



Pemanfaatan Sistem Informasi Geografis Untuk Analisis Kerentanan Banjir Lahar Dingin Terhadap Mata Air dan Jaringan Pipa PDAM Tirta Sembada Kabupaten Sleman

Reosa Andika Firmansyah, R. Gagak Eko Bhaskoro, Aji Hilmi Arianto

Program Studi Teknik Lingkungan, Akademi Teknik Tirta Wiyata, Magelang

E-mail: reosandika@gmail.com

Diterima 20 Oktober 2023, Direvisi 08 Desember 2023, Disetujui Publikasi 30 Desember 2023

Abstract

The cold lava flood disaster that occurred on Mount Merapi adversely affected the infrastructure, including PDAM Tirta Sembada's assets, namely pipes. This research discusses utilizing a Geographic Information System (GIS) to identify the level of cold lava flood hazard in the Pakem and Turi sub-districts. This research was conducted by collecting and analyzing spatial data in the form of cold lava flood hazard data to obtain an overview of areas vulnerable to cold lava floods. Classification of the condition level of PDAM pipelines and springs to the cold lava flood hazard was conducted. These conditions need efforts to minimize the impact of cold lava disasters by analyzing hazard map data using geographic information systems to zoning based on cold lava flood events in Sleman Regency. The results of the classification of cold lava flood hazard zoning classes are divided into three class categories: low, medium, and high. The results of the classification analysis of the condition level of springs and pipes of PDAM Tirta Sembada are good, medium, and bad. The data allows mapping the relationship between water sources and critical infrastructure such as drinking water supply. The result of this research is that there are 51,275.98 m of pipes in poor condition and 6 springs in poor condition. While the results of the analysis of the cold lava flood hazard to springs and pipelines there are 2 springs in unsafe condition and 48 pipeline sections in unsafe condition.

Keywords: Cold Lava, Mapping, Pipeline Network, Spring, Vulnerability

Abstrak

Bencana banjir lahar dingin yang terjadi di Gunung Merapi berakibat buruk terhadap infrastruktur tak terkecuali aset PDAM Tirta Sembada yaitu pipa. Penelitian ini membahas tentang Pemanfaatan Sistem Informasi Geografis (SIG) untuk mengidentifikasi tingkat bahaya banjir lahar dingin di Kecamatan Pakem dan Kecamatan Turi. Penelitian ini dilakukan dengan pengumpulan dan analisis data spasial berupa data bahaya banjir lahar dingin sehingga didapatkan gambaran wilayah-wilayah yang rentan terhadap banjir lahar dingin. Dilakukan klasifikasi tingkat kondisi jaringan pipa PDAM dan mata air terhadap bahaya banjir lahar dingin. Kondisi tersebut perlu upaya untuk meminimalisasi dampak bencana lahar dingin dengan menganalisis data peta bahaya menggunakan sistem informasi geografis terhadap zonasi berdasarkan kejadian banjir lahar dingin di Kabupaten Sleman. Hasil klasifikasi kelas zonasi bahaya banjir lahar dingin dibagi menjadi tiga kategori kelas yaitu kelas rendah, sedang, dan tinggi. Hasil analisis klasifikasi tingkat kondisi mata air dan pipa PDAM Tirta Sembada yaitu baik, sedang, dan buruk. Data tersebut memungkinkan pemetaan hubungan sumber air dan infrastruktur penting seperti pasokan air minum. Hasil dari penelitian ini adalah didapatkan pipa dengan kondisi buruk sepanjang 51.275,98 m dan didapatkan 6 mata air dalam kondisi buruk. Sedangkan hasil analisis tentang bahaya banjir lahar dingin terhadap mata air dan jaringan pipa terdapat 2 mata air dalam kondisi tidak aman serta 48 ruas pipa dalam kondisi tidak aman.

Kata kunci: Jaringan; Kerentanan; Mata air; Pemetaan; Pipa; Lahar dingin.

A. Pendahuluan

Gunung Merapi merupakan salah satu gunung yang masih aktif di Indonesia. Secara rata-rata Gunung Merapi meletus dalam siklus pendek yang terjadi setiap antara 2 - 5 tahun, sedangkan siklus menengah setiap 5 - 7 tahun (Rahayu dkk, 2014). Bahaya letusan gunung api tidak hanya menyebabkan bencana primer seperti bahaya aliran piroklastik dan awan panas, tetapi juga memberikan bencana sekunder berupa lahar dingin. Lahar dingin merupakan aliran material vulkanik yang biasanya berupa campuran batu, pasir, dan kerikil akibat adanya aliran air yang terjadi di lereng gunung (Putro, 2010). Tingginya curah hujan yang jatuh di atas timbunan material vulkanik, akan mengalirkan material vulkanik tersebut ke daerah-daerah yang lebih rendah dan bisa menimbulkan bencana yang tidak kalah bahayanya dari bahaya primer erupsi. Bahaya lahar dingin membawa dampak negatif atau merugikan, salah satunya bagi Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) Tirta Sembada Kabupaten Sleman.

PDAM Tirta Sembada memiliki jaringan perpipaan dan sumber air baku di kawasan lereng Gunung Merapi. Sumber air baku PDAM Tirta Sembada salah satunya adalah sumber Mata Air Umbul Wadon yang terletak di lereng Gunung Merapi tersebut dan telah dimanfaatkan sebesar 92,5 liter/detik (Laporan hasil pengukuran debit air pipa-pipa dan saluran terbuka di Plunyon, 2023) . Mata air Umbul Wadon merupakan mata air kontak, muncul terkonsentrasi pada sungai Kali Kuning yang terletak di Dusun Pankrejo, Desa Umbulharjo, Kecamatan Cangkringan, Kabupaten Sleman (Nugroho 2014). Sumber Mata Air Umbul Wadon menjadi sumber bagi beberapa unit PDAM Tirta Sembada, antara lain unit Kalasan, unit Ngemplak, unit Condong Catur, unit Depok, unit Pakem Turi, unit Ngaglik, dan unit Sleman dengan jumlah kapasitas total dari

semua unit adalah 92 l/detik. Potensi sumber daya di kawasan Merapi tergolong besar dalam penyediaan air bagi penduduk setempat, akan tetapi potensi tersebut terganggu oleh erupsi Merapi baik langsung terhadap sumber-sumber air maupun tidak langsung karena rusaknya infrastruktur air di kawasan Merapi.

Dalam standar kinerja PDAM Tirta Sembada Sleman, dibutuhkan pelaksanaan Rencana Pengamanan Air Minum (RPAM) untuk menciptakan pengelolaan dan pelayanan air minum yang menjamin aspek 4K (Kualitas, Kuantitas, Kontinuitas, dan Keterjangkauan) (Dirjen Cipta Karya Kementerian Pekerjaan Umum, 2012). Salah satu upaya untuk menjamin prinsip 4K tercapai adalah dengan memulai proses monitoring pada sumber air baku dan aset terhadap bencana lahar dingin material vulkanik melalui sebuah sistem bernama Sistem Informasi Geografis (SIG) guna rencana pengamanan air minum. SIG sebagai sistem informasi yang digunakan untuk memasukkan, menyimpan, mengolah kembali, menganalisis, dan menghasilkan data bereferensi geografis untuk mengambil keputusan dalam perencanaan dan pengelolaan penggunaan lahan, sumber daya alam, lingkungan, transportasi, fasilitas kota, dan pelayanan umum lainnya (Murai, 1999). Berdasarkan latar belakang tersebut, maka penulis mengambil judul “Pemanfaatan Sistem Informasi Geografis untuk Analisis Bahaya Banjir Lahar Dingin Terhadap Sumber Mata Air dan Jaringan Pipa PDAM Tirta Sembada Kabupaten Sleman”. Sehingga dihasilkan data sebagai bahan analisis dalam penanganan bahaya banjir lahar dingin terhadap mata air dan jaringan pipa.

B. Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan pengambilan data serta pengumpulan data bahaya banjir lahar dingin dari data peta yang digunakan untuk pengolahan data dan dipadukan dengan data jaringan pipa PDAM Tirta Sembada Kabupaten Sleman serta data mata air di Kabupaten Sleman. Data yang telah dikumpulkan diolah dengan melakukan digitasi tingkat kondisi jaringan pipa PDAM dan mata air terhadap bahaya banjir lahar dingin.

Pengambilan sampel dilakukan secara random sampling berdasarkan wilayah dengan tingkat bahaya rendah, sedang, dan tinggi. Pengumpulan informasi dilakukan dengan cara observasi untuk mengetahui keadaan kondisi jaringan pipa PDAM dan mata air di lapangan. Observasi yang dilakukan meliputi validasi kondisi pipa, dan kondisi mata air. Penentuan kondisi pipa dan kondisi mata air dilakukan dengan mengklasifikasikan berdasarkan tiap parameter dengan metode skoring dan pembobotan.

Tabel 1. Tingkat Bahaya Banjir Lahar Dingin

No.	Tingkat Bahaya	Kelas
1.	Rendah	I
2.	Sedang	II
3.	Tinggi	III

Sumber: Peraturan Kepala BNPB No. 02 Tahun 2012

Tabel 2. Klasifikasi Nilai Skor Kondisi Jaringan Pipa (Tahun Pasang)

No.	Tahun Pasang	Skor
1.	2016 – 2022	1
2.	2010 – 2015	3
3.	< 2009	5

Sumber: Firmansyah (2021) Modifikasi Penulis

Tabel 3. Klasifikasi Nilai Skor Kondisi Jaringan Pipa (Jenis Pipa)

No.	Jenis Pipa	Skor
1.	Steel Pipe	1
2.	GIP	2
3.	GRP	3
4.	HDPE	4
5.	PVC	5

Sumber: Firmansyah (2021) Modifikasi Penulis

Tabel 4. Klasifikasi Nilai Skor Kondisi Jaringan Pipa (Kedalaman)

No.	Kedalaman	Skor
1.	> 1,50 m	1
2.	1,20 – 1,40 m	2
3.	1,10 – 1,20 m	3
4.	0,75 – 0,9 m	4
5.	<0,6 m	5

Sumber: SNI-7511 (2011)

Tabel 5. Klasifikasi Nilai Skor Sumber Mata Air (Kondisi)

No.	Kondisi	Skor
1.	Terjaga	1
2.	Kurang Terjaga	3
3.	Tidak Terjaga	5

Sumber: Prakoso (2020) Modifikasi Penulis

Tabel 6. Klasifikasi Nilai Skor Sumber Mata Air (Fisik Mata Air)

No.	Fisik Mata Air	Skor
1.	Tertutup	1
2.	Semi Tertutup	3
3.	Terbuka	5

Sumber: Prakoso (2020) Modifikasi Penulis

Tabel 7. Klasifikasi Nilai Skor Sumber Mata Air (Jarak Buffer Sungai)

No.	Jarak	Skor
1.	> 100 m	1
2.	75 – 100 m	2
3.	50 – 75 m	3
4.	25 – 50 m	4
5.	0 – 25 m	5

Sumber: Kusumo (2016) Modifikasi Penulis

Tabel 8. Klasifikasi Nilai Skor Elevasi Mata Air Terhadap Elevasi Sungai

No.	Fisik Mata Air	Skor
1.	> 100 m	1
2.	25 – 50 m	2
3.	50 – 75 m	3
4.	25 – 50 m	4
5.	0 – 24 m	5

Sumber: Prakoso (2020) Modifikasi Penulis

Metode yang digunakan untuk menentukan nilai dalam pembobotan salah satunya adalah dengan metode ranking atau *rank sum* (Malczwski, 1999), pembobotan dibuat berdasarkan skoring tiap parameter. Penyusunan bobot dibuat dalam beberapa tingkatan tertentu. Kriteria dan bobot dibuat berdasarkan kondisi yang terdapat pada wilayah penelitian dalam persamaan 1. Penentuan ranking bisa berdasarkan tingkat kepentingan tiap parameter. Parameter paling penting diberi ranking 1, parameter penting diberi ranking 2, dan parameter kurang penting dapat diberi nilai 3. Rumus yang digunakan dalam metode rank sum adalah sebagai berikut:

$$W_j = \frac{(n-r_j+1)}{\sum(n-r_p+1)} \quad (1)$$

W_j = bobot normal untuk parameter ke- j ($j = 1, 2, 3, \dots, n$)

n = banyaknyaparameter yang sedang dikaji

p = parameter ($p = 1, 2, 3, \dots, n$)

r_j = posisi ranking suatu parameter

Tabel 9. Ranking Parameter Jaringan Pipa

No	Parameter	Ranking	Bobot
1	Kedalaman	1	0,5
2	Jenis pipa	2	0,33
3	Tahun pasang	3	0,17

Sumber: Firmansyah (2021) Modifikasi Penulis

Tabel 10. Ranking Parameter Mata Air

No	Parameter	Ranking	bobot
1.	Jarak ke Sungai	1	0,4
2.	Perbedaan elevasi	2	0,3
3.	Fisik Mata Air	3	0,2
4.	Kondisi	4	0,1

Sumber: Firmansyah (2021) Modifikasi Penulis

Tabel 11. Klasifikasi Kondisi Jaringan Pipa dan Mata Air

Kelas	Kondisi
I	Baik
II	Sedang
III	Buruk

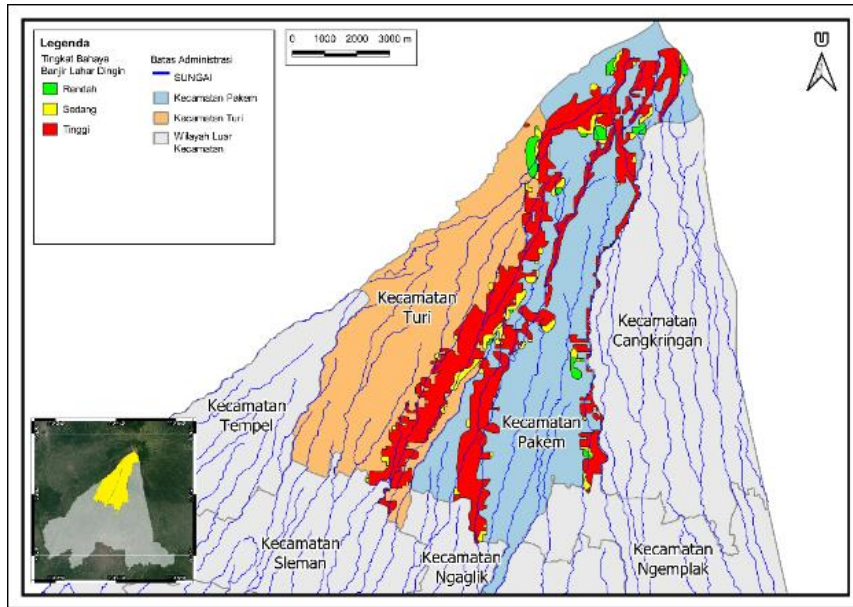
C. Hasil Penelitian Dan Pembahasan

1. Hasil Tingkat Persebaran Bahaya Banjir Lahar Dingin

Tabel 12. Klasifikasi Tingkat Persebaran Bahaya Banjir Lahar Dingin

No.	Tingkat Bahaya	Kelas
1.	Rendah	I
2.	Sedang	II
3.	Tinggi	III

Sumber: Peraturan Kepala BNPB No. 02 Tahun 2012.



Gambar 1. Peta Persebaran Bahaya Banjir Lahar Dingin Kecamatan Pakem Turi

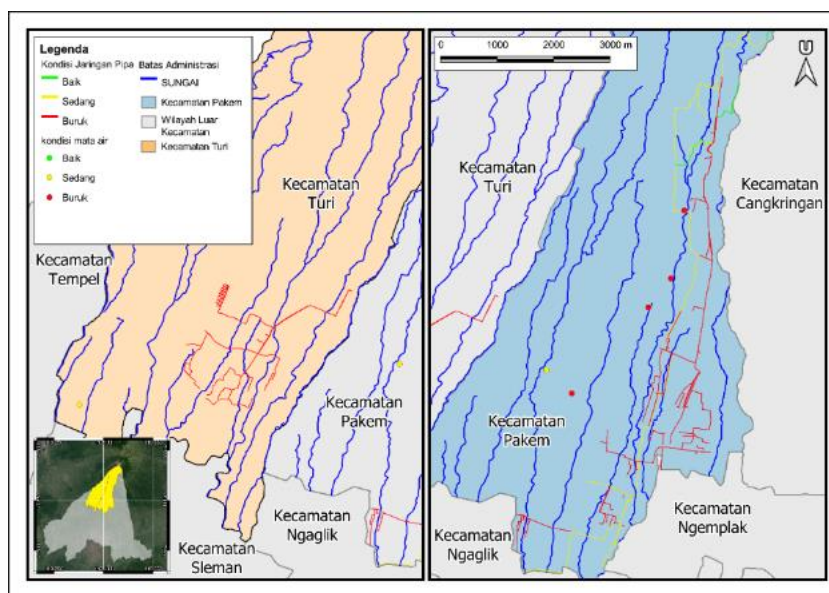
Sumber: BPBD Kabupaten Sleman

Tabel 13. Luas Wilayah Berdasarkan Tingkat Bahaya Banjir Lahar Dingin

Tingkat Bahaya	Kelas	Luas Wilayah (km ²)	Persentase
Rendah	I	1,118	1,29 %
Sedang	II	2,043	2,35 %
Tinggi	III	16,371	18,83 %
Tidak terdampak		67,398	77,53 %
Total		86,930	100

Hasil skoring Mata Air dan Jaringan Pipa PDAM Tirta Sembada

Analisis dilakukan berdasarkan pada data atribut yang telah dimasukkan pada mata air dan peta jaringan pipa. Terdapat beberapa atribut yang terdapat dalam peta mata air dan jaringan pipa yang dipergunakan untuk melakukan skoring dan pembobotan terhadap kondisi pipa dan mata air. Setelah melakukan skoring dan pembobotan didapatkan kelas untuk menentukan klasifikasi tingkat kondisi mata air.



Gambar 2. Gambar kondisi mata air dan jaringan pipa

Setelah dilakukan skoring, didapatkan hasil seperti pada tabel diatas dan selanjutnya akan diklasifikasikan seperti tabel dibawah berikut :

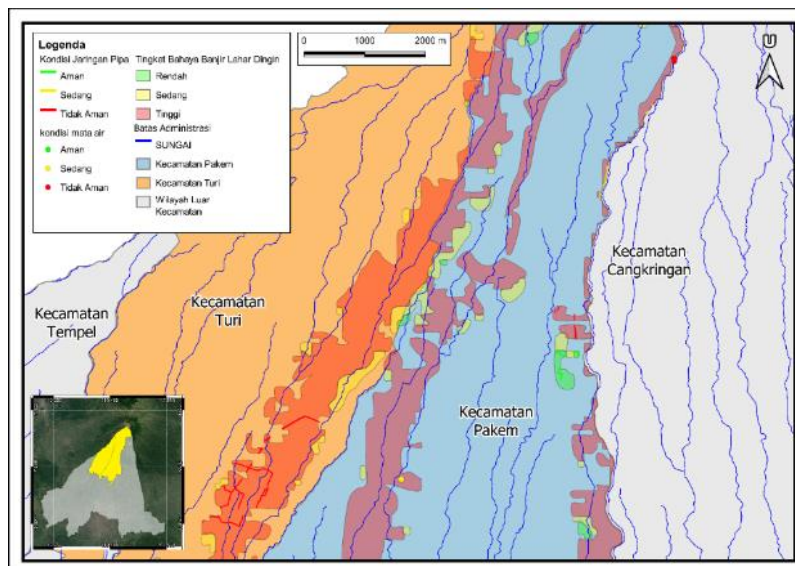
Tabel 14. Klasifikasi Tingkat Kondisi Mata Air

Kelas	Skor	Jumlah mata air	Persentase
Baik (I)	1,0- 2,3	0	0 %
Sedang (II)	2,3- 3,6	2	25 %
Buruk (III)	3,6- 5,0	6	75 %
Total		8	100

Hasil Klasifikasi Kelas Mata Air dan Jaringan Pipa Terhadap Banjir Lahar Dingin

Tabel 15 Klasifikasi Tingkat Kondisi Jaringan Pipa Berdasarkan Kelas

Kelas	Skor	Panjang (meter)	Persentase
Baik (I)	1,0 - 2,3	3.637,32	4,65%
Sedang (II)	2,3 - 3,6	23.254,43	29,75%
Buruk (III)	3,6 - 5,0	51.275,98	65,60%
Total panjang		78.167,73	100%



Gambar 3. Gambar Bahaya Banjir Lahar Dingin Terhadap Mata Air dan Jaringan Pipa Kecamatan Pakem dan Turi

Didasarkan pada gambar 3 dapat dimanfaatkan untuk mengetahui mata air dan jaringan pipa yang termasuk dalam tingkat klasifikasi persebaran bahaya banjir lahar dingin. Sedangkan dari tabel 5.5 dan tabel 5.7 dapat digunakan untuk skoring serta pembobotan klasifikasi terhadap bahaya banjir lahar dingin dan tingkat kondisi mata air dan jaringan pipa yang terdapat pada tabel 16 dan tabel 17 dengan menggunakan analisis intersect. Hasil dari klasifikasi terhadap tingkat bahaya banjir lahar dingin dan kondisi mata air serta sistem skoring dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 16 Klasifikasi Tingkat Bahaya Banjir lahar dingin dan tingkat kondisi mata air

Kelas	Jumlah	Persentase
Aman	0	0
Sedang	1	25%
Tidak Aman	2	75%
Total	3	100%

Tabel 17 Klasifikasi Tingkat Bahaya banjir lahar dingin dan tingkat kondisi jaringan pipa

Kelas	Jumlah (Ruas Pipa)	Persentase
Aman	4	6%
Sedang	9	15%
Tidak Aman	48	79%
Total	61	100%

D. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan diperoleh 3 (tiga) kelas bahaya banjir lahar dingin Gunung Merapi di Kabupaten Sleman. Tingkat bahaya banjir lahar dingin dengan kelas rendah adalah seluas 1,118 km² atau 1,29 %, luas wilayah dengan tingkat bahaya banjir lahar dingin dengan kelas sedang adalah seluas 2,043 km² atau 2,35 %, luas wilayah dengan tingkat bahaya banjir lahar dingin dengan kelas tinggi adalah seluas 67,398 km² atau 77,53 % dari luas Kabupaten Sleman.

Hasil analisis analisis klasifikasi tingkat zonasi bahaya banjir lahar dingin terhadap jaringan pipa PDAM Tirta Sembada. Didapatkan pipa berwarna merah masuk ke dalam tingkat tidak aman 65,60% pipa dengan warna kuning masuk ke tingkat sedang 29,75% dan pipa dengan warna hijau adalah pipa dengan tingkat aman 4,65%.

Daftar Pustaka

Aisyah, Nur dan Dwi Indah Purnamawati. 2012. *Tinjauan Dampak Banjir Lahar Kali Putih, Kabupaten Magelang Pasca Erupsi Merapi 2010*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS).as

Arcgis Desktop Help Z. 2021. *A Quick tour of geoprocessing references*. Dalam *Arcgis Desktop*. <https://desktop.arcgis.com/en/arcmap/latest/tools/main/a-quick-tour-of-geoprocessing-tool-.htm>. Diakses 23 sMaret 2023 pukul 22.50.

Aronoff, S. (1989). *Geographic Information System: A Management Perspective, Canadian, Ottawa* : WDL Publication.

Badan Pengembangan Sumber Daya Manusia. 2018. *Pelaksanaan Pekerjaan Perpipaan*

Badan Nasional Penanggulangan Bencana. 2012. *Peraturan Kepala Badan Nasional Penanggulangan Bencana Nomor 02 Tahun 2012 Tentang Pedoman Umum Pengkajian Risiko Bencana. Peraturan Kepala Badan Nasional Penanggulangan Bencana: 1–67*.

Badan Standarisasi Nasional. 2011. SNI-7511-2011 Tata cara pemasangan pipa transmisi dan pipa distribusi serta bangunan pelintas pipa.

Direktoran Jendral Cipta Karya Kementerian Pekerjaan Umum. 2012. *Pedoman RPAM unruk SPAM JP*.

DEMNAS.<<https://tanahair.indonesia.go.id/demnas/#/>> Diakses 23 Juli 2023 pukul 20.05.

Firmansyah, Reosa Andika, dkk. 2021. *Analisis Kerentanan Aksesoris dan Pipa Air Minum Terhadap Banjir Rob Menggunakan Aplikasi SIG di Jakarta Utara PAM Jaya DKI Jakarta*. Diakses 20 Juli 2023, dari Jurnal Georaflesia. Artikel ilmiah pendidikan geografi

Guntara, I. 2013. *Pengertian Overlay dan Pengertiannya*. dalam Guntara.com. <http://www.guntara.com/2013/01/pengertian-overlay-dalam-sistem.html>. Diakses 23 Maret 2023 pukul 22.05.

Iddom, Addi M. 2021. *Sistem Informasi Geografis: Pengertian, Komponen, dan Prosesnya*. Dalam *tirto.id*. <https://tirto.id/sistem-informasi-geografis-pengertian-komponen-dan-prosesnya-glqu>. Diakses 23 Maret 2023 pukul 21.23.

- Ishak, Idris Sahdi dan Eko Prasetyawan Prakoso. 2006. *Optimalisasi Pemanfaatan Sumber Air Umbul Wadon Untuk Irigasi dan Penyediaan Air Bersih*. Yogyakarta: Universitas Islam Indonesia.
- Jatmiko. 2011. *Pengembangan Peta Tiga Dimensi Interaktif Gedung Teknik Elektro Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya Menggunakan Unreal Engine*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Kusumo, Probo dan Evi Nursari. 2016. *Zonasi Tingkat Kerawanan Banjir Dengan Sistem Informasi Geografis Pada DAS Cidurian Kab. Serang, Banten. STRING (Satuan Tulisan Riset dan Inovasi Teknologi) 1(1): 29–38*.
- Laporan Hasil pengukuran debit air pipa-pipa dan saluran terbuka di Plunyon, 2023
- Larasati, Zahra Rahma, Teguh Hariyanto dan Akbar Kurniawan. 2017. *Pemetaan Daerah Risiko Banjir Lahar Berbasis SIG Untuk Menunjang Kegiatan Mitigasi Bencana (Studi Kasus: Gunung Semeru, Kab. Lumajang)*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember
- Malczewski, J. (1999). *GIS and Multiple-criteria Decision Analysis*. New York: John Wiley & Sons.
- Nugroho, Adityo. 2014. "Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan Universitas Gunadarma." (16309863): xviii + 123 + Lampiran.
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 38 Tahun 2011 Tentang Sungai.
- Peraturan Kepala Badan Nasional Penanggulangan Bencana Nomor 02 Tahun 2012 Tentang Pedoman Umum Pengkajian Risiko Bencana
- Prakoso, Bergas Aryo. 2020. *Pemetaan Zonasi Rawan Tanah Longsor Terhadap Broncaptering PDAM Tirta Gemilang dan Mata Air di Kecamatan Grabag, Kabupaten Magelang*. Magelang: Akademi Teknik Tirta Wiyata.
- Prastowo. 2008. *Penyelamatan Tanah Air dan Lingkungan*. Arsyad S dan Rustiadi E (ed). Jakarta (ID): Yayasan Obor Indonesia. Pustaka Baru Press
- Putro, Hadi, Suyitno. 2010. *Dampak Bencana Aliran Lahar Dingin Gunung Merapi Pasca Erupsi di Kali Putih*. Dalam ppm.uui.ac.id/.../3d_Artikel_suyitno.pdf. Diakses tanggal 20 Maret 2023, pukul 15.00 WIB.
- Rahayu dkk. 2014. *Dampak Erupsi Gunung Merapi Terhadap Lahan dan Upaya-Upaya Pemulihannya*. Surakarta: Jurusan Ilmu Tanah Fakultas Pertanian Universitas Sebelas Maret.
- Samangan, Khafi Triadifa. 2021. *Analisis Kerentanan Aksesoris dan Pipa Air Minum Terhadap Banjir Rob Menggunakan Aplikasi SIG di Jakarta Utara PAM Jaya DKI Jakarta*. Magelang: Akademi Teknik Tirta Wiyata.
- Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 24 Tahun 2007 Tentang Penanggulangan Bencan