



Pemanfaatan Wahana *Unmanned Aerial Vehicle (UAV)* dan *GPS (Global Positioning System)* untuk Analisis Tingkat Kerugian Material Penduduk pada Daerah Rawan Tanah Longsor

Win Rivai*, Fahrudin Hanafi

Universitas Negeri Semarang

Article Info

Article History

Submitted 2021-06-17

Revised 2021-08-12

Accepted 2021-11-15

Keywords

UAV, GPS, Material Loss Assessment, ECLAC

Abstrak

Perumahan Trangkil Baru dan Trangkil Sejahtera merupakan suatu kawasan perumahan di wilayah Kelurahan Sukorejo, Kecamatan Gunungpati, Kota Semarang yang memiliki risiko bencana longsor. Tanah longsor menyebabkan banyak kerugian material bagi penduduk yang bertempat tinggal pada wilayah terdampak, sehingga dikawatirkan peristiwa yang sama akan terjadi pada tahun-tahun yang akan datang oleh sebab itu diperlukan adanya analisis tingkat kerugian material penduduk akibat tanah longsor. Penelitian ini menggunakan wahana UAV dan GPS sebagai media pengumpulan data geospasial, kemudian dilakukan uji akurasi geometri, planimetrik dan atribut. Sedangkan tingkat kerugian material penduduk dihitung berdasarkan metode ECLAC, kerugian aset tetap dan opportunity cost. Tingkat akurasi yang diperoleh adalah sebesar 3,60 meter untuk nilai akurasi vertikal dan nilai akurasi horizontal adalah 1,33 meter. Tingkat kepercayaan yang didapat untuk akurasi atribut adalah 90% dan nilai akurasi planimetrik untuk luas adalah -8,3973 sedangkan untuk nilai akurasi jarak adalah 0,3819. Nilai kerugian untuk aset tetap pada tingkat kerusakan atau kehilangan 70% adalah senilai Rp147.875.000,00. Pendapatan yang hilang penduduk paling tinggi adalah yang bermata pencaharian sebagai pegawai swasta, dan kerugian infrastruktur yang paling tinggi adalah jenis rumah tinggal permanen.

Abstract

Trangkil Baru and Trangkil Sejahtera Housing is a residential area in the Sukorejo Village, Gunungpati District, Semarang City which has a landslide risk. Landslides cause a lot of material loss for residents who live in the affected area, so it is feared that the same event will occur in the years to come, therefore it is necessary to analyze the level of population material losses due to landslides. This study uses UAV and GPS for geospatial data, then tests the accuracy of geometry, planimetrics and attributes. While the level of material loss of the population is calculated based on the ECLAC method, loss of fixed assets and opportunity cost. The accuracy level obtained is 3.60 meters for the vertical accuracy and the horizontal accuracy is 1.33 meters. The level of confidence obtained for attribute accuracy is 90% and the planimetric accuracy for area is -8.3973 while the distance accuracy is 0.3819. The value of loss for fixed assets at the level of damage or loss of 70% is Rp. 147,875,000.00. The income lost by the population is the highest for those who work as private employees, and the highest loss of infrastructure is the type of permanent residence.

* Address: Sekaran, Gunungpati, Semarang 50229
 E-mail: winrivai39@gmail.com

PENDAHULUAN

Dalam memenuhi kebutuhan data untuk analisis bencana alam, teknik akuisisi data geospasial terus berkembang seiring dengan kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi, diantaranya adalah pemanfaatan wahana *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV) dan GPS. Kedua wahana ini merupakan media yang mampu menghasilkan data topografi dan DEM (*Digital Elevation Model*) skala besar dengan tingkat akurasi dan presisi yang berbeda serta memiliki kekurangan dan kelebihan tersendiri. DEM merupakan suatu model yang merepresentasikan kenampakan topografi permukaan bumi yang memiliki informasi koordinat tiga dimensi yaitu x,y,z (Sari, 2010:5). Topografi umumnya menyuguhkan relief permukaan bumi dan identitas jenis lahan (Brinker, 1995:7).

Data topografi dapat digunakan untuk berbagai macam keperluan, salah satunya adalah untuk analisis bencana tanah longsor. Tanah longsor merupakan gerakan massa batuan dan tanah pada suatu lereng karena pengaruh gaya tarik bumi akibat adanya gangguan terhadap kesetimbangan gaya penahan dan bidang luncur yang bekerja pada suatu lereng (Naryanto, 2011:74). Tanah longsor biasanya terjadi pada lereng dengan kemiringan $15^{\circ} - 45^{\circ}$ dan pada struktur batuan vulkanik lapuk dengan intensitas curah hujan yang tinggi. Adapun faktor lain yang dapat memicu terjadinya tanah longsor adalah kondisi tata guna lahan dan aktivitas manusia (Brahmantyo *et al*, 2014 : 83).

Kota Semarang merupakan salah satu wilayah di Provinsi Jawa Tengah yang sering mengalami bencana tanah longsor. Salah satu lokasi di Kota Semarang yang rawan terhadap bencana tanah longsor adalah wilayah Trangkil, Kelurahan Sukorejo Kecamatan Gunungpati. Permasalahan tanah longsor di daerah Trangkil merupakan fenomena yang sudah lama terjadi. Berdasarkan data BPBD Kota Semarang, wilayah ini mengalami bencana tanah longsor sebanyak 20 kali dari tahun 2012 - 2017. Tanah longsor menyebabkan banyak kerugian material bagi penduduk yang bertempat tinggal pada wilayah terdampak (Prayogo, *et al.*, 2020).

Sesuai dengan permasalahan yang telah tersebut, maka penelitian ini bertujuan untuk : (1) Menguji perbandingan akurasi data UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*) dan pengukuran tersetris untuk pemenuhan data geospasial. (2) Menganalisis tingkat kerugian material penduduk terhadap potensi tanah longsor di Perumahan Trangkil Baru dan Trangkil Sejahtera (Darajat, 2012).

Topografi adalah bentang lahan (land-

form) atau kenampakan permukaan bumi yang didalamnya terdapat berbagai macam informasi, seperti ketinggian atau elevasi, kelas lereng, arah lereng, panjang lereng dan bentuk lereng (Utomo, 1994 dalam Pramudianti E, 2013:430).

Tanah longsor adalah gerakan massa batuan dan tanah pada suatu lereng karena pengaruh gravitasi. Gerakan massa batuan atau tanah terjadi karena adanya gangguan terhadap kesetimbangan gaya penahan (*shear strength*) dan gaya peluncur (*shear stress*) yang bekerja pada suatu lereng (Naryanto, 2011:74). Gerakan massa tanah merupakan perpindahan massa tanah/batu pada arah tegak, miring, mendatar dari gerakan semula akibat adanya gravitasi (Zakaria, 2009:2). Pada penelitian ini, kedua fenomena tersebut diasumsikan sebagai suatu fenomena yang sama.

UAV adalah sebuah wahana terbang tanpa awak yang penerbangannya dikendalikan baik secara mandiri oleh komputer *onboard* atau dengan remot kontrol dari pilot di *ground segment*. Adapun tujuan UAV adalah melakukan pemotretan udara untuk beberapa aplikasi seperti foto udara, pemantauan banjir, pemantauan lalu lintas, survey, dan lain-lain (Setyasaputra *et al.*, 2014).

Total Station (TS) merupakan alat atau instrumen untuk mengukur jarak dan sudut yang dilengkapi dengan *Electronic Distance Meter* (EDM) dan penyimpanan internal.

GPS (*Global Positioning System*) adalah sistem yang didesain untuk memberikan informasi posisi tiga-dimensi, kecepatan, dan informasi waktu, secara terus menerus di seluruh dunia kepada para pengguna secara simultan (Abidin, 1995:1).

Metode ECLAC merupakan salah satu instrument analisis yang telah dikembangkan untuk menghitung jumlah kerusakan dan kerugian yang diakibatkan oleh berbagai jenis bencana seperti bencana alam dan bencana sosial. Metodologi ini menganalisis tiap sektor dari kerusakan dan kerugian (ECLAC, 2003: 9- 10).

METODE

Penelitian ini menggunakan wahana UAV dan GPS sebagai media pengumpulan data geospasial wilayah penelitian dengan jumlah sampel penduduk sebanyak 70 Kepala Keluarga yang dilakukan dengan teknik *proportional random sampling*. Data UAV dan GPS dilakukan uji akurasi geometri, planimetrik dan atribut. Sedangkan tingkat kerugian material penduduk dihitung berdasarkan metode ECLAC, kerugian aset tetap dan *opportunity cost*. Metode pengumpulan data dilakukan dengan : survei lapangan, wawancara

dan dokumentasi. Teknik analisis data mengacu pada Perka BIG No.15 Tahun 2014 dan Permen Agraria No.3 Tahun 1997 serta metode ECLAC.

Alat Pengumpulan Data

Alat Ukur: Satu set *Total Station* merek Topcon GTS 230, Satu set UAV DJI Phantom 3 Standar, Pita ukur, Kompas, GPS (*Global Positioning System*) Geodetic South S82-C, Laptop; Perangkat Lunak: Topcon Link 7.5, Agisoft Metashape, ArcGIS 10.5, Global Mapper 18, Microsoft office

Tahapan Pengumpulan Data

Pembuatan BM (*Bench mark*) Kerangka Kontrol Horizontal dan Kerangak Kontrol Vertikal dan GCPs (*Ground Control Point*) serta ICPs (*Independent Control Points*) menggunakan metode GPS secara statik singkat dan polygon terikat sempurna. GCPs dan ICPs ditandai dengan menempatkan *Premark* di setiap titik dan polygon kerangka kontrol ditandai dengan patok-patok di lapangan.

Pengukuran detail Topografi dan Situasi, Titik detail topografi dan situasi yang diukur di lapangan meliputi semua titik alam maupun buatan manusia yang mempengaruhi bentuk topografi

Perekaman Foto Udara

Perencanaan jalur terbang disajaikan pada Gambar 1 yang dibuat dengan aplikasi *Pix4Dcapture*:



Gambar 1. Rencana Jalur Terbang

Perencanaan lokasi eksposur: *Overlap* 80% dan *sidelap* 72%; Ketinggian terbang 100 meter dengan GSD 4.38 cm/pixel; Sudut kamera 90°

Analisis Akurasi Planimetrik

Teknik uji akurasi planimetrik berpedoman pada Peraturan Menteri Negara Agraria / Kepala Badan Pertanahan Nasional Nomor 3 Tahun 1997, Tentang Pedoman Teknis Ketelitian Peta Dasar Pendaftaran.

Uji akurasi luas dilakukan dengan menghitung selisih antara luas pada orthofoto dengan luas sebenarnya di lapangan. Kemudian selisih

luas tersebut diuji dengan menggunakan persamaan toleransi kesalahan.

$$Toleransi\ Kesalahan\ Luas = \pm 0.5 \sqrt{L}$$

Dimana :

L = luas yang dianggap benar (luas di lapangan menggunakan LDM)

Dengan perhitungan toleransi luas tersebut maka dapat diketahui selisih luas tiap sampel yang memenuhi toleransi atau tidak.

Uji akurasi jarak dilakukan dengan menghitung nilai RMSE jarak dengan persamaan:

$$RMS\ jarak = \sqrt{\frac{\sum(\Delta d - \Delta d\ rata-rata)^2}{n}}$$

Dimana

Δd : selisih jarak di foto dengan di lapangan

n : jumlah sampel jarak

Analisis akurasi Geometri

Akurasi Geometri Vertikal (z)

Nilai RMSE_z atau vertikal RMSE dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$RMSE_z = \sqrt{\frac{\sum(ZTS_i - ZUAV_i)^2}{n}}$$

Dimana:

RMSE_z = nilai root mean square error untuk komponen vertikal

ZTS_i = nilai elevasi pada titik TS ke i

ZUAV_i = nilai elevasi titik ke i pada hasil UAV

n = Jumlah titik sampel

Setelah nilai RMSE_z diketahui, maka tingkat akurasi geometri vertikal dapat diuji dengan berpedoman pada Perka BIG Nomor 15 Tahun 2014 Tentang Pedoman Teknis Ketelitian Peta Dasar. Pengujian akurasinya dilakukan dengan menghitung nilai LE90, yang artinya kesalahan tidak melebihi nilai ketelitian dengan tingkat kepercayaan 90%. Adapun persamaannya sebagai berikut:

$$LE90 = 1.6499 \times RMSE_z$$

Dimana:

LE90 = Tingkat kepercayaan 90%

RMSE_z = Root Mean Square Error pada posisi z (Vertikal)

Akurasi Geometri Horizontal (r)

Nilai RMSE_r atau horizontal RMSE dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$RMSE_r = \sqrt{\frac{\sum(xTS_i - xUAV_i)^2 + \sum(yTS_i - yUAV_i)^2}{n}}$$

Dimana:

RMSE_r = nilai root mean square error untuk komponen horizontal (x,y)

xTS_i = nilai koordinat pada titik TS ke i

xUAV_i = nilai koordinat titik ke i pada hasil UAV

yTS_i = nilai koordinat pada titik TS ke i

yUAV_i = nilai koordinat titik ke i pada hasil UAV

n = Jumlah titik sampel

Setelah nilai RMSE_r diketahui, maka

tingkat akurasi geometri horizontal dapat diuji dengan berpedoman pada Perka BIG Nomor 15 Tahun 2014 Tentang Pedoman Teknis Ketelitian Peta Dasar. Pengujian akurasinya dilakukan dengan menghitung nilai CE90, yang artinya kesalahan tidak melebihi nilai ketelitian dengan tingkat kepercayaan 90%. Adapun persamaannya sebagai berikut:

$$CE90 = 1.5175 \times RMSEr$$

Dimana:

CE90 = Tingkat kepercayaan 90%

RMSEr = Root Mean Square Error pada posisi x dan y

Analisis Akurasi Atribut

Analisis ketelitian atribut dilakukan dengan mengacu pada Perka BIG Nomor 15 Tahun 2014 Tentang Pedoman Teknis Ketelitian Peta Dasar. Pengujian akurasi dilakukan dengan membandingkan atribut pada peta dan eksisting lapangan dengan penyusunan matriks kesalahan. Pengujian dilakukan terhadap sampel yang mewakili objek tertentu dalam suatu polygon objek dengan koordinat lokasi yang sama di lapangan. Sampel lapangan dibandingkan dengan kelas objek hasil klasifikasi. Matriks uji akurasi atribut disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Matriks Konfusi Uji Akurasi atribut

Data Terklasifikasi	Data			Total Baris	Ketelitian Pembuat
	a	b	c		
A	X _{1,1}	X _{1,2}	X _{1,3}	X ₁₋	X _{1,1} /X ₁₋
B	X _{2,1}	X _{2,2}	X _{2,3}	X ₂₋	X _{2,2} /X ₂₋
C	X _{3,1}	X _{3,2}	X _{3,3}	X ₃₋	X _{3,3} /X ₃₋
Total Kolom	X ₋₁	X ₋₂	X ₋₃	N	
Ketelitian Pengguna	X _{1,1} /X _{1,1}	X _{2,2} /X _{1,2}	X _{3,3} /X _{1,3}		

Dimana

A,B,C : Atribut objek pada peta

a,b,c : Atribut objek di lapangan

$$RMSEr = \sqrt{\frac{\sum}{n}}$$

Matriks uji ketelitian atribut dapat digunakan untuk menghitung nilai ketelitian atribut (*overall accuracy*) suatu unsur peta dasar dengan persamaan berikut

$$Overall Accuracy = \left(\frac{\sum x_i}{n} \right) \times 100\%$$

Dimana

X_{ii} : nilai diagonal dari matrik kontingen baris ke-i dan kolom ke-i

N : jumlah piksel dalam contoh

Standar ketelitian atribut untuk beberapa unsur rupabumi disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Standar Ketelitian Unsur Rupa Bumi

Uji Ketelitian Atribut	Ketelitian
Garis Pantai	Sesuai Ketelitian Geometri Peta
Hipsografi	Sesuai Ketelitian Geometri Peta
Perairan	85%
Nama Rupabumi	90%
Batas Wilayah	90%
Transportasi dan Utilitas	90%
Bangunan dan Fasilitas Umum	85%
Penutup Lahan	85%

Perhitungan Kerugian Aset Tetap

Kerugian aset tetap dihitung berdasarkan pendekatan harga pasar saat ini, dengan melakukan riset pasar terkait aset tetap yang dimiliki penduduk. Nilai penyusutan aset per tahun dihitung dengan menggunakan metode garis lurus (*Straight Line Method*). Beban yang dihasilkan dari metode garis lurus adalah sama setiap tahun sepatnajng umur manfaat barang (Warren, 2004 dalam Hakim, 2016: 29). Nilai penyusutan aset pertahun dihitung dengan persamaan berikut:

$$Nilai Penyusutan \text{ barang-}i = \frac{Harga \text{ Beli}}{Umur Ekonomis}$$

Kemudian dari nilai aset penyusutan diakumulasikan dengan usia pakai barang ke-i. Untuk mengetahui biaya kehilangan barang ke-i maka nilai akumulasi penyusutannya diakumulasikan dengan harga beli barang-i.

Perhitungan Biaya Kehilangan Pendapatan (Opportunity Cost)

Biaya kehilangan pendapatan dihitung dengan menggunakan persamaan berikut (Novita et al, 2014 dalam Hakim, 2016: 31)

Hilangnya Pendapatan : Pendapatan Harian x Lama hari tidak bekerja

Perhitungan Kerugian Infrastruktur

Nilai kerugian infrastruktur dihitung dengan berpedoman pada panduan BNPB berdasarkan metode ECLAC tentang perhitungan dampak dan kerugian akibat bencana.

Tabel 3. Tabel penilaian kerusakan dan kerugian ECLAC

No	Indicator	Unit	Multiplier Factor			Total Damage	Total Losses	Total Damage and Losses
			Heavy (%)	Medium (%)	Low (%)			
1	Public Building	Unit	100	50	10			
2	Bridge	Unit	100	50	10			
3	Electrical Network	Pole	100	50	10			
4	Springs	Unit	100	50	10			
5	Toilet	Unit	100	50	10			
6	Commercial Industry	Unit	100	50	10			
7	Primary Road	Km2	100	50	10			
8	Trunk	Km2	100	50	10			
9	Field	5 days cleaning by 3 workers	100	50	10			
10	Permanent Housing	per/m2 + 5% (losses)	70	40	10			
11	Permanent Riverbank	m3	100	50	10			

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berikut ini merupakan tingkat akurasi dari kedua metode tersebut yang diuji berdasarkan Perka BIG No.15 Tahun 2014. Pada pengujian akurasi Geometri peneliti menghitung nilai RMSEz dan RMSEr dari data foto udara dan pengukuran terestris dengan menggunakan tingkat kepercayaan 90%.

Tabel 4. Perhitungan RMSE Horizontal

NO	Titik	(D X)	(D X) ²	(D Y)	(D Y) ²	(D X) ² +(D Y) ²
1	ICP T1-F1	-0,5202	0,2706	0,65	0,4225	0,6931
2	ICP T2-F2	-0,5998	0,3597	0,9681	0,9372	1,297
3	ICP T3-F3	-0,6619	0,4381	0,971	0,9428	1,3809
4	ICP T4-F4	-0,6616	0,4378	0,1671	0,0279	0,4657
5	ICP T5-F5	-0,5624	0,3163	0,4765	0,2271	0,5434
6	ICP T6-F6	-0,4968	0,2468	0,0932	0,0087	0,2555
		Jumlah				4,6355
		Rata-rata				0,7726
		RMSE				0,879
		CE90				1,3338

Tabel 5. Perhitungan RMSE Vertical

NO	Titik	(D Z)	(D Z) ²
1	ICP T1-F1	-2,1498	4,6216
2	ICP T2-F2	-4,6438	21,5648
3	ICP T3-F3	-1,0889	1,1856
4	ICP T4-F4	0,1337	0,0179
5	ICP T5-F5	-0,6476	0,4193
6	ICP T6-F6	-0,8497	0,7219
		Jumlah	28,5311
		Rata-rata	4,7552
		RMSE	2,1806
		LE90	3,5978

Tabel 6. Hasil uji akurasi untuk peta skala 1:5000

Ketelitian	Hasil uji CE dan LE 90	Ketelitian peta skala 1:5.000		
		KELAS 1	KELAS 2	KELAS 3
Horizontal	1,33	1	1,5	2,5
Vertikal	3,6	1	1,5	2,5

Berdasarkan Perka BIG No.15 Tahun 2014 tentang Pedoman Teknis Ketelitian Peta Dasar, maka peta skala 1:5.000 yang telah dikerjakan dari hasil data UAV belum memenuhi standar ketelitian peta dasar, karena nilai akurasi vertikal sebesar 3,60 meter (*LE 90*) yang masih dikategorikan jauh dari nilai yang seharusnya yaitu maksimal 2,50 meter. Namun untuk nilai ketelitian horizontal sebesar 1,33 meter (*CE 90*) telah memenuhi standar peta skala 1:5.000 yang sesuai dengan kategori kelas 2.

Nilai ketelitian geometrik ini mirip dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Meiarti *et al* (2019) di wilayah Pantai Pulang Syawal dan sekitarnya (Gunungkidul) dimana nilai ketelitian horizontal (*CE 90*) sebesar 0,649 telah memenuhi standar ketelitian peta untuk skala 1:2.500 sedangkan nilai ketelitian vertikal (*LE 90*) sebesar 1,494 meter tidak memenuhi standar ketelitian untuk peta skala 1:2.500 melainkan sesuai dengan standar ketelitian peta 1:5.000. Pada penelitian tersebut dinyatakan pula bahwa jumlah dan distribusi GCP/ICP akan mempengaruhi hasil ketelitian foto udara, terutama pada nilai akurasi vertikalnya. Semakin banyak jumlah GCP/ICP dengan distribusi yang optimal maka akan semakin tinggi pula nilai akurasinya terutama pada nilai akurasi vertikal (Meiarti *et al.*, 2019). Adapun jumlah GCP yang digunakan pada proses pengolahan pada penelitian tersebut adalah sebanyak 6 titik, sedangkan jumlah GCP yang digunakan pada proses pengolahan hasil penelitian yang dilakukan oleh peneliti hanya menggunakan 1 titik saja.

Berdasarkan hal tersebut, maka peta hasil penelitian yang telah dilakukan dapat digunakan sebagai dasar untuk menghitung estimasi tingkat kerugian material penduduk Perumahan Trangkil Baru dan Sejahtera karena nilai akurasi vertikal tidak mempengaruhi hasil perhitungan analisis tingkat kerugian material penduduk.

Akurasi Planimetrik

Nilai yang diperoleh dari pengujian akurasi luas adalah 8,397 untuk nilai toleransi kesalahan 12 dan nilai RMSE untuk pengukuran jarak adalah sebesar 0,381 meter.

Tabel 7. Perhitungan akurasi planimetrik luas

Luas rata-rata terestris (m ²)	Luas rata-rata foto (m ²)	Selisih	Toleransi (±)	Keterangan
551,931	560,3284	-8,3973	12	Memenuhi

Tabel 8. Perhitungan akurasi planimetrik jarak

Jarak rata-rata terestris (m)	Jarak rata-rata foto (m)	Δd	Δd ²	RMSE
35,7084	34,8344	0,874	0,7639	0,3819

Nilai ketelitian planimetrik luas dari hasil olah data foto udara adalah 8,397 dan nilai ketelitian jarak adalah 0,3819, dimana hasil ini telah memenuhi standar untuk ketelitian peta dasar yang berpedoman pada Peraturan Menteri Negara Agraria No.3 Tahun 1997 Tentang Pedoman Teknis Ketelitian Peta Dasar Pendaftaran. Nilai ketelitian planimetrik yang didapatkan mirip dengan hasil penelitian dari Adi *et al* (2017) di wilayah Kampus UNDIP Tembalang yang menyatakan nilai ketelitian luas sebesar -6,10 dan nilai ketelitian jarak adalah 0,15 meter dimana hasil ketelitian ini telah memenuhi standar untuk ketelitian peta dasar dari Peraturan Menteri Negara Agraria No.3 Tahun 1997 Tentang Pedoman Teknis Ketelitian Peta Dasar Pendaftaran (Anggoro Pratomo Adi, Yudo Prasetyo, 2017).

Akurasi Atribut

Uji ketelitian atribut bertujuan untuk mengkaji tingkat kesesuaian kenampakan unsur rupabumi pada peta ataupun citra dengan kondisi sebenarnya di lapangan. Adapun jenis sampel yang digunakan pada kajian kali ini yaitu sebanyak 4 atribut, dengan masing – masing atributnya diisi dengan 5 sampel.

Tabel 9. Uji akurasi atribut dengan matiks konfusi

Kelas	Kondisi eksisting				Jumlah sampel citra foto	Ketelitian foto (%)	
	Jalan	Bangunan	Tanah kosong	Kebun			
Citra Foto	Jalan	4	0	0	1	5	80
	Bangunan	0	5	0	0	5	100
	Tanah kosong	0	0	5	0	5	100
	Kebun	1	0	0	4	5	100
Jumlah sampel eksisting	5	5	5	5	20		

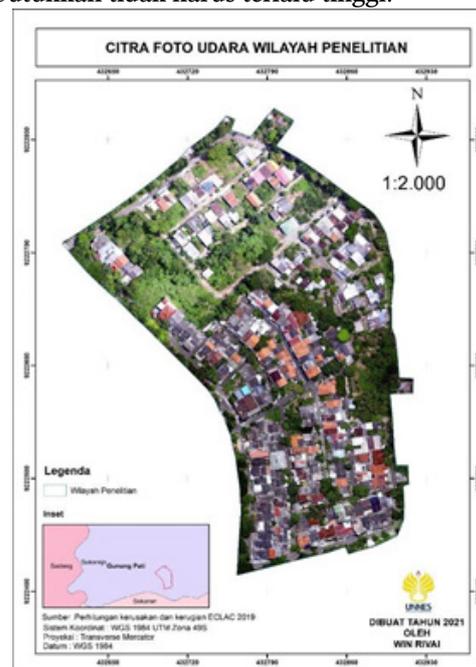
Dari analisis matrix konfusi yang telah dilakukan maka didapat hasil akurasi rata-ratanya sebesar 90% yang dihitung dengan menggunakan persamaan berikut.

$$OA = \frac{(4+5+5+4)}{20} \times 100\% = 90\%$$

Uji ketelitian atribut semantik yang telah dilakukan dari data hasil pengolahan UAV telah memenuhi standar ketelitian peta yang mengacu pada Perka BIG No.15 Tahun 2014 tentang Pedoman Teknis Ketelitian Peta Dasar untuk unsur atribut rupa bumi dengan nilai persentase standarnya adalah 90%, dimana nilai yang didapatkan dari hasil analisis sama nilainya untuk ketentuan standar tersebut yaitu 90%.

Dalam proses akuisisi data geospasial pada wilayah penelitian, metode akuisisi data dengan menggunakan wahana UAV sangat mudah untuk diaplikasikan dengan waktu pengerjaan yang relatif cepat dan tenaga yang dikeluarkan lebih sedikit dibandingkan dengan menggunakan metode akuisisi data secara terestris menggunakan TS dan GPS. Adapun untuk biaya yang dibutuhkan untuk akuisisi data dengan menggunakan wahana UAV terhitung lebih murah dibandingkan dengan pengukuran secara terestris (GPS dan TS), karena waktu pekerjaan yang lebih cepat (Mancini et al., 2013).

Adapun untuk proses pengolahan data hasil penelitian, metode akuisisi data dengan menggunakan wahana UAV sangat bergantung pada spesifikasi *hardware* komputer yang digunakan. Semakin tinggi spesifikasi *hardware* komputer yang digunakan, maka hasil dari pengolahan data UAV akan semakin tinggi pula kualitas *outputnya*. Namun untuk pengolahan data pengukuran terestris, spesifikasi *hardware* komputer yang dibutuhkan tidak harus terlalu tinggi.



Gambar 2. Citra foto hasil olah data UAV

Perhitungan Kerugian Aset Tetap

Aset tetap yang dimaksud dalam penelitian kali ini adalah rumah, kendaraan, peralatan dapur, elektronik dan furniture. Perhitungan dilakukan dengan simulasi kerusakan yang disesuaikan dengan faktor pengali nilai kerusakan dari metode ECLAC.

Tabel 10. Perhitungan kehilangan perjenis aset (Dalam satuan tahun dan juta rupiah)

No	Jenis Aset	Rata - Rata Umur Pakai	Harga beli rata - rata	Umur Ekonomis	Nilai Susut	Akumulasi Penyusutan	Biaya Kehilangan
1	Rumah	10,5	Rp 500,00	20	Rp 25,00	Rp 262,50	Rp 237,50
2	Kendaraan	7	Rp 20,00	4	Rp 5,00	Rp 35,00	-Rp 15,00
3	Peralatan Dapur	7	Rp 5,00	4	Rp 1,25	Rp 8,75	-Rp 3,75
4	Furnitur	10	Rp 10,00	4	Rp 2,50	Rp 25,00	-Rp 15,00
5	Elektronik	3	Rp 30,00	4	Rp 7,50	Rp 22,50	Rp 7,50

Tabel 11. Analisis simulasi ECLAC (Dalam satuan juta rupiah)

No	Jenis Aset	Biaya Kehilangan	Jumlah Kehilangan		
			10%	40%	70%
1	Rumah	Rp 237,50	Rp 23,75	Rp 95,00	Rp 166,25
2	Kendaraan	-Rp 15,00	-Rp 1,50	-Rp 6,00	-Rp 10,50
3	Peralatan Dapur	-Rp 3,75	-Rp 0,38	-Rp 1,50	-Rp 2,63
4	Furnitur	-Rp 15,00	-Rp 1,50	-Rp 6,00	-Rp 10,50
5	Elektronik	Rp 7,50	Rp 0,75	Rp 3,00	Rp 5,25
Jumlah			Rp 21,13	Rp 84,50	Rp 147,88

Berdasarkan perhitungan biaya kehilangan rata-rata dari aset tetap penduduk, Perumahan Trangkil Baru dan Sejahtera, jumlah kehilangan terbesar adalah dari aset rumah (bangunan) dan yang paling sedikit adalah aset peralatan dapur. Total jumlah kehilangan per kepala keluarga dengan simulasi ECLAC pada tingkat kerusakan dan hilang 10% adalah Rp 21.125.000,00, pada tingkat 40% adalah Rp 84.500.000,00, dan pada tingkat 70% adalah Rp 147.875.000,00.

Perhitungan Biaya Kehilangan Pendapatan (Opportunity Cost)

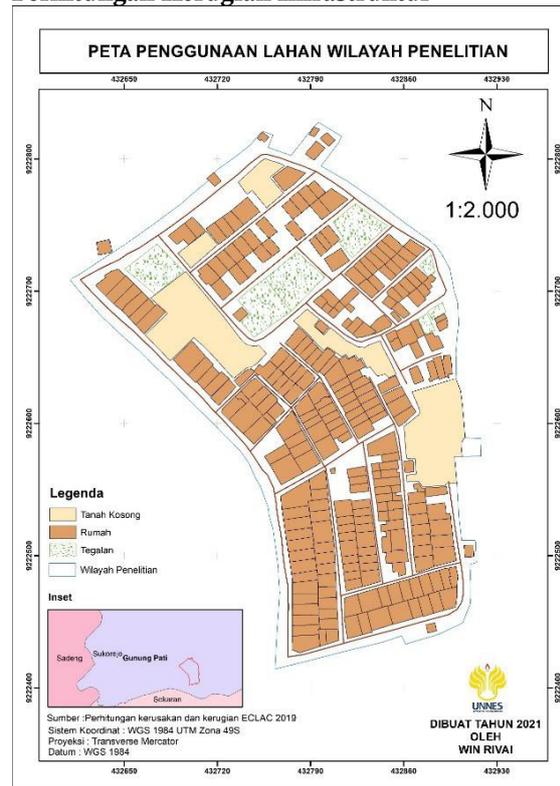
Biaya kehilangan pendapatan dihitung berdasarkan pendapatan harian rata-rata dari tiap jenis mata pencaharian penduduk Perumahan Trangkil Baru dan Sejahtera. Adapun lama hari tidak bekerja disesuaikan dengan metode ECLAC yaitu pada tingkat kerusakan 10% lama hari tidak bekerja adalah 1 hari, pada tingkat kerusakan 40% lama hari tidak bekerja adalah 3 hari dan pada tingkat kerusakan 70% lama hari tidak bekerja adalah 7 hari.

Tabel 12. Pendapatan yang hilang (Dalam satu ribu rupiah)

NO	Jenis Pekerjaan	Pendapatan Harian	Lama Hari Tidak Bekerja		
			1	3	7
1	Pegawai Negeri	-	-	-	-
2	Buruh	Rp83,33	Rp83,33	Rp250,00	Rp583,33
3	Pegawai Swasta	Rp183,33	Rp183,33	Rp550,00	Rp1.283,33
4	Wiraswasta	Rp91,67	Rp91,67	Rp275,00	Rp641,67
Jumlah			Rp358,33	Rp1.075,00	Rp2.508,33

Berdasarkan hasil perhitungan *Opportunity Cost* jenis mata pencaharian penduduk Perumahan Trangkil Baru dan Sejahtera yang paling banyak mengalami kehilangan pendapatan apabila tidak bekerja adalah Pegawai Swasta dengan nilai Rp 183.333,33 untuk 1 hari, Rp 550.000,00 untuk lama tidak bekerja 3 hari dan Rp 1.283.333,33 untuk hari tidak bekerja selama 7 hari. Dan yang paling sedikit mengalami pendapatan yang hilang adalah Pegawai Negeri, karena nilai pembayarannya tidak dihitung berdasarkan hari kerja.

Perhitungan Kerugian Infrastruktur



Gambar 4. Peta penggunaan lahan wilayah penelitian

Nilai kerugian infrastruktur dihitung dengan berpedoman pada panduan BNPB berdasarkan metode ECLAC tentang perhitungan dampak dan kerugian akibat bencana.

Tabel 13. Nilai kerugian infrastruktur (Dalam satuan juta rupiah)

No	Indikator	Unit	Harga persatuan	Nilai Kerugian		
				Berat	Sedang	Rendah
1	Rumah Permanen	30.175,22 m ²	Rp5,25	Rp110.893,92	Rp63.367,95	Rp15.841,99
2	Tempat Ibadah	25 m ²	Rp5,00	Rp125,00	Rp62,50	Rp12,50
3	Pendidikan	15 m ²	Rp5,00	Rp75,00	Rp37,50	Rp7,50
4	Perdagangan	35 m ²	Rp5,00	Rp175,00	Rp87,50	Rp17,50
5	Jalan	2.678,61 m	Rp0,07	Rp187,50	Rp93,75	Rp18,75
6	Lahan Terbuka	10.488,09 m ²	Rp0,70	Rp7.341,66	Rp3.670,83	Rp734,17
Jumlah			Rp118.798,08	Rp67.320,04	Rp16.632,40	

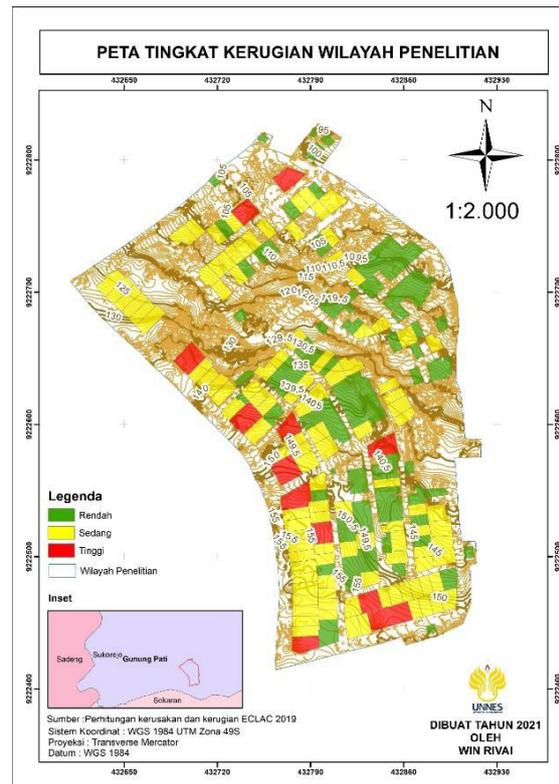
Berdasarkan hasil perhitungan nilai kerugian infrastruktur Perumahan Trangkil Baru dan Sejahtera, maka dampak yang dihasilkan oleh bencana longsor dengan tingkat kerusakan yang berat diestimasi nilai kerugiannya mencapai Rp 118.798.080,00 dan bencana sedang kerugiannya sebesar Rp67.320.040.000,00, sedangkan untuk bencana longsor dengan tingkat kerusakan yang ringan kerugian yang dihasilkan adalah Rp 16.632.400.000,00.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Sesunan D (2014) metode ECLAC mendekati perkiraan pemerintah dalam menangani suatu bencana dengan standar deviasi sebesar 1%. Penelitian tersebut dilakukan di Kota Karang Perwata Persawahan untuk menghitung nilai kerugian yang diakibatkan oleh bencana banjir (pasca bencana), adapun total nilai kerugian yang didapatkan dari hasil penelitian tersebut adalah sebesar Rp. 341.670.000,00. Pada penelitian tersebut dinyatakan bahwa penilaian masih bersifat subjektif dan harga yang digunakan untuk menilai kerugian masih tidak konstan sebab dilihat dari waktu kejadian bencana dan tempat terjadinya bencana (Sesunan D, 2014).

Adapun penelitian lain tentang estimasi risiko kerugian ekonomi akibat bencana dilakukan oleh Purnama *et al* (2015) di Kecamatan Penjarangan, Jakarta Utara. Pada penelitian tersebut metode perhitungan estimasi kerugian ekonomi akibat bencana banjir rob dilakukan dengan menggunakan nilai ekonomi setiap penggunaan lahan. Nilai kerugian ekonomi yang didapatkan dari hasil penelitian tersebut adalah sebesar Rp.424.318.821.500,00 pada skenario genangan banjir setinggi 30 cm, sedangkan pada skenario genangan setinggi 115 cm nilai kerugiannya adalah Rp.2.934.277.188.000,00 dan

pada skenario genangan 200 cm nilai kerugian diperkirakan sebesar Rp.4.758.739.166.000,00 (Purnama *et al.*, 2015).

Dari hasil perhitungan dan analisis yang telah dilakukan dengan menggunakan metode ECLAC dapat diketahui bahwa jumlah bangunan yang termasuk kedalam kelas kerugian tinggi adalah 13 bangunan, jumlah bangunan yang termasuk kedalam kelas kerugian sedang adalah 114 bangunan dan pada kelas kerugian rendah adalah 144 bangunan.



Gambar 3. Peta tingkat kerugian material wilayah penelitian

Sedangkan dari penelitian yang dilakukan oleh Putra I.S.W *et al* (2020) tentang penilaian kerusakan dan kerugian infrastruktur publik akibat dampak bencana banjir di Kota Semarang dengan metode analisis ECLAC, dinyatakan bahwa tingkat kerusakan dan kerugian infrastruktur publik dari tahun 2014 sampai tahun 2019 didominasi oleh kerusakan ringan dengan tingkat kerugian yang paling tinggi adalah pada tahun 2017 dan 2018 yang meliputi 6 kecamatan yaitu Semarang Timur, Pedurungan, Genuk, Gayamsari, Tugu dan Ngaliyan (Wismana Putra *et al.*, 2020).

Berdasarkan hal tersebut peneliti mendapati adanya kerancuan hasil perhitungan dari analisis peta tingkat kerugian pada Gambar 3

bahwa terdapat beberapa bangunan yang termasuk kedalam kelas kerugian yang tinggi pada wilayah lereng yang memiliki kondisi datar, hal ini disebabkan karena metode ECLAC biasanya digunakan untuk menghitung dan menganalisis kerugian pasca bencana, namun pada penelitian kali ini metode ECLAC digunakan untuk mengestimasi kerugian sebelum terjadinya bencana. Hasil dari perhitungan dan analisis dari penelitian ini masih sangat general sehingga kurang tepat untuk digunakan sebagai metode estimasi kerugian prabencana dan untuk standar deviasinya dipengaruhi oleh harga barang dan waktu kejadian bencana sehingga masih bersifat fluktuatif.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil kajian penelitian yang telah dilakukan, dapat ditarik beberapa kesimpulan yaitu (1) Tingkat akurasi yang diperoleh dari hasil penelitian adalah sebesar 3,60 meter untuk nilai akurasi vertikal dan nilai akurasi horizontal yang didapat adalah 1,33 meter. Adapun untuk nilai akurasi atribut, tingkat kepercayaan yang didapat adalah sebesar 90% dan nilai akurasi planimetrik untuk luas adalah -8,3973 dengan toleransi kesalahan ± 12 sedangkan untuk nilai akurasi jarak adalah 0,3819 dan (2) nilai kerugian untuk aset tetap pada tingkat kerusakan atau kehilangan 10% adalah senilai Rp 21.125.000,00, sedangkan untuk tingkat kerusakan atau kehilangan 40% adalah sebesar Rp 84.500.000,00, dan untuk tingkat kerusakan sebesar 70% adalah senilai Rp 147.875.000,00. Nilai kerugian pendapatan yang hilang penduduk paling tinggi adalah yang bermata pencaharian sebagai pegawai swasta. Kerugian infrastruktur yang paling tinggi adalah rumah tinggal permanen.

DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, H. z. (1995). Penentuan Posisi Dengan GPS. In *Kelompok Kepekaran Geodesi Institut Teknologi Bandung* (1st ed., Vol. 6, Issue 2). Pradnya Paramita.
- Adi, A. P., Prasetyo, Y., & Yuwono, B. D. (2017). Pengujian akurasi dan ketelitian planimetrik pada pemetaan bidang tanah pemukiman skala besar menggunakan wahana Unmanned Aerial Vehicle (UAV). *Jurnal Geodesi Undip*, 6(1), 208-217.
- Brahmantyo, A., & Yulianto, T. (2014). Identifikasi Bidang Gelincir Pemicu Tanah Longsor dengan Metode Resistivitas 2 Dimensi di Desa Trangkil Sejahtera Kecamatan Gunungpati Semarang. *Youngster Physics Journal*, 3(2), 83-96
- Brinker, R. C., & Minnick, R. (1995). *The Surveying Handbook* (2nd ed.). Springer.
- Bradshaw, S. (2003). Handbook for estimating the socio-economic and environmental effects of disasters.
- Darajat, A. U., Komarudin, M., & Sulistiyanti, S. R. (2012). Sistem telemetri unmanned aerial vehicle (UAV) berbasis inertial measurement unit (IMU). *Electrician*, 6(3), 169-177.
- Hakim, F. W. (2016). *Estimasi Nilai Kerugian Ekonomi Dan Upaya Mitigasi Terhadap Bencana Longsor (Studi Kasus : Desa Petir, Kabupaten Bogor)* Faturanella Widia Hakim.
- Mancini, F., Dubbini, M., Gattelli, M., Stecchi, F., Fabbri, S., & Gabbianelli, G. (2013). Using unmanned aerial vehicles (UAV) for high-resolution reconstruction of topography: The structure from motion approach on coastal environments. *Remote Sensing*, 5(12), 6880-6898.
- Meiarti, R., Seto, T., & Sartohadi, J. (2019). Uji-Akurasi Hasil Teknologi Pesawat Udara Tanpa Awak (Unmanned Aerial Vehicle) Dalam Aplikasi Pemetaan Kebencanaan Kepesisiran. *Jurnal Geografi, Edukasi Dan Lingkungan (JGEL)*, 3(1), 1.
- Naryanto, H. S. (2011). Analisis Kondisi Bawah-Permukaan Dan Risiko Bencana Tanah Longsor Untuk Arahan Penataan Kawasan Di Desa Tengkluk Kecamatan Tawangmangu Kabupaten Karanganyar Jawa Tengah. *Jurnal Sains Dan Teknologi Indonesia*, 13(2), 74-81.
- Prayogo, I. P. H., Manoppo, F. J., & Lefrandt, L. I. (2020). Pemanfaatan Teknologi Unmanned Aerial Vehicle (Uav) Quadcopter Dalam Pemetaan Digital (Fotogrametri) Menggunakan Kerangka Ground Control Point (Gcp). *Jurnal Ilmiah Media Engineering*, 10(1).
- Purnama, S., Marfai, M. A., Anggraini, D. F., & Cahyadi, A. (2015). Estimasi Risiko Kerugian Ekonomi Akibat Banjir Rob Menggunakan Sistem Informasi Geografis di Kecamatan Penjarangan, Jakarta Utara. *Jurnal SPATIAL Wahana Komunikasi dan Informasi Geografi*, 14(2), 8-13.
- Putra, I. S. W., Hermawan, F., & Hatmoko, J. U. D. (2020). Penilaian kerusakan dan kerugian infrastruktur publik akibat dampak bencana banjir di kota semarang. *Wahana Teknik Sipil: Jurnal Pengembangan Teknik Sipil*, 25(2), 86-97.
- Sari, S. (2010). Studi Limpasan Permukaan Spasial Akibat Perubahan Penggunaan Lahan (Menggunakan Model Kineros). *Jurnal Pengairan UB*, 2(2), 13.
- Sesunan, D. (2014). Analisis Kerugian Akibat Banjir Di Bandar Lampung. *Warta LPM*, 5(1), 559-584.
- Setyasaputra, N., Septian, F., Fernanda, R., Bahri, S., & Rahmatio, I. D. (2014). Platform Unmanned Aerial Vehicle Untuk Aerial Photography Aeromodelling and Payload Telemetry Research Group (Aptrg). *Akusisi Dan Koreksi Data Penginderaan Jauh*, 98-108.
- Zakaria, Z. (2009). Analisis Kestabilan Lereng Tanah. *Universitas Padjajaran*, 43.