

**PEMANFAATAN FOTO UDARA TEGAK & CONDONG FORMAT KECIL
MENGUNAKAN UAV UNTUK IDENTIFIKASI LONGSOR DI SEBAGIAN DAS
BOMPON, KABUPATEN MAGELANG**

Dony Octa Setyawan
donyocta@gmail.com
Fakultas Geografi, Universitas Gadjah Mada

Barandi Sapta Widartono
barandi@geo.ugm.ac.id
Fakultas Geografi, Universitas Gadjah Mada

ABSTRAK

Informasi spasial longsor diperlukan sebagai salah satu upaya *early warning system*. Penggunaan citra satelit untuk identifikasi longsor belum optimal karena kendala tutupan awan, kanopi vegetasi, dan longsor berukuran kecil. Berkaitan dengan kendala tersebut, maka penelitian ini bertujuan untuk memberikan alternatif metode akuisisi data yang mampu melakukan identifikasi longsor sekaligus karakteristiknya sebagai data utama inventarisasi longsor. Metode akuisisi yang digunakan adalah sistem foto udara format kecil dengan sudut perekaman tegak dan condong dengan UAV sebagai wahana terbangnya.

Hasil penelitian menunjukkan longsor dapat teridentifikasi dari sistem FUFK. Karakteristik longsor yang teramati adalah ukuran dan bagian longsor. Data ukuran longsor yang dapat diukur ketinggian longsor, ketinggian *main scarp*, kemiringan lereng, estimasi kedalaman longsor, arah pergerakan, dan luas deposit longsor. Bagian longsor yang teramati adalah *head scarp*, *main scarp*, *top*, *head*, *flank*, *main body*, *foot*, dan *toe*. Terdapat tujuh longsor yang teridentifikasi di sebagian DAS Bompon dengan luasan dan karakteristik yang bervariasi.

Kata kunci: Foto udara format kecil, Foto udara condong, UAV, Longsor

ABSTRACT

Landslide's spatial information is required as part of early warning system. Identify landslides using satellite imagery is not optimal yet because of the constraints of cloud cover, vegetation canopy, and small landslides. Therefore, the aim of this study is providing an alternative method of data acquisition, which is able to identify landslides at the same characteristic as the main data of landslide inventory. The acquisition method is near-vertical and oblique small format aerial photography system with UAV as the tool.

The results show that landslides can be identified with small format aerial photography system. Observable characteristics of landslides are size and landslide sections. The measurable size landslides are landslide altitude, main scarp altitude, height of main scarp, slope, depth estimation, direction of movement, and area landslide deposit. Meanwhile, the observable landslide sections are head scarp, main scarp, top, head, flank, main body, foot, and toe. There are seven landslide types that were identified in Bompon watershed area in different characteristics.

Keywords: Small format aerial photography, Oblique aerial photography, UAV, Landslide

PENDAHULUAN

Geomorfologi ialah ilmu yang mempelajari terkait bentuk permukaan bumi dan proses-proses yang mempengaruhi pembentukannya (Zuidam, 1979). Geomorfologi bumi dibentuk secara alami dalam suatu proses yang dinamis, salah satu proses tersebut adalah longsor. Fenomena ini normal terjadi, akan tetapi dapat menjadi suatu permasalahan ketika menimbulkan bencana yang dapat menghilangkan harta benda dan menimbulkan korban jiwa (Talib, 1997).

Fenomena longsor sering terjadi di Indonesia, pada tahun 2014 terdapat 385 kejadian longsor. Ratusan korban meninggal, ratusan rumah rusak dan 13.262 orang harus mengungsi (BNPB, 2014). Fenomena longsor dipengaruhi oleh banyak faktor, diantaranya adalah tingginya curah hujan dan pertumbuhan penduduk yang terus meningkat yang berdampak pada meningkatnya kebutuhan akan suatu ruang. Menurut Panizza (1996) Kebutuhan sumberdaya alam, ruang, teknologi, dan taraf hidup cenderung meningkat mengikuti peningkatan populasi manusia, yang dapat menimbulkan perubahan pada lingkungan alam. Fenomena ini dapat menimbulkan kejadian alam seperti longsor yang dapat merugikan manusia.

Langkah yang dapat dilakukan adalah pembuatan suatu sistem peringatan dini (*early warning*). Salah satu bentuk *early warning system* meliputi penyediaan data inventarisasi longsor (*landslide inventory*). Data inventarisasi longsor salah satunya berupa peta inventarisasi longsor (*landslide inventory map*) yang menunjukkan data terkait kejadian longsor secara spasial.

Citra satelit penginderaan jauh dapat digunakan untuk metode perolehan data terkait longsor. Namun kemampuan citra Penginderaan jauh untuk perolehan data terkait identifikasi longsor masih terhambat oleh beberapa hal, diantaranya adalah adanya tutupan awan, kanopi vegetasi, dan ukuran longsor yang kecil. Metode alternatif perolehan data sebagai upaya efisiensi untuk identifikasi longsor pada skala besar ialah

sistem foto udara format kecil (FUFK). Sistem ini menggunakan kamera non-metrik sebagai instrumen pemotretan udara. Sebagian besar longsor berukuran kecil tertutup oleh kanopi vegetasi sehingga tidak nampak jika dilihat secara tegak dari udara. Maka dari itu, pemotretan condong diharapkan dapat memudahkan identifikasi longsor pada area yang tertutup kanopi vegetasi. Wahana alternatif yang digunakan untuk pemotretan foto udara format kecil ialah *unmanned aerial vehicle (UAV)* yang dapat dikendalikan dari jarak jauh ataupun dikendalikan secara otomatis

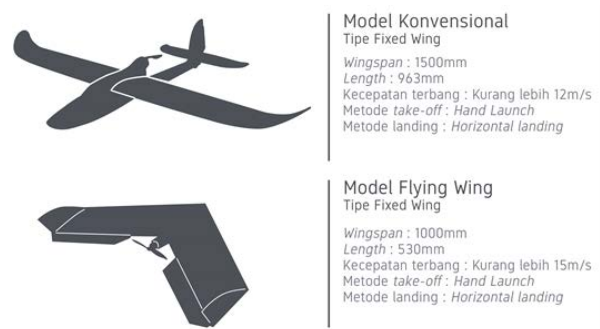
Tujuan dari penelitian ini antara lain :

1. Mengetahui kemampuan sistem foto udara tegak & condong format kecil menggunakan UAV dalam hal perolehan data untuk identifikasi longsor di sebagian DAS Bompon.
2. Mengetahui distribusi, karakteristik, dan tipe longsor di sebagian DAS Bompon

METODE PENELITIAN

Metode dibagi menjadi tiga tahapan, yaitu tahap pra-akuisisi data, akuisisi data, dan pasca akuisisi data.

Tahap pra-akuisisi data terdiri dari integrasi alat, peencanaan jalur terbang, perencanaan pemotretan condong, dan perencanaan penerbangan.

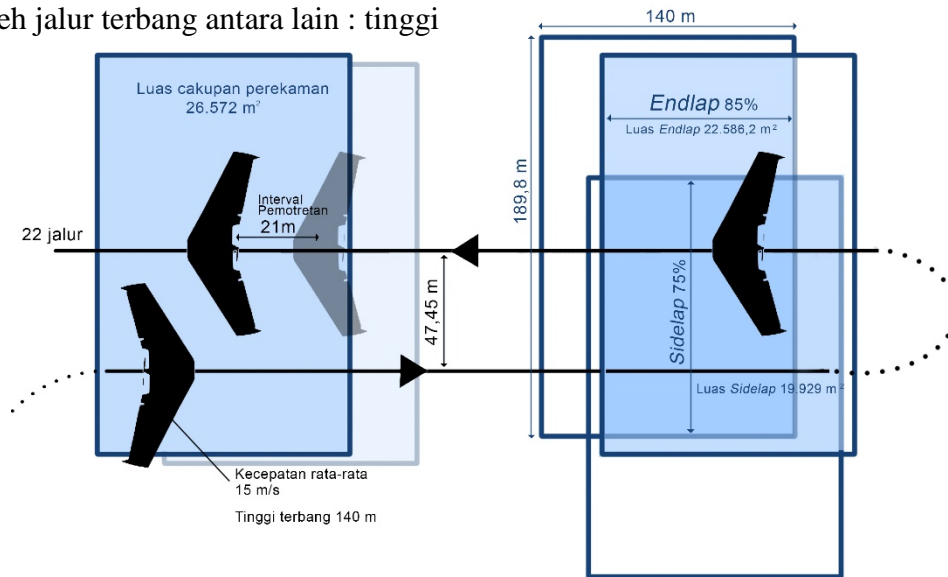


Gambar 1. Wahana yang digunakan

Wahana yang digunakan dalam penelitian ini adalah wahana *flyingwing* yang digunakan untuk pemotretan tegak dan wahana *konvensional* digunakan untuk pemotretan condong.

Perencanaan jalur terbang pemotretan tegak dibuat berdasarkan ukuran sensor pada

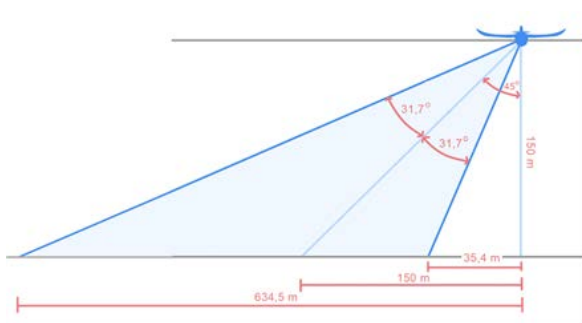
kamera dan resolusi yang diinginkan. Faktor-faktor yang diperhitungkan untuk memperoleh jalur terbang antara lain : tinggi



Gambar 2. Ilustrasi hasil perencanaan jalur terbang

terbang, luas cakupan perekaman, *endlap*, *sidelap*, dan interval pemotretan. Gambar 2 menunjukkan hasil perencanaan jalur pemotretan tegak yang digunakan.

Perencanaan pemotretan condong meliputi perhitungan *foreground*, *offset*, dan *background*. Faktor-faktor yang menentukan seperti pada gambar 2. Dimana sudut liputan perekaman $63,4^\circ$, angle kamera 45° , sudut penglihatan kamera $31,7^\circ$, ketinggian wahana 150m, jarak dari titik pengambilan gambar ke *foreground* 35,4m, *offset distance* / jarak dari titik pengambilan foto ke area perekaman foto 150m, dan jarak dari titik pengambilan gambar ke *background* 634,5m. Pemotretan condong dibagi menjadi 13 jalur terbang yang berbeda, dimana setiap jalur merekam lereng yang berada pada wilayah penelitian.



Gambar 3. Skema pemotretan condong

Tahap kedua adalah tahap akuisisi data. Tahapan ini meliputi pemotretan udara, pengambilan GCP dan ICP. Waktu perekaman di pagi hari dengan kecepatan angin kurang lebih 1m/s yang diukur menggunakan anemometer. Pengambilan titik GCP menggunakan GPS geodetic pada objek di lapangan yang terlihat pada foto udara.

Tahap terakhir ialah tahap pasca akuisisi data. Tahapan ini meliputi pemrosesan foto udara menjadi data utama dan turunannya dan identifikasi longsor. Pemrosesan data hasil dari pemotretan udara menjadi orthofoto, foto condong, DSM, DEM, model 3D, dan profil melintang.

Data foto hasil perekaman dilakukan *geotagging* dan *enhancement* terlebih dahulu. Proses orientasi dalam dan luar dilakukan setelahnya untuk mengetahui parameter distorsi foto yang dihasilkan. Mosaic dari foto udara yang bertampalan akan menghasilkan citra orthofoto dan DSM, kemudian dilakukan pembubuhan nilai GCP yang diperoleh dari hasil plotting lapangan.

Data DSM dapat diturunkan menjadi data DEM dengan melakukan pemilihan nilai ketinggian objek tanah (*ground*) dan menghapus nilai ketinggian selain tanah (*ground*). Pemilihan ketinggian menggunakan

metode otomatis dan semi-otomatis. Metode otomatis dengan mempertimbangkan parameter sudut, jarak, dan *cell size* untuk melakukan klasifikasi titik ketinggian tanah. Metode semi-otomatis menggunakan metode grid sebagai pengambilan titik sampel ketinggian. Dilakukan pemilihan ketinggian titik tanah (*ground*) dari hasil sampel titik ketinggian yang diperoleh dari metode grid.

Perhitungan RMSE dilakukan pada citra orthofoto dan DEM yang dihasilkan. RMSE horizontal dihitung dari citra orthofoto, sedangkan RMSE vertikal dihitung dari data DEM. Perhitungan RMSE dilakukan untuk mengetahui akurasi pada data yang digunakan.

Visualisasi model 3D dengan memanfaatkan data orthofoto yang dikombinasikan dengan data ketinggian DSM. Model 3D dapat dilihat dari berbagai macam orientasi sudut pandang. Pembuatan profil dilakukan untuk mengetahui penampang melintang longsor secara 2 dimensi. Dengan membuat dua garis transek yang saling berpotongan pada objek longsor.

Data-data hasil foto udara ini selanjutnya akan digunakan untuk identifikasi longsor. Identifikasi longsor dilakukan dengan interpretasi visual menggunakan data-data yang diperoleh. Longsor diidentifikasi tidak secara langsung namun dilakukan beberapa turunan, seperti karakteristik morfologi, vegetasi, dan drainase yang dapat mengindikasikan adanya longsor.

Longsor dapat dibedakan menurut jenis material dan tipe gerakannya, sebuah sistem klasifikasi yang telah dikembangkan oleh Varnes (1978) pada tabel 1, ditujukan untuk pembuat peta agar mempermudah dalam pengklasifikasiannya.

Tabel 1. Klasifikasi longsor. Sumber : Varnes, 1978

Tipe Longsor	Tipe Material		
	Batuan (Rock)	Runtuhan batuan & tanah (Debris)	Tanah (Soil)
Fall	RF rock fall	DF debris fall	EF earth fall
Topples	RT rock topple	DT debris topple	ET earth topple
Slide-rotational	RS-R rock slide-rotational	DS-R debris slide-rotational	ES-R earth slide-rotational
Slide-translational	RS-T rock slide-translational	DS-T debris slide-translational	ES-T earth slide-translational
Lateral spread	RSP rock spread	DSP debris spread	ESP earth spread
Flow	RFL rock flow	DFL debris flow	EFL earth flow
Complex	C. Kompleks, 2 atau lebih tipe longsor		

Data atribut yang dapat di ekstrak dari data yang dihasilkan foto udara format kecil seperti

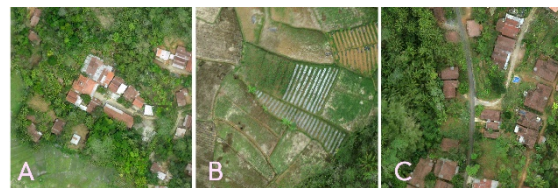
pada tabel 3. Data atribut tersebut dapat digunakan untuk melengkapi informasi terkait longsor yang terjadi.

Tabel 3. Data atribut longsor

Tipe longsor	(Berisi tipe longsor)
Nama Klasifikasi Longsor	(Berisi klasifikasi longsor pada tabel 1)
Kode Klasifikasi Longsor	(Berisi kode klasifikasi longsor pada tabel 1)
Tingkat Kepercayaan	(Berisi tingkat kepercayaan interpretasi)
Kemiringan Lereng	(Berisi estimasi kemiringan lereng sebelum longsor)
Ketinggian <i>Main Scarp</i>	(Berisi ketinggian dari scarp utama)
Ketinggian Longsor	(Berisi ketinggian longsor...diukur dari perbedaan ketinggian <i>toe</i> dan <i>crow</i>)
Kedalaman Longsor	(Berisi estimasi kedalaman longsor)
Arah Pergerakan	(Berisi orientasi arah pergerakan longsor, dalam derajat)
Luas Area Longsor	(Berisi luasan area deposit longsor)

HASIL DAN PEMBAHASAN

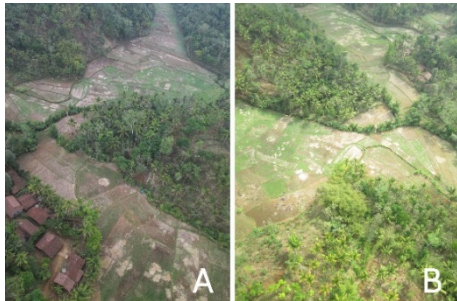
Citra orthofoto yang dihasilkan memiliki kenampakan objek seperti pada gambar 4. Foto A memperlihatkan objek bangunan yang nampak dari atas, perbedaan pada foto sebelum dilakukan orthofoto yakni pada kenampakan fasad bangunan. Fasad bangunan tidak nampak pada hasil orthofoto seperti pada foto A. Kenampakan pematang sawah di foto B terlihat jelas. Foto C menunjukkan jalan aspal dan tanah terlihat begitu jelas perbedaannya pada foto udara yang dihasilkan.



Gambar 4. Contoh kenampakan objek pada orthofoto yang dihasilkan

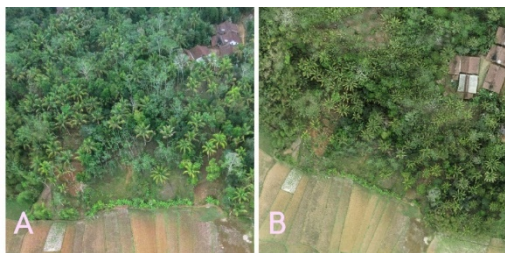
Hasil dari foto udara condong seperti pada gambar 5. Foto A menunjukkan contoh foto condong pada jalur terbang 2, sedangkan foto B pada jalur terbang 9. Foto A dan B nampak memiliki exposure yang berbeda. Perbedaan exposure foto dapat dipengaruhi oleh arah perekaman foto. Foto A melakukan perekaman dari arah timur kearah barat, sedangkan foto B sebaliknya. Foto diambil pagi hari sekitar pukul 8.22 WIB, sehingga pemotretan foto B menghadap kearah

matahari. Dihasilkan exposure yang lebih tinggi pada foto B dibandingkan foto A karena arah pemotretan foto B yang menghadap kearah matahari, sedangkan arah foto B membelakangi matahari.



Gambar 5. Perbedaan arah perekaman mempengaruhi exposure pada foto condong

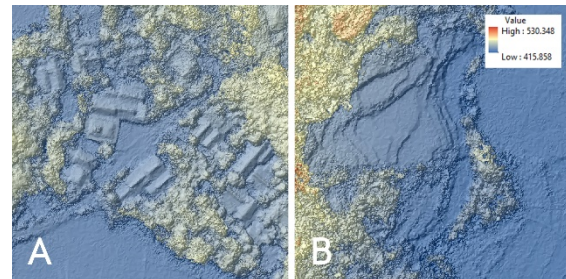
Perbedaan foto ortho dengan foto condong dapat dilihat pada gambar 6. Kenampakan objek pada foto cukup berbeda, seperti halnya tampak fasad bangunan pada foto A, sedangkan pada foto B hanya nampak atap bangunannya saja. Pada bagian lereng, foto A nampak terlihat lebih jelas daripada foto B yang tertutup oleh kanopi vegetasi. Skala pada foto A tidak seragam, semakin menjauhi sumber pemotretan maka skalanya akan semakin kecil, sedangkan pada foto B memiliki skala yang cenderung sama.



Gambar 6. Contoh perbandingan kenampakan foto condong (A) & foto ortho (B) yang diperoleh

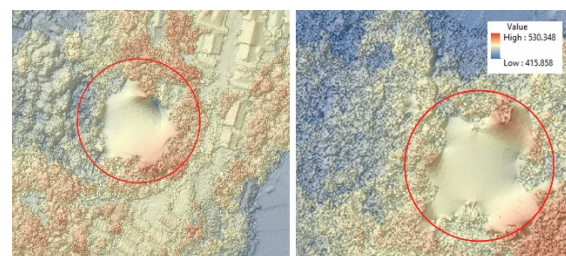
Kenampakan DSM yang dihasilkan cukup detil untuk tujuan identifikasi longsor, beberapa kenampakan bangunan maupun pematang sawah terlihat jelas. Pada gambar 4.43 memperlihatkan kualitas visual DSM yang diperoleh foto A menunjukkan detil bangunan yang terlihat dan foto B menunjukkan pematang sawah yang berjenis terasering/berbentuk tangga maupun pematang sawah yang datar dapat teramati

dengan jelas. Ketinggian di wilayah kajian berkisar dari 415.85 hingga 530.34 mdpal



Gambar 7. Contoh kenampakan objek pada DSM yang dihasilkan. (A) Objek bangunan dan (B) Pematang sawah terlihat jelas

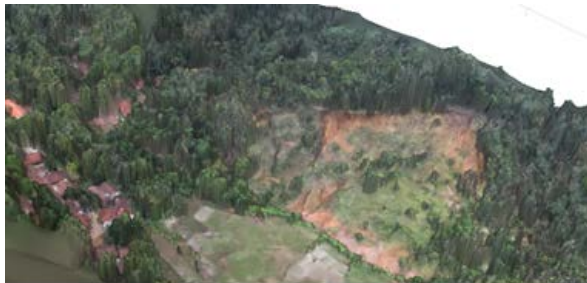
Terdapat beberapa kesalahan pada DSM yang dihasilkan, seperti pada gambar 8. DSM di dalam lingkaran merah pada gambar 8 terlihat lebih halus dibandingkan dengan wilayah sekitarnya. Hal ini dapat terjadi diakibatkan kurangnya titik ikat di wilayah tersebut, sehingga jaring-jaring segitiga yang menghubungkan antar titik ikat langsung menghubungkan ke titik ikat berikutnya. Kurangnya titik ikat dapat disebabkan oleh hasil foto yang cenderung memiliki exposure yang berbeda dibandingkan foto-foto disekitarnya. Perbedaan exposure dapat diakibatkan karena kamera yang tidak mampu menangkap image pada kecepatan wahana tertentu.



Gambar 8. Contoh kesalahan DSM yang dihasilkan

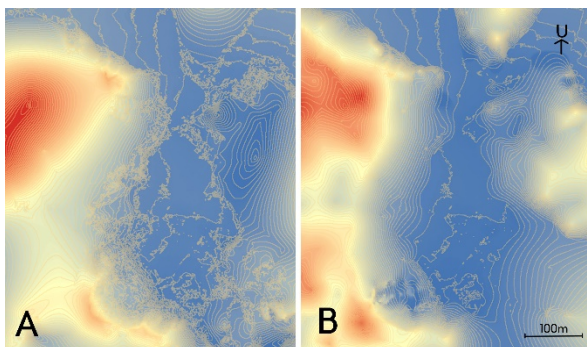
Model tiga dimensi yang dihasilkan seperti pada gambar 9, dicontohkan di sebagian kecil wilayah penelitian. Bagian samping/fasad bangunan ataupun vegetasi tidak terlihat jelas, dikarenakan foto yang dibuat menjadi model tiga dimensi diambil

seluruhnya dari foto tegak. Objek seperti bangunan dan vegetasi seolah-olah tertarik sesuai dengan ketinggian objek tersebut.



Gambar 9. Contoh kenampakan 3D yang dihasilkan

Perbandingan visual dari DEM yang dibuat secara otomatis dan semi-otomatis ada pada gambar 10. Gambar tersebut dipadukan dengan garis kontur agar dapat terlihat dengan lebih jelas perbedaan DEM antar keduanya, kontur yang digunakan memiliki interval 1 meter. Terlihat pada foto A (DEM otomatis) pada bagian barat menghasilkan lereng yang cenderung halus mengikuti perbedaan ketinggian yang ada, sedangkan pada foto B (DEM semi-otomatis) lereng terlihat tidak teratur hampir menyerupai bentuk aslinya di lapangan



Gambar 10. Perbandingan hasil DEM dipadukan dengan kontur yang diolah secara otomatis (A) dan semi-otomatis (B).

Secara visual perbandingan foto udara yang diperoleh dengan citra dari *google earth* di wilayah yang sama dapat diamati seperti pada gambar 11. Citra foto udara yang diperoleh memiliki warna yang lebih terlihat

cerah dan lebih tajam dibandingkan dengan citra resolusi tinggi di *google earth*. Ketika dilakukan perbesaran hingga terlihat objek bangunannya, foto udara (Aii) masih terlihat jelas, sedangkan pada citra di *google earth* (Bii) akan nampak lebih kabur/blur. Foto udara yang diperoleh memiliki kenampakan visual yang lebih bagus dibandingkan dengan citra di *google earth*, sehingga diharapkan lebih membantu dalam proses identifikasi longsor.

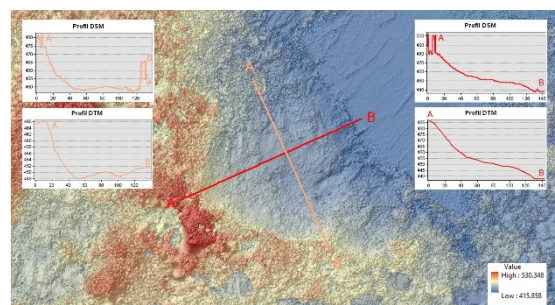


Gambar 11. Perbandingan citra foto udara (A), dengan citra resolusi tinggi di *google earth* (B)

Identifikasi longsor berdasarkan pada data yang diperoleh dari foto udara dapat dikenali dengan melihat karakteristik morfologi, vegetasi, dan drainase nya.

Longsor pertama yang dapat teridentifikasi berada pada koordinat UTM 396974,336 dan 9163844,693. Dilihat dari profil melintangnya pada gambar 12 “longsor I” memiliki bentuk profil yang cekung-cembung. Apabila diamati pada skala yang lebih detil akan nampak berbentuk seperti tangga pada lerengnya, hal tersebut dapat mengindikasikan adanya ketidakstabilan lereng.

Profil yang dihasilkan dari DSM menunjukkan adanya vegetasi yang cukup tinggi pada bagian kepala longsor dan bagian lereng longsor.



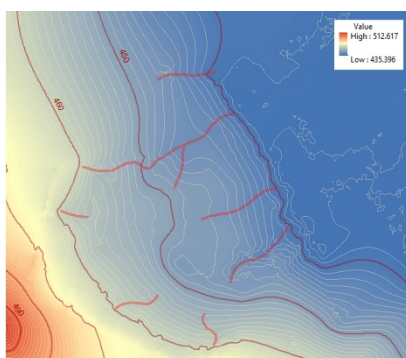
Gambar 12. Karakteristik morfologi “longsor I”

Karakteristik vegetasi pada “longsor I” seperti pada gambar 13. Kenampakan vegetasi cenderung berkurang pada lereng yang curam. Adanya vegetasi yang mati/robok dan memiliki pola yang tidak teratur pada bagian lereng nya (lingkaran merah). Perbedaan kerapatan dan jenis vegetasi sangatlah terlihat, sehingga dibagi menjadi 3 area, dimana area A memiliki vegetasi dengan kerapatan yang tinggi, area B bervegetasi kerapatan rendah dengan pola yang tidak teratur, sedangkan area C merupakan area dengan vegetasi yang memiliki kerapatan rendah.



Gambar 13. Karakteristik vegetasi “longsor I”

Karakteristik drainase dapat diamati menggunakan data DEM yang dipadukan dengan kontur yang memiliki interval 1 meter. Terlihat pada gambar 14 adanya erosi alur yang teramati (garis merah), beberapa drainase tiba-tiba terputus. Drainase nampak memiliki pola yang tidak beraturan dan nampak berbeda dari lereng di sekelilingnya. Perbedaan tersebut menandakan adanya gangguan drainase yang terjadi.



Gambar 14. Karakteristik drainase “Longsor I”

Kenampakan dari foto condong sangat jelas terlihat bahwa objek tersebut dapat dipastikan adalah longsor. Gambar 15 menunjukkan kenampakan foto condong yang dihasilkan, terlihat pula vegetasi-vegetasi yang rubuh dan tidak beraturan (lingkaran merah). Tebing longsor sangat terlihat jelas kenampakannya di foto udara condong yang terlihat tidak ditumbuhi oleh vegetasi. Tidak ditemukan bongkahan-bongkahan batuan yang ada pada deposit longsor jika dilihat dari foto udara condong



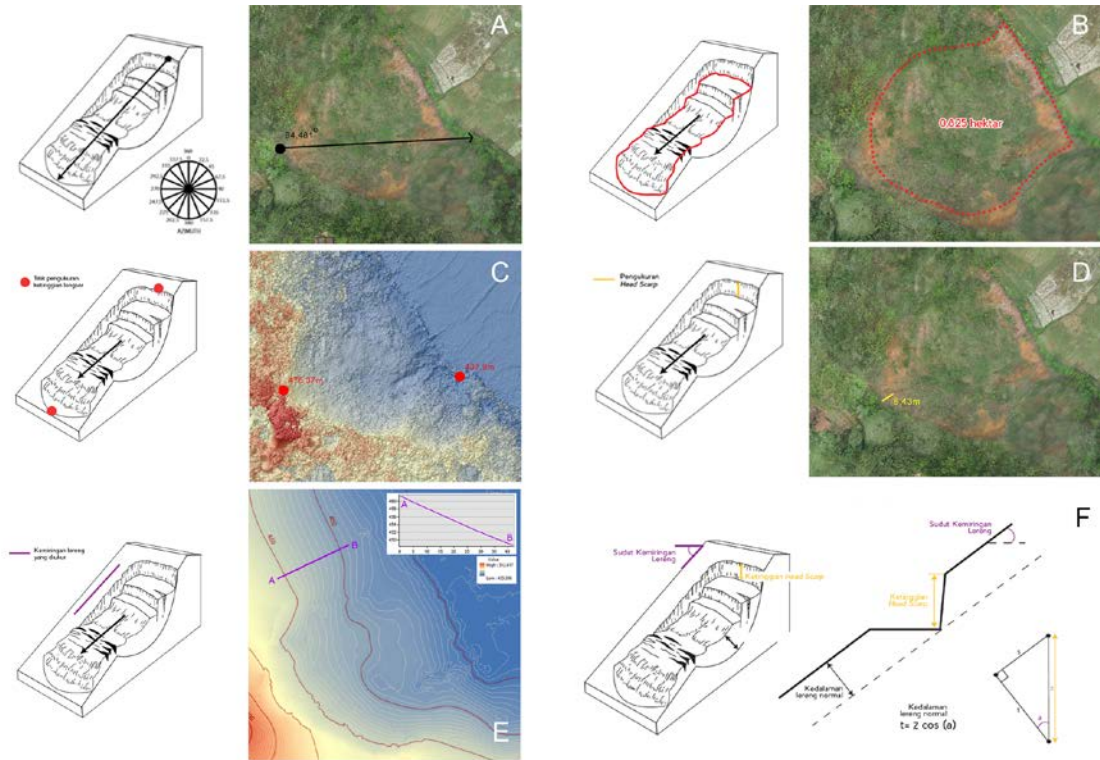
Gambar 15. Kenampakan “longsor I” dari foto udara condong

Kenampakan tiga dimensi yang diperoleh dapat membantu visualisasi “longsor I” dari berbagai sudut pandang. Gambar 16 merupakan kenampakan tiga dimensi yang diperoleh. Kenampakan tiga dimensi ini dapat memvisualisasikan bentuk longsor dari berbagai arah, sehingga memudahkan untuk melakukan pengamatan longsor secara visual.



kedalaman longsor. Kemiringan lereng yang diperoleh dari perhitungan ialah 17° . Perhitungan estimasi kedalaman longsor menggunakan nilai ketinggian main scarp dan kemiringan lereng, maka diperoleh estimasi kedalaman longsor yakni 8,05 meter sehingga diklasifikasikan kedalam longsor dalam

Gambar 16. Model 3D “longsor I” dari berbagai sudut pandang



Gambar 17. Pengukuran “longsor I”

Arah pergerakan dari “longsor 1” mengarah pada sudut $84,481^\circ$ diukur dari puncak tertinggi ke deposit longsor terjauh. Ketinggian “longsor 1” terukur setinggi 40,47 meter dengan titik tertinggi yakni 478,37 dan titik terendah 437,9m. Pengukuran luas deposit “longsor 1” diperoleh sebesar 0,825 hektar. Ketinggian main scarp yang terukur sebesar 8,43 meter. Ketinggian main scarp diukur dengan data ketinggian yang diperoleh dari DEM, sehingga diharapkan dapat mewakili ketinggian tanah di lapangan.

Pengukuran kemiringan lereng diukur menggunakan data DEM. Dimana kemiringan lereng yang diukur merupakan lereng yang berada di sekitar longsor, dengan asumsi lereng tersebut mewakili kemiringan lereng pada saat belum terjadi longsor, sehingga dapat digunakan untuk melakukan estimasi

Pengukuran longsor seperti pada gambar 17. Gambar A menunjukkan pengukuran arah pergerakan, gambar B deposit longsor, gambar C ketinggian longsor, gambar D ketinggian *main scarp*, gambar E pengukuran kemiringan lereng, dan gambar F pengukuran estimasi kedalaman longsor.

Bagian longsor yang dapat teridentifikasi seperti pada gambar 18. Dimana nomor 1 adalah *head scarp*, nomor 2 adalah *main scarp*, nomor 3 adalah puncak, nomor 4 adalah kepala, nomor 5 sisi luar, nomor 6 tubuh utama, nomor 7 kaki, dan nomor 8 ujung kaki longsor.



Gambar 18. Bagian-bagian “longsor I”

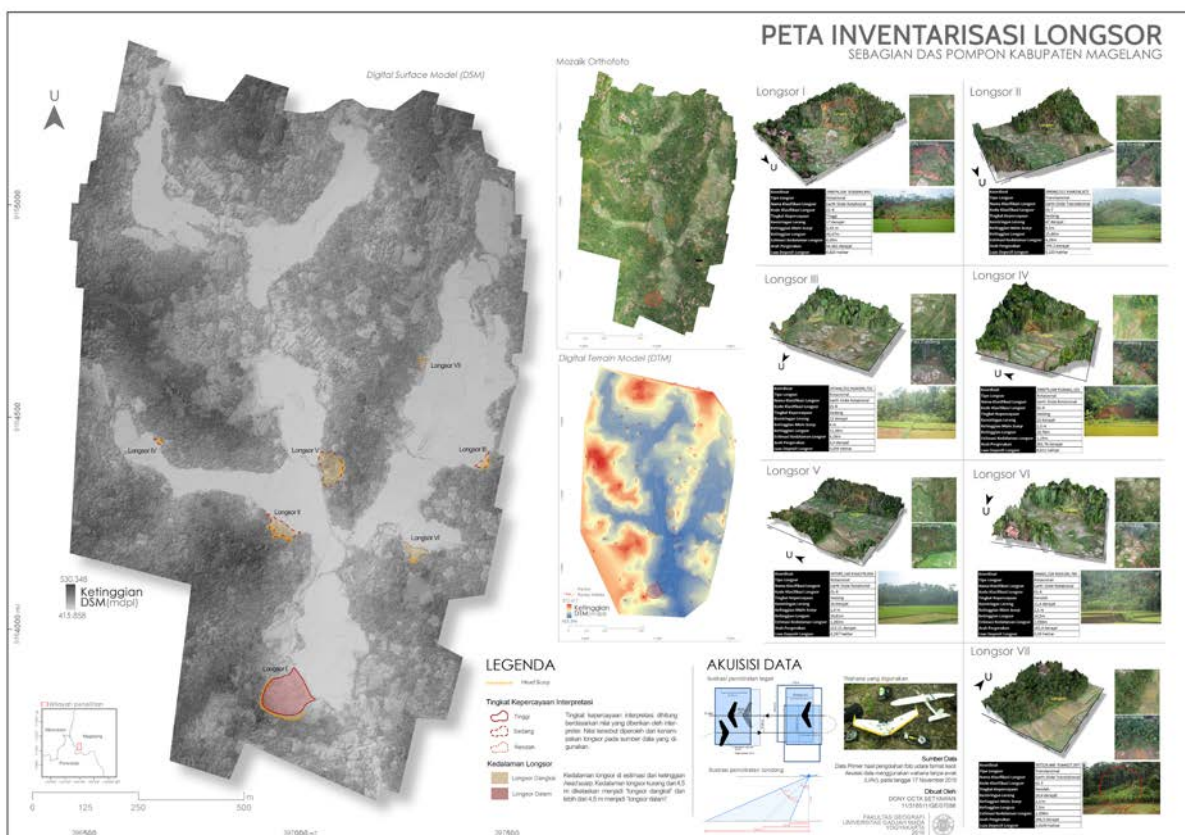
RMSE vertikal yang diperoleh dari data foto udara 0,372 m dan RMSE horizontal 0,147m. Longsor yang teridentifikasi di sebagian DAS Bompon sebanyak 7 longsor yang memiliki luas dan tingkat kepercayaan interpretasi yang bervariasi. Longsor terbesar berukuran 0,825 hektar dan terkecil berukuran 0,011 hektar. Tipe longsor yang teridentifikasi mayoritas memiliki tipe “*earth-slide rotational*” dan yang lain bertipe “*earth-slide translational*”

Bagian-bagian longsor tidak seluruhnya dapat teridentifikasi pada masing-masing longsor, hanya 3 longsor yang bagian-bagiannya dapat teridentifikasi. Longsor dengan tutupan kanopi vegetasi yang tinggi pada deposit longsor

Kunci interpretasi yang lebih terlihat pada data yang digunakan untuk identifikasi longsor yakni karakteristik vegetasi dan morfologi lereng.

Kondisi vegetasi yang berbeda pada suatu lereng dapat diindikasikan adanya fenomena longsor di lereng tersebut. Dengan memanfaatkan orthofoto dan foto udara condong perbedaan kenampakan vegetasi dapat terlihat jelas, seperti adanya vegetasi yang roboh dan perbedaan kepadatan vegetasi. Untuk lebih memperkuat dugaan adanya longsor, dilakukan pengamatan morfologi lereng pada wilayah yang diduga terjadi longsor. Morfologi lereng dapat diamati dengan memanfaatkan data DSM, DEM, foto udara condong, dan profil melintang.

Longsor di sebagian DAS Bompon yang mencakup sebagian desa Margoyoso dan desa Wonogiri cenderung berada pada lereng-lereng di sekitar persawahan yang membentuk igir dari DAS Bompon. Longsor yang berhasil diidentifikasi dari foto udara berada pada bagian selatan wilayah penelitian, yakni pada bagian hilir dari DAS Bompon. Distribusi longsor dapat disajikan secara spasial dalam peta inventarisasi longsor, seperti pada gambar 19



Gambar 19 Peta inventarisasi longsor di sebagian DAS Pompon, Kabupaten Magelang

KESIMPULAN

1. Longsor di sebagian DAS Bompon dapat diidentifikasi menggunakan sistem foto udara tegak dan condong format kecil menggunakan UAV dengan tingkat kepercayaan yang bervariasi. Data yang diperoleh dari foto udara tegak adalah citra orthofoto dan DSM yang dapat diturunkan menjadi beberapa data, seperti DEM, model 3D, dan profil. Citra yang dihasilkan dari sistem foto udara tegak memiliki RMSE horizontal 0,14m dan vertikal 0,37m. Longsor di sebagian DAS Bompon lebih mudah dikenali melalui karakteristik vegetasi dan morfologi yang mencirikan fenomena longsor. Data DSM, DEM, model 3D dan profil dapat digunakan untuk mempermudah mengenali bagian dan ukuran longsor di sebagian DAS Bompon. Bagian longsor yang dapat diamati seperti head scarp, main scarp, puncak (top), kepala (head), sisi luar (flank), tubuh utama (main body), kaki (foot), dan ujung kaki (toe). Ukuran longsor yang dapat diperoleh seperti ukuran ketinggian longsor, ketinggian main scarp, kemiringan lereng, estimasi kedalaman longsor, arah pergerakan, dan luas deposit longsor.

2. Longsor di sebagian DAS Bompon cenderung berada pada lereng-lereng yang membentuk igir dari DAS Bompon. Terdapat 7 longsor yang teridentifikasi melalui data foto udara format kecil yang diperoleh. Longsor terbesar berukuran 0,825 hektar dan terkecil berukuran 0,011 hektar. Tipe longsor yang teridentifikasi mayoritas memiliki tipe “earth-slide rotational” dan yang lain bertipe “earth-slide translational”

DAFTAR PUSTAKA

- Panizza, Mario, 1996. *Environmental Geomorphology*. Elsevier Science B.V. Amsterdam.
- Talib, Jasmi Ab. 1997. *Slope Instability and Hazard Zonation Mapping Using Remote Sensing and GIS Techniques in the Area of Cameron Highlands*, Malaysia. GISdevelopment.
- Zuidam, Van R.A and Cancelado,. 1979. *Terrain Analysis and Classification Using Aerial Photographs*., *International Institute For Aerial Survey and Earth Science (ITC)* 350, Boulevard Al Enschede, The Netherlands.
- <http://bnpb.go.id/>, Diakses oleh Dony Octa Setyawan tanggal 22 Februari 2015 jam 22.34