

GEOLOGI DAN ANALISIS RISIKO BENCANA TSUNAMI DI BANDARA INTERNASIONAL YOGYAKARTA DAN SEKITARNYA, KABUPATEN KULONPROGO, DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA

Arrini Syahidah, Bambang Kuncoro Prasongko, Sugeng Raharjo

Prodi Teknik Geologi, Fakultas Teknologi Mineral, UPN "Veteran" Yogyakarta

Jl. SWK (104) Lingkar Utara, Condongcatur, Depok, Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta, 55283

Sari – Penelitian geologi dan analisis risiko bencana tsunami ini dilakukan dengan tujuan untuk menentukan kondisi geologi daerah penelitian dan kaitannya dengan tsunami. Lokasi penelitian berada di Kecamatan Temon, Wates, Kokap, Kabupaten Kulonprogo, Daerah Istimewa Yogyakarta dan Kecamatan Purwodadi, Bagelen, Kabupaten Purworejo, Jawa Tengah. Penelitian ini dilakukan dengan pemetaan dan pengamatan dengan skala desa atau kelurahan berbasis pendekatan pola pengaliran secara menyeluruh dan geomorfologi berbasis genetik. Metode penelitian menggunakan tiga tahap, yaitu tahap akuisisi, tahap analisis, dan tahap sintesis. Pola pengaliran daerah penelitian adalah sub-paralel. Bentuklahan daerah penelitian yaitu pantai (M2), beting gisik (M1), laguna (M3), tubuh sungai (F3), gosong sungai (F2), dataran aluvial (F1), dan perbukitan denudasional (D1). Tersusun atas Satuan breksi Kaligesing dengan litologi breksi andesit dan lava andesit, Satuan batugamping Sentolo dengan litologi kalkarenit sampai kalsilitit, dan Satuan endapan Aluvial yang terdiri atas pasir sangat halus-pasir kasar hasil endapan marin dan pasir, lempung hasil endapan fluvial. Urutan stratigrafi daerah penelitian dari tua ke muda, breksi Kaligesing (Oligosen akhir-Miosen awal), batugamping Sentolo (N16) (Miosen akhir), dan satuan endapan aluvial (Holosen). Struktur geologi pada daerah penelitian yaitu kekar yang terdapat di bagian utara pada peta. Analisis risiko bencana menggunakan empat faktor, yaitu ancaman, kerentanan, ketahanan, dan keterpaparan. Hasil analisis risiko bencana, didapatkan dari hasil overlay faktor ancaman, kerentanan, ketahanan, dan keterpaparan. Mendapatkan hasil yaitu desa dengan potensi risiko bencana tsunami rendah pada morfologi bukit, dan desa dengan kelas sedang dan tinggi pada morfologi dataran.

Kata Kunci : analisis risiko bencana, ancaman, bandara YIA, kerentanan, ketahanan, keterpaparan, dan tsunami

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Bandar Udara Yogyakarta *International Airport* (YIA), lokasinya berada di wilayah pesisir Kabupaten Kulonprogo, Daerah Istimewa Yogyakarta. YIA terletak di antara dua sungai, yaitu Sungai Bogowonto di bagian barat dan Sungai Serang di bagian timur. Menurut Fauzi et al., (2019) keberadaan muara sungai diantara YIA, dapat menyebabkan gelombang tsunami masuk ke daratan lebih dari 2 kilometer (km), dan dapat menyebabkan pembelokan arah gelombang saat bertemu dengan topografi bergelombang di sepanjang sungai. Menurut (Aris et al., 2018) Gelombang yang datang membentuk sudut akan menyebabkan munculnya arus penyusur pantai yang bisa menimbulkan kerugian akibat abrasi dan sedimentasi di sekitar bangunan.

Berdasarkan Peta Geologi Lembar Yogyakarta Rahardjo et al., (1977) daerah penelitian termasuk ke dalam Formasi Andesit Tua (*Old Andesit Formation*), Formasi Sentolo (*Sentolo Formation*), dan Endapan Aluvial. Menurut Pringgiprawiro dan Riyanto, (1987) dalam Harjanto, (2011) Formasi Andesit Tua dibagi menjadi dua formasi, yaitu Kaligesing dan Dukuh. Formasi Kaligesing memiliki litologi breksi monomik dengan fragmen andesit, sisipan batupasir, dan lava andesit. Formasi Sentolo memiliki litologi batugamping berlapis dan batugamping terumbu.

Berdasarkan interpretasi citra *google earth*, dan Peta Rupa Bumi Indonesia skala 1:25.000, daerah penelitian memiliki bentuk asal marin, eolian, fluvial, dan denudasional. Marwasta & Priyono, (2007) dan Poetra et al., (2020) menyebutkan bentuk lahan yang ada berupa gisik (*flat* 0-2%), beting gisik (*flat* 0-2%), laguna (*flat* 0-2%), dataran *fluviomarine* (*flat* 0-2%), dataran aluvial (*flat* 0-3%) dan perbukitan denudasional (*steep* 30-70%). Marwasta & Priyono, (2007) menjelaskan morfologi landai pada pesisir Pantai Selatan Yogyakarta menyebabkan air masuk jauh ke daratan apabila terkena gelombang tinggi. Selain itu menurut Sofyan et al., (2010) ketika gelombang mempunyai ketinggian dan kecepatan rambat yang sangat tinggi dan menghantam pantai, akan banyak volume air yang terkumpul dan mengangkut material pantai ke tengah laut atau ke tempat lain.

Catatan sejarah tsunami BMKG (2018), di wilayah Jawa, tercatat sebaran sumber tsunami tahun 416-2018, terjadi pada tahun 1921, 1930, 1963, 1985, 2006, dan 2013. Menurut Lavigne et al., (2007) gempa bumi

Pangandaran pada 17 Juli 2006, menyebabkan distribusi ketinggian tsunami 4,1 meter di Kulonprogo. Menurut Widiyantoro et al., (2020) Pantai Selatan Jawa memiliki potensi tsunami dengan ketinggian maksimal 20 meter dan 12 meter di Selatan Jawa Barat dan Jawa Timur, dengan rata-rata ketinggian 4,5 meter di sepanjang Pantai Selatan Jawa. Adanya bandara YIA disekitar pesisir dengan morfologi datar, litologi berupa material pasir lepas, dan lokasi bandara yang berada diantara dua sungai, dapat menyebabkan gelombang tsunami masuk ke daratan lebih jauh. Sehingga dari penjelasan di atas perlu dilakukannya analisis risiko bencana tsunami di YIA dan sekitarnya.

Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian secara administratif berada di Kecamatan Temon, Wates, Kokap, Kabupaten Kulonprogo, Daerah Istimewa Yogyakarta dan Kecamatan Purwodadi, Bagelen, Kabupaten Purworejo, Jawa Tengah. Koordinat kavling 392500-400400 mE ($7^{\circ}55'22.42''S$ - $7^{\circ}55'23.01''S$) dan 9124100-9130500 mN ($110^{\circ}1'29.00''E$ - $110^{\circ}5'46.99''E$) dengan luas 7,9 x 6,4 km.



Gambar 7. Lokasi Penelitian

METODE

Metode penelitian menggunakan tiga tahap, yaitu tahap akuisisi terdiri atas data primer, tahap analisis terdiri dari analisis pola pengaliran, geomorfologi, litologi, stratigrafi, struktur geologi, petrografi, paleontologi, ancaman, kerentanan, ketahanan, dan keterpaparan, tahap sintesis terdiri dari geologi daerah bandara YIA, dan sekitarnya, dan analisis risiko bencana tsunami.

GEOLOGI REGIONAL

Daerah penelitian terletak di Kulonprogo, Yogyakarta dan Purworejo, Jawa Tengah. Secara fisiografis oleh Van Bemmelen,(1949) daerah penelitian termasuk ke dalam kubah dan punggungan pada zona depresi Jawa Tengah atau kubah Kulonprogo. Berdasarkan Peta Geologi Lembar Yogyakarta Rahardjo, (1977) dan Pringgoprawiro dan Riyanto,(1987), urutan stratigrafi daerah penelitian dari tua ke muda adalah Formasi Kaligesing, Formasi Sentolo, dan Endapan Aluvial. Berdasarkan Widagdo et al., (2016) kelurusan berarah barat-laut-tenggara yang banyak berkembang di bagian tengah dan selatan Pegunungan Kulon Progo.

GEOLOGI DAERAH PENELITIAN

Pola Pengaliran

Berdasarkan pengamatan, pola pengaliran yang dijumpai di daerah penelitian adalah sub-paralel.

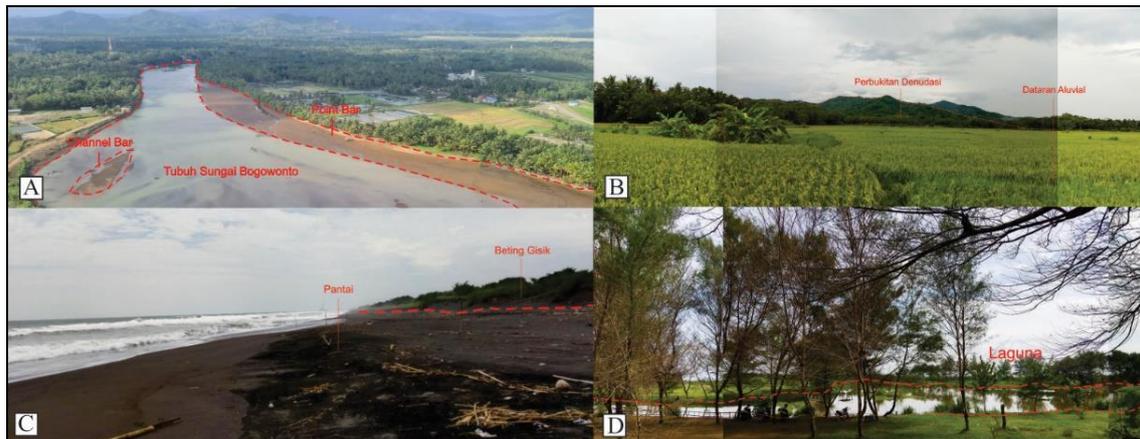
Pola Pengaliran Sub Paralel

Pola pengaliran sub-paralel menurut (Howard, 1967) memiliki ciri-ciri dikontrol oleh topografi dan terdapat kontrol struktur kecil. Menurut (Van Zuidam, 1985) pola pengaliran sub-paralel memiliki kelerengan yang relatif rendah-menengah. Jarak antar orde 1 berkisar 0,04-1,25 cm (>0,5-0,6 cm) yang sudah dikonversi, maka tekstur pengaliran termasuk halus. Dijumpai dua bentuk lembah yaitu lembah U dan V. Dijumpai sungai yang mengalir di atas material lepas (*alluvial stram*) dan mengalir di atas batuan dasar (*bedrock stream*).

Geomorfologi

Tabel 4. Pemerian aspek geomorfologi

Aspek Geomorfologi Satuan Bentuk Lahan	MORFOLOGI					MORFOGENESA		MORFOASOSIASI	
	MORFOGRAFI	MORFOMETRI			MORFOSTRUKTUR PASIF	MORFODINAMIK			
		KELERENGAN	ELEVASI	RELIEF			BENTUK LEMBAH		
DATARAN ALLUVIAL (F1)	Dataran	0-3% (Datar)	0°- 2,7°	Ketinggian 10-31,6 m	Topografi dataran	-	Material lepas dengan Resistensi lemah	Proses fluvial, transportasi, dan pengendapan	Berasosiasi dengan tubuh sungai
TUBUH SUNGAI (F2)	Lembah yang memanjang	0 - 2% (Datar)	0°- 1,8°	Ketinggian 0-7,6 m	Topografidataran	Bentuk U	Material lepas dengan Resistensi lemah	Proses fluvial, dan erosi.	Berasosiasi dengan gosong sungai dan dataran aluvial
GOSONG SUNGAI (F3)	Dataran	0 - 1% (Datar)	0°- 0,9°	Ketinggian 5,1-6,09 m	Topografidataran	-	Material lepas dengan Resistensi lemah	Proses fluvial, dan pengendapan	Berasosiasi dengan tubuh sungai
PERBUKITAN DENUASIONAL (D1)	Perbukitan	10-136% (Miring-sangat curam)	9°- 122,4°	Ketinggian 21,9-213,9 m	Topografi bergelombang kuat-topografi tersayat kuat-pegunungan	-	Batuan sedimen dengan Resistensi sedang-kuat	Proses pelapukan, dan erosi.	Berasosiasi dengan dataran aluvial
BETING GISIK (M1)	Dataran	0-2% (Datar)	0°- 1,8°	Ketinggian 2,7-10,3 m	Topografidataran	-	Material lepas dengan Resistensi lemah	Proses pengendapan	Berasosiasi dengan pantai, dataran aluvial, tubuh sungai, dan laguna
PANTAI (M2)	Dataran	0-1% (Datar)	0°- 0,9°	Ketinggian 0-8,5 m	Topografidataran	-	Material lepas dengan Resistensi lemah	Proses pengendapan	Berasosiasi dengan tubuh sungai, dan beting gisik
LAGUNA (M3)	Lembah	0-1% (Datar)	0°- 0,9°	Ketinggian 3,9-4,8 m	Topografidataran	-	Material lepas dengan Resistensi lemah	Proses marine dan pengendapan	Berasosiasi dengan tubuh sungai, beting gisik, dan pantai.



Gambar 8. Bentuk lahan daerah penelitian (A) Bentuk asal fluvial, (B) bentuk asal denudasi, (C) bentuk asal marin, dan (D) bentuk asal marin

Bentuk Asal Marin

Bentuk asal marin (Gambar 2C dan 2D) di daerah penelitian terdiri dari bentuk lahan beting gisik (M1), pantai (M2), dan laguna (M3). Penamaan bentuk lahan berdasarkan morfografi, morfometri, morfostruktur, morfodinamis, dan morfoasosiasi.

Bentuk Asal Fluvial

Bentuk asal fluvial (Gambar 2A) terdiri dari bentuk lahan tubuh sungai (F2), gosong sungai (F3), dan dataran aluvial (F1). Penamaan bentuk lahan berdasarkan morfografi, morfometri, morfostruktur, morfodinamis, dan morfoasosiasi.

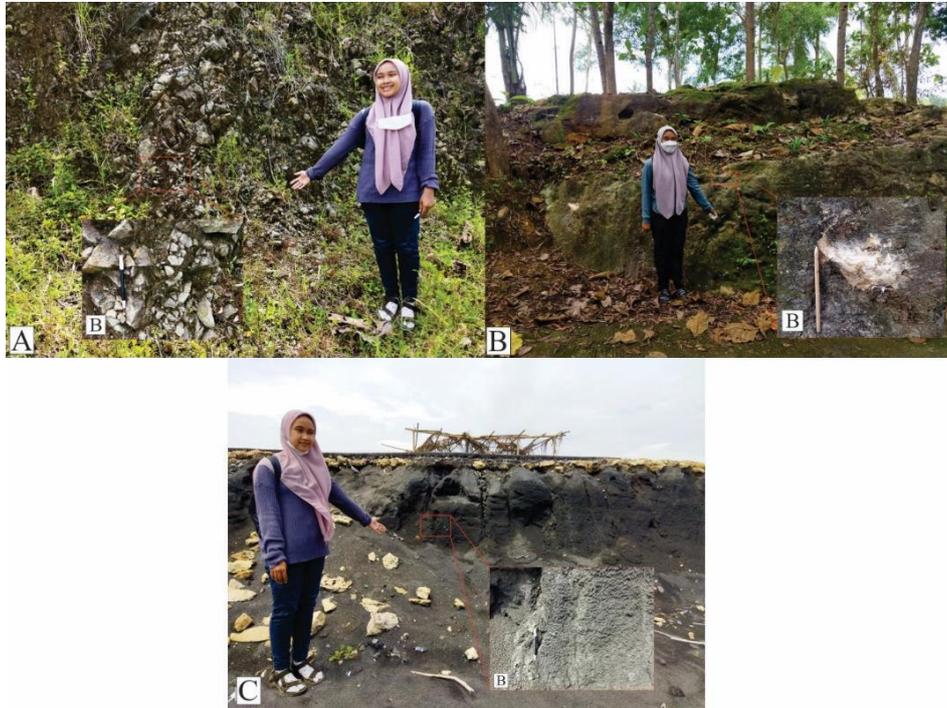
Bentuk Asal Denudasional

Bentuk asal denudasional (Gambar 2B) terdiri dari bentuk lahan perbukitan denudasional (D1). Penamaan bentuk lahan berdasarkan morfografi, morfometri, morfostruktur, morfodinamis, dan morfoasosiasi.

Stratigrafi

Satuan breksi Kaligesing

Berdasarkan pengamatan singakapan di lapangan, litologi yang paling dominan dalam satuan breksi Kaligesing ini adalah breksi andesit (Gambar 3A). Breksi dicirikan oleh karakteristik warna segar abu-abu; warna lapuk hitam kecoklatan; struktur sedimen masif; ukuran butir pasir kasar-bongkah ($0,8- >256$ mm); derajat pemilahan buruk; derajat pembundaran menyudut; kemas tertutup; fragmen berupa andesit, matriks berupa batupasir halus, dan semen silika.



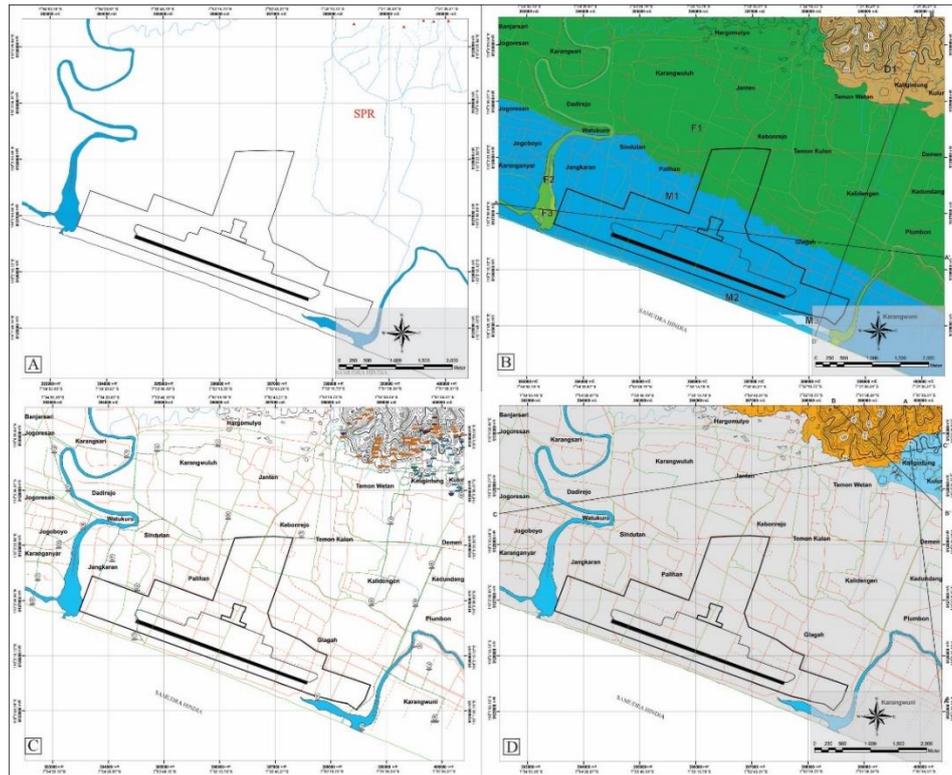
Gambar 9. Singkapan daerah penelitian (A) singkapan breksi, (B) singkapan batugamping, dan (C) singkapan endapan aluvial

Satuan batugamping Sentolo

Berdasarkan pengamatan singakapan di lapangan, litologi yang ditemukan ialah kalkarenit (Gambar 3B). Litologi kalkarenit secara megaskopis memiliki warna segar kekuningan; warna lapuk coklat tua, struktur perlapisan, ukuran butir arenit $0,08- <1$ mm, allochem pecahan cangkang, mikrit monomineralik karbonat, sporit karbonat.

Endapan Aluvial

Berdasarkan pengamatan lapangan, endapan aluvial (Gambar 3C) disusun oleh material lepas hasil dari pelapukan Pegunungan Kulonprogo dan mengalami transportasi, sehingga terendapkan dengan bantuan air dan angin. Memiliki ukuran butir yang beragam, lempung-kerikil. Endapan pasir pantai memiliki warna yang lebih hitam, dengan ukuran butir pasir sangat halus-pasir kasar (Nirmala et al., 2020). Sedangkan endapan aluvial dengan lingkungan pengendapan fluvial bagian tengah hingga utara memiliki komposisi material yang didominasi oleh lempung.



Gambar 10. Peta daerah penelitian (A) pola pengaliran, (B) geomorfologi, (C) lintasan dan lokasi pengamatan, dan (D) geologi

Struktur Geologi

Hasil pengamatan di lapangan, didapatkan struktur geologi berupa kekar gerus dan kekar tarik yang berada di utara daerah penelitian.

Kekar

Hasil pengamatan langsung di lapangan, dijumpai kekar yang berada di lokasi pengamatan 44 dan 59. Dijumpai kekar gerus yang memiliki orientasi NNW-SSE dan NE-SW, orientasi arah *extension joint* ialah NNE-SSW, dan orientasi arah *release joint* ialah ESE-WNW, arah tegasan utama ialah ESE-WNW. Kekar tarik di daerah penelitian yang berada di lokasi pengamatan 34 memiliki arah umum N037°E/53°. selain itu lokasi pengamatan 59 ditemukan kekar tarik memiliki arah umum N030°E/75°.

PEMBAHASAN

Ancaman

Indikator pada faktor ancaman yang digunakan adalah kedalaman sumber gempa dan tinggi gelombang. Penentuan bobot didasarkan pada indikator yang akan berdampak lebih besar terhadap daerah penelitian terkena bencana dan menimbulkan kerugian. Desa dengan potensi rendah ancaman adalah Kaligintung, Temon wetan, Hargomulyo, dan Kulur pada kawasan perbukitan. Sedangkan desa dengan kelas tinggi adalah Hargomulyo dataran, Temon Wetan dataran, Kaligintung dataran, Jangkaran, Sidutan, Palihan, Glagah, Karang Wuni, Kalidengen, Plumbon, Demen, Temon Kulon, Kebon Rejo, Janten, Karang Wuluh, Kedundang, Karanganyar, Jogoboyo, Watukoro, Karangsari, Jogoresan, Banjarsari, dan Dadirejo (Gambar 5A).

Kerentanan

Indikator pada faktor kerentanan yang digunakan adalah kepadatan penduduk, morfologi pantai, dan material permukaan. Penentuan bobot didasarkan pada indikator yang akan berdampak lebih besar terhadap daerah penelitian menimbulkan kerugian. Desa dengan kerentanan rendah adalah Kaligintung, Temon wetan, Hargomulyo, Kulur pada kawasan perbukitan, dan Plumbon, Banjarsari pada dataran aluvial. Hal ini dipengaruhi oleh elevasi dan kepadatan penduduk yang rendah. Desa dengan kelas sedang adalah Hargomulyo dataran, Temon Wetan dataran, Kaligintung dataran, Sidutan utara, Palihan utara, Glagah utara, Karangwuni utara, Kalidengen, Plumbon, Demen, Temon Kulon, Kebon Rejo, Janten, Karang Wuluh, Kedundang, Karanganyar, Watukoro, Karangsari, Jogoresan, Banjarsari, dan Dadirejo. Sedangkan desa dengan kerentanan

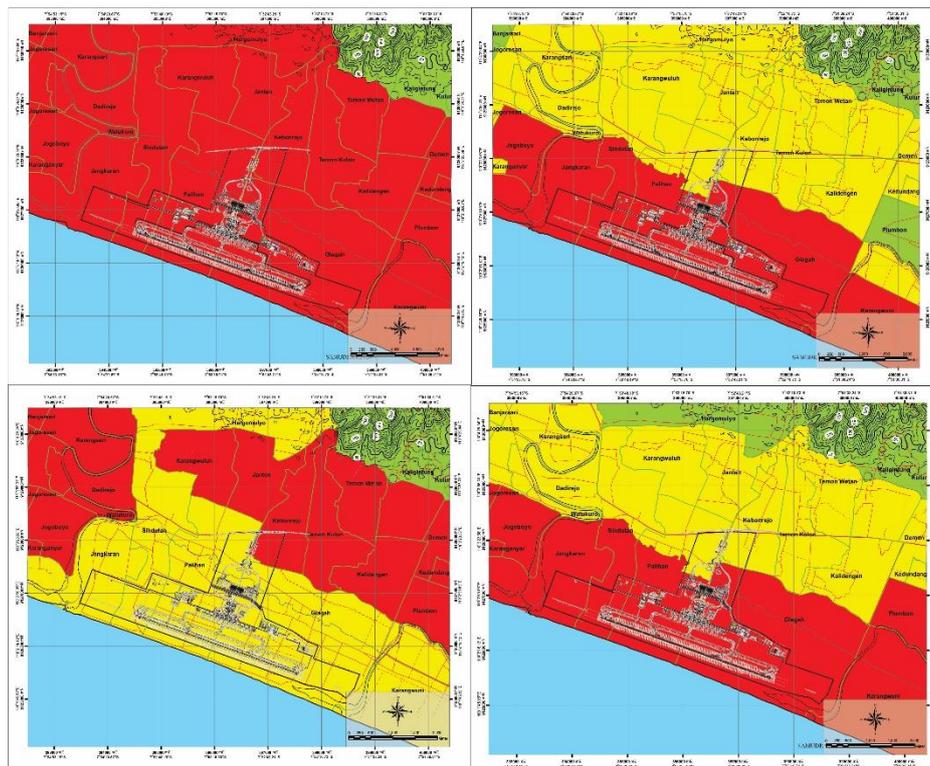
tinggi adalah Jangkar, Sidutan dibagian selatan, Palihan selatan, Jogoboyo, Glagah selatan, dan Karangwuni selatan (Gambar 5B).

Ketahanan

Indikator pada faktor ketahanan yang digunakan adalah sistem peringatan dini, kelembagaan, jalur alternative, fasilitas kesehatan, dan elevasi daratan. Penentuan bobot didasarkan pada indikator yang dimiliki daerah penelitian untuk upaya mencegah bencana tsunami yang akan melanda. Sehingga apabila upaya dan kemampuan berfungsi sebagaimana mestinya, maka potensi kerugian dapat diminimalisir. menimbulkan kerugian. Desa dengan ketahanan rendah atau relatif aman adalah Kaligintung, Temon wetan, Hargomulyo, dan Kulur pada kawasan perbukitan. Desa dengan ketahanan sedang adalah Jangkar, Sidutan dibagian selatan, Palihan selatan, Glagah selatan, Hargomulyo dataran, Sidutan utara, Palihan utara, dan Karangwuni selatan. Sedangkan desa dengan ketahanan tinggi atau rawan ialah desa Jogoboyo, Temon Wetan dataran, Kaligintung dataran, Glagah utara, Karangwuni utara, Kalidengen, Plumbon, Demen, Temon Kulon, Kebon Rejo, Janten, Karang Wuluh, Kedundang, Karanganyar, Watukoro, Karang Sari, Jogoresan, Banjarsari, dan Dadirejo (Gambar 5C).

Keterpaparan

Indikator pada faktor keterpaparan yang digunakan adalah jarak dari garis pantai, dan posisi sumber gempa terhadap muara. Penentuan bobot didasarkan pada indikator yang akan berdampak lebih besar menyebabkan daerah penelitian terkena gelombang tsunami. Desa dengan keterpaparan rendah antara lain Kaligintung, Temon wetan, dan Kulur pada kawasan perbukitan, dan Hargomulyo. Desa dengan kelas sedang antara lain Temon Wetan dataran, Kaligintung dataran, Sidutan utara, Palihan utara, Glagah utara, Kalidengen, Demen, Temon Kulon, Kebon Rejo, Janten, Karang Wuluh, Kedundang, Karanganyar, Watukoro, Karang Sari, Jogoresan, Banjarsari, dan Dadirejo. Sedangkan desa dengan keterpaparan tinggi antara lain Jangkar, Karanganyar, Jogoresan selatan, Sidutan dibagian selatan, Palihan selatan, Jogoboyo, Glagah selatan, plimbon, dan Karangwuni (Gambar 5D).

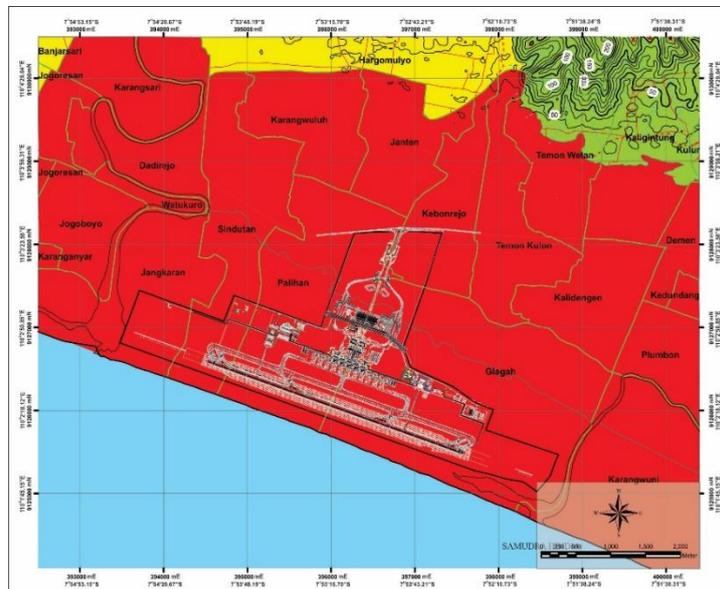


Gambar 11. Peta (A) ancaman, (B) kerentanan, (C) ketahanan, dan (D) keterpaparan

Analisis Risiko Bencana Tsunami

Analisis risiko bencana tsunami didapatkan dari penjumlahan setiap total faktor ancaman, kerentanan, ketahanan, dan keterpaparan. Sehingga mendapatkan total skor dari setiap kelurahan/desa. Desa dengan potensi risiko bencana tsunami rendah adalah Kaligintung, Temon wetan , Hargomulyo, dan Kulur pada kawasan perbukitan. Sedangkan desa dengan kelas sedang adalah Hargomulyo dataran, Banjarsari, dan Jogoresan utara.

Sedangkan desa dengan potensi risiko bencana tinggi adalah Temon Wetan dataran, Kaligintung dataran, Jangkar, Sidutan, Palihan, Glagah, Karang Wuni, Kalidengen, Plumbon, Demen, Temon Kulon, Kebon Rejo, Janten, Karang Wuluh, Kedundang, Karanganyar, Jogoboyo, Watukoro, Karang Sari, Jogoresan selatan, dan Dadirejo (Gambar 6). Selain itu adanya bandara internasional Yogyakarta dan *underpass* YIA menyebabkan risiko bencana tsunami yang semakin tinggi dan mengkhawatirkan.



Gambar 12. Peta analisis risiko bencana tsunami

Mitigasi Bencana

Berdasarkan Peraturan Pemerintah (PP) No.64 tahun 2010 Pasal 1(4) Mitigasi bencana merupakan upaya untuk mengurangi risiko bencana secara struktur atau non struktur.

1. Struktural

Mitigasi struktural merupakan mitigasi yang dapat dilihat secara langsung hasilnya atau secara fisik.

- Membangun tanggul pemecah gelombang, pembangunan tanggul pemecah gelombang di sepanjang pesisir, selatan bandara dan diantara sungai Bogowonto dan sungai Serang. Selain itu dapat dibuat tembok disepanjang sungai Bogowonto dan Serang hingga kelokan sungai, sehingga dapat menghambat gelombang dan menambah waktu penyelamatan warga terhadap bencana tsunami.
- Penyediaan dan perawatan alat sistem peringatan dini dan sirine, serta prasarana seperti *selter* tsunami untuk masyarakat sekitar bandara menyelamatkan diri. Perlu adanya alat pendeteksi tsunami dalam keadaan baik dan sirene disekitar bandara YIA sebagai bentuk pencegahan terhadap bencana tsunami. Selain itu adanya gedung khusus sebagai tempat menyelamatkan diri perlu untuk disiapkan. Terdapat alat *Earthquake Early Warning System* (EEWS) dan *Warning Receiver System* (WRS) di bandara, keberadaan alat tersebut perlu dilakukan perawatan dan penyediaan sirene disekitar bandara YIA sebagai bentuk pencegahan terhadap bencana tsunami. Selain itu perlu disiapkan gedung khusus sebagai tempat menyelamatkan diri (Gambar 5.7) yang dapat dibangun pada area pemukiman, sehingga mudah diakses jika terjadi bencana.
- Perbaikan jalur evakuasi, Jalur evakuasi harus jelas, kondisi jalan yang baik, dan menuju ke daerah tinggi yang diperkirakan akan aman terhadap tsunami, yaitu desa Kaligintung, Hargomulyo, Temon wetan, dan Kulur pada morfologi perbukitan . Selain itu di dalam trowongan YIA perlu adanya jalur evakuasi jika terjadi bencana menuju tempat yang tinggi, dan letak objek wisata pantai Glagah, Congot dan laguna yang harus memutar bandara dan melewati pinggiran sungai, dapat mengurangi waktu penyelamatan ke tempat yang lebih aman.
- Menanam *green belt* disepanjang pesisir dan sempadan pantai. *Green belt* merupakan sabuk hijau sebagai salah satu benteng pertahanan terhadap gelombang. Mengacu Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan 2021 (Gambar 5.9), pola tanam yang dapat dilakukan yaitu pola tanam rumpun berjarak. Penanaman ini dimaksudkan untuk kekokohan, dengan penanaman selang seling antar pohonnya. Selain itu pada bagian tubuh sungai, dapat dilakukan pengkayaan tanaman, yaitu pengkayaan tanaman pada lokasi mangrove dengan kerapatan jarang. Hal ini dilakukan pada area rawan terhadap ombak, bibit mangrove perlu diikat dengan kayu yang kuat. Selain itu bisa dilakukan dengan penanaman pohon cemara dengan pola tanaman rumpun berjarak. Hal ini dikarenakan

kecepatan tsunami akan turun apabila nilai kekasaran tinggi. Sehingga perlu adanya penanaman tanaman diantara pantai dan bandara YIA untuk meningkatkan nilai kekasaran.

2. Non struktural

Mitigasi non-struktural merupakan suatu tindakan mitigasi yang berupa non fisik, seperti kebijakan yang ditetapkan dan penyebaran informasi.

- a. Latihan simulasi bencana tsunami. Perlu adanya latihan simulasi bencana tsunami berkala yang dilakukan institusi kepada masyarakat sekitar dan masyarakat bandara. Hal ini sudah dilakukan, namun belum bisa menyeluruh pada penumpang yang datang dan pergi, oleh karena itu bisa diwujudkan dalam bentuk video langkah evakuasi tsunami yang diputar di bandara YIA.
Pemasangan peta dan sosialisasi risiko bencana tsunami. Adanya peta risiko bencana dan sosialisasi disekitar desa pesisir dapat meningkatkan kesadaran, kewaspadaan, dan mengetahui apakah desa termasuk kawasan rawan atau tidak. (Hall et al., 2017) menjelaskan bahwasannya jika terjadi gempa 20 detik, maka masyarakat memiliki waktu 20 menit untuk naik 20 m ke tempat yang lebih tinggi. Hal ini perlu disosialisasikan, agar masyarakat dapat selalu waspada dan mengetahui langkah yang harus dilakukan jika terjadi bencana, tetapi hal ini tidak hanya menjadi pengetahuan saja, namun harus menjadi sifat dan perilaku sehari-hari.
- b. Persiapan tas darurat disetiap keluarga. Peran keluarga juga sangat penting, yaitu dengan menyiapkan tas darurat yang berisi obat-obatan pribadi, senter, selimut, dan makanan yang bisa dibawa jika terjadi kondisi darurat.
- c. Sensor gempa pada kereta bandara. Keberadaan kereta bandara bisa menambah korban jiwa dan material. Apabila kereta bandara memiliki sensor seperti kereta yang berada di Jepang, maka kereta dapat berhenti jika terjadi gempa besar dan mencegah kereta datang mendekati bandara.
- d. Pemandahan penduduk ke tempat yang lebih aman. Keberadaan pemukiman disekitar wilayah pesisir dapat menyebabkan semakin rawan suatu daerah terhadap bencana tsunami. Oleh karena itu perlu adanya pembatasan pemukiman yang masuk wilayah rawan dan dekat dengan pantai.
- e. Pengembangan desa tangguh bencana. Menurut data BPBD Kulonprogo tahun 2022, pelatihan penanggulangan bencana disekitar daerah penelitian dan lembaga atau organisasi penanggulangan bencana di pesisir Kulonprogo pernah dilakukan di desa Jangkaran, Palihan, Sidutan, Glagah, dan Karangwuni. Sedangkan potensi bahaya tidak hanya berada pada desa tersebut. Oleh karena itu, perlu adanya pengembangan desa tangguh bencana secara lebih menyeluruh. Sehingga dapat meminimalisir korban jiwa.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan:

1. Pola pengaliran daerah penelitian adalah subparalel dan terdapat muara sungai yang menghadap langsung ke Samudra Hindia. Adanya muara sungai ini menyebabkan gelombang tsunami bisa masuk lebih jauh, mengakibatkan kerugian yang lebih luas, dan memiliki tingkat keterpaparan yang tinggi.
2. Daerah penelitian memiliki bentuk lahan pantai dengan kelerengan datar (0-1%), beting gisik dengan kelerengan datar (0-2%), laguna dengan kelerengan datar (0-1%), tubuh sungai dengan kelerengan (0-2%), gosong sungai dengan kelerengan datar (0-1%), dataran aluvial dengan kelerengan datar (0-2%), dan perbukitan denudasional dengan kelerengan miring-sangat curam (10-136%). Kondisi morfologi yang datar dan tidak adanya penghalang menyebabkan genangan dan gelombang tsunami dapat masuk jauh ke dataran dan akan menghancurkan apapun yang dilewatinya. Sedangkan morfologi dengan kelerengan curam, akan relatif lebih aman dari ancaman dan kerentanan gelombang tsunami.
3. Daerah penelitian tersusun atas Satuan breksi Kaligesing dengan litologi breksi andesit, dan lava andesit, Satuan batugamping sentolo dengan litologi kalkarenit sampai kalsilutit, dan Satuan endapan Aluvial yang terdiri dari pasir sangat halus-pasir kasar hasil endapan marin dan pasir, lempung hasil endapan fluvial. Semakin lepas material permukaan maka akan berdampak semakin besarnya kerusakan yang terjadi dan memiliki tingkat kerentanan yang tinggi.
4. Urutan stratigrafi daerah penelitian dari tua ke muda, antara lain Breksi Kaligesing (Oligosen akhir-Miosen awal), batugamping Sentolo (N16) (Miosen akhir), dan satuan endapan aluvial (Holosen).
5. Struktur geologi pada daerah penelitian yaitu kekar yang terdapat di bagian utara pada peta.
6. Ancaman tsunami bandara YIA dan sekitarnya menggunakan indikator kedalaman sumber gempa dan tinggi gelombang tsunami. Kemudian dilakukan skoring sehingga dapat menghasilkan ancaman pada daerah penelitian.
7. Kerentanan tsunami bandara YIA dan sekitarnya menggunakan indikator kepadatan penduduk, morfologi pantai, dan material permukaan. Kemudian dilakukan skoring sehingga dapat menghasilkan kerentanan pada daerah penelitian.

8. Ketahanan tsunami bandara YIA dan sekitarnya menggunakan indikator sistem peringatan dini, kelembagaan, jalur alternatif, fasilitas kesehatan, dan elevasi daratan. Kemudian dilakukan skoring sehingga dapat menghasilkan ketahanan pada daerah penelitian.
9. Keterpaparan tsunami bandara YIA dan sekitarnya menggunakan indikator jarak dari garis pantai, dan posisi sumber gempa terhadap muara sungai. Kemudian dilakukan skoring sehingga dapat menghasilkan keterpaparan pada daerah penelitian.
10. Analisis risiko bencana tsunami bandara YIA dan sekitarnya menggunakan empat faktor yaitu ancaman, kerentanan, ketahanan, dan keterpaparan. Kemudian di *overlay* menghasilkan desa dengan potensi risiko bencana tsunami rendah antara lain Kaligintung, Temon wetan, Hargomulyo, dan Kulur pada kawasan perbukitan. Sedangkan desa dengan kelas sedang antara lain Hargomulyo dataran, Banjarsari, dan Jogoresan utara. Sedangkan desa dengan potensi risiko bencana tinggi antara lain Temon Wetan dataran, Kaligintung dataran, Jangkar, Sidutan, Palihan, Glagah, Karang Wuni, Kalidengen, Plumbon, Demen, Temon Kulon, Kebon Rejo, Janten, Karang Wuluh, Kedundang, Karanganyar, Jogoboyo, Watukoro, Karang Sari, Jogoresan selatan, dan Dadirejo.
11. Kondisi fisik dan kondisi umum memiliki keterkaitan yang besar, dikarenakan indikator kepadatan penduduk, sistem peringatan dini, kelembagaan, jalur alternatif, dan fasilitas kesehatan berpengaruh terhadap seberapa besar upaya yang akan dilakukan untuk menangani potensi bencana tsunami. Kondisi wilayah seperti kedalaman sumber gempa, tinggi gelombang tsunami, morfologi pantai, material permukaan, jarak dari garis pantai, posisi sumber gempa, dan elevasi berpengaruh terhadap seberapa rawan daerah tersebut terhadap bencana tsunami.

DAFTAR PUSTAKA

- Aris, M., Butudoka, M. A., & Pristianto, H. (2018). *Pengaruh Perubahan Iklim Terhadap Potensi Penutupan Muara Oleh Sedimentasi*. 1–28. <https://doi.org/10.31227/osf.io/rvqxq>
- BMKG. (2018). *Katalog Tsunami Indonesia Tahun 416-2018*. <https://cdn.bmkg.go.id/Web/Katalog-Tsunami-Indonesia-pertahun-416-2018.pdf>
- BNBP. (2012). *Peraturan Kepala Badan Nasional Penanggulangan Bencana Tentang Daftar Isi Kepala Badan Nasional Penanggulangan Bencana Tahun 2012 Tentang Pedoman Umum Pengkajian Risiko Bencana*.
- BPS Kabupaten Kulon Progo. (2021). *Kabupaten Kulon progo dalam Angka 2021*.
- Faiqoh, I., Gaol, J. L., & Ling, M. M. (2013). Vulnerability Level Map of Tsunami Disaster in Pangandaran Beach, West Java. *International Journal of Remote Sensing and Earth Sciences*, 10(2), 90–103. <https://doi.org/10.30536/j.ijreses.2013.v10.a1848>
- Fauzi, Y., Hartono, Brotospito, K. S., & Kongko, W. (2019). Penggunaan Foto Udara Format Kecil untuk Identifikasi Kerentanan Lingkungan Terhadap Bencana Tsunami di Yogyakarta International Airport (YIA). *Geomatika*, 25(2), 63–72.
- Gemilang, W. A., Kusumah, G., & Rahmawan, G. A. (2018). Potensi Air Tanah Di Bagian Beach Ridge Daerah Labuhan Bajau Dan Sekitarnya, Kabupaten Simeuleu Berdasarkan Analisis Pengukuran Geolistrik. *Jurnal Geosaintek*, 4(1), 7–16. <https://doi.org/10.12962/j25023659.v4i1.3738>
- Hall, S., Pettersson, J., Meservy, W., Harris, R., Agustinawati, D., & Olson, J. (2017). Awareness of tsunami natural warning signs and intended evacuation behaviors in Java, Indonesia. *Natural Hazards*, 89(1), 473–496. <https://doi.org/10.1007/s11069-017-2975-3>
- Harjanto, A. (2011). Vulkanostratigrafi di Daerah Kulonprogo dan Sekitarnya, Daerah Istimewa Yogyakarta. *Jurnal Ilmiah Magister Teknik Geologi*, 4, 1–18.
- Hartono, H. G., & Sudradjat, A. (2017). Nanggulan formation and its problem as a basement in Kulonprogo Basin, Yogyakarta. *Indonesian Journal on Geoscience*, 4(2), 71–80. <https://doi.org/10.17014/ijog.4.2.71-80>
- Hisbulloh Akbar, M. A., Abdul Kharis, F., & Rahmawati, O. P. (2020). Perencanaan Lanskap Mitigasi Tsunami Berbasis Ekosistem Mangrove di Kota Palu. *Jurnal Lanskap Indonesia*, 12(2), 41–53. <https://doi.org/10.29244/jli.v12i2.32383>
- Howard, A. D. (1967). Drainage Analysis in Geologic Interpretation: A Summation. *AAPG Bulletin*, 51, 2246–2259. <https://doi.org/10.1306/5d25c26d-16c1-11d7-8645000102c1865d>
- Ihsan, F., & Pramukanto, Q. (2017). Perencanaan Lanskap Kota Pariaman Provinsi Sumatera Barat Berbasis Mitigasi Tsunami. *Jurnal Lanskap Indonesia*, 9(1), 1–12.
- Lavigne, F., Gomez, C., Giffa, M., Wassmer, P., Hoebreck, C., Mardiatno, D., Priyono, J., & Paris, R. (2007). Field observations of the 17 July 2006 Tsunami in Java. *Natural Hazards and Earth System Science*, 7(1), 177–183. <https://doi.org/10.5194/nhess-7-177-2007>
- Marwasta, D., & Priyono, K. D. (2007). Analisis Karakteristik Permukiman Desa-Desa Pesisir di Kabupaten Kulonprogo. *Forum Geografi*, 21, 57–68. <https://doi.org/10.23917/forgeo.v21i1.1819>
- Mina, E., Kusuma, R. I., & Sudirman, S. (2018). Analisa Potensi Likuifaksi Berdasarkan Data Spt (Studi

- Kasusproyek Pembangunan Gedung Baru Untirta Sindang Sari). *Jurnal Fondasi*, 7(1), 11–21. <https://doi.org/10.36055/jft.v7i1.3298>
- Nirmala, I. V., Sulardiono, B., & Hartoko, A. (2020). Analisis Densitas Emerita emeritus terhadap Tekstur dan Bahan Organik Sedimen di Pantai Glagah, Kulon Progo, Yogyakarta. *Jurnal Pasir Laut*, 4(2), 69–78.
- Oktariadi, O. (2009). Penentuan Peringkat Bahaya Tsunami dengan Metode Analytical Hierarchy Process (Studi kasus: Wilayah Pesisir Kabupaten Sukabumi). *Jurnal Geologi Indonesia*, 4(2), 103–116. <https://doi.org/10.17014/ijog.vol4no2.20093>
- Poetra, R. P., Adji, T. N., Santosa, L. W., & Khakhim, N. (2020). Hydrogeochemical Conditions in Groundwater Systems with Various Geomorphological Units in Kulonprogo Regency, Java Island, Indonesia. In *Aquatic Geochemistry* (Vol. 26). Springer Netherlands. <https://doi.org/10.1007/s10498-020-09384-w>
- W. Rahardjo, Sukandarrumidi, H. M. D. Rosidi, (1977). Peta Geologi Lembar Yogyakarta, Jawa, skala 1:100.000, Direktorat Geologi, Bandung.
- Robert J. Kodoatie, R. S. (2010). Tata Ruang Air. In *Penerbit Andi Yogyakarta*.
- Saputra, R., Subardjo, P., & ADS, A. (2013). Kajian Perubahan Luas Laguna Di Pantai Samas, Kabupaten Bantul Dengan Menggunakan Citra Satelit Landsat Multi-temporal. *Diponegoro Journal of Marine Research*, 2(3), 36–40.
- Sofyan, A., Sunarto, Sudibiyakto, & Sahubawa, L. (2010). Kajian Erosi Marin Sebagai Penyebab Degradasi Kepesisiran Kota Ternate. *J. Manusia Dan Lingkungan*, 17, 89–97.
- Susanta, F. F., Pratama, C., Aditya, T., Khomaini, A. F., & Abdillah, H. W. K. (2019). Geovisual Analytics of Spatio-Temporal Earthquake Data in Indonesia. *JGISE: Journal of Geospatial Information Science and Engineering*, 2(2), 185–194. <https://doi.org/10.22146/jgise.51131>
- Syafri, I., Budiadi, E., & Sudradjat, A. (2013). Geotectonic Configuration of Kulon Progo Area, Yogyakarta. *Indonesian Journal of Geology*, 8(4), 185–190. <https://doi.org/10.17014/ijog.v8i4.168>
- Widagdo, A., Pramumijoyo, S., Harijoko, A., & Setiawan, A. (2016). Kajian Pendahuluan Kontrol Struktur Geologi Terhadap Sebaran Batuan-Batuan Di Daerah Pegunungan Kulonprogo-Yogyakarta. *Seminar Nasional Kebumihan Ke-9*, 9–20.
- Widiyantoro, S., Gunawan, E., Muhari, A., Rawlinson, N., Mori, J., Hanifa, N. R., Susilo, S., Supendi, P., Shiddiqi, H. A., Nugraha, A. D., & Putra, H. E. (2020). Implications for megathrust earthquakes and tsunamis from seismic gaps south of Java Indonesia. *Scientific Reports*, 10(1), 1–11. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-72142-z>
- Zuidam, R. V. (1986). Aerial Photo-Interpretation In Terrain Analysis And Geomorphologic Mapping (No. C 25102). Smits Publishers.