

ANALISIS IDENTIFIKASI DAMPAK BENCANA TANAH LONGSOR DENGAN MENGGUNAKAN *UNMANNED AERIAL VEHICLE* (UAV) (Studi Kasus : Kelurahan Ngesrep, Kecamatan Banyumanik)

Reyhan Azeriansyah, Yudo Prasetyo, Bambang Darmo Yuwono ^{*)}

Departemen Teknik Geodesi Fakultas Teknik Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Soedarto, SH, Tembalang, Semarang Telp.(024)76480785, 76480788
Email : reyhan_azeriansyah@yahoo.com

ABSTRAK

Tanah longsor merupakan salah satu bencana yang sering terjadi di Indonesia terutama di wilayah Semarang yang secara geologi memiliki bentuk topografi berbukit. BPBD Kota Semarang tahun 2016 mencatat bahwa ada 22 kelurahan yang tergolong wilayah siaga bencana longsor yang salah satunya adalah Kelurahan Ngesrep. Dikutip dari Tribun Jateng, 2016, di wilayah Bukitsari, Kelurahan Ngesrep telah terjadi bencana tanah longsor pada tanggal 4 Oktober 2016 yang menimbulkan korban jiwa dan juga kerugian material. Oleh karena itu, perlu dilakukan identifikasi dampak bencana tanah longsor untuk membantu dalam pengambilan keputusan dan meminimalkan terjadinya bencana. Salah satu proses identifikasi dampak tanah longsor adalah dengan memanfaatkan teknologi pesawat tanpa awak (UAV) yang mana dalam proses pengidentifikasian dapat mencakup wilayah yang luas, murah dari segi biaya dan tidak membahayakan jiwa manusia.

Proses identifikasi dilakukan memanfaatkan teknologi UAV untuk mengidentifikasi terhadap wilayah terdampak melalui hasil orthofoto UAV. Proses identifikasi dilakukan untuk mengetahui luas wilayah dan penggunaan lahan yang terdampak. Selain itu dilakukan analisis risiko bencana tanah longsor terhadap wilayah terdampak melalui proses kajian risiko bencana tanah longsor BNPB No.2 Tahun 2012 dan analisis penurunan dan kenaikan muka tanah terhadap wilayah terdampak menggunakan metode penginderaan jauh yakni menggunakan metode DInSAR dengan citra Sentinel 1-A.

Dari hasil pengamatan UAV menghasilkan orthofoto memenuhi ketelitian peta dasar kelas 1 pada skala 1:1000 baik secara horizontal maupun vertikal berdasarkan Peraturan Kepala BIG No.15 Tahun 2014 yang digunakan untuk proses identifikasi dampak. Berdasarkan hasil klasifikasi wilayah terdampak bencana tanah longsor dapat diidentifikasi luas wilayah pertama yang terdampak bencana tanah longsor sebesar 1026.339 m² dan luas wilayah kedua yang terdampak bencana tanah longsor sebesar 521 m². Dari klasifikasi wilayah terdampak ini dapat diketahui pula zonasi risiko bencana tanah longsor, penurunan kenaikan muka tanah yang terjadi di wilayah terdampak yang selanjutnya dilakukan validasi untuk diketahui validitas dari hasil yang didapatkan melalui survei lapangan, telaah dokumen dan diskusi dengan pihak Kelurahan Ngesrep.

Kata Kunci: Dampak, DInSAR, Mitigasi Bencana, Risiko Bencana, Tanah Longsor, UAV

ABSTRACT

Landslide is one of the most frequent disasters in Indonesia, especially in Semarang which geologically has hilly topography. Semarang BPBD in 2016 noted that there are 22 urban-villages classified as an alert area of landslide which one of them is Ngesrep Urban-Village. Based from Tribun Jateng, 2016, in Bukitsari, Ngesrep, there has been a landslide disaster on October 4, 2016 which caused loss of life and also material loss. Therefore, it is necessary to identify the impact of landslide disaster to assist in decision making and minimize the occurrence of disaster. One of the landslide impact identification process is by utilizing unmanned aerial vehicle (UAV) technology which in the identification process can cover a large area, cheap in cost and harmless for human life

The identification process is carried out utilizing UAV technology to identify against affected areas through orthophoto UAV results. The identification process is carried out to determine the area and use of the affected land. In addition, the risk analysis of landslide disaster on affected areas through Head of BNPB Regulation Number 2 of 2012 and analysis of land subsidence and uplift on impacted areas using remote sensing method using DInSAR method with Sentinel 1-A radar image.

From the observation of UAV, orthophoto resulted to fulfill the accuracy of the base map of class 1 on a scale of 1: 1000 either horizontally or vertically based on Head of BIG Regulation Number 15 of 2014 used for impact identification process. Based on the results of the classification of areas affected by landslide disaster can be identified the first area affected by landslide disaster of 1026.339 m² and the second area affected by landslide disaster of 521 m². From the classification of this affected area can be known also the zoning risk of landslide also land subsidence and uplift that occurred in the affected area, which then validated to know the validity of the results obtained through field surveys, document review and discussion with the Ngesrep Urban-Village.

Keywords: Impact, DInSAR, Disaster Mitigation, Disaster Risk, Landslide, UAV

^{*)} Penulis, Penanggung Jawab

I. Pendahuluan

I.1. Latar Belakang

Tanah longsor merupakan salah satu bencana yang sering terjadi di Indonesia terutama di wilayah Semarang yang secara geologi memiliki bentuk topografi berbukit. BPBD Kota Semarang tahun 2016 mencatat bahwa ada 22 kelurahan yang tergolong wilayah siaga bencana longsor yang salah satunya adalah Kelurahan Ngesrep. Dikutip dari Tribun Jateng oleh Radlis (2016), di wilayah Bukitsari, Kelurahan Ngesrep telah terjadi bencana tanah longsor pada tanggal 4 Oktober 2016. Bencana ini tidak hanya menimbulkan korban jiwa tapi juga kerugian materiil.

Oleh karena itu, kegiatan mitigasi bencana berupa identifikasi dampak bencana tanah longsor perlu dilakukan untuk membantu dalam pengambilan keputusan dan meminimalkan terjadinya bencana. Salah satu proses identifikasi dampak tanah longsor adalah dengan memanfaatkan teknologi pesawat tanpa awak (UAV) yang mana dalam proses pengidentifikasian dapat mencakup wilayah yang luas, murah dari segi biaya dan tidak membahayakan jiwa manusia.

Pada penelitian ini, peneliti bermaksud memanfaatkan teknologi UAV untuk mengidentifikasi terhadap wilayah terdampak melalui hasil orthofoto UAV. Proses identifikasi dilakukan untuk mengetahui luas wilayah dan penggunaan lahan yang terdampak. Sebagai pendukung proses identifikasi, dilakukan analisis risiko bencana terhadap wilayah terdampak melalui proses kajian risiko bencana tanah longsor dan analisis penurunan dan kenaikan muka tanah terhadap wilayah terdampak menggunakan metode penginderaan jauh. Kajian risiko dibentuk melalui penggabungan tingkat ancaman, tingkat kerentanan dan tingkat kapasitas bencana yang mengacu pada Perka BNPB No. 2 Tahun 2012 untuk mengetahui zonasi risiko di Kelurahan Ngesrep khususnya di wilayah terdampak tanah longsor. Pada kajian kenaikan dan penurunan muka tanah dilakukan dengan citra radar Sentinel 1-A melalui metode DInSAR untuk mengetahui kenaikan dan penurunan muka tanah di Kelurahan Ngesrep khususnya di wilayah terdampak tanah longsor.

Dengan memanfaatkan teknologi UAV dalam proses mitigasi bencana khususnya bencana tanah longsor diharapkan dapat mempermudah dalam deteksi, identifikasi dan penanggulangan bencana untuk mengurangi korban jiwa, kerugian materiil serta mengurangi bahkan menghilangkan kemungkinan terjadinya suatu bencana seperti bencana tanah longsor.

I.2. Perumusan Masalah

Dari latar belakang masalah tersebut, maka didapatkan rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana uji ketelitian foto udara UAV yang dihasilkan berdasarkan pada Peraturan Kepala BIG Nomor 15 Tahun 2014 ?

2. Bagaimana analisis identifikasi dampak bencana tanah longsor berdasarkan hasil pengamatan UAV ?
3. Bagaimana analisis penggunaan lahan, zonasi risiko bencana tanah longsor dan penurunan muka tanah terhadap wilayah terdampak hasil pengamatan UAV ?
4. Bagaimana proses validasi penggunaan lahan, zonasi risiko bencana tanah longsor dan penurunan muka tanah terhadap wilayah terdampak hasil pengamatan UAV berdasarkan data survei lapangan ?

I.3. Tujuan dan Manfaat Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui ketelitian foto udara yang dibentuk dari hasil pengamatan UAV untuk proses identifikasi dampak bencana tanah longsor
2. Mengetahui dampak yang ditimbulkan bencana tanah longsor berdasarkan hasil pengamatan UAV.
3. Mengetahui penggunaan lahan, zonasi risiko bencana tanah longsor dan penurunan muka tanah dari wilayah terdampak bencana tanah longsor berdasarkan hasil pengamatan UAV.
4. Mengetahui validitas penggunaan lahan, zonasi risiko bencana tanah longsor dan penurunan muka tanah terhadap wilayah terdampak bencana tanah longsor hasil pengamatan UAV melalui data survei lapangan.

Manfaat dari penelitian ini adalah :

1. Aspek Keilmuan
Memberikan kontribusi bagi ilmu fotogrametri, sistem informasi geografis dan penginderaan jauh dalam melakukan proses identifikasi dan mitigasi bencana khususnya bencana tanah longsor
2. Aspek Rekayasa
Hasil penelitian dapat digunakan untuk mengetahui kondisi terkini pasca bencana longsor, mengetahui kenaikan dan penurunan muka tanah yang terjadi dan memberi peringatan dini kepada masyarakat tentang wilayah risiko bencana tanah longsor.

I.4. Batasan Masalah

Batasan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Proses akuisisi foto udara UAV dibagi menjadi 5 (lima) rencana terbang berdasarkan luas wilayah dan bentuk dari topografi Kelurahan Ngesrep.
2. Ketinggian terbang UAV yang digunakan dalam penelitian adalah 150 m di atas permukaan tanah yang merupakan batas maksimal pengoperasian pesawat udara tanpak awak yang mengacu pada Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 90 Tahun 2015

Tentang Pengendalian Pengoperasian Pesawat Udara Tanpa Awak.

3. Jumlah *sidelap* dan *overlap* yang digunakan pada setiap rencana terbang adalah 50% dan 65%.
4. Metode yang digunakan dalam pengukuran GCP dengan menggunakan GPS Geodetik adalah metode *static* serta metode pengolahan secara *radial* dengan menggunakan base CORS UDIP.
5. Jumlah GCP dan ICP yang digunakan sebanyak 12 titik GCP dan 3 titik ICP yang tersebar merata di wilayah penelitian.
6. Kajian Risiko Bencana Tanah Longsor mengacu pada Perka BNPB No.12 Tahun 2012 yang terdiri dari tingkat ancaman, tingkat kerentanan dan tingkat kapasitas bencana tanah longsor.
7. Kajian kenaikan dan penurunan muka tanah dilakukan dengan metode DInSAR dengan citra sentinel 1-A akuisisi bulan September 2016 dan April 2017.

I.5. Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Wilayah Penelitian
Wilayah penelitian merupakan Kelurahan Ngesrep, Kecamatan Banyumanik, Kota Semarang dengan batas wilayah pada koordinat 7,034212 LS – 7,046563 LS dan 110,425630 BT – 110,43754 BT.
2. Alat dan Data Penelitian
 - a. Alat
Alat yang digunakan antara lain :
 - 1) DJI Phantom 3 Professional.
 - 2) GPS Topcon HiPER GB *Base* dan *Rover*.
 - 3) GPS Topcon HiPER II *Base* dan *Rover*.
 - b. Data Penelitian
Data Penelitian yang digunakan antara lain :
 - 1) Foto Udara UAV Kelurahan Ngesrep Akuisisi April 2017.
 - 2) Data Pengukuran GPS Titik GCP dan ICP akuisisi April 2017.
 - 3) Data Stasiun Curah Hujan Bulan Maret 2016 – Februari 2017.
 - 4) Peta Struktur Geologi Kota Semarang Tahun 2011.
 - 5) Data Parameter Indeks Kerentanan Bencana Tanah Longsor Tahun 2016.
 - 6) Kuesioner Indeks Kapasitas Bencana Tanah Longsor.
 - 7) Citra Sentinel 1A September 2016 dan April 2017.

II. Tinjauan Pustaka

II.1. Pengertian Bencana

Definisi bencana Undang-undang Nomor 24 Tahun 2007 Tentang Penanggulangan Bencana menyebutkan bahwa bencana adalah peristiwa atau rangkaian peristiwa yang mengancam dan mengganggu kehidupan dan penghidupan masyarakat yang disebabkan, baik oleh faktor alam dan/atau faktor non alam maupun faktor manusia sehingga mengakibatkan timbulnya korban jiwa manusia, kerusakan lingkungan, kerugian harta benda, dan dampak psikologis.

II.2. Tanah Longsor

Bencana gerakan tanah atau dikenal sebagai tanah longsor merupakan fenomena alam yang dikontrol oleh kondisi geologi, curah hujan dan pemanfaatan lahan pada lereng. Dalam beberapa tahun terakhir, intensitas terjadinya bencana gerakan tanah di Indonesia semakin meningkat, dengan sebaran wilayah bencana semakin luas. Hal ini disebabkan oleh makin meningkatnya pemanfaatan lahan yang tidak berwawasan lingkungan pada daerah rentan gerakan tanah, serta intensitas hujan yang tinggi dengan durasi yang panjang, ataupun akibat meningkatnya frekuensi kejadian gempa bumi (BNPB, 2016).

II.3. Konsep Identifikasi Dampak Bencana Tanah Longsor

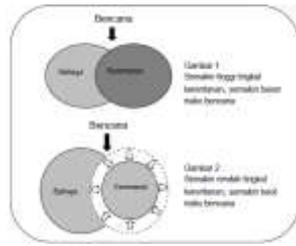
Konsep identifikasi dampak bencana tanah longsor yang dilakukan oleh Badan Nasional Penanggulangan Bencana dan Badan Informasi Geospasial, proses identifikasi dampak bencana tanah longsor dapat dilakukan dengan metode visualisasi secara langsung di lapangan dengan menggunakan UAV seperti pada Gambar 1.



Gambar 1 Dampak Bencana Tanah Longsor Kabupaten Ponorogo dengan UAV (BIG, 2017)

II.4. Konsep Pemetaan Risiko Bencana Tanah Longsor

Menurut Bakornas PB (2006) dalam pengelolaan bencana (*disaster management*), risiko bencana adalah interaksi antara kerentanan daerah dengan ancaman bahaya yang ada. Tingkat kerentanan daerah dapat dikurangi, sehingga kemampuan dalam menghadapi ancaman tersebut semakin meningkat. Besarnya risiko bencana dapat dinyatakan dalam besarnya kerugian yang terjadi (harta, jiwa, cedera) untuk suatu besaran kejadian tertentu.



Gambar 2 Ilustrasi Risiko Bencana Tanah Longsor (Bakornas PB, 2006)

Risiko bencana tanah longsor menurut BNPB (2012) dibentuk dari parameter tingkat ancaman, tingkat kerentanan dan tingkat kapasitas bencana tanah longsor. Parameter tersebut dapat dijelaskan sebagai berikut :

1. Ancaman bencana tanah longsor
Ancaman atau bahaya adalah fenomena atau situasi yang memiliki potensi untuk menyebabkan gangguan atau kerusakan terhadap orang, harta benda, fasilitas, maupun lingkungan. Konsep ancaman bencana tanah longsor mengacu pada metode *scoring* dan pembobotan pada katalog metodologi penyusunan peta geo hazard dengan GIS tentang tanah longsor yang dibuat oleh Sven Theml (2008). Parameter yang ditampilkan adalah parameter kelerengan, penggunaan lahan, curah hujan dan struktur geologi yang dikonversi ke dalam Perka BNPB No. 2 Tahun 2012.
2. Kerentanan bencana tanah longsor
Kerentanan (*vulnerability*) merupakan suatu kondisi dari suatu komunitas atau masyarakat yang mengarah atau menyebabkan ketidakmampuan dalam menghadapi ancaman bencana (BNPB, 2012). Kerentanan dibagi menjadi empat parameter yang mengacu pada Perka BNPB No.2 Tahun 2012 yakni (BNPB, 2012) :
 - a. Kerentanan sosial
 - b. Kerentanan ekonomi
 - c. Kerentanan fisik
 - d. Kerentanan lingkungan
3. Kapasitas Bencana Tanah Longsor
Kapasitas merupakan kemampuan individu maupun kelompok dalam rangka menghadapi

bahaya atau ancaman bencana antara lain kebijakan, kesiapsiagaan, dan partisipasi masyarakat berdasarkan Hyogo *Framework for Action* (HFA) dan kesiapsiagaan daerah yang mengacu pada Perka BNPB No.3 Tahun 2012 Tentang Panduan Penilaian Kapasitas Daerah dalam Penanggulangan Bencana (BNPB, 2012)

II.5. Foto Udara Format Kecil (FUFK)

Warner (1996) menyatakan bahwa foto udara format kecil adalah foto yang dihasilkan dari pemotretan yang menggunakan kamera yang ukuran filmnya sekitar 24 mm x 36 mm dengan panjang fokus 35 mm. Kamera tersebut sistem lensanya tidak didesain untuk keperluan pemetaan (tidak dilengkapi fiducial mark dan harga orientasi dalam seperti koordinat fiducial mark, panjang fokus kalibrasi, lokasi titik utama tidak diketahui) dan dapat berupa kamera analog atau digital.

II.6. Unmanned Aerial Vehicle (UAV)

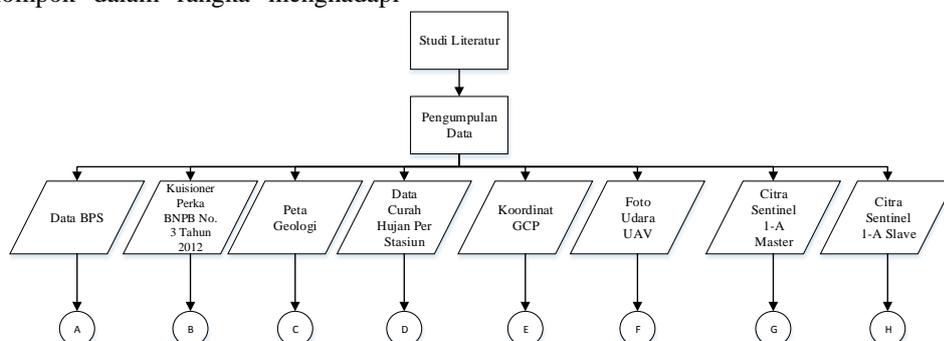
UAV menurut Eisenbeiß (2008) merupakan media pengukuran fotogrametri yang beroperasi dari jarak jauh dikendalikan secara manual, semi otomatis atau otomatis tanpa seorang pilot yang mengendalikannya. Media ini dilengkapi dengan sistem pengukuran fotogrametri tidak terbatas pada kamera saja melainkan video ukuran kecil atau sedang, sistem kamera termal atau inframerah, sistem LiDAR di udara atau kombinasi antar keduanya.

II.7. Differential Interferometry Synthetic Aperture Radar (DInSAR)

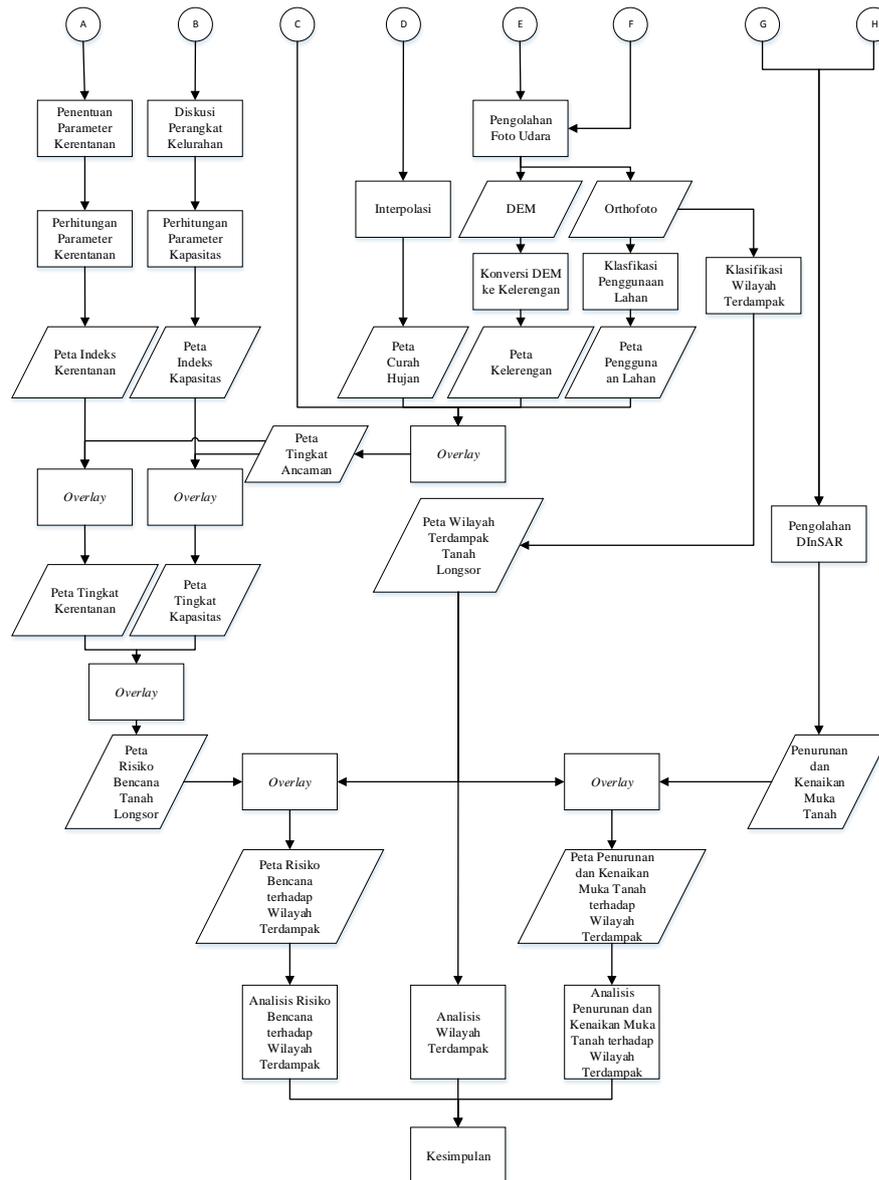
DInSAR adalah teknik akuisisi dua citra SAR berpasangan kombinasi data citra kompleks pada posisi spasial yang sama atau posisinya sedikit berbeda pada area sama dengan melakukan perkalian konjugasi berganda yang hasilnya berupa model elevasi digital (DEM) atau pergeseran suatu permukaan bumi (Cumming dan Wong, 2005).

III. Metodologi Penelitian

Pada Gambar 3 merupakan diagram alir penelitian yang dilakukan.



Gambar 3 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3 Diagram Alir Penelitian (Lanjutan)
 Gambar 3 Diagram Alir Penelitian

IV. Hasil dan Pembahasan

IV.1. Analisis Pengolahan Data GPS Titik GCP dan ICP

Koordinat pengolahan data GPS titik GCP dan ICP merupakan hasil dari penggabungan data pengukuran di lapangan dengan data base CORS UDIP dengan metode radial untuk menghasilkan koordinat definitif. Berikut pada Tabel 1 adalah hasil koordinat definitif pengolahan data GPS tersebut.

Tabel 1 Koordinat Definitif Pengolahan

| No. | Titik | Koordinat Definitif | | |
|-----|-------|---------------------|-------------|---------|
| | | X (m) | Y (m) | Z (m) |
| 1 | GCP01 | 435747,012 | 9222689,561 | 169,728 |
| 2 | GCP02 | 437029,262 | 9222672,768 | 148,781 |
| 3 | GCP03 | 436165,026 | 9222470,961 | 169,699 |
| 4 | GCP04 | 435940,100 | 9222169,055 | 210,704 |
| 5 | GCP05 | 436108,787 | 9221793,348 | 262,854 |

Tabel 1 Koordinat Definitif Pengolahan (Lanjutan)

| No. | Titik | Koordinat Definitif | | |
|-----|-------|---------------------|-------------|---------|
| | | X (m) | Y (m) | Z (m) |
| 7 | GCP07 | 436670,247 | 9221668,151 | 235,197 |
| 8 | GCP08 | 437286,535 | 9221778,637 | 191,957 |
| 9 | GCP09 | 437416,514 | 9221333,522 | 214,867 |
| 10 | GCP10 | 436960,094 | 9221197,648 | 269,841 |
| 11 | GCP11 | 437403,089 | 9220999,433 | 228,266 |
| 12 | GCP12 | 437299,147 | 9220690,737 | 252,593 |
| 13 | ICP01 | 436602,432 | 9222485,744 | 163,513 |
| 14 | ICP02 | 436749,208 | 9221100,780 | 292,355 |
| 15 | ICP03 | 436996,877 | 9221684,836 | 217,565 |

Dari hasil pengolahan didapatkan data kontrol kualitas berupa data RMS untuk mengetahui kualitas data pengolahan GPS secara horizontal maupun

vertikal. Nilai RMS dari hasil pengolahan dapat dilihat pada Tabel 2.

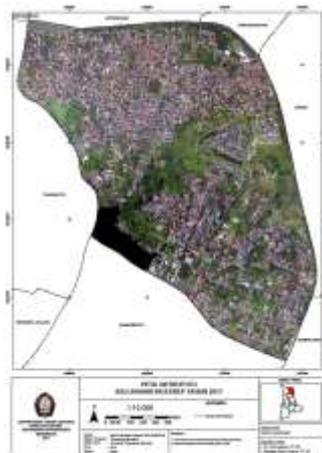
Tabel 2 RMS Pengolahan Data GPS

| No. | Titik | Nilai RMS (m) | |
|-----|-------|---------------|----------|
| | | Horizontal | Vertikal |
| 1 | GCP01 | 0,003 | 0,004 |
| 2 | GCP02 | 0,006 | 0,009 |
| 3 | GCP03 | 0,005 | 0,007 |
| 4 | GCP04 | 0,003 | 0,005 |
| 5 | GCP05 | 0,003 | 0,005 |
| 6 | GCP06 | 0,003 | 0,005 |
| 7 | GCP07 | 0,007 | 0,010 |
| 8 | GCP08 | 0,003 | 0,005 |
| 9 | GCP09 | 0,007 | 0,010 |
| 10 | GCP10 | 0,003 | 0,006 |
| 11 | GCP11 | 0,002 | 0,005 |
| 12 | GCP12 | 0,002 | 0,004 |
| 13 | ICP01 | 0,005 | 0,011 |
| 14 | ICP02 | 0,003 | 0,007 |
| 15 | ICP03 | 0,006 | 0,011 |

Berdasarkan hasil RMS horizontal yang didapat, RMS horizontal terendah terdapat pada titik GCP11 yakni sebesar 0,002 m dan RMS tertinggi terjadi pada titik GCP07 dan GCP09 yakni sebesar 0,007 m. Rata-rata RMS horizontal keseluruhan titik GCP dan ICP adalah sebesar 0,004 m. Sedangkan berdasarkan hasil RMS vertikal yang didapat, RMS vertikal terendah terdapat pada titik GCP01 yakni sebesar 0,004 m dan RMS tertinggi terdapat pada titik ICP01 dan ICP03 yakni sebesar 0,011 m. Rata-rata RMS vertikal keseluruhan titik GCP dan ICP adalah sebesar 0,008 m. Secara keseluruhan RMS titik GCP dan ICP terbesar terjadi pada titik GCP07 dan GCP09. Besarnya RMS ini merupakan faktor dari kondisi wilayah pengukuran yang memiliki banyak obstruksi seperti rumah, tiang listrik dan pepohonan sehingga mempengaruhi pancaran sinyal dari satelit ke receiver.

IV.2. Analisis Pembentukan Orthofoto

Berikut adalah hasil dari pembentukan orthofoto dari proses pengolahan foto udara UAV dapat dilihat pada Gambar IV.2.



Gambar 4 Bentuk Orthofoto

Hasil resolusi spasial yang didapatkan adalah sebesar 7,87 cm/piksel. Secara visual, resolusi spasial tersebut mampu digunakan dalam proses identifikasi pemukiman, pengukuran lebar jalan hingga untuk mengetahui objek kecil seperti *benchmark*. Gambar IV.3 adalah gambaran visual yang didapatkan dari resolusi spasial tersebut.



Gambar 5 Perbandingan Visualisasi pada Orthofoto dan di Lapangan

Berdasarkan proses transformasi koordinat foto ke koordinat tanah dihasilkan RMSE titik GCP pada Tabel 3.

Tabel 3 RMSE titik GCP

| RMSE Horizontal (m) | RMSE Vertikal (m) |
|---------------------|-------------------|
| 0,0058 | 0,0019 |

RMSE horizontal dan vertikal yang dihasilkan adalah sebesar 0,0058 m dan 0,0019 m. Hasil tersebut menunjukkan bahwa orthofoto telah terkoreksi geometrik dengan baik karena hasil selisih dari proses transformasi koordinat foto ke koordinat lapangan yang dilakukan menghasilkan nilai 5,8 mm secara horizontal dan 1,9 mm secara vertikal. Namun perlu dilakukan uji ketelitian geometri dengan ICP untuk mengetahui kualitas orthofoto yang dibentuk.

IV.3. Analisis Uji Ketelitian Foto Udara

Ketelitian foto udara mengacu pada Peraturan Kepala BIG Nomor 15 Tahun 2014 yang diterapkan pada titik uji atau titik ICP. Berikut adalah hasil RMSE secara horizontal maupun vertikal yang telah dikonversi dalam nilai CE90 dan LE90 pada Tabel 4 dan Tabel 5.

Tabel 4 RMSE Horizontal dalam Bentuk CE90

| RMSE _{Horizontal} (m) | CE90 (m) | Skala Peta | Kelas |
|--------------------------------|----------|------------|---------|
| 0,0735 | 0,1212 | 1 : 1000 | Kelas 1 |

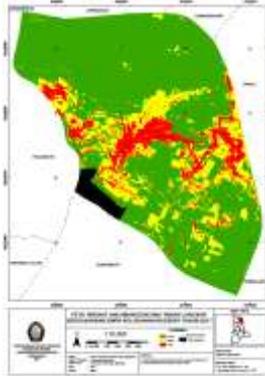
Tabel 5 RMSE Vertikal dalam Bentuk LE90

| RMSE _{Vertikal} (m) | LE90 (m) | Skala Peta | Kelas |
|------------------------------|----------|------------|---------|
| 0,0373 | 0,0566 | 1 : 1000 | Kelas 1 |

Berdasarkan hasil perhitungan CE90 dan LE90, ketelitian geometrik secara horizontal maupun secara vertikal memenuhi standar ketelitian kelas 1 dengan nilai kurang dari 0,25 secara horizontal maupun vertikal untuk peta skala 1:1000. Hal ini menunjukkan bahwa hasil orthofoto dan DEM yang dibentuk memiliki ketelitian yang baik secara horizontal dan vertikal.

IV.4. Analisis Pembuatan Peta Tingkat Ancaman Bencana Tanah Longsor

Pembuatan peta tingkat ancaman BNPB dari proses *overlay* dan penjumlahan *scoring* pembobotan antara peta geologi, peta penggunaan lahan, peta curah hujan dan peta kelerenghan yang dikonversi ke Perka BNPB No.2 Tahun 2017. Gambar 8 adalah hasil pembuatan peta tingkat ancaman.

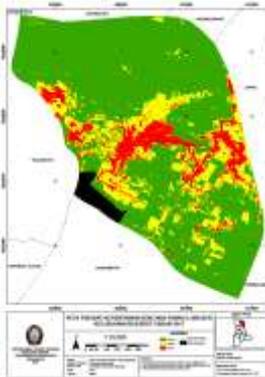


Gambar 8 Peta Tingkat Ancaman Bencana Tanah Longsor

Pada peta tingkat ancaman dibagi dalam tiga kelas ancaman yakni rendah, sedang dan tinggi. Luas kelas ancaman rendah adalah sebesar 181,976 ha (71,51%), luas kelas ancaman sedang adalah 42,092 ha (16,54%) dan luas ancaman tinggi adalah 30,397 ha (11,95%) dari luas keseluruhan yakni 254,465 ha.

IV.5. Analisis Pembuatan Peta Tingkat Kerentanan Bencana Tanah Longsor

Pembuatan peta tingkat kerentanan bencana tanah longsor dilakukan *overlay* empat peta parameter kerentanan dengan peta tingkat ancaman bencana tanah longsor. Namun di Kelurahan Ngesrep tidak memiliki parameter kerentanan lingkungan karena penggunaan lahan di Kelurahan Ngesrep hanya terdiri dari pemukiman dan tegalan. Oleh karena itu proses *overlay* hanya dilakukan pada parameter kerentanan sosial, fisik dan ekonomi saja. Hasil dari pembuatan peta tingkat kerentanan bencana tanah longsor Kelurahan Ngesrep dapat dilihat pada Gambar 9.



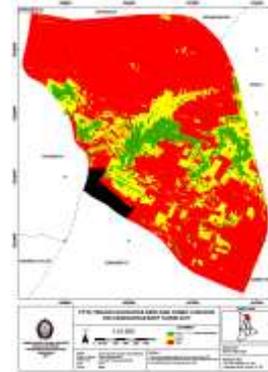
Gambar 9 Peta Tingkat Kerentanan Bencana Tanah Longsor

Berdasarkan Gambar 9, kelas tingkat kerentanan bencana tanah longsor di Kelurahan Ngesrep terbagi menjadi tiga yakni rendah, sedang dan tinggi. Luas kelas risiko rendah adalah sebesar

181,976 ha (71,51%), luas kelas risiko sedang adalah sebesar 42,092ha (16,54%) dan luas kelas risiko tinggi adalah sebesar 30,397 ha (11,95%) dari keseluruhan kelas risiko sebesar 254,465 ha.

IV.6. Analisis Pembuatan Peta Kapasitas Bencana Tanah Longsor

Pembuatan peta tingkat kapasitas bencana tanah longsor merupakan proses *overlay* dari konversi kuesioner Perka BNPB No.3 Tahun 2012 ke *scoring* dan pembobotan Perka BNPB No.2 Tahun 2012 dengan peta tingkat ancaman bencana tanah longsor. Gambar 10 adalah hasil pembuatan peta tingkat kapasitas.

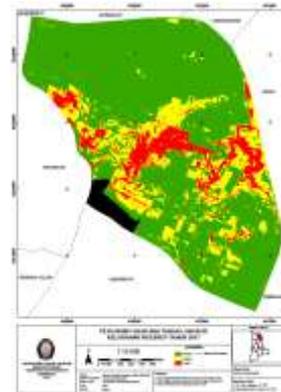


Gambar 10 Peta Tingkat Kapasitas Bencana Tanah Longsor

Berdasarkan Gambar 10, kelas kapasitas bencana tanah longsor di Kelurahan Ngesrep terbagi menjadi tiga yakni rendah, sedang dan tinggi. Luas kelas kapasitas rendah adalah sebesar 30,397 ha (11,95%), luas kelas kapasitas sedang adalah sebesar 42,092 ha (16,54%) dan luas kelas kapasitas tinggi adalah sebesar 181,976 ha (71,51%) dari keseluruhan kelas risiko sebesar 254,465 ha.

IV.7. Analisis Pembuatan Peta Risiko Bencana Tanah Longsor

Pembuatan peta risiko bencana tanah longsor merupakan penggabungan dari peta tingkat kerentanan dan tingkat kapasitas bencana tanah longsor. Gambar 11 adalah hasil pembuatan peta risiko bencana tanah longsor



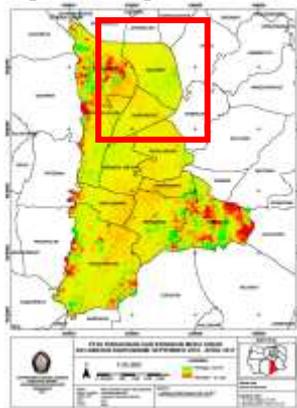
Gambar 11 Peta Risiko Bencana Tanah Longsor

Berdasarkan Gambar 11, kelas risiko bencana tanah longsor di Kelurahan Ngesrep terbagi menjadi

tiga yakni rendah, sedang dan tinggi. Luas kelas risiko rendah adalah sebesar 182,640 ha (71,85%), luas kelas risiko sedang adalah sebesar 41,471 ha (16,31%) dan luas kelas risiko tinggi adalah sebesar 30,094 ha (11,84%) dari keseluruhan kelas risiko sebesar 254,465 ha.

IV.8. Analisis Pengolahan DInSAR

Penelitian ini menggunakan pasangan citra Sentinel-1A pada bulan September 2016 sebagai citra *master* dan pada bulan April 2017 sebagai citra *slave* untuk mengetahui pergerakan muka tanah secara vertikal. Hasil dari pengolahan DInSAR pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 12.



Gambar 12 Peta Penurunan dan Kenaikan Muka Tanah

Hasil dari pengolahan DInSAR pada citra Sentinel-1A pada tahun 2016 dan 2017 menunjukkan bahwa Kelurahan Ngesrep mengalami penurunan muka tanah dengan nilai rata-rata sebesar $-0.0587 \pm 1,308$ m.

IV.9. Analisis Pembuatan Peta Dampak Tanah Longsor

Dari hasil klasifikasi tersebut terdapat dua wilayah yang terdampak longsor yang dapat dilihat pada Gambar IV.5.



Gambar 6 Klasifikasi Wilayah Terdampak

Berdasarkan hasil klasifikasi wilayah terdampak bencana tanah longsor, luas wilayah pertama yang terdampak bencana tanah longsor sebesar 1026,339 m² dan luas wilayah kedua yang terdampak bencana tanah longsor sebesar 520,822 m².

IV.10. Analisis Identifikasi Dampak Bencana Tanah Longsor Terhadap Penggunaan Lahan

Gambar 13 adalah hasil penggabungan klasifikasi wilayah terdampak dengan klasifikasi penggunaan lahan.



Gambar 13 Peta Penggunaan Lahan Terhadap Wilayah Terdampak Bencana Tanah Longsor

Berdasarkan Gambar 13 pada wilayah terdampak 1, penggunaan lahan yang terdampak bencana tanah longsor terdiri dari pemukiman dengan luas 1026,399 m² (100 %) total luas wilayah terdampak yakni 1026,399 m². Sedangkan pada wilayah terdampak 2, penggunaan lahan yang terdampak bencana tanah longsor berupa tegalan dengan luas 520,822 m² dari luas keseluruhan yakni 520,822 m².

IV.11. Analisis Identifikasi Dampak Bencana Tanah Longsor Terhadap Zonasi Risiko Bencana Tanah Longsor

Berikut adalah hasil penggabungan dari klasifikasi wilayah terdampak dengan zonasi risiko bencana tanah longsor pada Gambar 14.



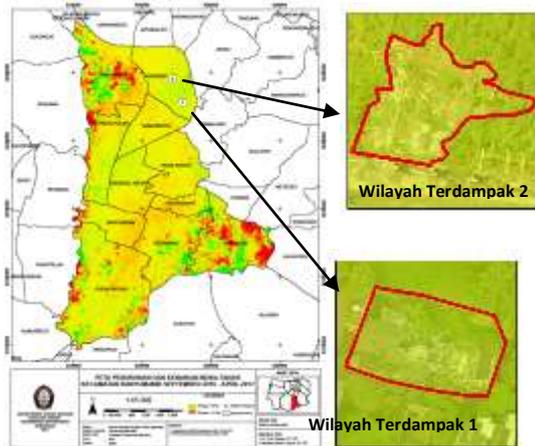
Gambar 14 Peta Risiko Bencana Tanah Longsor Terhadap Wilayah Terdampak Bencana Tanah Longsor

Berdasarkan Gambar 14 pada wilayah terdampak 1, zonasi risiko bencana tanah longsor terhadap wilayah terdampak terdiri dari tiga kelas yakni rendah dengan luas 387,666 m² (37,77%), sedang dengan luas 323,187 m² (31,49%) dan tinggi dengan luas 315,546 m² (30,74 %) dari luas keseluruhan wilayah terdampak yakni 1026,399 m². Sedangkan zonasi risiko bencana tanah longsor

terhadap wilayah terdampak terdiri dari dua kelas yakni kelas sedang dengan luas 0,342 m (0,07%) kelas tinggi dengan luas 520,480 m² (99,93%) dari luas keseluruhan wilayah terdampak yakni 520,822 m².

IV.12. Analisis Pembuatan Identifikasi Dampak Bencana Tanah Longsor Terhadap Kenaikan dan Penurunan Muka Tanah Hasil Pengolahan DInSAR

Berikut adalah hasil penggabungan dari klasifikasi wilayah terdampak dengan penurunan dan kenaikan muka tanah pada Gambar 15.



Gambar 15 Peta Penurunan dan Kenaikan Muka Tanah Terhadap Wilayah Terdampak Bencana Tanah Longsor

Berdasarkan Gambar 15 pada wilayah terdampak 1 mengalami penurunan tertinggi sebesar -0,0563 m dan penurunan terendah sebesar -0,0549 m dengan rata-rata penurunan pada wilayah terdampak 1 adalah sebesar -0,0556 m. Sedangkan wilayah terdampak 2 mengalami penurunan tertinggi sebesar -0,0591 m dan penurunan terendah sebesar -0,0581 m dengan rata-rata penurunan pada wilayah terdampak 2 adalah sebesar -0,589 m.

IV.13. Validasi Wilayah Terdampak Bencana Tanah Longsor

Pada Gambar 16 merupakan gambaran wilayah yang terdampak bencana tanah longsor.



Gambar 16 Wilayah Terdampak 1 dan 2

Validasi yang dilakukan pada wilayah terdampak terbagi menjadi tiga yakni :

1. Dikaji dari penggunaan lahannya, wilayah terdampak 1 merupakan wilayah pemukiman. Tanah longsor tersebut mengenai sebuah rumah yang ada di Perumahan Bukitsari tepatnya di Jalan Bukit Bromo, Kelurahan Ngesrep. Sedangkan pada wilayah terdampak 2 merupakan wilayah tegalan yang berada pada sisi Jalan Bukit Khayangan, Kelurahan

Ngesrep. Pada wilayah terdampak 2 terdapat kerusakan sisi jalan akibat tanah longsor yang telah direnovasi.

2. Dikaji dari risiko bencana tanah longsor, hal yang terlihat dari wilayah terdampak 1 memiliki kondisi yang curam. Lereng yang curam ini berada pada belakang dari rumah yang terdampak. Sedangkan pada wilayah terdampak 2 juga memiliki kondisi lereng yang curam.
3. Dikaji dari penurunan muka tanah, wilayah terdampak 1 dan 2 terlihat mengalami pengurangan volume tanah yang jatuh akibat bencana tanah longsor.

V. Kesimpulan dan Saran

V.1 Kesimpulan

Pada penelitian ini dapat ditarik beberapa kesimpulan pada proses yang telah dilakukan antara lain :

1. Hasil uji ketelitian berdasarkan pada Peraturan Kepala BIG Nomor 15 Tahun 2014 dibagi menjadi dua yakni :
 - a. Pada uji ketelitian secara horizontal menggunakan titik ICP menghasilkan ketelitian geometri memenuhi standar ketelitian kelas 1 untuk peta skala 1:1000 dengan nilai CE90 kurang dari 0,25 yakni sebesar 0,121 dengan RMSE 0,073 m.
 - b. Pada uji ketelitian secara vertikal menggunakan titik ICP menghasilkan ketelitian geometri memenuhi standar ketelitian kelas 1 untuk peta skala 1:1000 dengan nilai CE90 kurang dari 0,25 yakni sebesar 0,057 dengan RMSE 0,037 m.
2. Berdasarkan hasil analisis identifikasi dampak bencana tanah longsor hasil pengamatan UAV, wilayah area terdampak terbagi menjadi dua wilayah yakni wilayah terdampak 1 dengan luas wilayah terdampak sebesar 1026,339 m² dan wilayah terdampak 2 dengan luas wilayah terdampak sebesar 521 m².
3. Berdasarkan analisis penggunaan lahan, zonasi risiko bencana tanah longsor dan penurunan muka tanah terhadap wilayah terdampak hasil pengamatan UAV dapat dijelaskan sebagai berikut :
 - a. Berdasarkan penggunaan lahan terdampak, pada wilayah terdampak 1 penggunaan lahan yang terdampak bencana tanah longsor terdiri dari pemukiman dengan luas 990,730 m² (96,52 %) dan tegalan dengan luas 35,669 m² (3,48%) dari total luas wilayah terdampak yakni 1026,399 m². Sedangkan pada wilayah terdampak 2, penggunaan lahan yang terdampak bencana tanah longsor berupa tegalan dengan luas 520,822 m² (100 %) dari luas keseluruhan yakni 520,822 m².
 - b. Berdasarkan zonasi risiko bencana tanah longsor terhadap wilayah terdampak,

zonasi risiko bencana tanah longsor terhadap wilayah terdampak 1 terdiri dari tiga kelas yakni rendah dengan luas 387,666 m² (37,77%), sedang dengan luas 323,187 m² (31,49%) dan tinggi dengan luas 315,546 m² (30,74 %) dari luas keseluruhan wilayah terdampak yakni 1026,399 m². Sedangkan zonasi risiko bencana tanah longsor terhadap wilayah terdampak 2 terdiri dari dua kelas yakni kelas sedang dengan luas 0,342 m (0,07%) kelas tinggi dengan luas 520,480 m² (99,93%) dari luas keseluruhan wilayah terdampak yakni 520,822 m².

- c. Berdasarkan kenaikan dan penurunan muka tanah yang terjadi pada wilayah terdampak, wilayah terdampak 1 mengalami penurunan tertinggi sebesar -0,0563 m dan penurunan terendah sebesar -0,0549 m dengan rata-rata penurunan sebesar -0,0556 m. Sedangkan pada wilayah terdampak 2 mengalami penurunan tertinggi sebesar -0,0591 m dan penurunan terendah sebesar -0,0581 dengan rata-rata penurunan pada wilayah terdampak 2 adalah sebesar -0,589 m.
4. Berdasarkan hasil survei lapangan untuk validitas hasil identifikasi dampak bencana tanah longsor dengan menggunakan UAV didapatkan hasil sebagai berikut :
- a. Dikaji dari penggunaan lahannya, wilayah terdampak 1 merupakan wilayah pemukiman. Tanah longsor tersebut mengenai sebuah rumah yang ada di Perumahan Bukitsari tepatnya di Jalan Bukit Bromo, Kelurahan Ngesrep. Sedangkan pada wilayah terdampak 2 merupakan wilayah tegalan yang berada pada sisi Jalan Bukit Khayangan, Kelurahan Ngesrep. Pada wilayah terdampak 2 terdapat kerusakan sisi jalan akibat tanah longsor yang telah direnovasi
- b. Dikaji dari risiko bencana tanah longsor, hal yang terlihat dari wilayah terdampak 1 memiliki kondisi yang curam. Lereng yang curam ini berada pada belakang dari rumah yang terdampak. Sedangkan pada wilayah terdampak 2 juga memiliki kondisi lereng yang curam.
- c. Dikaji dari penurunan muka tanah, wilayah terdampak 1 dan 2 terlihat mengalami pengurangan volume tanah yang jatuh akibat bencana tanah longsor.

V.2 Saran

Dari penelitian yang dilakukan, penulis memiliki beberapa saran yang dapat digunakan untuk penelitian sejenis selanjutnya yakni :

1. Proses identifikasi bencana tanah longsor hendaknya dilakukan secara pra dan pasca bencana tanah longsor untuk mengetahui

dampak yang ditimbulkan dari bencana tanah longsor.

2. Pada pembuatan peta ancaman, kerentanan, kapasitas dan risiko yang hanya sebatas unit Kelurahan hendaknya menggunakan data yang lebih akurat dan peta dengan skala yang tinggi.
3. Pada proses pengolahan DInSAR hendaknya melakukan *download* citra lebih dari kebutuhan untuk mengurangi kesalahan dalam proses pengolahan DInSAR.
4. Peta penurunan dan kenaikan muka tanah dengan metode DInSAR hendaknya divalidasi dengan menggunakan pengukuran GPS agar dapat diketahui penurunan dan kenaikan muka tanah secara definitif.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Informasi Geospasial. 2017. *Peta Citra Area Terdampak Longsor Dusun Tangkli Desa Banaran Kecamatan Pulung Kabupaten Ponorogo*. Cibirong
- Badan Nasional Penanggulangan Bencana. 2012. *Peraturan Kepala Badan Nasional Penanggulangan Bencana Nomor 02 Tahun 2012 tentang Pedoman Umum Pengkajian Risiko Bencana*. BNPB. Jakarta.
- Badan Nasional Penanggulangan Bencana. 2012. *Peraturan Kepala Badan Nasional Penanggulangan Bencana Nomor 03 Tahun 2012 tentang Panduan Penilaian Kapasitas Daerah dalam Penanggulangan Bencana*. BNPB. Jakarta
- Badan Nasional Penanggulangan Bencana. 2016. *Risiko Bencana Indonesia*. BNPB. Jakarta.
- Bakornas PB. 2007. *Pengenalan Karakteristik Bencana dan Upaya Mitigasinya di Indonesia*. Direktorat Mitigasi Lahar BAKORNAS PB: Jakarta
- Cumming dan Wong. 2005. *Digital Processing of Synthetic Aperture Radar Data*. Norwood. Artech House, Inc
- Darmawan, M dan Theml, S. 2008. *Katalog Metodologi Penyusunan Peta Geo Hazard Dengan GIS*. Banda Aceh: Badan Rehabilitasi dan Rekonstruksi (BRR) NAD-Nias.
- Eisenbeiß, H. 2009. *UAV Photogrammetry*. Zurich.
- Ismullah. 2002. *Model Tinggi Digital Hasil Pengolahan Radar Interferogrametri Satelit Untuk Wilayah Berawan : Studi Kasus Gunung Cikurajawa Barat*. Disertasi Doktor Geodesi dan Geomatika Institut Teknologi Bandung
- Miladan, N. 2009. *Pedoman Umum Pengkajian Risiko Bencana*. Tesis Teknik Pembangunan Wilayah dan Kota Universitas Diponegoro. Semarang
- Radlis. 2016. "Longsor di Bukitsari Semarang, Dua Penghuni Rumah Tertimbun". Jawa Tengah: Tribun Jateng. Diakses pada 3 Februari 2017 (<http://www.jateng.tribunnews.com>).

- Republik Indonesia. 2007. *Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 24 Tahun 2007 tentang Penanggulangan Bencana. Lembaran Negara RI Tahun 2007 Nomor 66*. Menteri Hukum dan Hak Asasi Manusia RI. Jakarta.
- Warner, G. 1996. *Small Format Aerial Photography*. Whittles Publishing. United Kingdom