Pemanfaatan Informasi Spasial Berbasis SIG untuk Pemetaan Tingkat Kerawanan Longsor di Kabupaten Karangasem, Bali

Deamasari Dwi Rusdiana^{1*}, Nuryandini Ramadhanti¹, Heni Imelia Juniarti¹, Syifa Hafidah Nuraini²

¹Jurusan Teknik Geofisika, Fakultas Teknik, Universitas Lampung, Jl. Prof. Dr. Ir. Sumantri Brojonegoro, Bandar Lampung, Lampung 35141

²Jurusan Geofisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Padjajaran, Jl. Raya Bandung Sumedang KM.21, Hegarmanah, Kec. Jatinangor, Kabupaten Sumedang, Jawa Barat 45363

Dikirim:
27 September 2020

Direvisi:
2 Mei 2021

Diterima:
22 September 2021

* Email Korespondensi:
deamasari1126@gmail.com

Abstrak: Tanah longsor yaitu gerakan tanah berkaitan langsung dengan berbagai sifat fisik alami. Metode weighted overlay yang menggunakan data raster yang memiliki satuan terkecil berupa pixel sehingga dapat digunakan untuk memetakan kawasan rawan longsor untuk wilayah yang relatif luas. Pemetaan zonasi area rawan longsor di Kabupaten Karangasem, Bali didasarkan dari perhitungan bobot dan scoring tiap parameter longsor yang meliputi kondisi geologi, jenis batuan, curah hujan, tingkat kelerengan, struktur geologi, infrastruktur serta tutupan lahan hasil olahan citra satelit serta dilanjutkan dengan operasi spasial dari parameter tersebut. Dari hasil pengolahan yang didapat Kabupaten Karangasem Bali tidak memiliki daerah dengan tingkat rawan longsor yang tinggi, adapun daerah yang ditandai Warna Biru menunjukkan kemungkinan rawan longsor sedang yang terdapat pada kecamatan Kubu, Rendang, Selat, Bebandem, Abang dan Karangasem. Secara geologi, daerah dengan tingkat rawan longsor yang sedang terdapat gunungapi aktif sehingga tingkat kemiringan lerengnya cukup tinggi yaitu sebesar 25-62%. Pada kecamatan Kubu, Abang, Karangasem, Sidemen, Selat, Bebandem dan Rendang yang ditandai dengan Warna Hitam memiliki kemungkinan rawan longsor dengan nilai rendah yaitu sebesar <15%.

Kata kunci: tanah longsor, weighted overlay, pemetaan, Kabupaten Karangasem.

Abstract: Landslides are soil movements that are directly related to various natural physical. The weighted overlay method uses raster data which has the smallest unit in the form of pixels so that it can be used to map landslide-prone areas for a relatively large area. The zoning mapping of landslide prone areas in Karangasem Regency, Bali is based on the calculation of weight and scoring of each landslide parameter which includes geological conditions, rock types, rainfall, slope levels, geological structures, infrastructure and land cover processed by satellite images and continued with spatial operations these parameters. From the processing results obtained, Karangasem Regency does not have areas with a high level of landslide prone, while the areas marked in Blue indicate the possibility of moderate landslide prone in the sub-districts of Kubu, Rendang, Selat, Bebandem, Abang and Karangasem. Geologically, areas with landslide-prone areas where active volcanoes are present so that the slope level is quite high, namely 25-62%. In the sub-districts of Kubu, Abang, Karangasem, Sidemen, Selat, Bebandem and Rendang which are marked with Black, they are likely to be prone to landslides with a low value of <15%.

Keywords: landslide, weighted overlay, mapping, Karangasem Regency

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara dengan jumlah dan variasi bencana terbanyak di dunia. Contoh dari bencana alam yang lumrah terjadi di Indonesia yaitu tsunami, gempa bumi, banjir, tanah longsor, dan masih banyak lagi (Santoso, 2012). Salah satunya disebabkan oleh perubahan iklim. Karena intensitas curah hujan yang tinggi dan tidak menentu menyebabkan terjadinya bencana. Hal tersebut dapat merugikan masyarakat yang terkena bencana (Arnas dkk., 2020). Salah satu bencana alam tersebut ialah tanah longsor. Karena sebagian wilayah Indonesia merupakan wilayah pegunungan dan perbukitan yang rawan sekali terjadi tanah longsor. Ditambah lagi Indonesia memiliki curah hujan yang sangat besar, sehingga sering terjadi bencana longsor di beberapa daerah (Ramadhan dkk., 2017).

Menurut Barus (1999) tanah longsor merupakan gerakan tanah yang berkaitan dengan berbagai sifat fisik alami seperti struktur geologi, bahan induk, tanah, pola drainase,

lereng atau bentuk lahan, hujan maupun sifat-sifat non alami yang bersifat dinamis seperti penggunaan lahan dan infrastruktur (Adnyana, 2009).

Tujuan dilakukannya penelitian ini sendiri yaitu untuk melakukan pemetaan tingkat ancaman bencana tanah longsor dan memberikan informasi mengenai wilayah-wilayah yang memiliki kerawanan terjadinya tanah longsor di Kabupaten Karangasem Bali yang kemudian diharapkan hasil dari penelitian yang dilakukan dapat dijadikan acuan dalam melakukan upaya mitigasi serta diharapkan dapat meminimalisir dampak yang akan terjadi jika terdapat bencana di wilayah Kabupaten Karangasem Bali.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Lokasi Penelitian

Karangasem merupakan kabupaten yang terletak di ujung paling timur Pulau Bali. Secara astronomis, kabupaten ini berada pada posisi 8000 '00 – 8041 '37,8 Lintang Selatan dan

115035'9,8 – 115054 '8,9 Bujur Timur yang membuatnya beriklim tropis layaknya wilayah lain di Provinsi Bali. Luas Wilayah Kabupaten Karangasem terdiri atas 8 Kecamatan, 75 desa, dan 3 kelurahan, dengan luas 839,54 km² atau 83.954 Ha.

2.2 Teori Dasar

Longsor merupakan salah satu bentuk erosi yang menyertai pergerakan tanah sehingga menyebabkan terjadinya perpindahan material tanah dan batuan dengan intensitas yang cukup besar. Kecepatan pergerakan dan kecepatan pergerakan material dipengaruhi oleh jenis tanah dan batuan di lokasi, selain itu intensitas curah hujan juga mempengaruhi kecepatan pergerakan material dan batuan. Berikut adalah topografi dan tata guna lahan yang menjadi parameter utama penyebab terjadinya longsor (Ramadhani dan Idajati, 2017).

Metode *weighted overlay* merupakan analisis spasial dengan menggunakan teknik overlay beberapa peta yang berkaitan dengan faktor-faktor yang berpengaruh terhadap penilaian kerentanan. Salah satu fungsi dari *weighted overlay* ini adalah untuk menyelesaikan masalah multikriteria seperti pemilihan lokasi optimal atau pemodelan kesesuaian (Fahrurnisa dkk., 2016).

Salah satu fungsi dari *weighted overlay* ini adalah untuk menyelesaikan masalah multikriteria seperti pemilihan lokasi optimal atau pemodelan kesesuaian (Adininggar dkk., 2016).

Scoring merupakan pemberian skor terhadap setiap kelas untuk masing-masing parameter pemberian skor didasarkan pada pengaruh kelas terhadap kejadian, semakin besar pengaruhnya maka semakin tinggi skor yang diberikan. Untuk mendapatkan skor total perlu dilakukannya pemberian nilai bobot sehingga perkalian keduanya akan menghasilkan nilai yang disebut skor. Pemberian nilai untuk setiap parameter adalah sama yaitu 1-4, sedangkan untuk pemberian nilai bobot bergantung pada pengaruh dari setiap parameter yang memiliki faktor yang besar dalam tingkat kerawanan bencana tersebut (Matondang, J.P., 2013).

3. BAHAN DAN METODE PENELITIAN

Bahan yang digunakan yaitu data curah hujan daerah Karangasem Bali, data DEM SRTM, Peta Administrasi Kabupaten Karangasem, Peta Jenis Batuan, Peta Jenis Tanah, Peta penggunaan lahan, Dan Peta Kemiringan Lereng.

Data-data ini kemudian diinput dalam software SIG. Proses input data dilakukan secara digital melalui perangkat komputer dengan software ArcGIS 10.3. Data yang dihasilkan nantinya akan digunakan untuk menganalisis daerah yang memiliki tingkat kerawanan longsor di Kabupaten Karangasem.

Gambar 1. Diagram Alir

Semakin tinggi nilai skor dan pembobotan, maka akan semakin tinggi besar potensi bencana longsor pada daerah tersebut dan begitu pula jika nilainya rendah akan kecil tingkat rawan longornya. Nilai skor tersebut didapatkan dari pembuatan peta-peta parameter penyebab tanah longsor yang dilakukan tumpang tindih (*overlay*) (Pramita dkk., 2014).

Setiap parameter ini diklasifikasikan dengan skor tertentu yang kemudian dikali dengan bobotnya berdasarkan model pendugaan. Model pendugaan untuk menganalisis kerawanan tanah longsor mengacu pada penelitian Puslittanak tahun 2004 dengan formula:

$$\text{Skor Total} = 0.3FCH + 0.2FBD + 0.2FKL + 0.2FPL + 0.1FJT \quad (1)$$

Keterangan:

FCH = Faktor Curah Hujan

FBD = Faktor Jenis Batuan

FKL = Faktor Kemiringan Lereng

FPL = Faktor Penggunaan Lahan

FJT = Faktor Jenis Tanah

Hasil dari klasifikasi setiap peta yang dibuat yaitu berupa tabel dengan masing-masing bobot dan skor yang akan ditampilkan pada tabel-tabel di bawah ini:

Tabel 1. Klasifikasi Curah Hujan (Puslittanak 2004).

Parameter	Bobot	Skor
Tinggi (>3000)	30%	4
Sedang (1500-3000)		3
Rendah (1000-1500)		2
Sangat Rendah (>1500)		1

Tabel 2. Klasifikasi Jenis Batuan (Puslittanak, 2004)

Parameter	Bobot	Skor
Batuan Vulkanik	20%	3
Batuan Sedimen		2
Batuan Aluvial		1

Tabel 3. Klasifikasi Jenis Tanah (Puslittanak, 2004)

Parameter	Bobot	Skor
Regosol, litosol, organosol	10%	5
Andosol, laterit, grumosol		4
Brown forest soil, mediteran		3
Latosol		2
Aluvial, planosol, hidromoft		1

Tabel 4. Kemiringan Lereng (Puslittanak, 2004)

Parameter	Bobot	Skor
Tinggi (>45%)	20%	4
Sedang (30-45%)		3
Rendah (15-30%)		2
Sangat Rendah (>15%)		1

Tabel 5. Tutupan Lahan (Puslittanak, 2004)

Parameter	Bobot	Skor
Non-tutupan lahan	20%	0
Sangat rendah (hutan alam)		1
Rendah (perkebunan/tegalan)		2
Sedang (semak belukar/rumput)		3
Tinggi (sawah/pemukiman gedung)		4

Klasifikasi untuk bahaya, kerentanan, kapasitas dan risiko dibagi ke dalam 5 kelas, yaitu sangat rendah, rendah, sedang, tinggi dan sangat tinggi. Kemudian dilakukan analisis secara deskriptif untuk menjelaskan risiko longsor yang dilihat dari peta yang berhasil dilakukan pengolahan sebagai upaya menekan dampak dari sebuah bencana tanah longsor.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Karangasem merupakan kabupaten yang terletak di ujung paling timur Pulau Bali. Kecamatan-kecamatan di Kabupaten

Gambar 2. Peta Administrasi Kabupaten Karangasem, Bali

Karangasem meliputi: Kecamatan Rendang, Sidemen, Manggis, Karangasem, Abang, Bebandem, Selat, dan Kubu. Kemiringan lereng pada daerah penelitian bervariasi dan dikelompokkan menjadi empat kelas yaitu kelas pertama <15%, kelas kedua 25%-45%, kelas ketiga 45-62%, dan kelas keempat >62%. Dari Gambar 3 tersebut dapat dilihat terdapat variasi kemiringan lereng pada daerah penelitian. Kemiringan lereng Kabupaten Karangasem digolongkan menjadi 4 kelas sesuai dengan skoring dari Tabel 1 dengan rentang nilai <15% sampai >62%. Polygon yang berwarna ungu

muda menyebar dan mendominasi daerah penelitian yaitu <15% yang kemiringan landai sehingga diberi skor 1. Kemudian polygon dengan warna kuning yaitu 25%-45% dengan kemiringan tergolong sedang sehingga skor 3. Sedangkan polygon dengan warna merah tua yaitu 45%-62% tergolong curam dan biasa dicirikan dengan adanya gunung ataupun bukit dengan skor 4. Terakhir polygon berwarna biru muda yang digolongkan sangat curam yaitu >62% diberi skor 4. Hal ini menyebabkan Kabupaten Karangasem rawan terhadap tanah longsor rendah dan sedang karena kemiringannya bervariasi.

Gambar 3. Peta Kemiringan Lereng Kabupaten Karangasem, Bali

Berdasarkan peta curah hujan Kabupaten Karangasem yang telah dibuat, curah hujan di lokasi penelitian termasuk rendah dengan nilai <1000. Sebagai salah satu parameter dalam menentukan wilayah yang memiliki tingkat rawan longsor. Kemungkinan terjadinya bencana tanah longsor sangat ditentukan oleh intensitas hujan di kawasan penelitian serta distribusi curah hujan di Kabupaten Karangasem. Berdasarkan klasifikasi

kelas curah hujan Puslittanak, pada lokasi penelitian yang dibahas memiliki tiga pembagian kelas curah hujan yang digunakan yaitu dikarenakan saat melakukan pengolahan tahap *reclassify* hanya terdapat satu kelas, maka dapat disimpulkan bahwa kabupaten Karangasem memiliki nilai intensitas curah hujan yang relatif sama di setiap daerahnya, yang dijelaskan pada Gambar 4.

Gambar 4. Peta Curah Hujan Kabupaten Karangasem, Bali

Sifat setiap batuan berbeda-beda hal ini bergantung pada asal-usul terbentuknya batuan tersebut. Secara umum batuan dipengaruhi oleh tekstur, struktur, kekar, kandungan mineral,

cuaca, dan sedimentasi. Berdasarkan pengklasifikasian Puslittanak batuan pembentuk yang terdapat di lokasi penelitian terdiri dari 2 jenis batuan yaitu batuan Sedimen dan Ekstrusi,

dimana batuan sedimen mendominasi wilayah Kabupaten Karangasem yang diantaranya yaitu kecamatan Kubu, Abang, Karangasem, Rendang, Selat, dan Sidemen serta sebagian kecamatan Bebandem, sedangkan daerah dengan batuan ekstrusi mendominasi kecamatan Manggis dan berada sedikit pada kecamatan

Bebandem, dapat dilihat pada Gambar 5. Di bawah ini dengan dataran sedimen yang ditandai warna merah dan ekstrusi dengan warna hijau, dalam pengolahan terdapat kendala terbatasnya data pada *attribute table* sehingga hanya dapat menampilkan jenis batuan geologi yang ada.

Gambar 5. Peta Jenis Batuan Geologi Kabupaten Karangasem, Bali

Peta tutupan lahan didapatkan dari hasil pengolahan morfologi dari data RBI. Terdapat lima kelas yaitu sawah/bangunan/pemukiman, semak, perkebunan, hutan alam, dan area bukan tutupan lahan. Untuk kelas pertama berupa hutan alam pada daerah yang ditandai poligon warna oranye tua diberi skor 1. Kelas kedua merupakan

area tutupan lahan semak, belukar, dan rumput ditandai poligon warna hijau muda diberi skor 2. Kemudian area dengan tutupan lahan perkebunan atau tegalan ditandai poligon warna hijau tua diberi skor 3. Untuk gabungan tutupan lahan berupa sawah, gedung, dan pemukiman dengan ditandai poligon berwarna jingga diberi

Gambar 6. Peta Tutupan Lahan Kabupaten Karangasem, Bali

skor 4. Non-tutupan lahan dengan polygon berwarna kuning tua diberi nilai skor terbesar yakni 5. Dari peta di bawah dapat dilihat pada bagian timur daerah penelitian didominasi oleh sawah dan perkebunan, sedangkan pada bagian barat kebanyakan terdapat semak dan hutan alam.

Berdasarkan model tersebut parameter yang digunakan untuk menduga kawasan rawan longsor meliputi parameter Curah Hujan, Jenis Batuan, serta Kemiringan Lahan, Penutupan Lahan. Semua parameter tersebut diklasifikasikan berdasarkan skor kemudian diberi bobot sesuai kontribusinya masing-masing dan kemudian data tersebut diolah. Berdasarkan hasil analisis 4 parameter kerawanan longsor dengan menggunakan model Pendugaan Kerawanan Longsor Puslittanak tahun 2004, diperoleh 3 kriteria kerawanan longsor yaitu Tinggi, Sedang dan Rendah. Sesuai dengan model Pendugaan Kerawanan Tanah Longsor yang bersumber dari Puslittanak tahun 2004 faktor curah hujan mendapat bobot sebesar 30%, faktor jenis batuan, kemiringan lahan dan tipe penutupan lahan dengan bobot 20 %, sedangkan faktor jenis tanah memiliki bobot 10 %. Berdasarkan penjelasan tersebut, model yang digunakan untuk menganalisis kerawanan tanah longsor di lokasi penelitian adalah sebagai berikut:

$$\text{Skor Total} = 0.4FCH + 0.2FBD + 0.2FKL + 0.2FPL \quad (2)$$

Keterangan:

FCH = Faktor Curah Hujan

FBD = Faktor Jenis Batuan

FKL = Faktor Kemiringan Lereng

FPL = Faktor Penggunaan Lahan

Berdasarkan hasil analisis skor total hasil parameter yang ada di lokasi penelitian diperoleh klasifikasi kelas kerawanan dengan interval skor masing-masing kelas seperti tercantum pada tabel (Tabel 6).

Tabel 6. Interval Skor Kerawanan Bencana Zona Longsor

Interval skor (%)	Kode kerawanan
3.1 – 4.5	Rendah
4.6 – 6	Sedang
6.1- 7.5	Tinggi

Setelah didapatkan Interval kerawanan bencana longsor tersebut maka dilakukan klasifikasi terhadap peta kerawanan terjadinya bencana longsor pada wilayah penelitian sehingga didapatkan Peta Tingkat Kerawanan Bencana Tanah Longsor di Kabupaten Karangasem Bali seperti yang terlihat pada gambar Gambar 7.

Gambar 7. Peta Rawan Longsor Kabupaten Karangasem Bali

Pada peta yang ditunjukkan Gambar 7. Di atas dapat dianalisis bahwa Kabupaten Karangasem Bali tidak memiliki daerah dengan tingkat rawan longsor yang tinggi ditandai dengan Warna Biru yang menunjukkan kemungkinan rawan longsor yang sedang terdapat pada kecamatan Kubu, Rendang, Selat, Bebandem, Abang dan Karangasem yang secara

geologi kecamatan tersebut terdapat gunungapi aktif yang tentunya tingkat kemiringan lerengnya cukup tinggi yaitu sebesar 25-62%. Dan pada kemungkinan rawan longsor dengan nilai rendah berada pada kecamatan Kubu, Abang, Karangasem, Manggis, Sidemen, Selat, Bebandem, dan Rendang <15%.

5. KESIMPULAN

Pemetaan zona rawan longsor dapat dihitung berdasarkan integrasi spasial dari parameter-parameter yang mempengaruhi dan memicu longsor. Untuk mendapatkan parameter yang dibutuhkan dapat menggunakan metode *weighted overlay* yang memanfaatkan dari pengolahan citra dengan pengaplikasian SIG berbasis data raster untuk mengetahui potensi bencana tanah longsor di Kabupaten Karangasem. Penggunaan metode *Weighted Overlay* pada penelitian ini dinilai sangat bermanfaat untuk menampilkan potensi longsor di daerah Karangasem dikarenakan teknik pengerjaannya yaitu setiap data yang diinput berdasarkan kepentingan serta memiliki bobot yang berbeda-beda disesuaikan dengan tingkat kepentingan atau pengaruhnya.

Hasil pengolahan yang didapat menunjukkan zona daerah rawan longsor di Kabupaten Karangasem, Bali didominasi kategori rendah sampai sedang. Wilayah yang memiliki potensi tanah longsor kategori sedang hingga cukup tinggi yaitu sebesar 25-62% adalah bagian timur dari Kecamatan Abang, bagian Timur laut Kecamatan Karangasem, bagian selatan Kecamatan Kubu, bagian timur Kecamatan Rendang, bagian utara Kecamatan Bebandem dan Selat, dan beberapa nilai rendah berada pada bagian kecil antara perbatasan Kecamatan Manggis dan Sideman, kecamatan Kubu, Abang, Karangasem, Selat, Bebandem, dan Rendang yaitu sebesar <15%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Allah *Subhanahu wa Ta'ala* karena atas rahmatnya penulis dapat menyelesaikan penelitian ini. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada dosen pembimbing yang telah memberikan saran dan bimbingan dalam menyelesaikan penelitian ini. Terima kasih juga kepada Badan Informasi Geospasial atas data-data yang diperlukan dalam penelitian ini, serta seluruh pihak yang membantu dalam penulisan dan pengolahan data penelitian ini. Semoga dengan adanya tulisan ini dapat bermanfaat bagi penulis khususnya dan para pembaca umumnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Adininggar, F. W., Suprayogi, A., & Wijaya, A. P. (2016). Pembuatan Peta Potensi Lahan Berdasarkan Kondisi Fisik Lahan Menggunakan Metode Weighted Overlay. *Jurnal Geodesi Undip*, 5(2).
- Adnyana, I. W. S. (2009). *Peranan Konservasi Tanah dan Air Pada Pengelolaan Daerah*

Aliran Sungai. Orasi Ilmiah, Pidato Pengukuhan Guru Besar Tetap dalam Bidang Konservasi Tanah dan Air pada Program Studi Agroekoteknologi Fakultas Pertanian Universitas Udayana, Denpasar.

- Arnas H., Denta W., Deamasari D. R., Aryka C. E. P., Febrian A., Devitasari., Faturrahman S. D., Felia Y., & Febryan G. (2020). Pemanfaatan Informasi Spasial Berbasis SIG untuk Pemetaan Tingkat Kerawanan Longsor di Kabupaten Bandung Jawa Barat, Jawa Barat. *Jurnal Geosains dan Remote Sensing (JGRS)*, 1(1), 23-31.
- Barus, B. (1999). Landslide Hazard Mapping based on GIS Univariate Statistical Classification: Case Study of Ciawi-Puncak-Pacet Regions, West Java. *Jurnal Ilmu Tanah dan Lingkungan*, 2(1).
- Karnawati, D. (2005). *Bencana Alam Gerak Massa Tanah di Indonesia dan Upaya Penanggulangannya*. Universitas Gajah Mada: Yogyakarta.
- Fahrurnisa W. A., Andri S., & Arwan P. W. (2016). Pembuatan Peta Potensi Lahan Berdasarkan Kondisi Fisik Lahan Menggunakan Metode Weighted Overlay. *Jurnal Geodesi Undip*, 5(2).
- Matondang, J. P. (2013). *Analisis Zonasi Daerah Rentan Banjir Dengan Pemanfaatan Sistem Informasi Geografis*. Universitas Diponegoro: Semarang.
- Pramita, V., Gandasasmita, K., & Munibah, K. (2014). Arahan Pemanfaatan Lahan Untuk Upaya Mengurangi Bahaya Longsor Di Kabupaten Agam Dan Kabupaten Padang Pariaman, Sumatera Barat. *Majalah Ilmiah Globe*, 16(2), 141-148.
- Puslittanak. (2004). *Sumber Daya Lahan Indonesia dan Pengelolaannya*. Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Departemen Pertanian.
- Ramadhan, T. E., Suprayogi, A., & Nugraha, A. L. (2017). Pemodelan Potensi Bencana Tanah Longsor Menggunakan Analisis Sig Di Kabupaten Semarang. *Jurnal Geodesi Undip*, 6(1), 118-127.
- Ramadhani, N. I., & Idajati, H. (2017). Identifikasi Tingkat Bahaya Bencana Longsor, Studi Kasus : Kawasan Lereng Gunung Lawu, Kabupaten Karanganyar, Jawa Tengah. *Jurnal Teknik ITS*, 6(1), 87-90.
- Santoso, H. (2012). Aplikasi "SSOP BANTAL" Berbasis DAS untuk penanggulangan banjir dan tanah longsor. *Jurnal Penanggulangan Bencana*, 3(1), 43-54.