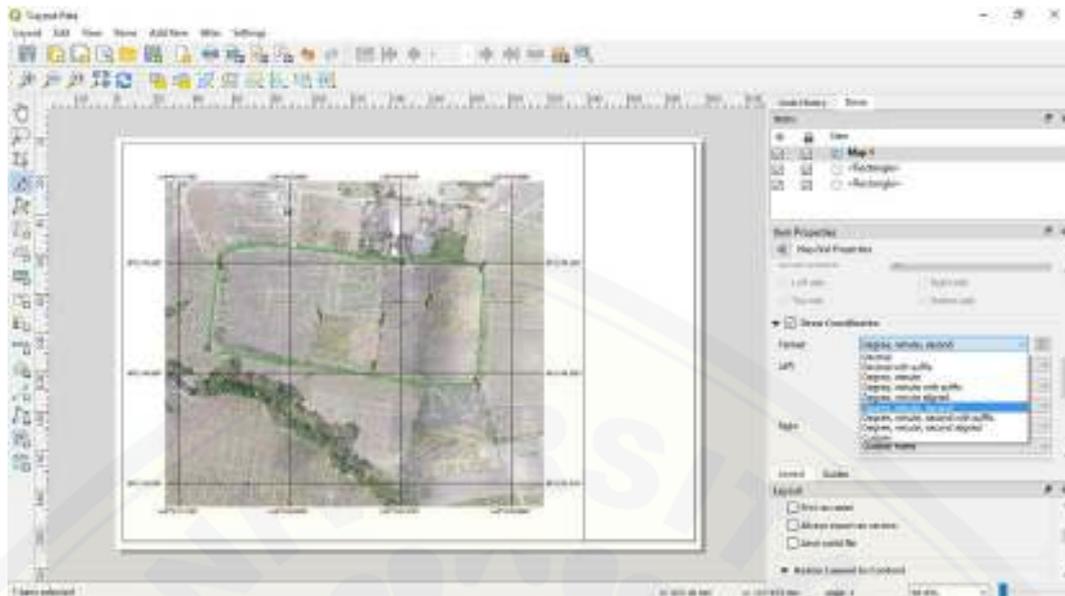
3. Membuat Grid Peta.



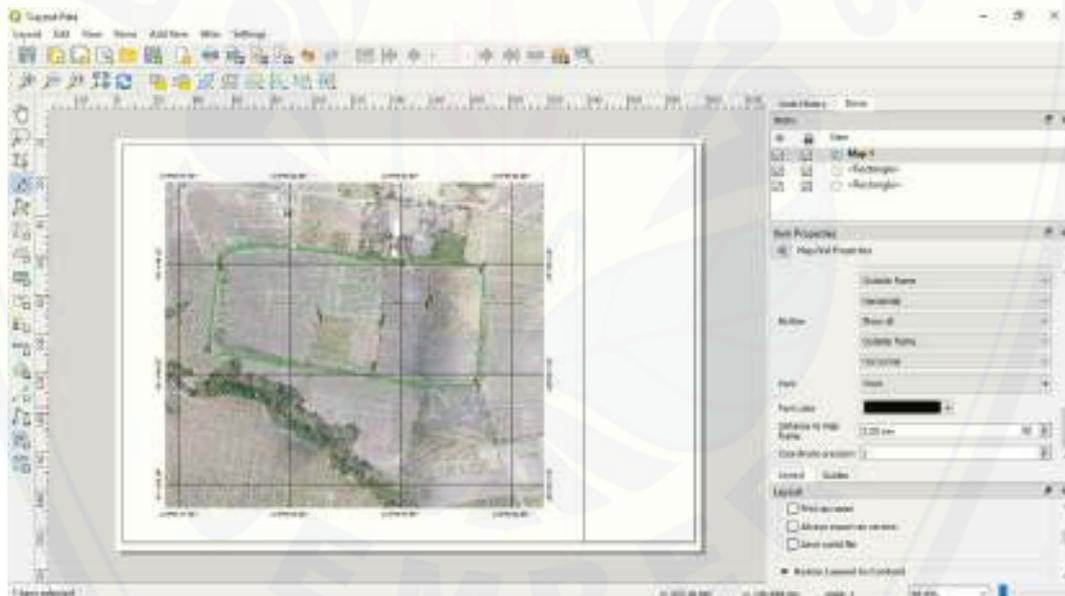
- Menambahkan Grid, scrole kebawah di Item Properties cari Grids klik logo + kemudian, klik Modify grid.



- Atur Map Grid Properties untuk nilai intervalnya bisa dirubah dengan kebutuhan.

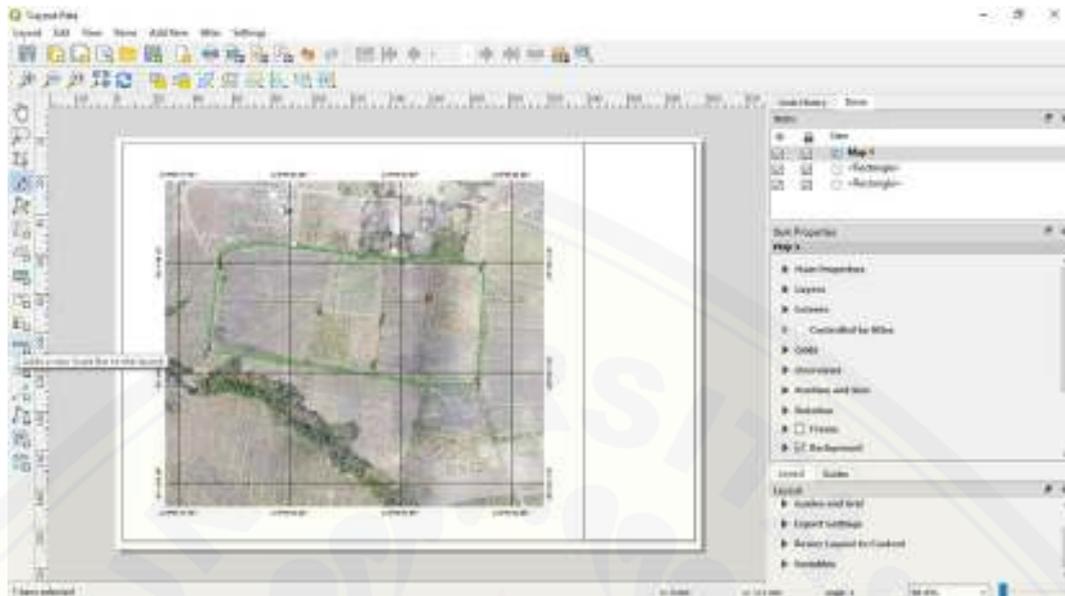


➤ Tampilkan Koordinat Peta.

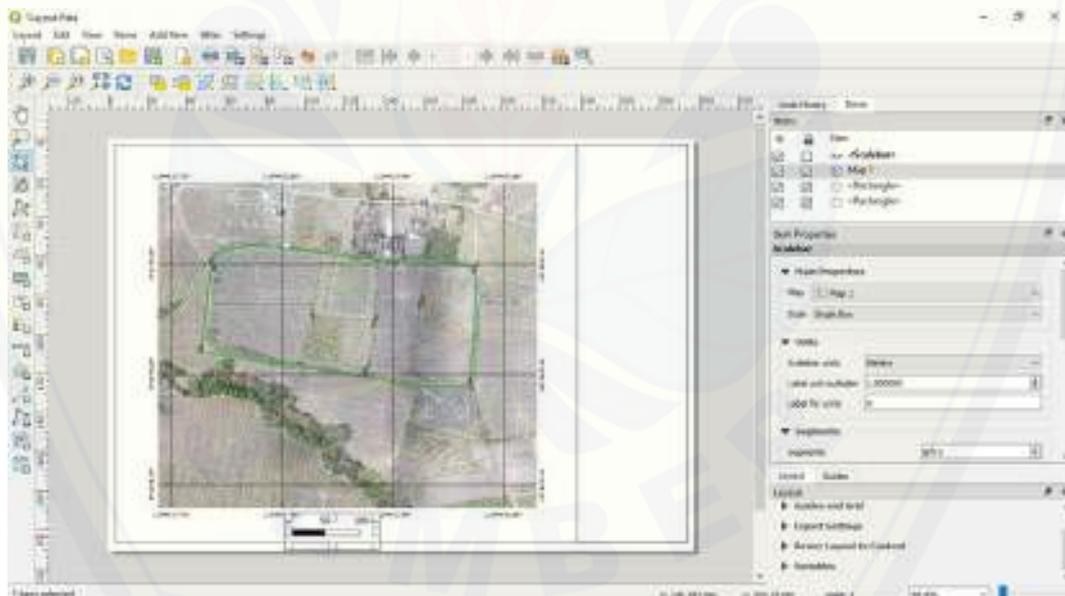


➤ Atur tampilan koordinat sesuai kebutuhan.

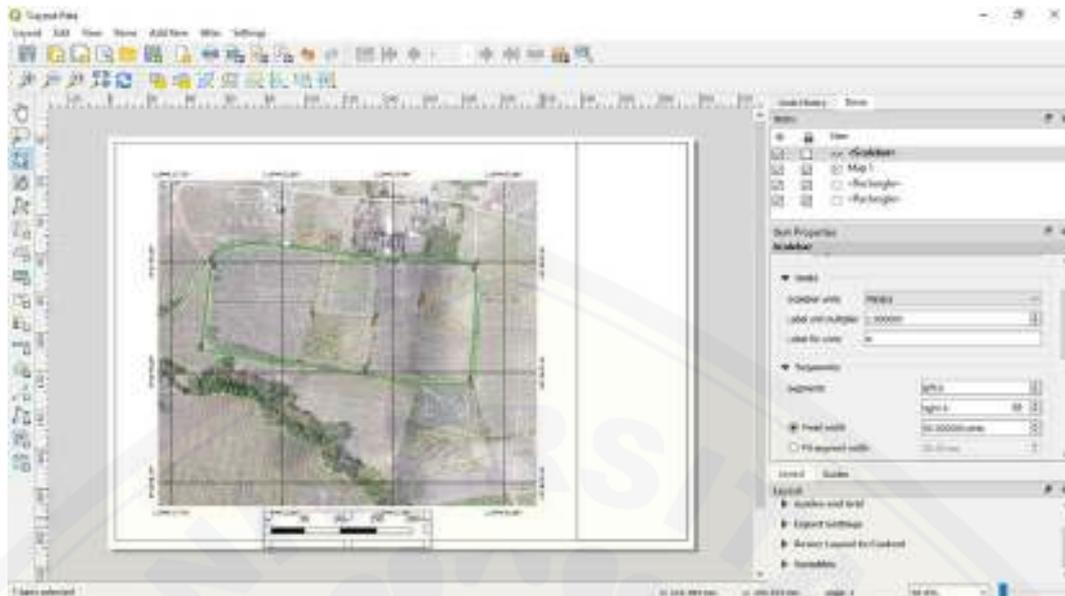
4. Membuat skala batang.



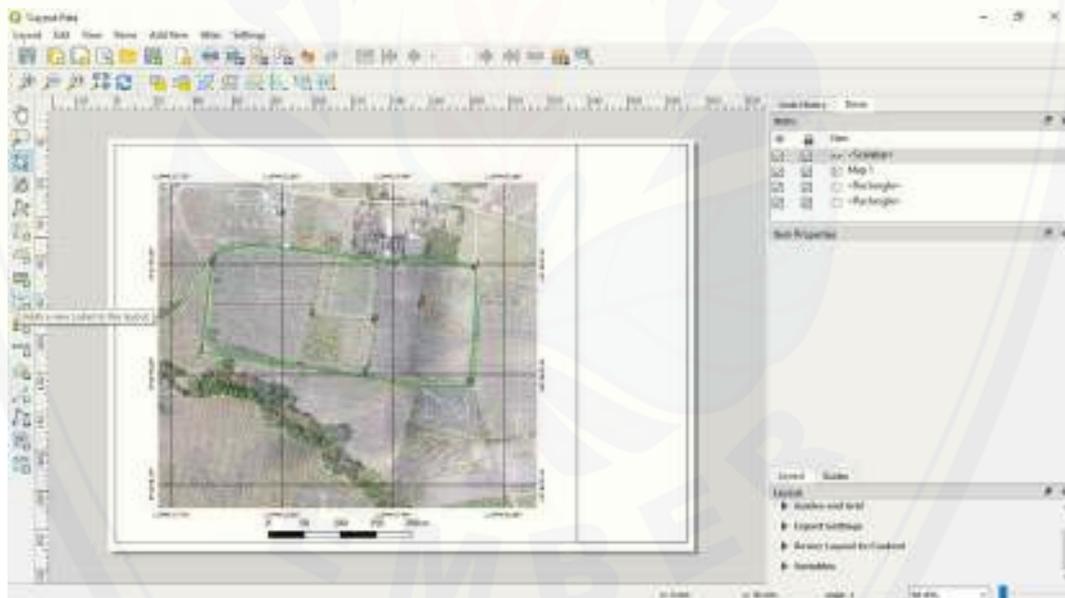
- Tambahkan Skala Batang, klik Add a new Scale Bar to the layout.



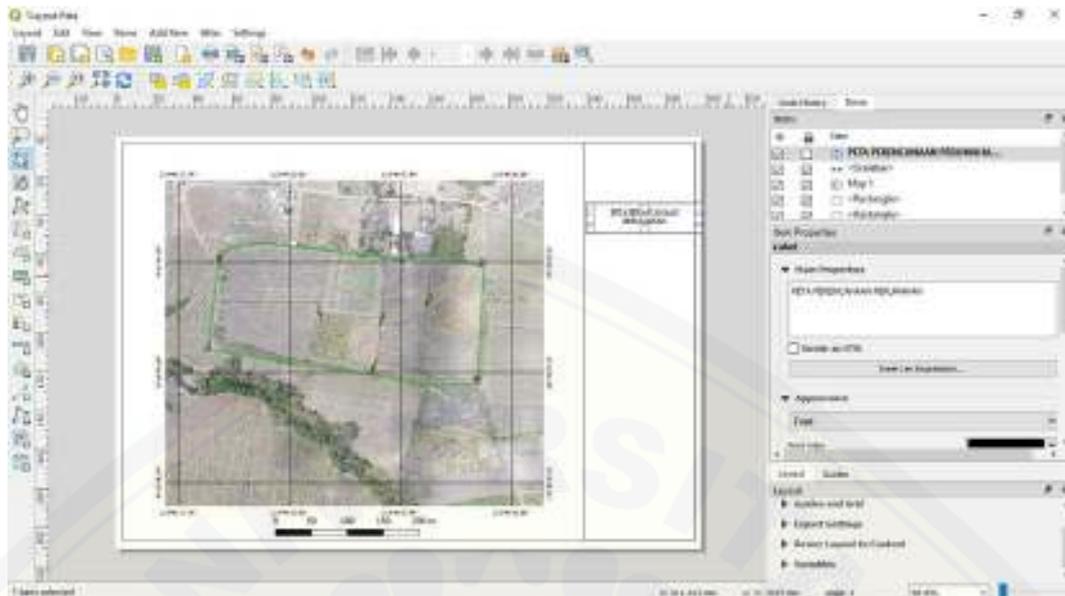
- Atur posisi skala batang.



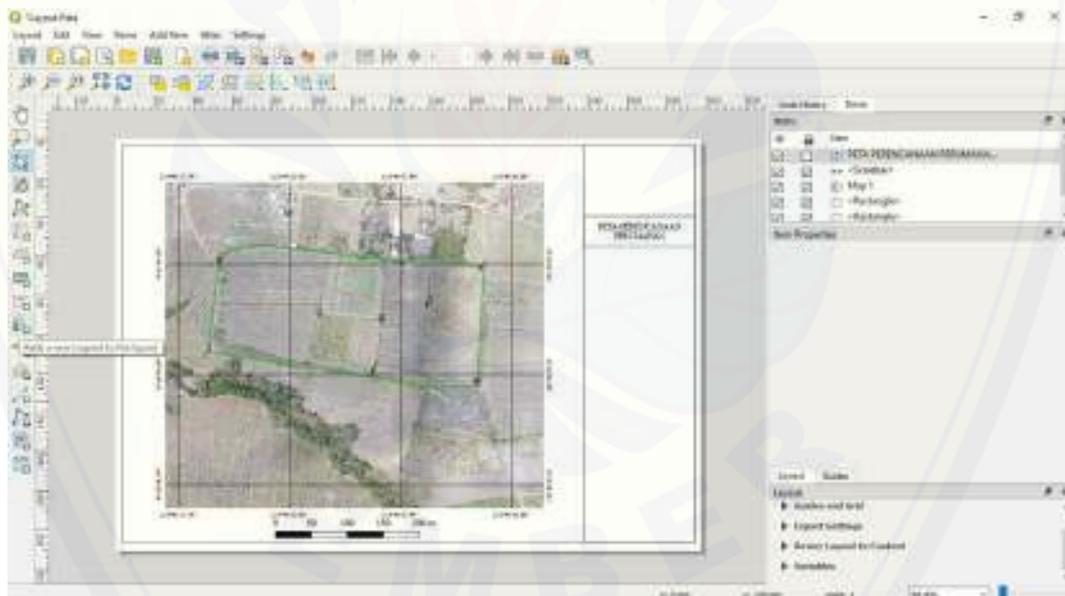
- Atur sesuai kebutuhan di Item Properties di Scalebar.
5. Membuat Judul Peta.



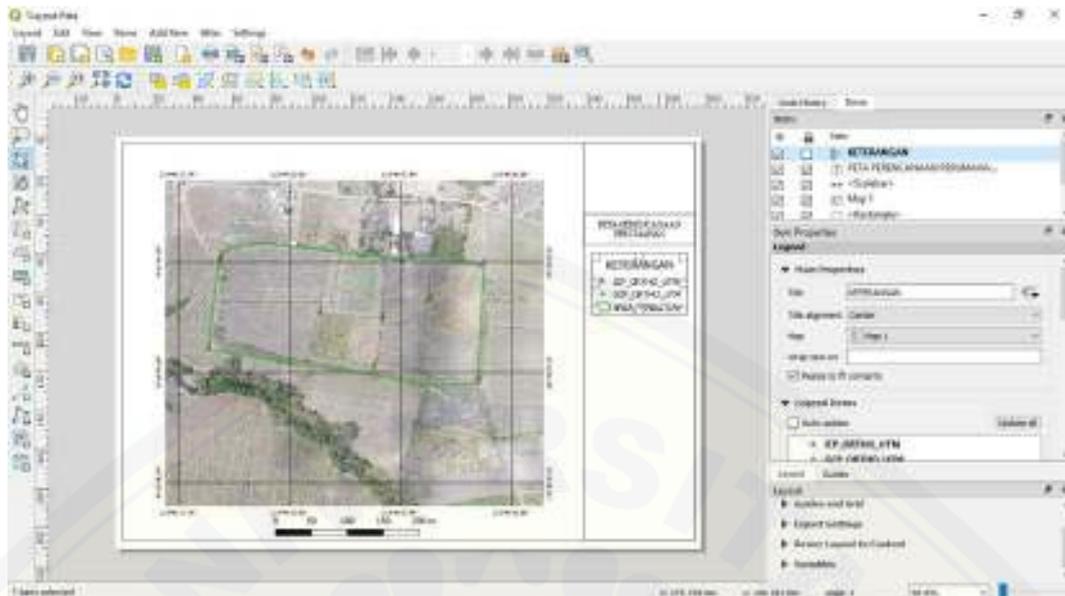
- Membuat Judul peta, Klik adds a new Label to the layout.



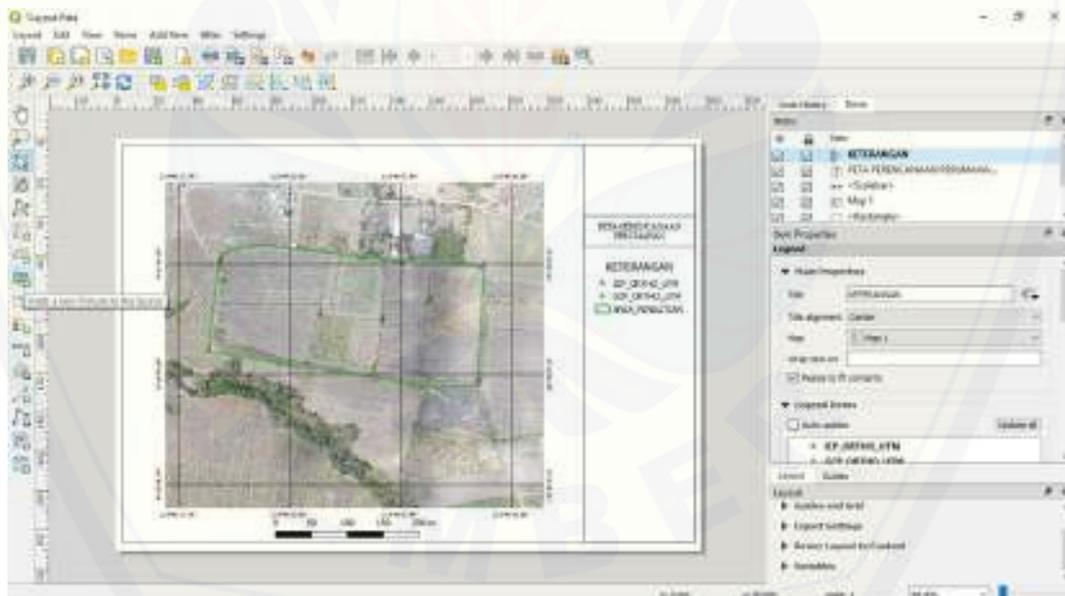
- Edit label di item properties untuk memberi judul.
6. Membuat Legenda Peta.



- Menambahkan Legenda/keterangan pada peta, Klik Adds a new Legend to the layout.



- Atur legend di Item Properties, pilih Legend Items matikan auto update, kurangi dan tambahkan atribut keterangan sesuai kebutuhan.
7. Menambahkan gambar judul peta.

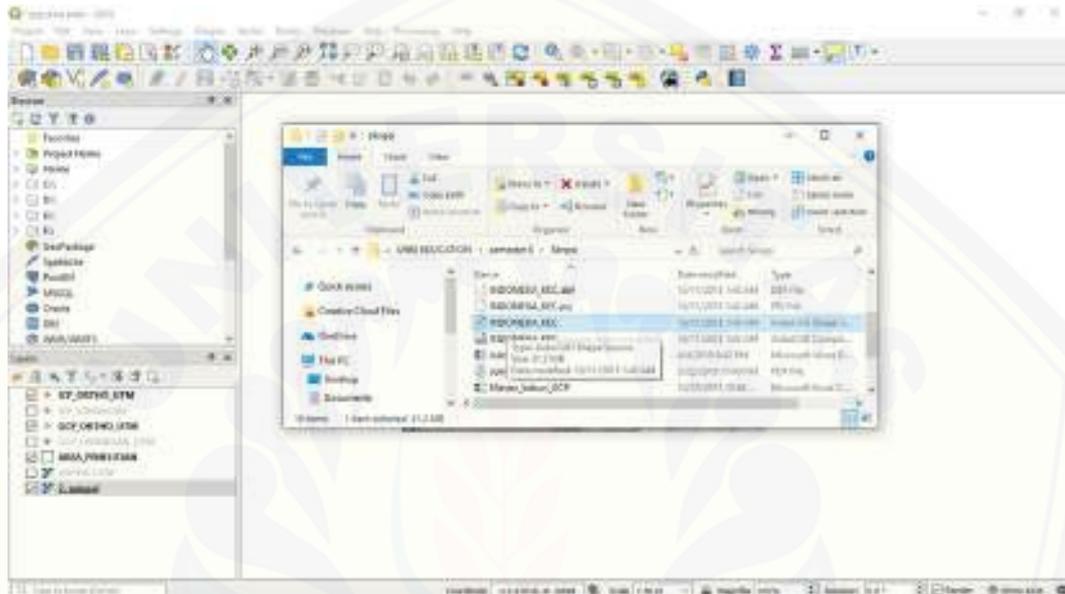


- Menambahkan gambar pada peta, klik Adds a new Picture to the layout.

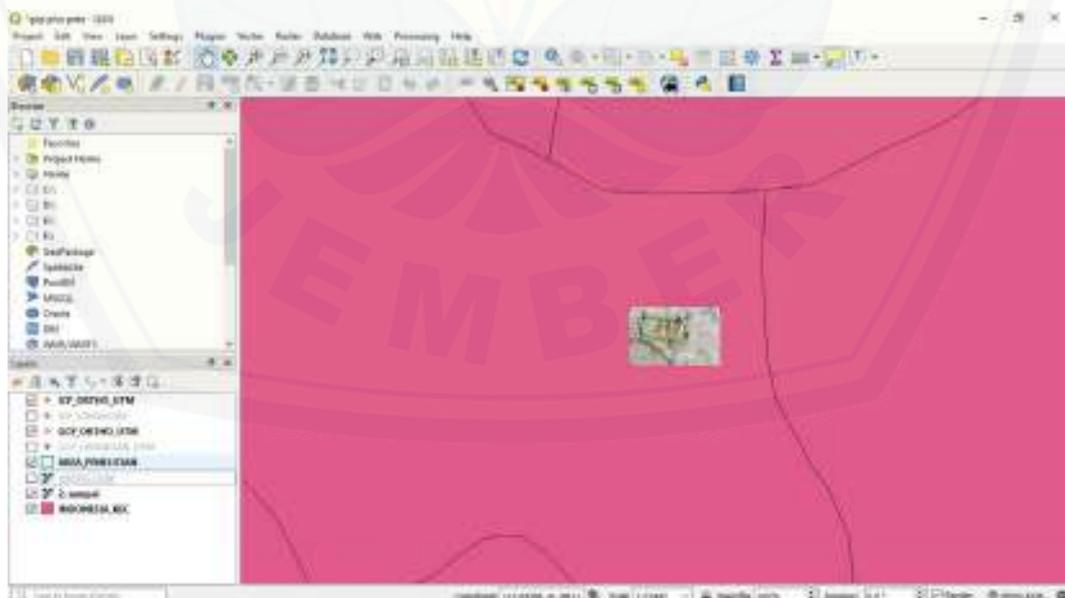
8. Menambahkan Indeks Peta.

Untuk membuat indeks peta di perlukan batas peta seperti batas kecamatan atau batas desa, pada peta ini kita gunakan peta batas kecamatan untuk membuat indeks peta.

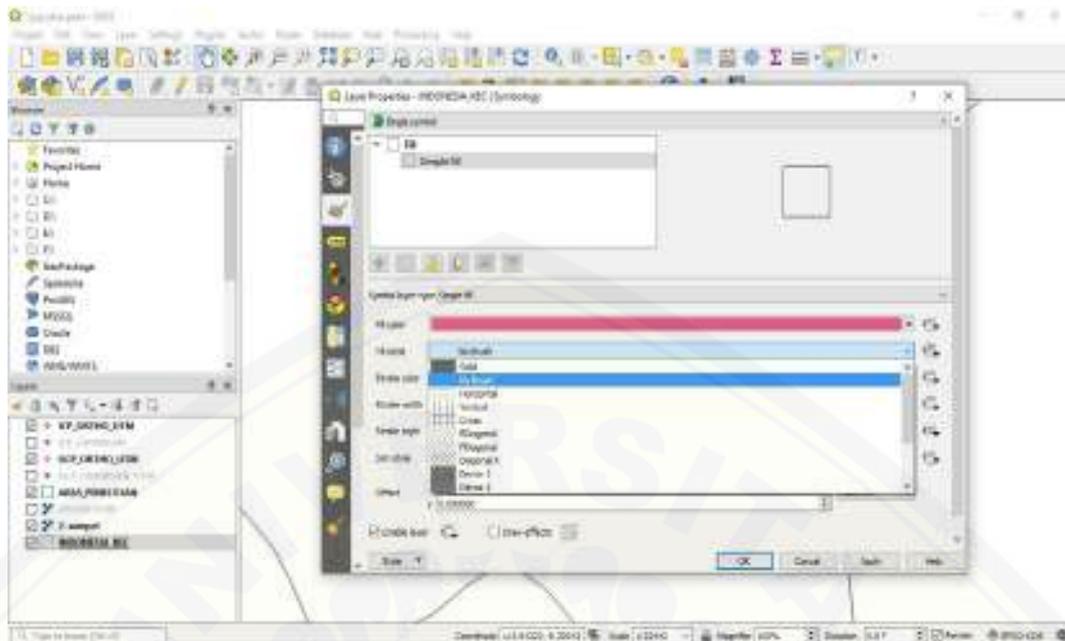
Untuk file SHP kecamatan Indonesia bisa didownload di link <https://drive.google.com/file/d/0B2k9p5nUCGRvcUFsOGRCUUtoNmc/view>



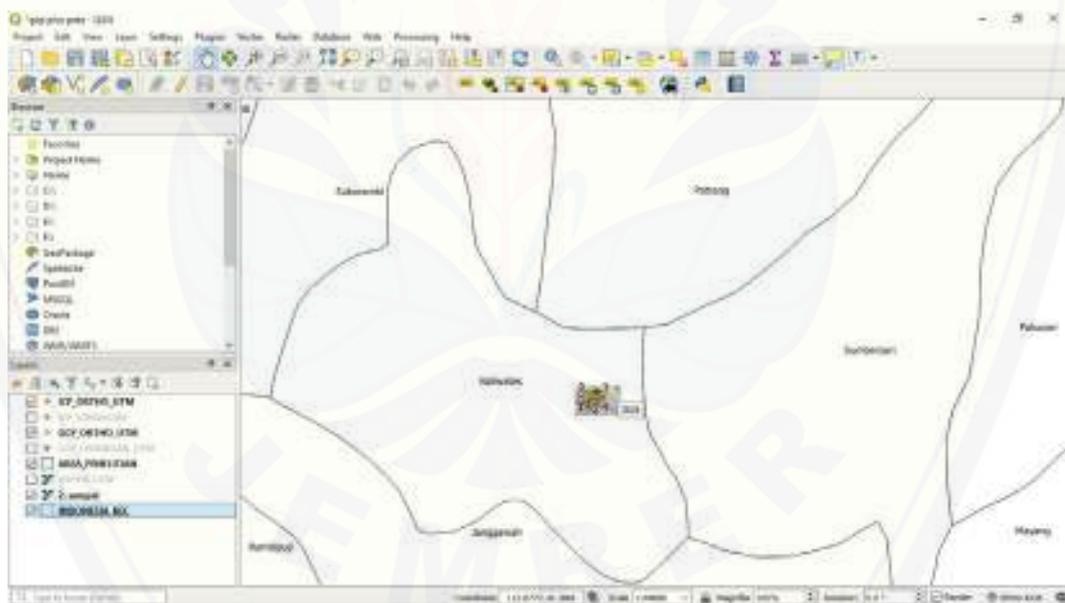
➤ Drag File SHP INDONESIA_KEC ke software QuantumGIS.



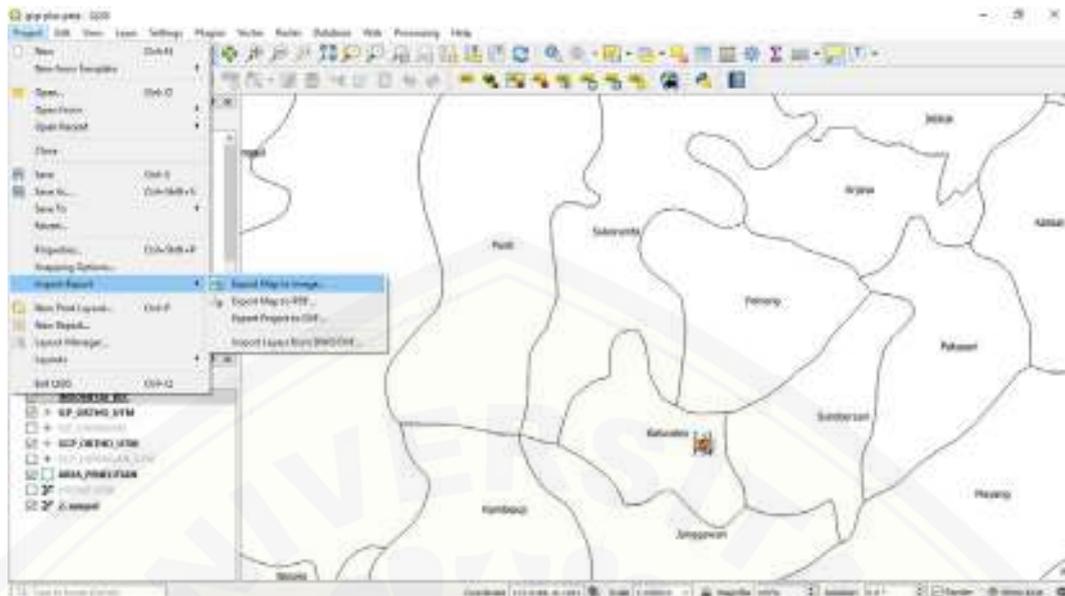
➤ Tampilan setelah file SHP di drag.



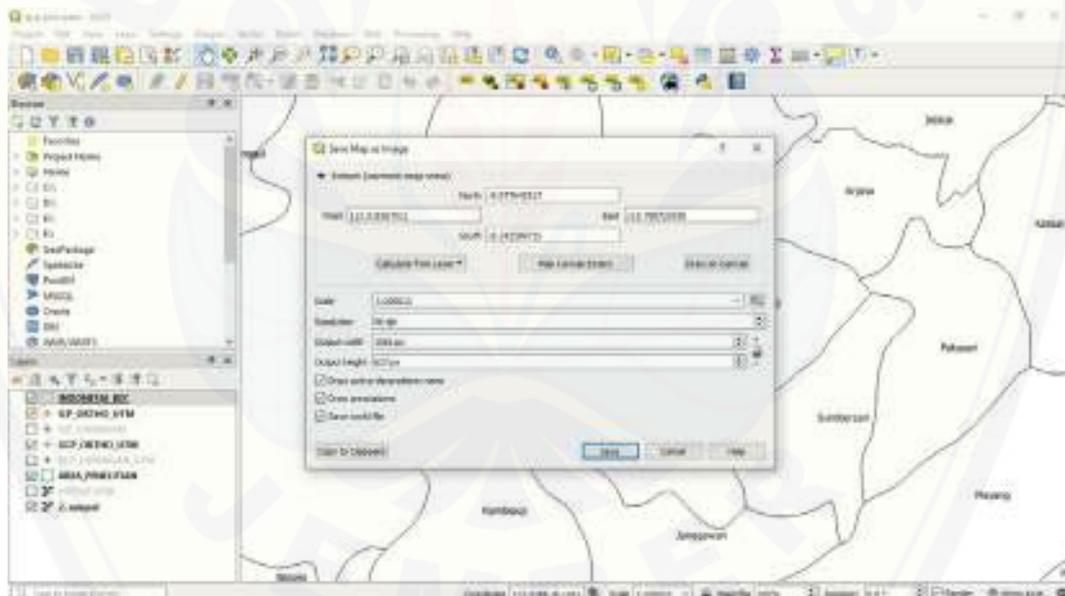
➤ Edit INDONESIA_KEC di layer properties.



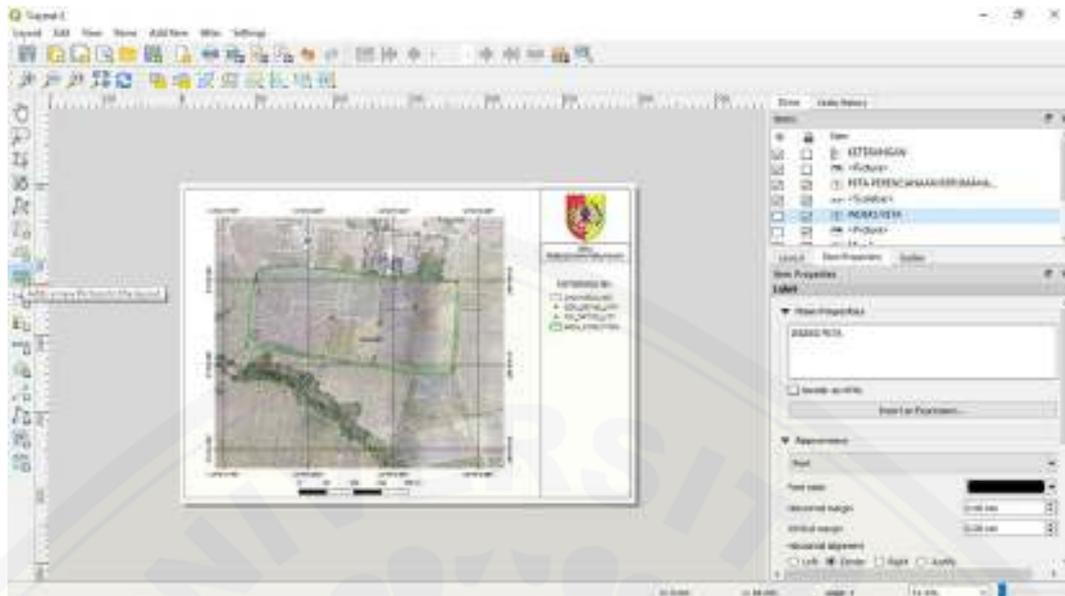
➤ Tampilan Setelah di edit di layer properties.



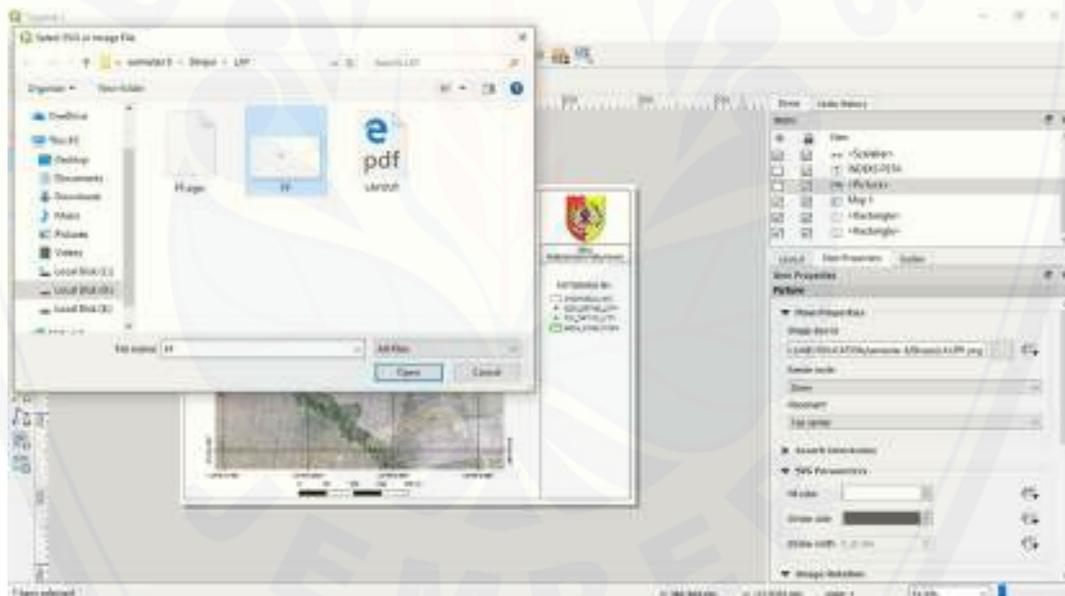
➤ Export Map to Image



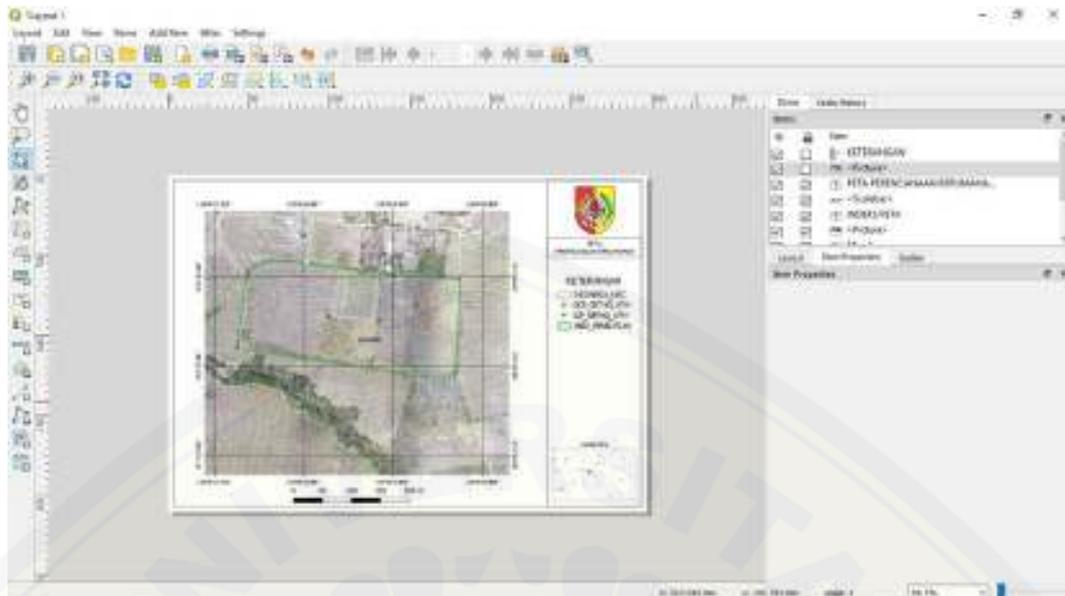
➤ Klik Save.



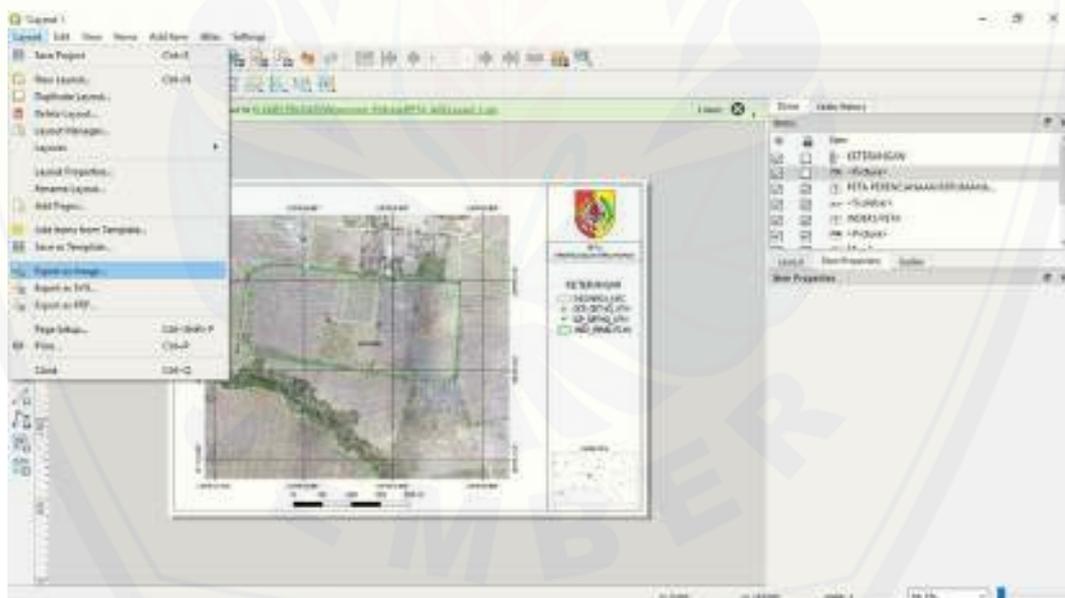
- Kembali ke tampilan Layout, pilih Adds a new Picture to the layout.



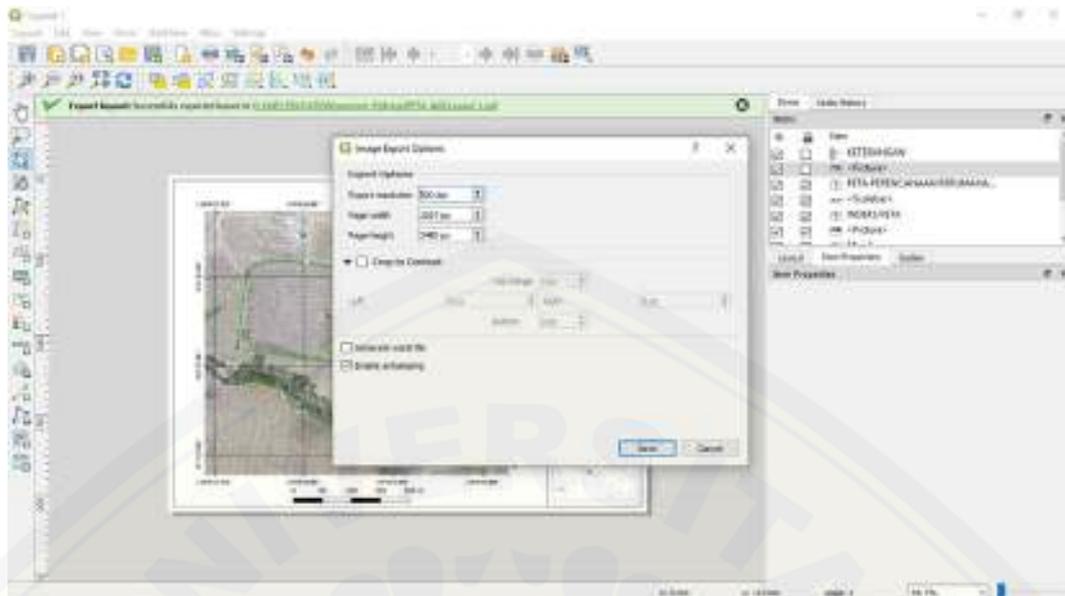
- Masukkan data gambar indeks yang sudah dibuat.



- Tampilan peta standard, modifikasi layout bisa mengikuti prosedur masing-masing sesuai dengan kebutuhan. Untuk peta berjenis kebutuhan sendiri bisa menggunakan layout yang sesuai dengan informasi peta.



- Export hasil peta, klik Export as image.



- Image export options, pada informasi export resolution dpi bisa diatur sesuai dengan kebutuhan. Semakin tinggi nilai dpi maka akan semakin besar nilai filenya.



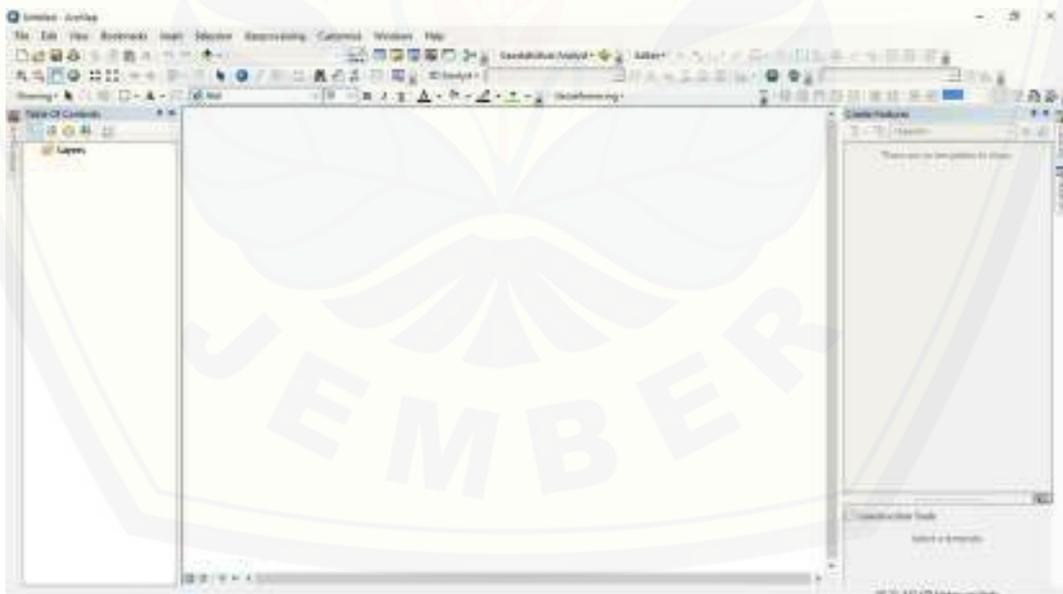
- Hasil Akhir Peta Perencanaan Perumahan.

LAMPIRAN A-2

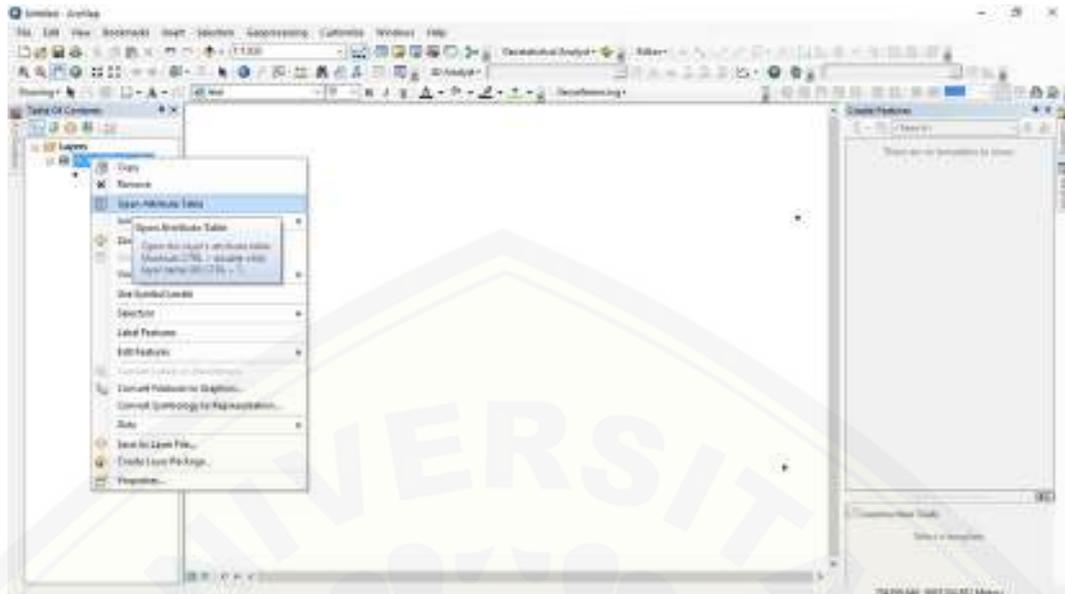
Tahapan pembuatan koordinat sistem, digitasi dari QuantumGIS kemudian diolah menggunakan ArcGIS.



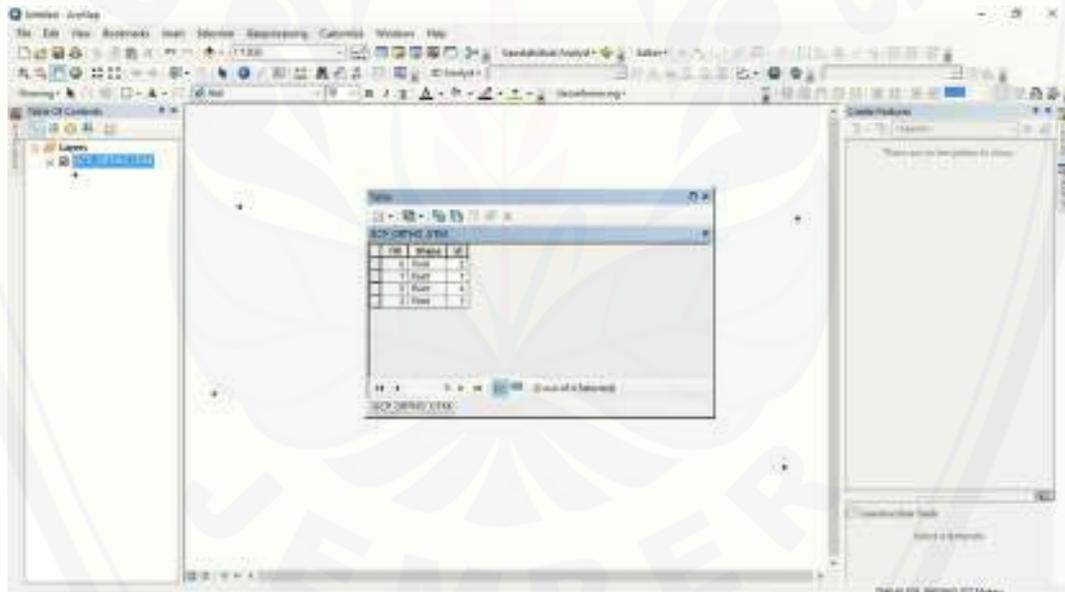
- Open Software Arcgis 10.3.



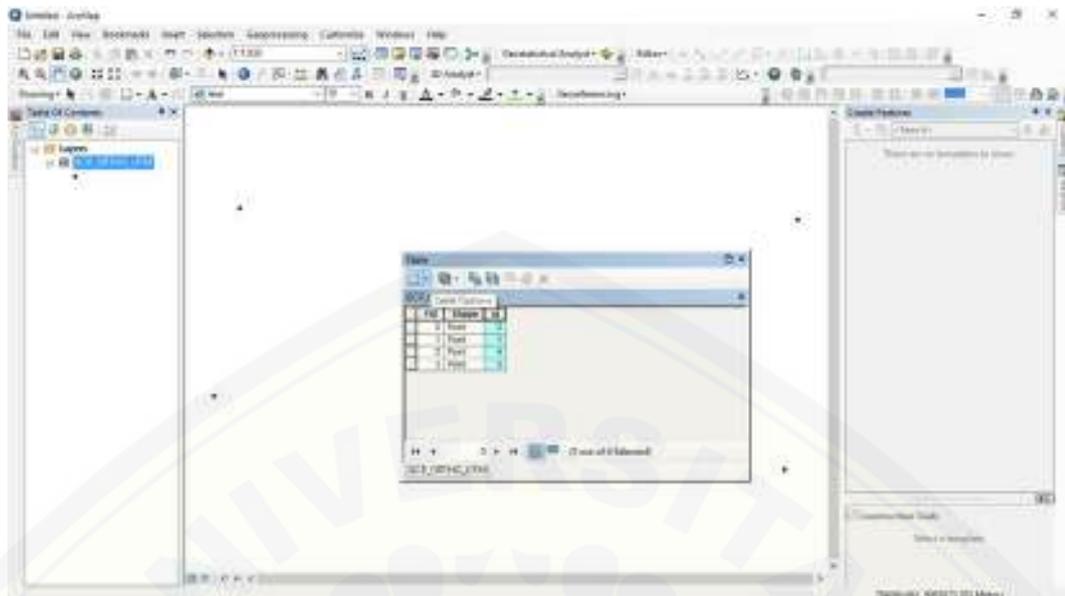
- Tampilan Interface Arcgis 10.3.



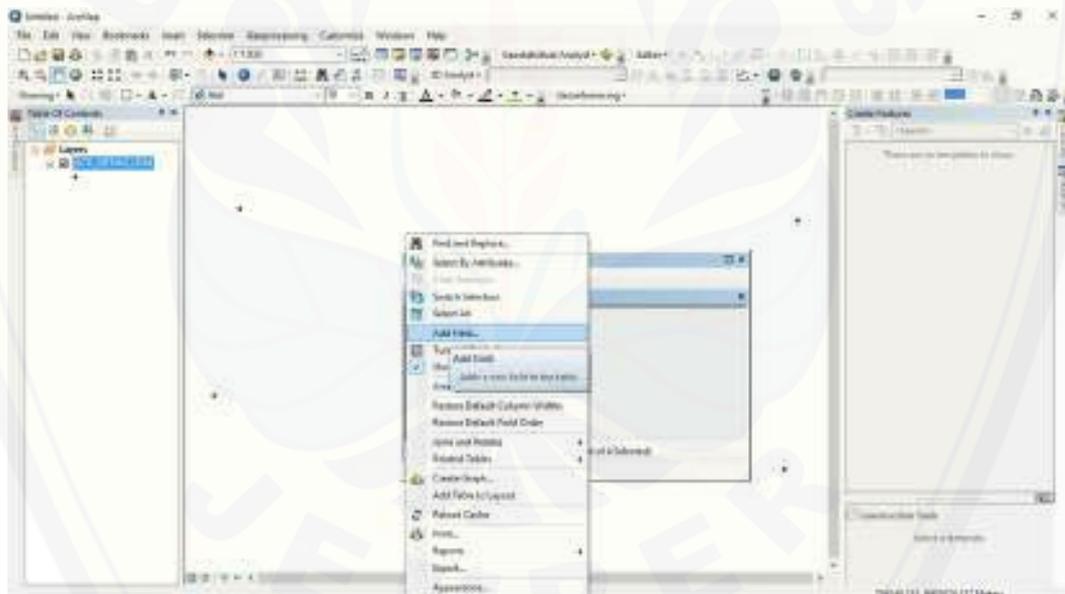
- Klik kanan GCP_ORTHO_UTM pilih Open Attribute Table.



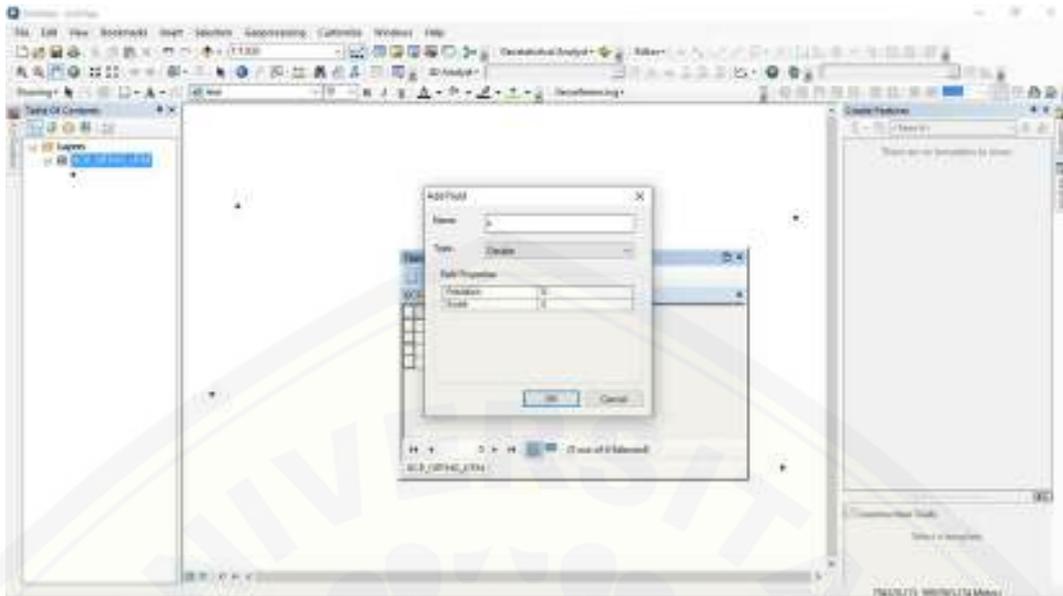
- Tampilan Attribute Table GCP_ORTHO_UTM.



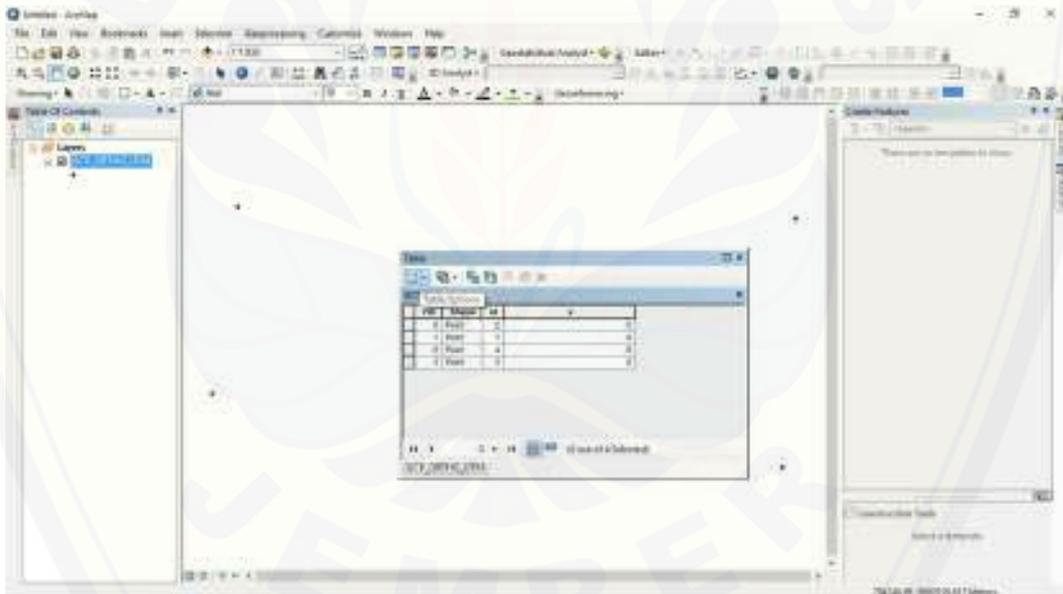
➤ Klik Table Options.



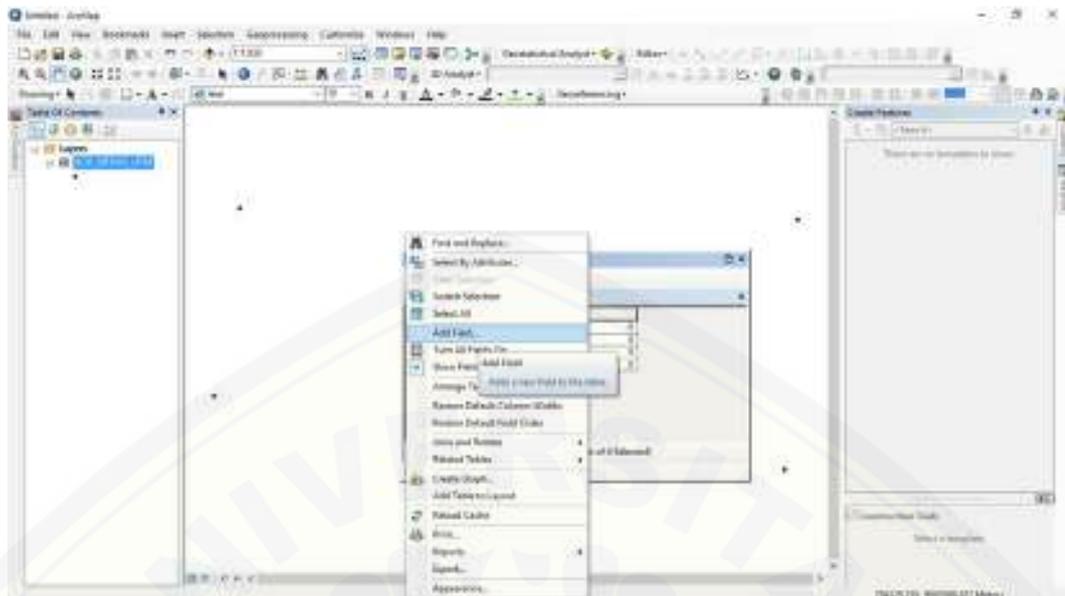
➤ Pilih Add Field.



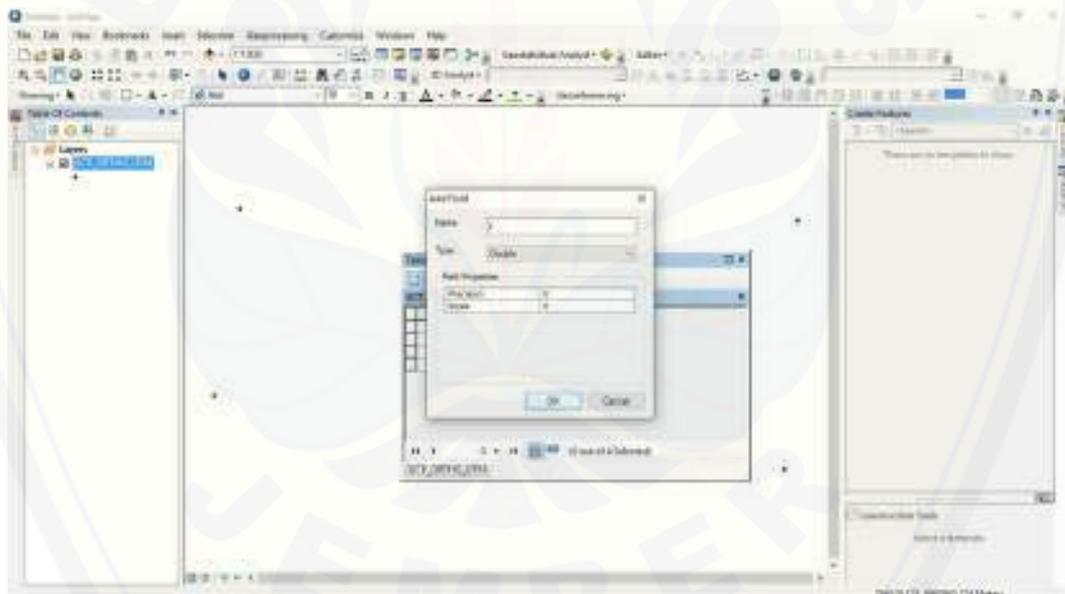
- Add field diberi nama X typenya diganti Double.



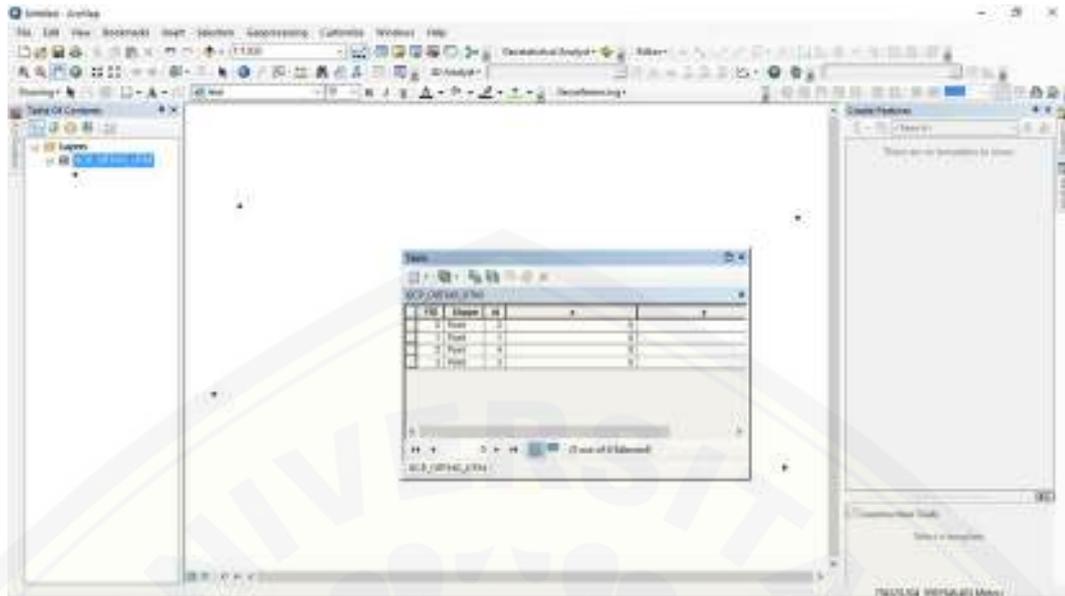
- Klik Table Options.



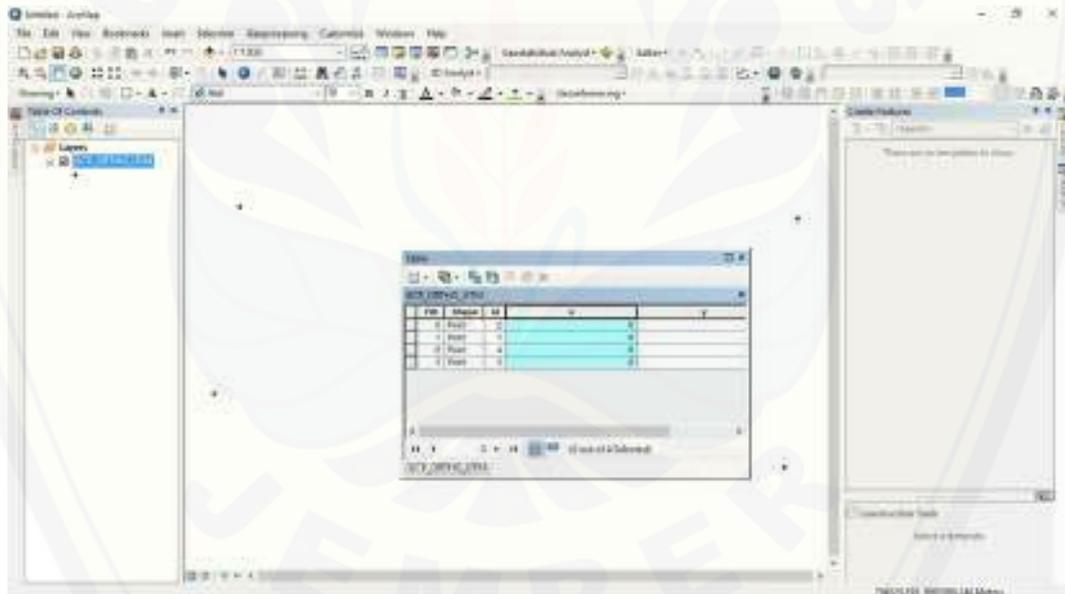
➤ Pilih Add Field.



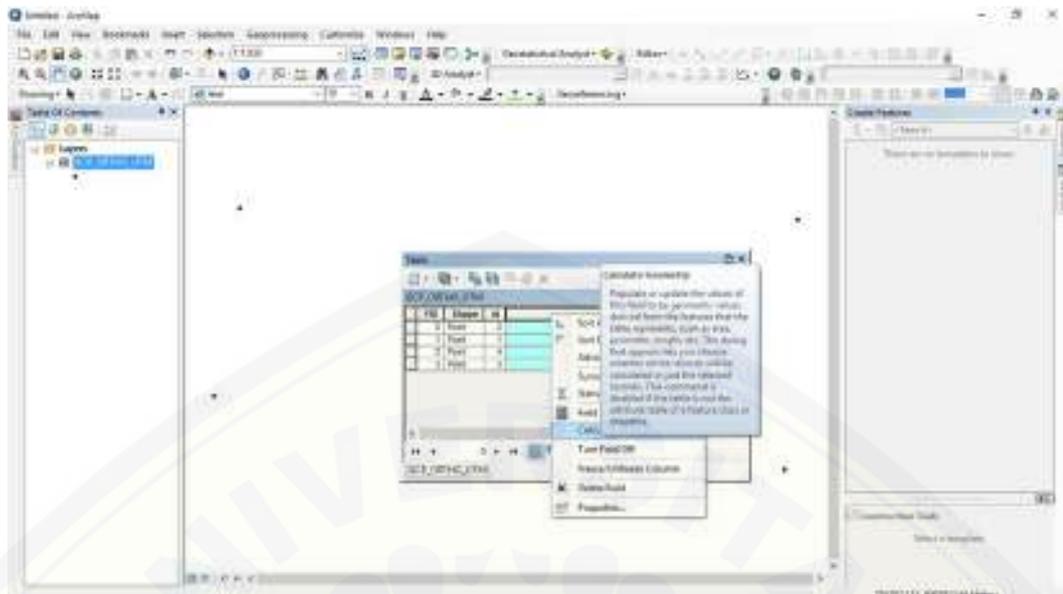
➤ Add field diberi nama Y typenya diganti Double.



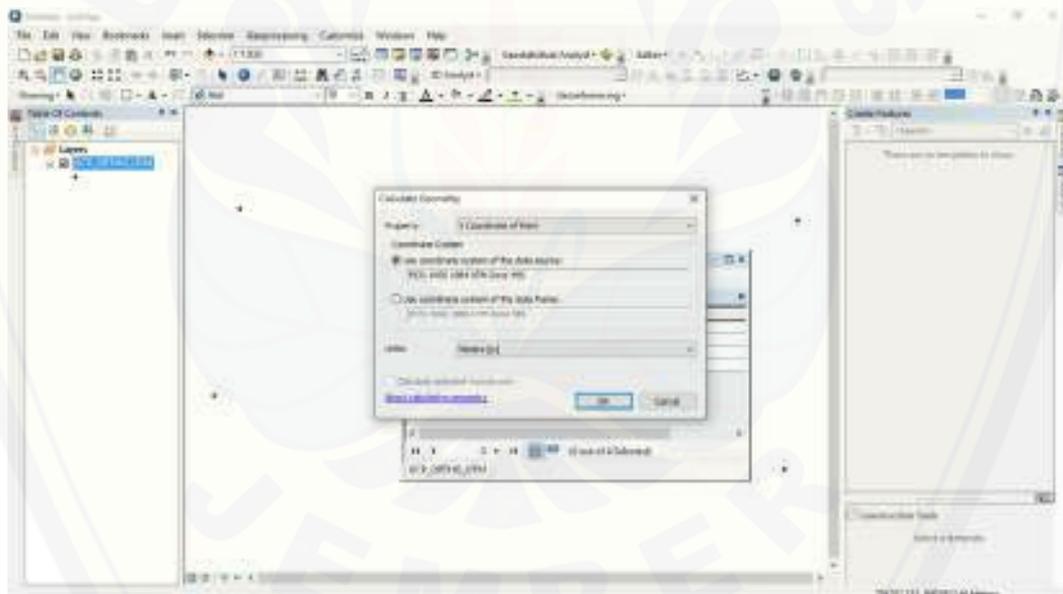
- Tampilan Attribute Table setelah ditambahkan Add Field



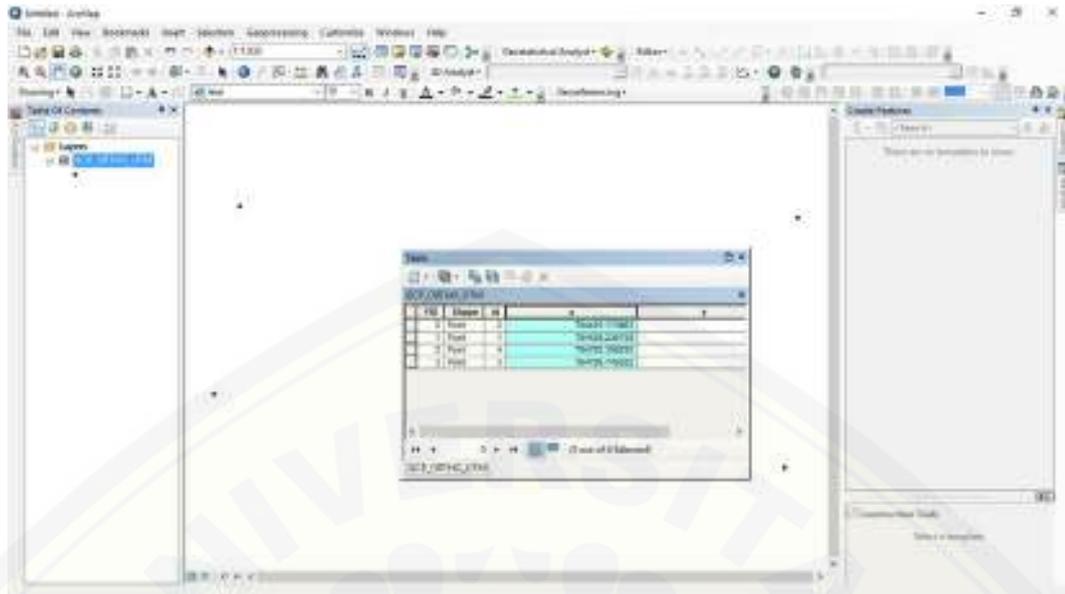
- Klik Atas tulisan X sampai kolom dibawahnya ikut ngeblok.



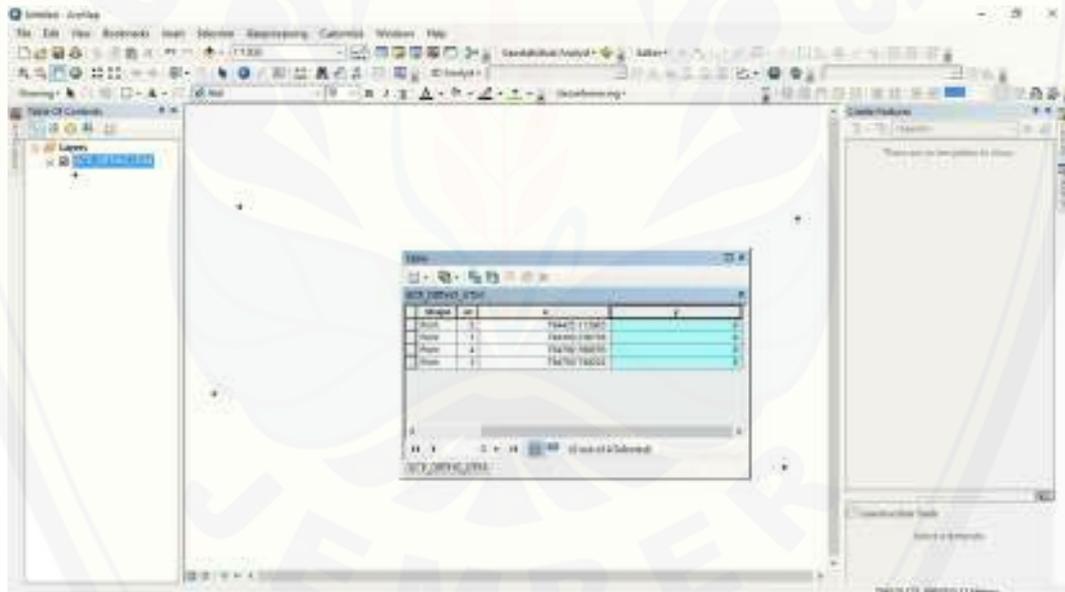
➤ Pilih Calculate Geometry.



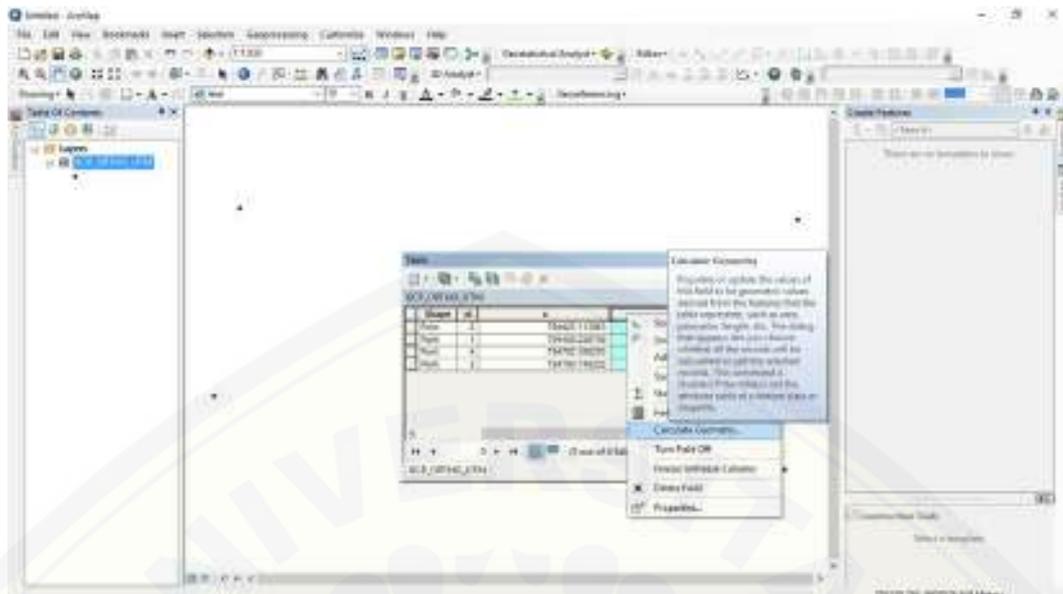
➤ Property : x Coordinate of point
Coordinate system of data source : PCS: WGS 1984 UTM Zone 49s
Units : Meters



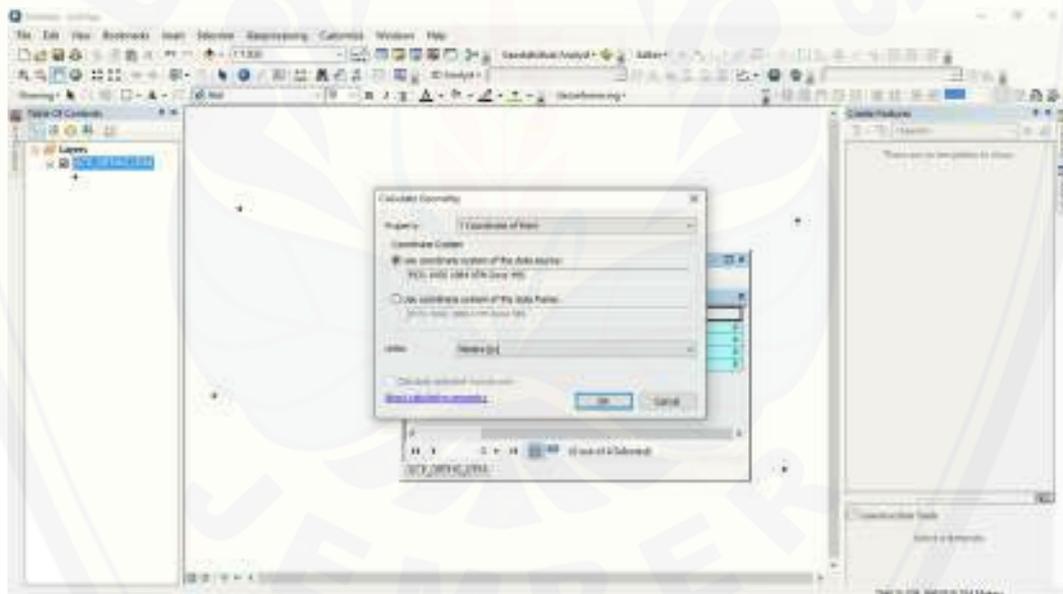
- Tampilan Atribut Table setelah dimasukkan koordinat sistem.



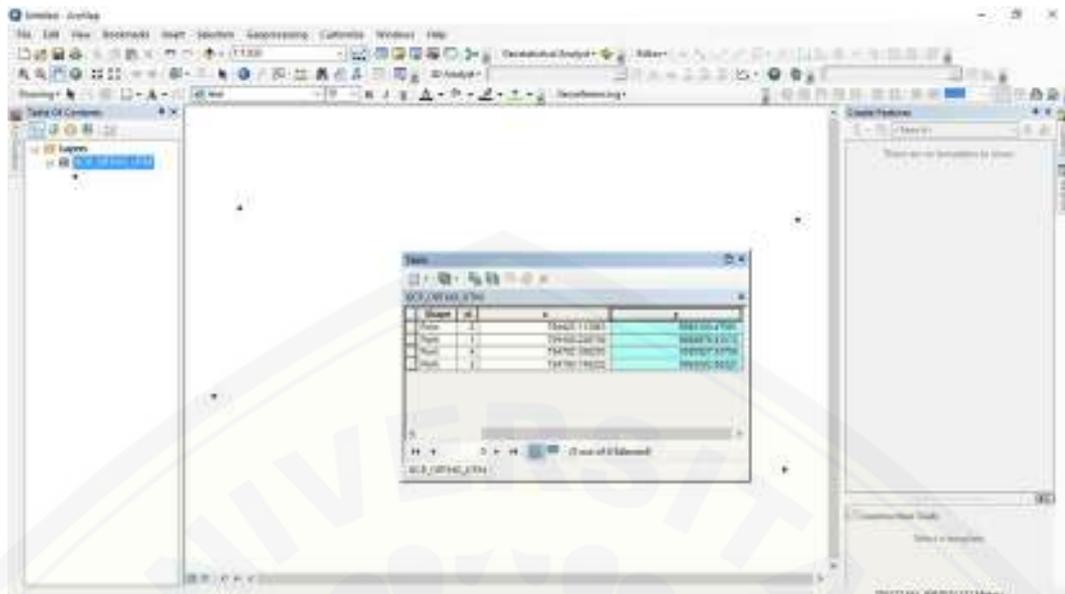
- Klik Tulisan Y sampai kolom dibawahnya ikut ngeblok.



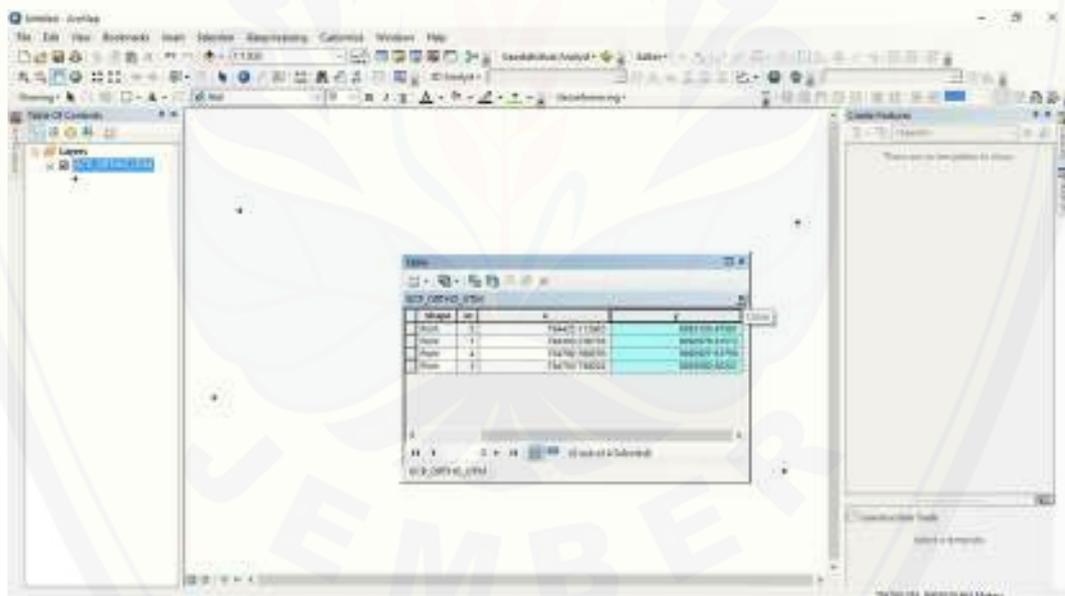
- Pilih Calculate Geometry.



- Property : y Coordinate of point
Coordinate system of data source : PCS: WGS 1984 UTM Zone 49s
Units : Meters



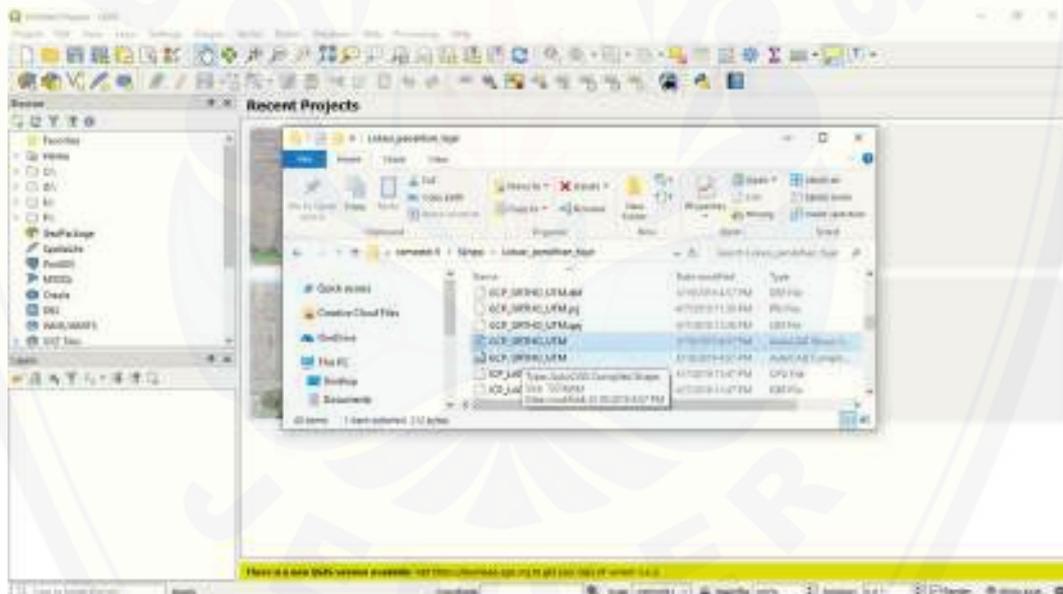
- Tampilan Digitasi Atribut Table GCP_ORTHO_UTM setelah ditambahkan koordinat sistem PCS: WGS 1984 UTM Zone 49s.



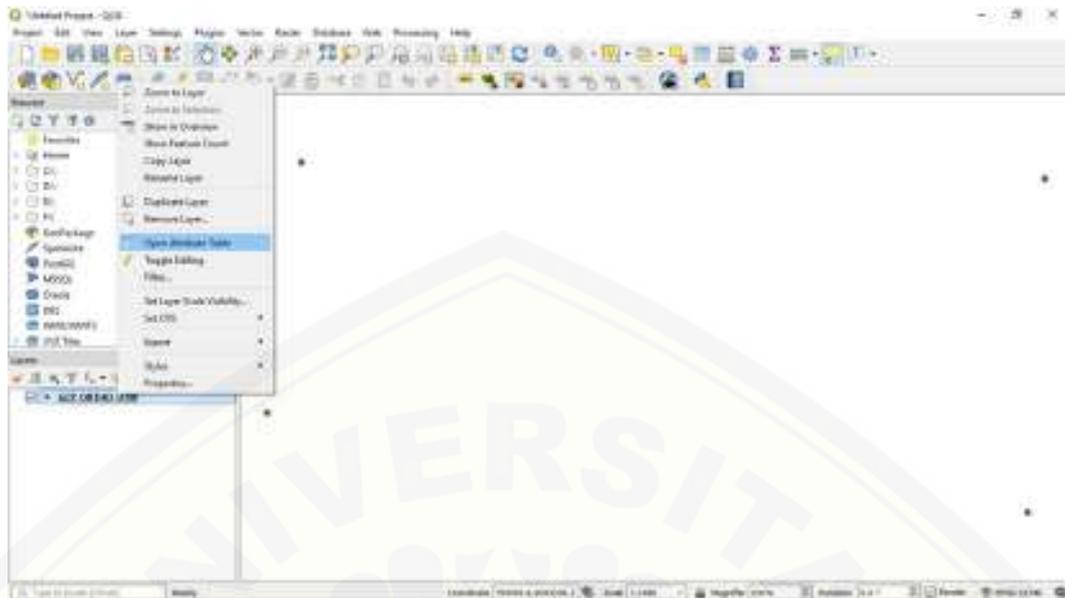
- Close Attribute Table, bila ragu-ragu cek kembali klik attribute table untuk memastikan data ada.



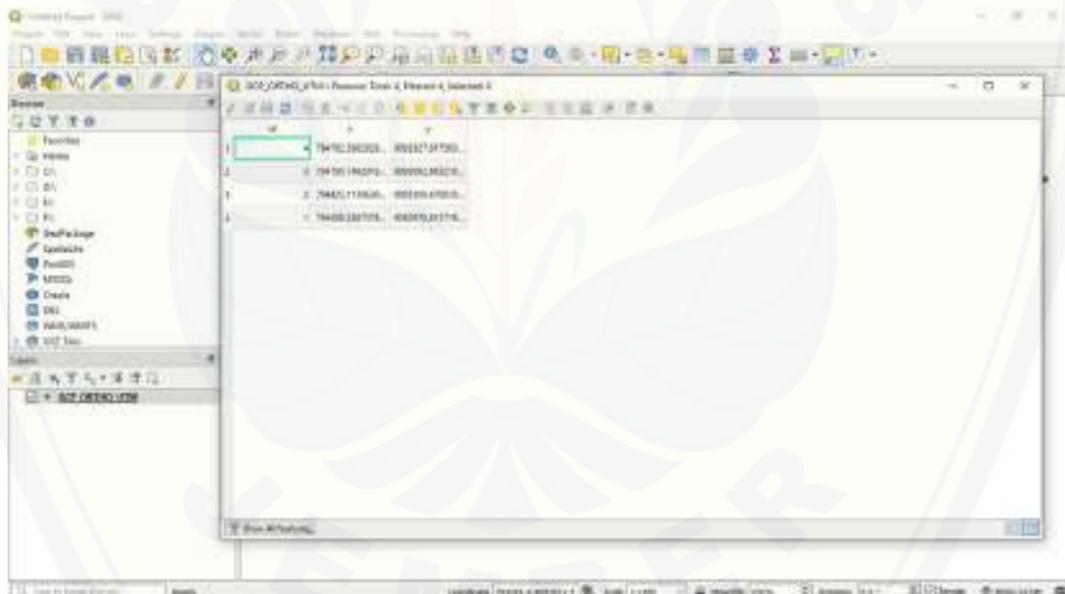
- Open Software QuantumGIS 3.4.1.



- Drag file SHP data digitasi GCP_ORTHO_UTM dan ICP_ORTHO_UTM yang sudah diolah di ArcGIS.



- Klik Open Atribut Table.



- Tampilan digitasi GCP_ORTHO_UTM yang sudah ada koordinat sistem PCS: WGS 1984 UTM Zone 49s.

Nb : Untuk Proses ICP_ORTHO_UTM sama proses pengerjaannya