

## **GEOLOGI DAN PENENTUAN RISIKO BENCANA LONGSOR DESA GULANGPONGGE, JEPALO, KECAMATAN GUNUNGWUNGKAL, KABUPATEN PATI JAWA TENGAH**

Heru Kristanto, Eko Teguh Paripurno, Arif Rianto B. N.  
Program Studi Teknik Geologi, Fakultas Teknologi Mineral  
Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta  
Jl. SWK 104, Condong Catur 55283, Yogyakarta, Indonesia  
Fax/Phone : 0274-487816;0274-486403

**SARI** - Daerah telitian secara administrasi terletak di Kecamatan Gunungwungkal, Kabupaten Pati, Provinsi Jawa Tengah, secara astronomis daerah penelitian terletak pada 493667mE - 498477mE dan 9269624mN - 9274412mN UTM WGS 1984 (*Universal Transverse Mecrator*). Luas daerah telitian 5 km x 5 km dengan skala 1:20.000. Berdasarkan aspek-aspek geomorfologi, maka daerah penelitian dapat dibagi menjadi 5 (lima) satuan bentuk lahan yaitu : Perbukitan sisa vulkanik (V24), lereng sisa vulkanik (V25), dataran limpah banjir (F7), tubuh sungai (F22), dataran alluvial (F1). Pola pengaliran berupa pola paralel. Tatanan Stratigrafi daerah telitian dibagi menjadi 4 satuan batuan tidak resmi, urutan dari yang paling tua ke muda yaitu satuan breksi-piroklastik lava-Muria yang tersusun atas litologi breksi piroklastik dengan fragmen andesit berumur Plistosen Awal - Holosen dan diendapkan dengan beda fasies menjari di atas satuan breksi-piroklastik lava-Muria yaitu litodem lava andesit lava Muria dengan litologi lava andesit sisipan endapan piroklastik berupa breksi piroklastik, berumur sama dengan breksi piroklastik Muria yaitu Plistosen Awal - Holosen. Kemudian intrusi basalt menerobos satuan breksi-piroklastik lava-Muria secara vertikal dengan umur Plistosen Akhir - Holosen. Di atas litodem lava andesit lava Muria secara tidakselaras diendapkan satuan endapan alluvial berumur Holosen. Struktur geologi pada daerah telitian berupa kekar. Berdasarkan data *Shear Joint* di lokasi pengamatan tersebut, didapatkan bahwa arah tegasan/ gaya utama yang bekerja pada daerah telitian sekitar arah NE-SW atau timur laut – barat day Pengkajian analisis risiko bencana longsor pada daerah penelitian dilakukan di Desa Gulangpongge dan Desa Jepalo. Hasil analisis menunjukkan bahwa Desa Gulangpongge dapat dibagi menjadi tiga tingkat risiko yaitu risiko tinggi di Dusun Klecung, Pongge, Gillicilik, Sedangkan untuk risiko sedang berada Dusun Sekar, dan tingkat risiko rendah berada di Dusun Gulang, Karanganyar, Ngello, Sedangko. Untuk Desa Jepalo sendiri yaitu hampir semua Dusun memiliki tingkat resiko tinggi yaitu Dombyang, Warangan, Sampit, kecuali Dusun Cendol yang memiliki tingkat resiko rendah.

**Kata-kata Kunci:** Geomorfologi, Stratigrafi, Struktur Geologi, Risiko Bencana, dan Longsor.

### **PENDAHULUAN**

Longsor merupakan salah satu bencana alam yang sering terjadi di Indonesia yang sering melanda daerah perbukitan, terutama pada musim penghujan. Kerusakan yang ditimbulkan oleh bencana tanah longsor ini secara langsung seperti fasilitas umum, konstruksi bangunan, lahan pertanian dan jalan, sedangkan kerusakan secara tidak langsung dapat melumpuhkan kegiatan pembangunan dan aktivitas ekonomi di daerah bencana dan sekitarnya, bahkan sampai menelan korban jiwa. Terkait dengan risiko bencana tersebut, potensi kerusakan dan kerugian yang dapat diakibatkan oleh risiko bencana longsor dan mitigasi bencana sehingga perlu adanya informasi mengenai tingkat kerawanan risiko bencana, mengetahui faktor pemicu dan faktor pengontrol terjadinya longsor didaerah penelitian, keterkaitan curah hujan dengan risiko bencana longsor dalam upaya mengantisipasi kemungkinan terjadinya bencana serta mitigasi bencana untuk penanggulangan dan penerapan cepat tanggap masyarakat dan saran upaya penanggulangan yang tepat yang dapat diterapkan oleh masyarakat sesuai karakteristik di daerah penelitian. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui tingkat risiko bencana longsor berdasarkan keadaan geologi serta variable-variabel bencananya. Daerah telitian secara administrasi terletak di Kecamatan Gunungwungkal, Kabupaten Pati, Provinsi Jawa Tengah, secara astronomis daerah penelitian terletak pada 493667mE - 498477mE dan 9269624mN - 9274412mN UTM WGS 1984 (*Universal Transverse Mecrator*). Luas daerah telitian 5 km x 5 km dengan skala 1:20.000.

### **METODE PENELITIAN**

Metode penelitian yang digunakan di daerah penelitian adalah berupa pemetaan geologi dan pengkajian risiko bencana. Penentuan tingkat berdasarkan akumulasi perkalian bobot dan skor parameter yang mempengaruhi bencana longsor. Teknik pembobotan dan skoring menggunakan skala borgadus, sedangkan penentuan kelas interval menggunakan metode aritmatik.

### **HASIL ANALISIS DAN PEMBAHASAN**

Pembagian geomorfologi daerah telitian memakai konsep atau model untuk membagi satuan geomorfologi yang mengacu pada klasifikasi Van Zuidham (1983) dan Verstappen (1985) yang mengaitkan antara struktur dan proses secara bersama

dalam pembentukan bentuklahan berdasarkan pertimbangan morfografi, morfometri dan morfogenesis. Satuan geomorfik pada daerah telitian didominasi oleh perbukitan sisa vulkanik, di sebelah selatan dan tengah-utara berupa lereng sisa vulkanik dan di bagian utara berupa endapan alluvial, dataran limpah banjir dan satuan geomorfik tubuh sungai, satuan-satuan tersebut yang oleh Zuidham dan Cancelado (1979) diklasifikasikan ke dalam bentuk lahan bentukan asal vulkanik. Lereng yang ada di daerah telitian pada umumnya mengikuti kemiringan lereng perbukitan. Penentuan satuan batuan di daerah penelitian ini berdasarkan kesatuan ciri litologi yang dominan berdasarkan pengamatan singkapan dan lintasan serta penyebaran lateral batuan yang dominan, maka daerah penelitian dapat dikelompokkan dalam empat satuan batuan resmi (**Gambar 1**). Penamaan satuan batuan berdasarkan penamaan tak resmi, sebagai berikut:

1. Satuan breksi-piroklastik lava-Muria
2. Litodem lava andesit lava Muria
3. Satuan intrusi basalt
4. Satuan endapan alluvial

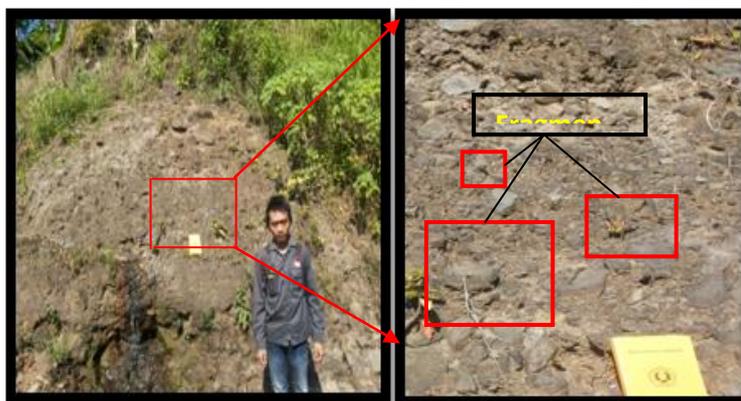
WAKTU GEOLOGI			SATUAN BATUAN / ENDAPAN	TEBAL (M)	LINGKUNGAN PENGENDAPAN
ZAMAN	KALA	UMUR JUTA TAHUN			
KWARTER	HOLOSEN			0,5 -5	DARAT FLUVIAL
		PLISTOSEN	Akhir	0,01	570 510
	Awal		0,8		
			2,4		

Gambar 1. Kolom Stratigrafi Daerah Telitian (Penulis 2014)

**Satuan Breksi-Piroklastik Lava-Muria**

Penulis mengambil nama Satuan breksi-piroklastik Lava-Muria berdasar komposisi batuan yang dominan di daerah telitian yaitu breksi piroklastik dan sisipan lava aliran, batupasir. Yang mengacu pada Geologi Regional “Geologi Lembar Kudus, Jawa” oleh T.Suwarti dan R.Wikarno, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Indonesia. Satuan Breksi piroklastik (**Gambar 2**) ini menempati 80% dari seluruh daerah telitian, dengan penyebaran hampir di merata di daerah telitian. Ketebalan satuan ini berdasarkan penampang geologi A-A’ diperkirakan mencapai 510 meter dan menipis ke arah timur. Secara administratif pada daerah pemetaan, satuan batuan ini menyebar luas didaerah telitian dan merupakan formasi tertua di daerah penelitian. Variasi litologi dari satuan Breksi-piroklastik lava-Muria terdiri dari dominan breksi piroklastik dan sisipan lava aliran, breksi laharik, deskripsi litologi sebagai berikut:

**Breksi Piroklastik:** w.lapuk: coklat kehitaman; w.segar: abu - abu ; ub > 64 mm) ; membundar tanggung - menyudut ; terpilah buruk ; kemas terbuka; matriks supported ; fragmen : andesit ; matriks : piroksen dan tuf; semen silika ; masif.



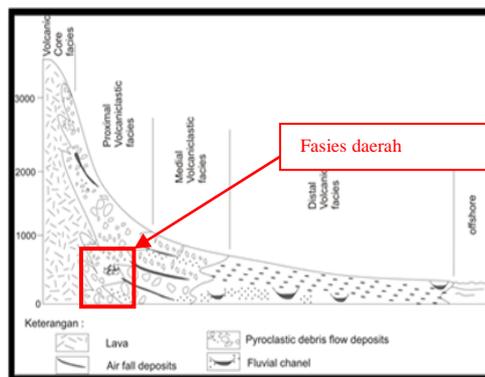
Gambar 2. Singkapan breksi piroklastik dengan fragmen andesit, berada di LP 9

**Lava Andesit;** w.lapuk: hitam ; w.segar: abu – abu ; hipokristalin ; fanerik sedang - halus ; subhedral-anhedral ; inequigranular vitroverik ; komposisi mineral : plagioklas, hornblende, massa dasar gelas, mineral opak. Struktur masif. Memperlihatkan adanya kekar yang terisi mineral (**Gambar 3**).



Gambar 3. Singkapan Lava andesit, berada di LP 87. Arah kamera menghadap tenggara.

Berdasarkan Geologi Regional “Geologi Lembar Kudus, Jawa” oleh T.Suwarti dan R.Wikarno, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Indonesia, Terbitan pertama 1992, yang mengacu pada kedudukan dan posisi stratigrafi di lapangan satuan breksi-piroklastik lava-Muria di daerah telitian diperkirakan berumur Plistosen - Holosen. Berdasarkan pengamatan di lapangan dapat dilihat dari variasi litologi yang dihasilkan berupa fragmen dari breksi yang menyudut, fragmen tersebut belum menunjukkan adanya transpor dan kandungan semen dari breksi berupa silikaan, pada satuan ini juga tidak ditemukan fosil foraminifera kecil maupun moluska sebagai penciri lingkungan pengendapan yang jelas. Sehingga dapat disimpulkan bahwa lingkungan pengendapan dari satuan breksi piroklastik tersebut adalah lingkungan darat - gunungapi dengan fasies medial-proximal (Vessel & Davies, 1981). Fasies ini dicirikan dengan kemiringan lereng 5-60% materialnya didominasi dengan breksi piroklastik dengan sisipan lava aliran (**Gambar 4**).

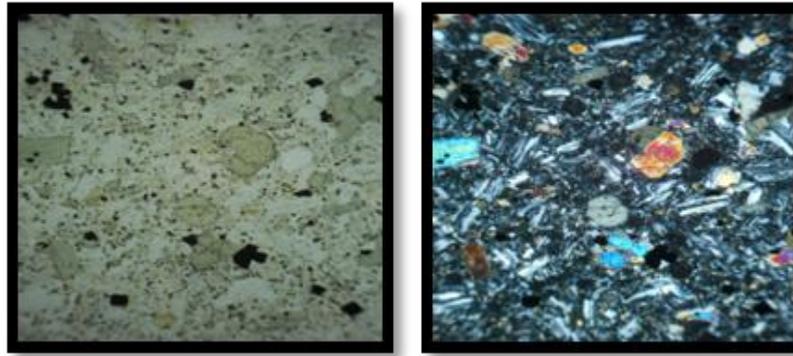


Gambar 4. Model fasies berdasar posisi relatif terhadap gunungapi strato ( Vessel & Davies, 1981) Satuan ini diendapkan pada kala Pleistosen Awal – Holosen (Prastistho, 1988 dan Bemmelen, 1947).

**Litodem Lava Andesit Lava Muria**

Penulis mengambil nama litodem lava andesit lava Muria berdasar komposisi batuan yang dominan didaerah telitian yaitu lava andesit dan sisipan breksi piroklastik. Yang mengacu pada Geologi Regional “Geologi Lembar Kudus, Jawa” oleh T.Suwarti dan R.Wikarno, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Indonesia.Litodem lava andesit lava Muria ini menempati 15% dari seluruh daerah telitian, dengan penyebaran setempat di dibagian selatan daerah telitian. Ketebalan satuan ini berdasarkan penampang geologi A-A’ diperkirakan mencapai 570 meter dan menipis ke arah timur. Secara administratif pada daerah pemetaan, satuan batuan ini menyebar setempat di Desa Jepalo dan sedikit di Desa Gulangpongge dan merupakan satuan yang menjari dengan formasi breksi piroklastik pada daerah telitian. Variasi litologi dari litodem lava andesit lava Muria terdiri dari dominan lava andesit dan sisipan breksi piroklastik.

**Lava andesit:** Pemerian petrografis: Sayatan batuan beku vulkanik, warna abu abu kecoklatan, tekstur *vitrophyre* (fenokris tertanam dalam masa dasar gelas, sedikit fine grain plagioklas, dan min opak), bentuk subhedral-anhedral, komposisi mineral terdiri dari mineral plagioklas 50%, piroksen 25%, mineral opak 10% dan gelas 15% (**Gambar 5**). Berdasarkan nama petrografis didapat nama **Porphyritic Pyroxene Andesite** (klasifikasi Williams, 1982).



Gambar 5. Kenampakan lava andesit (LP.84) di bawah mikroskop dengan pengamatan nikol sejajar dan nikol silang

**Lava Andesit:** w.lapuk: hitam; w.segar: abu-abu; hipokristalin; fanerik sedang-halus; subhedral-anhedral; inequigranular vitroverik; komposisi mineral: plagioklas, hornblende, massa dasar gelas, mineral opak. Struktur masif (**Gambar 6**).



Gambar 6. Singkapan Lava Andesit pada satuan Lava Muria, berada di LP 22. Arah kamera menghadap ke selatan

Berdasarkan Geologi Regional “Geologi Lembar Kudus, Jawa” oleh T.Suwarti dan R.Wikarno, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Indonesia, Terbitan pertama 1992, satuan batuan ini penulis tidak melakukan analisa umur karena satuan ini diendapkan pada lingkungan darat, sehingga tidak dapat dilakukan analisa fosil. Dan berdasarkan penelitian terdahulu satuan tersebut merupakan hasil kegiatan G.Muria yang terjadi antara 0,64 dan 0,03 juta tahun sampai 1,11 dan 0,06 juta tahun yang lalu ( Bellon, dr., 1998) atau berumur Plistosen - Holosen. Litodem lava andesit lava Muria diendapkan di lingkungan darat, dengan fasies medial-proximal (Vessel & Davies, 1981) fasies ini dicirikan dengan kemiringan lereng 5-60 %, material penyusun didominasi oleh material lava andesit dan sisipan breksi piroklastik. Litodem lava andesit Lava Muria memiliki hubungan beda fasies menjari dengan satuan yang ada dibawahnya yaitu Satuan breksi-piroklastik lava-Muria yang berumur Pleistosen Awal – Holosen (Prastistho, 1988 dan Bemmelen, 1947).

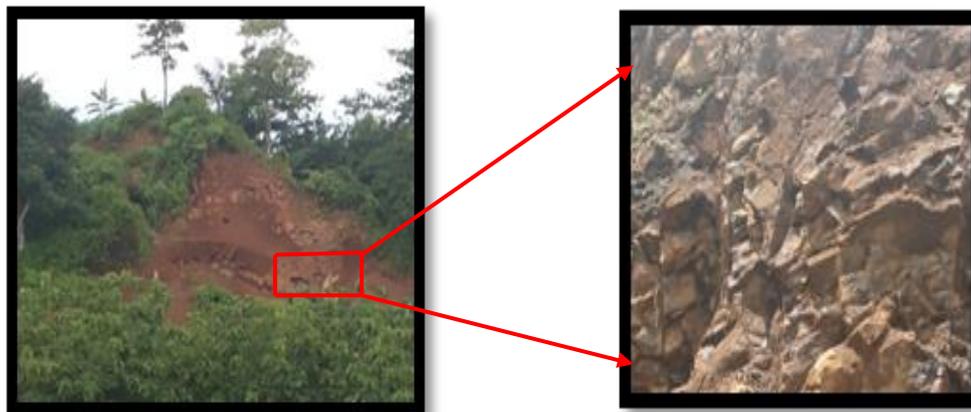
**Satuan Intrusi Basalt**

Satuan ini tersebar setempat pada bagian selatan daerah telitian dengan kenampakan topografi yang berupa bukit di lapangan satuan ini berupa lava basalt. Satuan ini sebenarnya termasuk dalam produk Gunungapi Muria yang berumur kwarter, dari kenampakan lapangan jelas satuan ini beda dengan batuan disekitarnya karena batuan disekitarnya didominasi oleh batuan breksi piroklastik dan dapat disimpulkan bahwa batuan ini diklasifikasikan sebagai satuan tersendiri. Pada daerah penelitian satuan intrusi ini tersingkap baik Desa Perdopo yang kontak langsung dengan breksi piroklastik. Satuan intrusi ini menempati kurang lebih 3% dari daerah telitian melihat dari kedudukan stratigrafi, dimana intrusi ini menerobos batuan dari satuan breksi piroklastik, maka dapat disimpulkan bahwa intrusi ini mempunyai umur yang relatif lebih muda dari satuan breksi piroklastik tersebut yang berumur Plistosen Awal – Holosen. Kemudian dari pengukuran di lapangan pada kontak dengan batuan samping, intrusi ini mempunyai kemiringan 79<sup>0</sup> hampir tegak lurus dengan batuan yang diterobos. Berdasarkan penelitian dari Soeria Admadja dkk, 1989 maka disimpulkan bahwa terobosan batuan pada daerah telitian adalah *Dyke*.

### Ciri Litologi

Satuan intrusi ini didominasi batuan yang mempunyai komposisi mineral yang tidak jauh beda dengan fragmen-fragmen breksi disekitarnya. Dari kenampakan dilapangan dapat diperkirakan bahwa satuan intrusi ini mempunyai sumber yang sama, hanya saja ukuran dan kandungan mineralnya yang terkadang berbeda, ini disebabkan oleh proses pebedaan pendinginan atau pembekuan magma (*diferensiasi magma*) juga berhubungan dengan proses keluarnya magma dari sumbernya dan juga mempengaruhi penamaan di lapangan (**Gambar 7**). Dilihat dari kenampakan mineral yang relatif halus (kecil-kecil) sebagai penciri dari mineral-mineral yang ada pada batuan plutonik, maka batuan ini diklasifikasikan sendiri sebagai intrusi basalt. Berdasarkan hasil analisa petrografi didapat komposisi : Sayatan batuan beku vulkanik, warna abu-abu kehijauan-kecoklatan, tekstur interstitial, fenokris terdiri dari plagioklas (50%), piroksen (25%), olivin (5%), gelas (15%), dan mineral opak (5%). Didapat penamaan petrografis : **Basalt** (Klasifikasi Williams, 1982).

Pada satuan batuan terobosan ini tidak ditemukan adanya fosil sebagai penunjuk umur, sehingga penentuan umur dapat diambil dari hasil penarikan umur secara K/Ar dari contoh trakit yang menunjukkan umur  $0,05 \pm 0,08$  juta tahun yang lalu yaitu Pleistosen akhir (Suwanti, T. Dan R. Wikarno, 1992) kisaran umur ini lebih muda dibanding dengan kisaran umur pada kepingan breksi yang ada pada fragmen breksi vulkanik yaitu  $0,75 \pm 0,11$  juta tahun yang lalu (Plistosen - Holosen) Berdasarkan posisi stratigrafi dan kedudukan batuan yang diterobos umur intrusi Basalt didaerah telitian berkisar Plistosen Akhir – Holosen.



Gambar 7. Singkapan Intrusi Basalt. berada di LP 58. Arah kamera menghadap ke Barat

### Endapan Aluvial

Dasar penamaan dan pemisahan dari satuan ini adalah dilihat dari kenampakan fisik dilapangan yaitu merupakan material-material hasil rombakan dari batuan lain yang sudah ada sebelumnya, kemudian tertransportasi oleh bantuan air umumnya. Ukuran material yang ada pada satuan ini cukup kompleks, dari bongkah, krakal, krikil, hingga material-material halus seperti pasir, lanau, lempung dan sisa tumbuhan dengan pola atau urutan pengendapan yang bervariasi. Di lapangan penyebaran endapan alluvial ini terdapat dipinggir-pinggir sungai utama yaitu sungai perdopo dengan ketebalan mencapai 0,5 – 4 meter. Pada peta daerah telitian satuan ini menempati  $\pm 5\%$  dari seluruh daerah telitian. Penyebaran endapan alluvial ini juga terus menyebar ke desa Gunungwungkal dan Bancak kenampakan endapan alluvial ini dibuktikan dengan area persawahan dan komposisi batuanya lebih didominasi berupa material-material rombakan dari batuan sebelumnya. Endapan alluvial ini berada di sebelah timur laut daerah telitian yang melampar ke barat daya daerah telitian.

### Ciri Litologi

Litologi dari satuan ini merupakan material-material dari rombakan dari batuan yang lebih tua yang telah terbentuk terlebih dulu. Terbagi menjadi dua jenis endapan alluvial yaitu alluvial sungai yang terdiri dari material lepas yang berukuran sangat bervariasi dari bongkah – pasir sangat halus (**Gambar 8**) dan alluvial yang berada di darat tidak sama materialnya dengan yang berada di sungai, material alluvial darat ini biasanya mempunyai ukuran butir yang relatif halus – agak kasar, berupa pasir yang berwarna kecoklatan, alluvial ini sangat baik untuk bercocok tanam, misalnya untuk area persawahan dan ladang. Satuan ini adalah satuan yang masih memungkinkan untuk terjadinya perubahan, kemungkinan terdapat fosil sangat besar, namun tidak dapat digunakan untuk penentuan umur dari satuan ini, karena terdapatnya fosil bisa dari hasil rombakan batuan disekitarnya yang kemungkinan berumur jauh lebih tua. Hubungan dengan batuan yang lebih tua dibatasi oleh bidang erosi dan pengendapan masih berlangsung sampai sekarang atau Resen. Hubungan stratigrafi terutama dengan satuan breksi piroklastik Muria yang berumur Plistosen - Holosen dengan satuan endapan alluvial adalah adanya perbedaan umur pengendapan yang sangat jauh karena satuan endapan alluvial terendapkan pada kala Holosen, sehingga dapat ditarik kesimpulan bahwa satuan ini memiliki hubungan ketidakselarasan dengan satuan batuan yang berada di bawahnya.



Gambar 8. Gambar endapan alluvial darat pada daerah telitian Desa Bancak.  
Arah kamera menghadap ke Tenggara

### Struktur Geologi Daerah Telitian

Analisis struktur geologi yang terdapat di daerah penelitian didasarkan pada data pengukuran bidang kekar, jurus dan kemiringan perlapisan batuan dimana dari hasil pengeplotan kedudukan tersebut menunjukkan arah umum tegasan daerah telitian. Struktur kekar teramati pada lokasi pengamatan 24, 18 dan 95 terdapat pada litologi lava. Berikut ini adalah data pengukuran kekar pada lokasi pengamatan 24, 18 dan 95 berupa shear joint, extension joint dan release joint. Dari data kekar di atas kemudian dilakukan analisis untuk mengetahui arah tegasan utama pada daerah telitian. Berdasarkan data *Shear Joint* di lokasi pengamatan tersebut, didapatkan bahwa arah tegasan/ gaya utama yang bekerja pada daerah telitian sekitar arah NE-SW atau timur laut – barat daya. Peta geologi daerah telitian ditunjukkan oleh **Gambar 9** di bawah ini.

### Pengkajian Tingkat Risiko

Pengkajian risiko bencana untuk menghasilkan kebijakan penanggulangan bencana disusun berdasarkan komponen ancaman, kerentanan dan kapasitas. Komponen Ancaman disusun berdasarkan parameter intensitas dan probabilitas kejadian. Komponen Kerentanan disusun berdasarkan parameter sosial budaya, ekonomi, fisik dan lingkungan. Komponen Kapasitas disusun berdasarkan parameter kapasitas regulasi, kelembagaan, sistem peringatan, pendidikan pelatihan keterampilan, mitigasi dan sistem kesiapsiagaan.

### Karakteristik Gerakan Massa Daerah Penelitian

Pada daerah penelitian banyak sekali kejadian gerakan massa yang terjadi khususnya di Desa Tempur dan Desa Damarwulan, Kecamatan Keling, Kabupaten Jepara, Provinsi Jawa Tengah. Karakteristik gerakan massa di tempat ini sangat kompleks. Terdapat berbagai jenis gerakan massa di dua desa ini, pembagian jenis gerakan massa ini berdasarkan klasifikasi oleh Varnes (1996) dalam Highland (2008). Jenis gerakan massa yang berada pada daerah penelitian antara lain : longsor material rombakan (*debris avalanche*) dan aliran material rombakan (*debris flow*).

### Longsor Material Rombakan (*Debris Avalanche*)

Merupakan gerakan massa yang umumnya terjadi pada lereng sangat terjal pada gunungapi. Jenis *avalanche* dapat mentransport material longsorannya hingga beberapa kilometer. Kecepatan dari jenis gerakan massa ini sangat cepat. Kecepatannya dapat mencapai 100 meter per detik. Pada daerah penelitian ditemukan jenis gerakan massa jenis *avalanche*.





Gambar 10. Longsor aliran material rombakan (*debris flow*) di lokasi pengamatan 21 arah kamera relatif ke arah utara

Tabel 1. Komponen Indeks Ancaman Bencana (PSMB UPN, 2013).

Parameter	Skor			Nilai (%)
	1	2	3	
Geomorfologi (kemiringan lereng)	15%	15-20%	>40%	20
Tanah dan batuan penyusun	batuan beku	batuan sedimen	aluvial	20
Curah Hujan	1500	1500-2500	>2500	20
Sejarah kejadian	1x	2-3x	>3	40

Bentuk lahan yang mewakili kondisi kemiringan atau kelerengan digunakan sebagai salah satu parameter wilayah yang berpotensi terjadi longsor. Hal ini dikarenakan kemiringan atau kelerengan dapat mempengaruhi jumlah dan kecepatan longsor serta mempengaruhi jenis longsor. Pada daerah penelitian kelerengan merupakan salah satu faktor yang sangat penting dalam analisis gerakan tanah, karena kestabilan lereng berkurang pada morfologi berlereng terjal, sehingga mengakibatkan semakin besarnya gaya penggerak massa tanah/batuan penyusun lereng. Dari perhitungan dan analisis kelerengan lereng curam memicu terjadinya gerakan tanah sehingga kategori kelerengan curam mempunyai kategori yang tinggi. Semakin lereng curam semakin besar kemungkinan terjadinya gerakan tanah sedangkan semakin landai lerengnya maka semakin sedikit kemungkinan terjadinya gerakan tanah. Faktor lain adalah aliran air pada lereng yang landai dapat memicu terjadinya gerakan tanah serta penggunaan lahan dan aktifitas manusia (berkebun, berladang dan pemotongan lereng) dapat memicu terjadinya gerakan tanah pada lereng-lereng yang terjal (**Tabel 2** dan **Tabel 3**).

Tabel 2. Parameter kelerengan di daerah telitian berdasarkan kriteria dan Skor menurut Komponen Indeks Ancaman Bencana Longsor Klas PSMB UPN 2013.

NO	BENTUK LAHAN	KLASIFIKASI
1	Perbukitan sisa vulkanik	Morfografi berupa perbukitan dengan variasi kemiringan lereng 15 - 70%. Morfogenesis tersusun oleh batuan vulkanik dengan litologi lava aliran dengan resistensi kuat. Gerakan tanah sering terjadi karena pelapukan yang tinggi.
2	Lereng sisa vulkanik	Lereng sisa vulkanik dengan variasi kemiringan lereng 7 - 70%. Morfogenesis tersusun oleh batuan atas satuan breksi vulkanik dengan resistensi sedang. Gerakan tanah sering terjadi.
3	Dataran alluvial	Morfografi Dataran Alluvial. Morfometri daerah penelitian memiliki variasi kemiringan lereng antara 2 - 7%. Morfogenesis tersusun atas satuan Endapan Alluvial.
4	Tubuh sungai	Tubuh Sungai dengan variasi kemiringan lereng 7 - 30%. Morfogenesis tersusun oleh satuan breksi vulkanik dengan resistensi sedang dan endapan alluvial.
5	Dataran limbah banjir	Dataran Limbah Banjir dengan variasi kemiringan lereng 7 - 15%. Morfogenesis tersusun oleh endapan alluvial dengan resistensi Lemah.

Tabel 3. Parameter persebaran litologi berdasarkan kriteria dan skor menurut Komponen Indeks Ancaman Bencana Longsor (PSMB UPN, 2013).

NO	SATUAN LITOLOGI	KLASIFIKASI	KATEGORI
----	-----------------	-------------	----------

1	Litodem Lava andesit lava Muria	Litologi disusun oleh Lava dengan sisipan breksi setempat-setempat. Tingkat pelapukan tinggi	MenengahSkor 1
2	Satuan breksi-piroklastik lava-Muria	Litologi disusun oleh breksi piroklastik dengan fragmen andesit. Tingkat Pelapukan tinggi.	MenengahSkor 2
3	Endapan Alluvial	Material lepas berukuran lempung – kerikil.	Tinggi Skor 3

Dilihat dari sifat fisik batuan yang ada di daerah penelitian Satuan breksi vulkanik dan endapan lava mempunyai ketebalan tanah yang sangat besar serta tingkat pelapukannya tinggi sehingga dapat memicu terjadinya gerakan tanah dengan jenis gerakan tanah yang sering terjadi yaitu *debris avalance*. Berdasarkan observasi di daerah telitian, terdapat dua jenis tanah yaitu alluvial dan litosol. Tanah di daerah telitian variasi ketebalan tanah yaitu berkisar antara 2 - 5 meter di bagian tengah sampai utara daerah telitian, serta 0,5 – 4 meter di bagian selatan daerah telitian. Oleh sebab itu kedua desa (Gulangponge dan Jepalo) ini banyak mengalami bencana tanah longsor, dan sebaiknya harus menerapkan teknik konservasi guna mengurangi ancaman yang mengakibatkan bencana tanah longsor. Kondisi besaran curah hujan tentunya sangat mempengaruhi kondisi tanah atau batuan, karena sifat fisik tanah/batuan menjadi kurang tahan apabila kandungan air di dalamnya berlebihan, dan dapat memicu terjadinya gerakan tanah. Dengan demikian faktor curah hujan sangat berpengaruh terhadap terjadinya gerakan tanah (**Tabel 4**).

Tabel 4. Jumlah Hari Hujan dan Rataan Curah Hujan per Bulan di Kecamatan Gunungwungkal, Kabupaten Pati Tahun 2013 – 2014.

Sumber : Badan curah hujan Kecamatan Gunungwungkal.

NO	BULAN	JUMLAH HARI	JUMLAH CURAH HUJAN (mm)
1	Januari 2013	25	668
2	Februari 2013	16	379
3	Maret 2013	18	398
4	April 2013	11	190
5	Mei 2013	8	139
6	Juni 2013	7	208
7	Juli 2013	5	85
8	Agustus 2013	2	39
9	September 2013	2	12
10	Oktober 2013	3	16
11	November 2013	9	123
12	Desember 2013	20	650
13	Januari 2014	24	1492

Berdasarkan data curah hujan tersebut maka dapat dinilai indeks ancaman (menurut Komponen Indeks Ancaman Bencana Longsor, PSMB UPN 2013) di masing-masing desa yaitu tinggi, skor 3 dengan curah hujan diatas 2500 mm (**Tabel 5**).

Tabel 5. Kejadian Bencana Longsor Tahun 2013 – 2014 beserta skor, menurut Komponen Indeks Ancaman Bencana Longsor PSMB UPN 2013.

( Sumber : Kantor Kecamatan Gunungwungkal )

DUSUN	JUMLAH PENDUDUK	SEJARAH KEJADIAN	KATEGORI
Sedangko	271	1	Rendah, Skor 1
Klecung	389	1	Rendah, Skor 1
Pongge	625	5	Tinggi, Skor 3
Gilicilik	238	2	Sedang, Skor 2
Karanganyar	181	0	Rendah, Skor 0
Gulang	275	0	Rendah, Skor 0
Sekar	238	3	Sedang, Skor 2
Ngelo	179	1	Rendah, Skor 1
Warangan	1009	5	Tinggi, Skor 3
Cendol	375	1	Rendah, Skor 1
Sampit	183	3	Sedang, Skor 2
Dombyang	341	4	Tinggi, Skor 3

Setelah dilakukan perhitungan dan analisis berdasarkan komponen dan indikator Indeks ancaman diperoleh hasil bahwa indeks ancaman bencana tanah longsor di Desa Gulangpongge Kecamatan Gunungwungkal yang memiliki kerawanan rendah yaitu: Dusun Karanganyar dan Dusun Gulang, yang termasuk dalam kerawanan sedang meliputi Dusun: Sedangko, Klecung dan Ngelo, yang termasuk kerawanan tinggi meliputi Dusun: Pongge, Gilicilik, Sekar. Sedangkan untuk Desa Jepalo semua Dusun memiliki indeks kerawanan yang tinggi.

**Indeks Kerentanan (Indeks Penduduk Terpapar Dan Indeks Kerugian)**

Penentuan Indeks Penduduk Terpapar dihitung dari komponen sosial budaya di kawasan yang diperkirakan terlanda bencana. Komponen ini diperoleh dari indikator kepadatan penduduk dan indikator kelompok rentan pada suatu daerah bila terkena bencana (Tabel 6).

Indeks Kerugian diperoleh dari komponen ekonomi, fisik dan lingkungan. Komponen-komponen ini dihitung berdasarkan indikator-indikator berbeda tergantung pada jenis ancaman bencana (Tabel 7).

Tabel 6. Komponen Indeks Penduduk Terpapar ( PSMB UPN, 2013 ).

Parameter	Skor			Nilai (%)
	1	2	3	
Jumlah penduduk terpapar	500 jiwa/hektar	500-1000	>1000	40
Kelompok rentan(orang tua, hamil, cacat)	20%	20-40%	>40%	40
Tenaga terlatih	>40%	20-40%	<20%	20

Tabel 7. Komponen Indeks Kerugian (PSMB UPN, 2013).

Parameter	Skor			Nilai (%)
	1	2	3	
<b>Fisik</b>				
Fasilitas umum	500juta	500juta-1M	>1M	30
Fasilitas khusus	500juta	500juta-1M	>1M	30
Rumah	400juta	400-800juta	>800juta	40
<b>Ekonomi</b>				
Lahan produktif	50juta	50-200juta	>200juta	60
Pajak/pendapatan	100juta	100-500juta	>500juta	40
<b>Lingkungan</b>				
Hutan Lindung/alam/bakau/belukar	5	5-10%	>10	60
Hutan produksi/produksi terbatas	5	5-10%	>10	40

**Indeks Kapasitas**

Indeks Kapasitas diperoleh berdasarkan tingkat ketahanan daerah pada suatu waktu. Tingkat Ketahanan Daerah bernilai sama untuk seluruh kawasan pada suatu kabupaten/kota yang merupakan lingkup kawasan terendah kajian kapasitas ini. Oleh karenanya penghitungan Tingkat Ketahanan Daerah dapat dilakukan bersamaan dengan penyusunan Peta Ancaman Bencana pada daerah yang sama. Indeks Kapasitas diperoleh dengan melaksanakan diskusi terfokus kepada beberapa pelaku penanggulangan bencana pada suatu daerah. Panduan diskusi dan alat bantu untuk memperoleh Tingkat Ketahanan Daerah terlampir. Berdasarkan Tingkat Ketahanan Daerah yang diperoleh dari diskusi terfokus, diperoleh Indeks Kapasitas. Berdasarkan tabel jumlah kapasitas terhadap peran pemerintah pusat dan daerah dalam pengurangan risiko longsor masih sangat terbatas, yaitu berjumlah satu hingga tiga kegiatan. Peranan ini dalam bentuk pembentukan desa tangguh. Hal ini berdampak pada masyarakat, khususnya pada daerah yang rawan longsor, sehingga upaya pengurangan risiko longsor terhadap ancaman dan kerentanan melalui kapasitas daerah menangani daerah yang rawan longsor belum menunjukkan upaya yang maksimal. Setelah dilakukan perhitungan dan analisis berdasarkan komponen dan indikator indeks kerugian diperoleh hasil bahwa ketahanan di kedua desa tersebut tergolong rendah.

**Tingkat Ancaman Bencana Longsor**

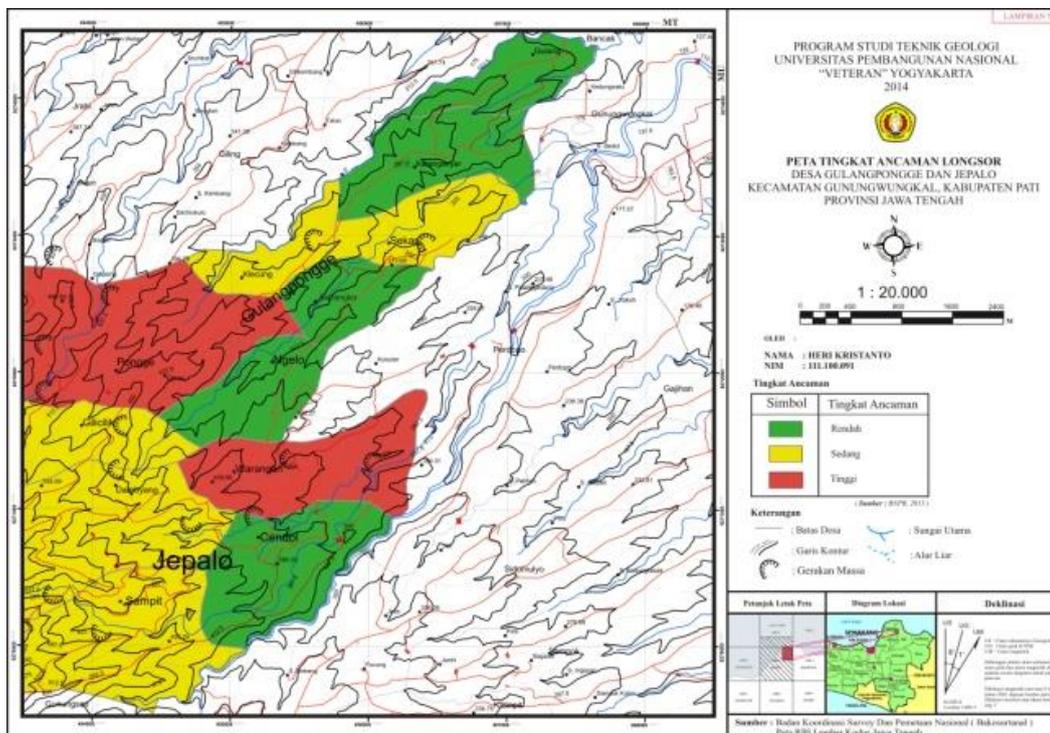
Tingkat Ancaman dihitung dengan menggunakan hasil Indeks Ancaman dan Indeks Penduduk Terpapar. Penentuan Tingkat Ancaman dilakukan dengan menggunakan matriks Tingkat Ancaman (Gambar 11). Peta tingkat ancaman

longsor terlihat pada **Gambar 12**. Tingkas kapasitas bencana longsor Desa Gulangpongge berdasarkan pengamatan di lapangan terlihat pada **Tabel 8**.

TINGKAT ANCAMAN		INDEKS PENDUDUK TERPAPAR		
		RENDAH	SEDANG	TINGGI
INDEKS ANCAMAN	RENDAH			
	SEDANG			
	TINGGI			

Gambar 11. Matriks Penentuan Tingkat Ancaman (BNPB, 2013)

Warna tempat pertemuan nilai tersebut melambangkan Tingkat Ancaman suatu bencana pada daerah tersebut.



Gambar 12. Peta Tingkat Ancaman Longsor

Tabel 8. Tingkat Kapasitas Atas Bencana Longsor Desa Gulangpongge da Desa Jepalo (Penulis, 2014)

DESA	DUSUN	Jumlah Penduduk	Indeks Ancaman	Indeks P.Terpapar	Tingkat Ancaman
Gulangpongge	Sedangko	271	Sedang	Rendah	Rendah
Gulangpongge	Klecung	389	Sedang	Rendah	Sedang
Gulangpongge	Pongge	625	Tinggi	Tinggi	Tinggi
Gulangpongge	Gilicilik	238	Tinggi	Rendah	Sedang
Gulangpongge	Karanganyar	181	Rendah	Rendah	Rendah
Gulangpongge	Gulang	275	Rendah	Rendah	Rendah
Gulangpongge	Sekar	238	Tinggi	Rendah	Sedang
Gulangpongge	Ngelo	179	Sedang	Rendah	Rendah
Jepalo	Warangan	1009	Tinggi	Tinggi	Tinggi
Jepalo	Cendol	375	Tinggi	Rendah	Rendah
Jepalo	Sampit	183	Tinggi	Rendah	Sedang
Jepalo	Dombyang	341	Tinggi	Rendah	Sedang

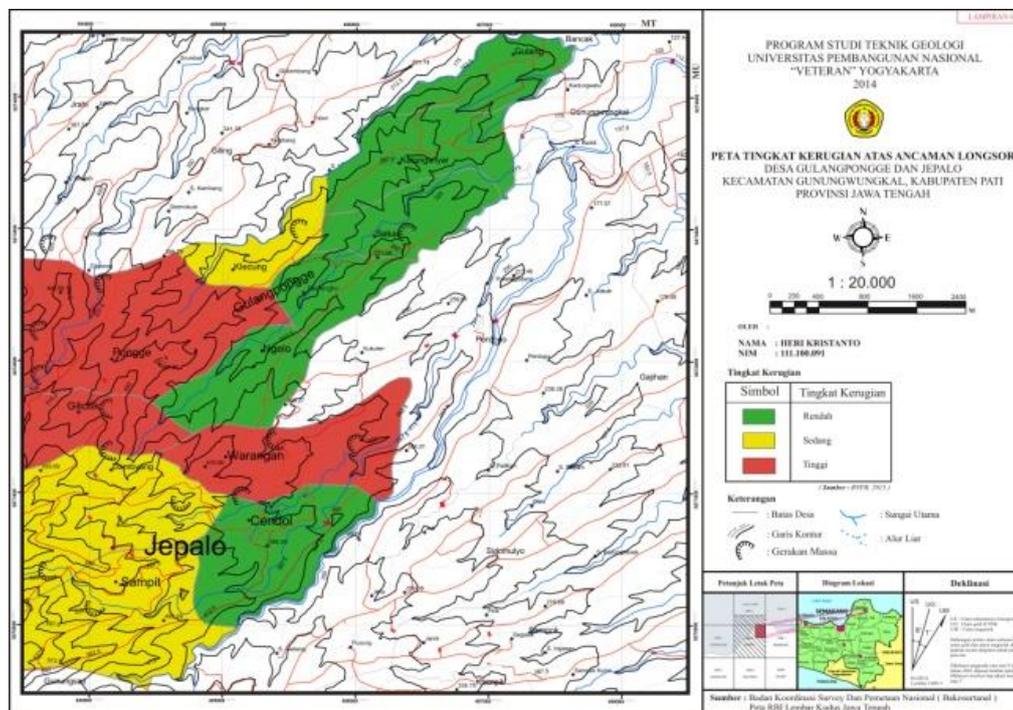
**Tingkat Kerugian Atas Bencana Longsor**

Tingkat Kerugian diperoleh dari penggabungan Tingkat Ancaman dengan Indeks Kerugian. Penentuan Tingkat Kerugian dilakukan dengan menggunakan matriks Tingkat Kerugian (**Gambar 13**). Peta tingkat kerugian atas ancaman longsor terlihat pada **Gambar 14**. Sedangkan tingkat kerugian atas bencana longsor Desa Gulangpongge dan Jepalo berdasarkan pengolahan data terlihat pada **Tabel 9**.

TINGKAT KERUGIAN		INDEKS KERUGIAN		
		RENDAH	SEDANG	TINGGI
TINGKAT ANCAMAN	RENDAH			
	SEDANG			
	TINGGI			

Gambar 13. Matriks Penentuan Tingkat Kerugian (BNPB, 2013)

Warna tempat pertemuan nilai tersebut melambangkan Tingkat Kerugian yang mungkin ditimbulkan oleh suatu bencana pada daerah tersebut.



Gambar 14. Peta Tingkat Kerugian Atas Ancaman Longsor

Tabel 9. Tingkat Kerugian Atas Bencana Longsor Desa Gulangpongge dan Jepalo (Penulis, 2014).

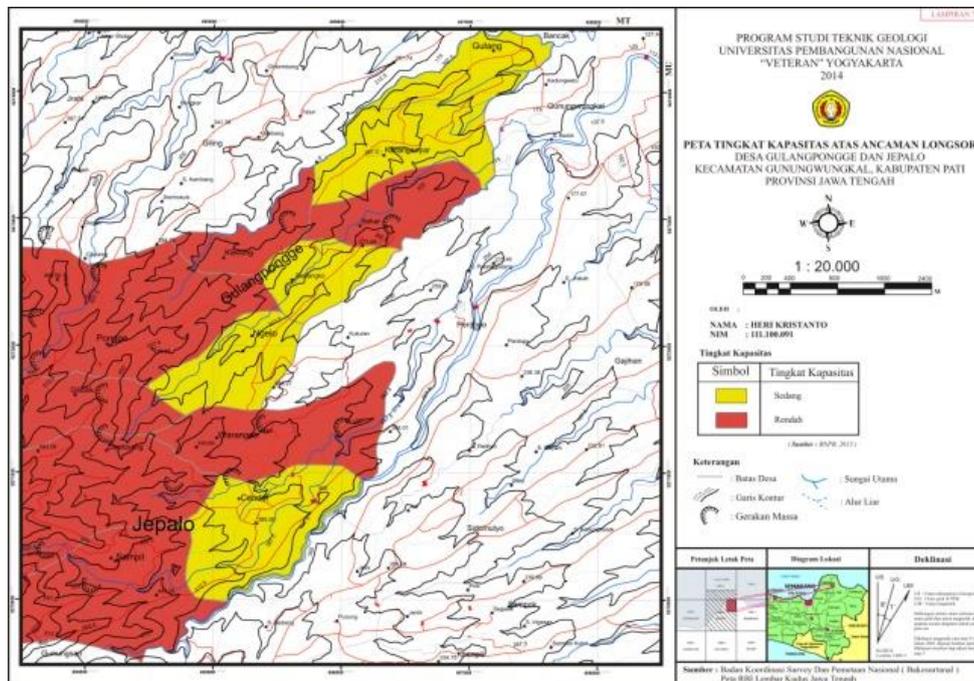
DESA	DUSUN	Indeks Kerugian	Tingkat Ancaman	Tingkat Kerugian
Gulangpongge	Sedangko	Rendah	Rendah	Rendah
Gulangpongge	Klecung	Sedang	Sedang	Sedang
Gulangpongge	Pongge	Tinggi	Tinggi	Tinggi
Gulangpongge	Gilicilik	Tinggi	Sedang	Tinggi
Gulangpongge	Karanganyar	Rendah	Rendah	Rendah
Gulangpongge	Gulang	Rendah	Rendah	Rendah
Gulangpongge	Sekar	Rendah	Sedang	Rendah
Gulangpongge	Ngelo	Rendah	Rendah	Rendah
Jepalo	Warangan	Sedang	Tinggi	Tinggi
Jepalo	Cendol	Sedang	Rendah	Rendah
Jepalo	Sampit	Sedang	Sedang	Sedang
Jepalo	Dombyang	Sedang	Sedang	Sedang

**Tingkat Kapasitas Atas Bencana Longsor**

Sama halnya dengan penentuan Tingkat Kerugian, Tingkat Kapasitas baru dapat ditentukan setelah diperoleh Tingkat Ancaman. Tingkat Kapasitas diperoleh penggabungan Tingkat Ancaman dan Indeks Kapasitas. Penentuan Tingkat Kapasitas dilakukan dengan menggunakan matriks (**Gambar 15**). Peta tingkat kapasitas atas ancaman longsor terlihat pada **Gambar 16**. Hasil dari tingkat kapasitas masing-masing dusun di Desa Gulangpongge dan Jepalo bisa dilihat pada **Tabel 10**.

TINGKAT KAPASITAS		INDEKS KAPASITAS		
		TINGGI	SEDANG	RENDAH
TINGKAT ANCAMAN	RENDAH			
	SEDANG			
	TINGGI			

Gambar 15. Matriks Penentuan Tingkat Kapasitas (BNPB, 2013)  
Warna tempat pertemuan nilai tersebut melambangkan Tingkat Kapasitas.



Gambar 16. Peta Tingkat Kapasitas Atas Ancaman Longsor

Tabel 10. Tingkat Kapasitas Atas Bencana Longsor Desa Gulangpongge da Desa Jepalo (Penulis, 2014)

DESA	DUSUN	Jumlah Penduduk	Indeks Kapasitas	Tingkat Ancaman	Tingkat Kapasitas
Gulangpongge	Sedangko	271	Rendah	Rendah	Sedang
Gulangpongge	Klecung	389	Rendah	Sedang	Rendah
Gulangpongge	Pongge	625	Rendah	Tinggi	Rendah
Gulangpongge	Gilicilik	238	Rendah	Sedang	Rendah
Gulangpongge	Karanyar	181	Rendah	Rendah	Sedang
Gulangpongge	Gulang	275	Rendah	Rendah	Sedang
Gulangpongge	Sekar	238	Rendah	Sedang	Rendah
Gulangpongge	Ngelo	179	Rendah	Rendah	Sedang
Jepalo	Warangan	1009	Rendah	Tinggi	Rendah
Jepalo	Cendol	375	Rendah	Rendah	Sedang
Jepalo	Sampit	183	Rendah	Sedang	Rendah
Jepalo	Dombyang	341	Rendah	Sedang	Rendah

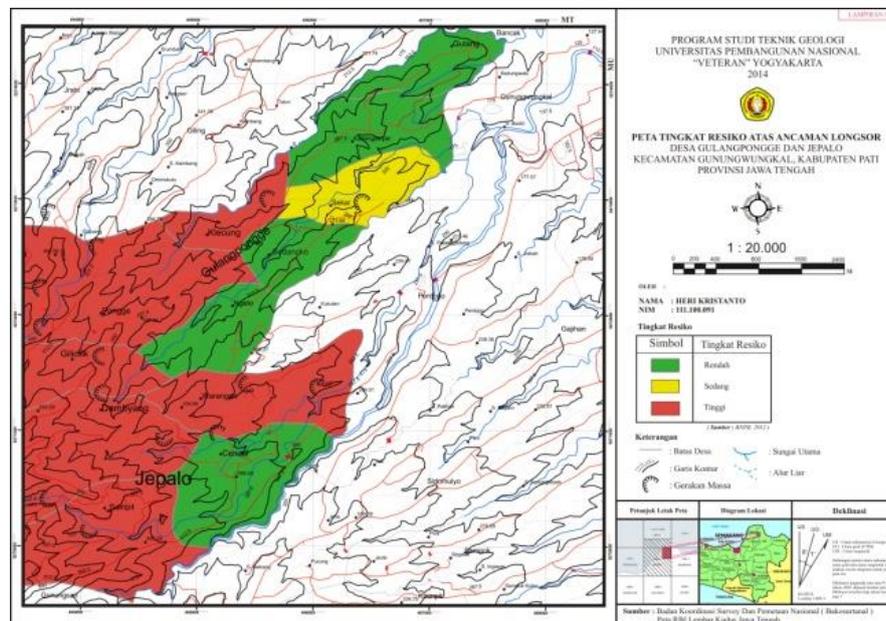
**Tingkat Risiko Atas Bencana Longsor**

Tingkat Risiko Bencana ditentukan dengan menggabungkan Tingkat Kerugian dengan Tingkat Kapasitas. Penentuan Tingkat Risiko Bencana dilaksanakan untuk setiap ancaman bencana yang ada pada suatu daerah. Penentuan Tingkat Risiko Bencana dilakukan dengan menggunakan matriks (**Gambar 17**). Peta tingkat resiko atas ancaman longsor terlihat pada **Gambar 18**. Hasil dari tingkat kapasitas masing-masing dusun di Desa Gulangpongge dan Jepalo bisa dilihat pada **Tabel 11**.

TINGKAT RISIKO BENCANA		TINGKAT KAPASITAS		
		TINGGI	SEDANG	RENDAH
TINGKAT KERUGIAN	RENDAH			
	SEDANG			
	TINGGI			

Gambar 17. Matriks Penentuan Tingkat Risiko (BNPB, 2013)

Penentuan dilaksanakan dengan menghubungkan Tingkat Kerugian dan Tingkat Kapasitas dalam matriks tersebut. Warna tempat pertemuan nilai tersebut melambangkan Tingkat Risiko suatu bencana di kawasan tersebut.



Gambar 18. Peta Tingkat Risiko Atas Ancaman Longsor

Tabel 11. Tingkat Risiko Atas Bencana Longsor Desa Gulangpongge dan Desa Jepalo (Penulis, 2014).

DESA	DUSUN	Tingkat Kerugian	Tingkat Kapasitas	Tingkat Risiko
Gulangpongge	Sedanko	Rendah	Sedang	Rendah
Gulangpongge	Klecung	Sedang	Rendah	Tinggi
Gulangpongge	Pongge	Tinggi	Rendah	Tinggi
Gulangpongge	Gilicilik	Tinggi	Rendah	Tinggi
Gulangpongge	Karanganyar	Rendah	Sedang	Rendah
Gulangpongge	Gulang	Rendah	Sedang	Rendah
Gulangpongge	Sekar	Rendah	Rendah	Sedang
Gulangpongge	Ngelo	Rendah	Sedang	Rendah
Jepalo	Warangan	Tinggi	Rendah	Tinggi
Jepalo	Cendol	Rendah	Sedang	Rendah
Jepalo	Sampit	Sedang	Rendah	Tinggi
Jepalo	Dombyang	Sedang	Rendah	Tinggi

### Arahan Pemanfaatan Ruang Kawasan Rawan Bencana Longsor

Pemanfaatan ruang untuk tiap risiko kawasan rawan bencana longsor, ditetapkan dengan mempertimbangkan karakteristik tiap tingkat risiko terhadap bencana longsor.

Secara garis besar, rekomendasi pemanfaatan ruang dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. Tingkat Risiko Tinggi  
Untuk kawasan lindung (tidak layak dibangun) Sehingga mutlak dilindungi.
2. Tingkat Risiko Sedang  
Dapat dibangun/dikembangkan bersyarat.
3. Tingkat Risiko Rendah  
Dapat dibangun/dikembangkan dengan sederhana

### KESIMPULAN

1. Satuan geomorfik pada daerah telitian didominasi oleh bentukan asal Vulkanik dan ada sedikit bentukan asal Fluvial, bentukan asal Vulkanik dapat dibagi menjadi 2 (dua) satuan yaitu : Perbukitan sisa vulkanik (V24) yang menempati 15% dari daerah telitian, Lereng sisa vulkanik (V25) yang menempati 70% dari luas daerah telitian. Sedangkan untuk bentukan asal Fluvial dapat dibagi menjadi 3 (tiga) satuan yaitu : Dataran Limpah Banjir (F7) yang menempati 5% dari luas daerah telitian, Tubuh sungai (F22) yang menempati 5% dari luas daerah telitian, Dataran Alluvial (F1) yang menempati 7% dari luas daerah telitian.
2. Stratigrafi daerah telitian dibagi menjadi 4 (empat) satuan batuan tidak resmi dari tua ke muda, yaitu satuan breksi-piroklastik-lava Muria yang terdiri dari litologi breksi piroklastik dengan fragmen andesit dengan sisipan lava andesit berumur Plistosen - Holosen, dan secara bersamaan diendapkan pula litodem lava andesit lava Muria dengan beda fasies menari dengan satuan breksi-piroklastik-lava Muria tersebut dengan umur keduanya adalah Plistosen - Holosen. Kemudian pada kala Plistosen Akhir – Holosen satuan intrusi basalt menerobos satuan breksi-piroklastik lava-Muria dengan posisi vertikal. Setelah itu terjadi proses erosi dan denudasi yang berlangsung sampai sekarang didaerah telitian dengan diendapkannya berupa endapan alluvial dan hasil proses erosi batuan-batuan yang lebih tua yang menampakan bentukan seperti sekarang ini.
3. Struktur geologi pada daerah telitian berupa kekar. Berdasarkan data *Shear Joint* di lokasi pengamatan tersebut, didapatkan bahwa arah tegasan/ gaya utama yang bekerja pada daerah telitian sekitar arah NE-SW atau timur laut – barat daya.
4. Hasil analisis risiko bencana berdasarkan Komponen Ancaman, Kerentanan, dan Kapasitas menunjukkan bahwa Desa Gulangpongge dapat dibagi menjadi tiga tingkat risiko yaitu risiko tinggi di Dusun Klecung, Pongge, Gilli Cilik, Sedangkan untuk risiko sedang berada Dusun Sekar, dan tingkat risiko rendah berada di Dusun Gulang, Karanganyar, Ngello, Sedangko. Dan untuk Desa Jepalo sendiri yaitu hampir semua Dusun memiliki tingkat resiko tinggi yaitu Dombyang, Warangan, Sampit, kecuali Dusun Cendol yang memiliki tingkat resiko rendah.

### DAFTAR PUSTAKA

- Bellon, H., R. Soeria-Admadja, R.C, Maury, E. Suparka dan Y.S. Yuwono, 1988. *Chronology and Petrology of Back-arc Volcanism in Java*
- BNPB, 2013. *Metode Penyusunan Peta Risiko Bencana*
- Cas, R.A.F. & Wriugh, J.V., 1987. *Volcanic Successions Modern and Ancient: A geological approach to processes, product and successions*. London: Allen & Unwin Ltd.
- Fisher, R.V, Schmincke, H.U., 1984. *Pyroclastic rocks*, Springer-Verlag Berlin, New York.
- Mac Donald, G.A 1972. *Volcanoes*, Prentice – Hall. Inc, USA.
- PSMB UPN, 2013, *Penentuan Tingkat Risiko Bencana*, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran”, Yogyakarta
- Prastistho, B. 1988. *Pentarikan Kalium-Argon Gunung Muria, Jawa Tengah*. Universitas Pembangunan Nasional “Veteran”, Yogyakarta
- Reed, S.B., 1997. *Introduction to Hazard*, Disaster Management Training Programme, InterWork
- Satyana, A.H., 2006. *New Insight on Tectonic of Central Java, Indonesia and Its Petroleum Implication*, Perth, American Association of Petroleum Geologists International Conference and Exhibition
- Soeria-Admadja, R., Maury, R.C., Bellon, H., Pringgoprawiro, H., Polve, M. And Priadi B., 1994. *The Tertiary Magmatic Belts In Java*, Journal of SE Asian Earth Sciences, Great Britain , 9(1/2) : p.13-27
- Suwarti, T., R. Wikarno. 1992. *Peta Geologi Lembar Kudus, Jawa*, Skala 1: 100.000. Direktorat Jendral Geologi Dan Sumberdaya Mineral.
- van Bemmelen, R.W. 1947. *The Geology of Indonesia*, vol IA, 2<sup>nd</sup> ed, The Haque Martinus Nijhoff, Netherlands.
- Varnes, D. J., 1978. *Slope Movement and Type of Processes in Landslides, Analysis and Control Transportation Research Board*. National Academy of Sciences, Washington D.C.
- Verstappen, H.Th., 1985. *Applied Geomorphological Surveys and Natural Hazard Zoning*. International for Aerospace Surface and Earth Science (ITC), Enschede. The Netherlands.

- Vessel, R.K., Davies, D.K., 1981. *Stratigraphy and geochemistry of Merapi volcano, Central Java, Indonesia*, University of Auckland.
- Williams, H., Turner F.J. and Gilbert C.H, 1954. *Petrography an Introduction to the Study of Thin Sections*. W.H. Freeman and Company. San Fransisco.
- Wilson, M., 1989. *Igneous Petrogenesis A Global Tectonic Approach*. London : Depart of Earth Sciences. University of Leed, p. 466.
- Zuidam, Dr. R.A. Van, 1983. *Guide to Geomorphologic Aerial Photographic Interpretation and Mapping*. International for Aerospace Surface And Earth Science (ITC), Enschede, The Netherlands.