



## ASESMEN RISIKO BENCANA TEBING SUNGAI WINONGO

Puji Harsanto<sup>1\*</sup>, Nazrey Rahario Nugroho<sup>2</sup>, Restu Faizah<sup>3</sup>, Nursetiawan<sup>4</sup>

<sup>1\*,2,3,4</sup> Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta  
Jalan Brawijaya, Geblagan, Tamantirto, Kec. Kasihan, Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta  
Telp. (0274) 387656  
Alamat E-mail: [puji\\_hr@umy.ac.id](mailto:puji_hr@umy.ac.id)

### Info Artikel

### Abstrak

#### Sejarah Artikel:

Diterima: Agt 2023  
Disetujui: Mar 2024  
Dipublikasikan: Juni 2024

#### Keywords:

Disaster risk, AHP,  
Riverbank landslide, Multi-  
hazard, Winongo River.

Sungai Winongo berhilir di Sungai Opak dan memiliki banyak potensi bahaya seperti banjir, banjir lahar dingin, dan longsor tebing sungai sehingga perlu dilakukan analisis risiko bencana. Daerah penelitian terletak pada hulu sungai yang melewati Kelurahan Sendangadi, Sinduadi, Trihango, Bener, Tegalrejo dan Pakuncen. Metode yang digunakan adalah semi kuantitatif dan kualitatif, dengan menggunakan data tabular dan penilaian numerik penggunaan lahan, populasi dan hidrologi sungai. Analisa menggunakan *Analytical Hierarchy Process* (AHP) untuk menentukan pilihan terbaik dari beberapa data pendukung. Metode penentuan risiko bencana dengan pembobotan mengikuti Peraturan Dirjen BNPB Tahun 2012. Kajian risiko bencana dengan metode AHP didapatkan skor 1,1 di Desa Sendangadi, 1,6 di Desa Sinduadi. Trihango memiliki nilai 1,1, Bener memiliki nilai 1,3, Tegalrejo memiliki nilai 1,4, dan Pakuncen memiliki nilai 1,5. Desa Sendangadi dan Trihango memiliki tingkat resiko terendah dengan nilai yang sama yaitu 1,1. Dari hasil analisis risiko bencana yang telah didapatkan bahwa di semua kelurahan yang dialiri Sungai Winongo bagian hulu mendapatkan tingkat risiko rendah.

Kata Kunci: Risiko bencana, AHP, Longsor tebing sungai, Multi-bencana, Sungai Winongo.

### Abstract

*The end of Winongo River is in the Opak River and has many potential hazards such as flooding, cold lava floods and riverbank landslides, so a disaster risk analysis is necessary. The research area is located in the Winongo River which passes through the area of Sendangadi, Sinduadi, Trihango, Bener, Tegalrejo and Pakuncen. The method used is semi-quantitative and qualitative, using tabular data and numerical assessment of land use, population and river hydrology. With the AHP (Analytical Hierarchy Process) method which determines the best choice from several supporting data. The method of determining disaster risk by weighting follows the Regulation of the Director General of BNPB Year 2012. A disaster risk assessment using the AHP method obtained a score of 1.1 in Sendangadi Village, 1.6 in Sinduadi Village. Trihango has a value of 1.1, Bener has a value of 1.3, Tegalrejo has a value of 1.4, and Pakuncen has a value of 1.5. Sendangadi and Trihango villages have the lowest risk level with the same value of 1.1. As a consequence of the findings of the disaster risk assessment, it has been*

---

*determined that the level of risk in all of the sub-districts that are flowed by the Winongo River that is located upstream is rather low.*

© 2024  
Universitas Abdurrah

---

\*Alamat korespondensi:

Kampus UMY, Daerah Istimewa Yogyakarta 55183

Telp. (0274) 387656

Email: puji\_hr@umy.ac.id

ISSN 2527-7073

---

## **PENDAHULUAN**

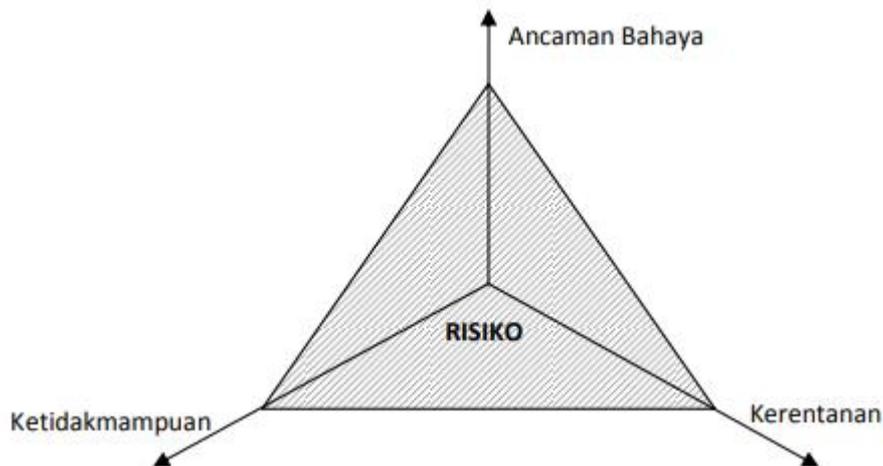
Sungai Winongo merupakan salah satu sungai besar di Yogyakarta yang mengalir melewati tiga wilayah administrasi yaitu Kabupaten Sleman, Kota Yogyakarta dan Kabupaten Bantul. Panjang sungai berkisar  $\pm 50,16$  km dengan luas daerah aliran sungai (DAS)  $\pm 118$  km<sup>2</sup> menurut [1]. Salah satu permasalahan pada Sungai Winongo ini sekarang menjadi perhatian dikarenakan peningkatan aktifitas warga pada sempadan Sungai. Pemukiman yang padat pada area sempadan Sungai yang seharusnya menjadi batas aman sekarang menjadi lahan untuk pemukiman warga setempat, sehingga risiko bencana meningkat jika kesadaran masyarakat pada area sekitar Sungai masih rendah, berdasarkan kondisi geografis pada aliran Sungai Winongo dapat dilihat dari kemungkinan terjadinya bencana banjir, tanah longsor, tebing sungai dan banjir lahar dingin. Permasalahan yang ada tersebut menjadi alasan kenapa Sungai Winongo pada bagian hulu perlu dilakukan penilaian risiko bencana untuk mengetahui tingkat risiko bencana. Tujuannya adalah sebagai bahan pertimbangan kebijakan dalam program-program pemerintah dalam upaya mengurangi dampak bencana di masa mendatang. Faktor faktor dalam menentukan tingkat risiko bencana adalah bahaya (*hazard*), kerentanan (*vulnerability*), dan kapasitas (*capacity*).

Penelitian tentang multi bencana pada daerah kawasan gunung dilakukan oleh [2] [3] [4], penelitian ini menggunakan metode *analytical hierarchy process* (AHP) yaitu untuk pengukuran komparatif berpasangan yang mengandalkan penilaian ahli untuk menurunkan skala prioritas. Penelitian [5] juga melakukan analisis asesmen tetapi yang membedakannya yaitu adalah analisis asesmen banjir. asesmen banjir pada penelitian ini dilakukan di sub-Das Jompo, Jember Jawa Timur. Metode yang digunakan adalah teknik Rasio Frekuensi (FR), lalu diterapkan analisis melalui teknik overlay berbobot menggunakan *Analytical Hierarchy Process* (AHP). Penelitian tentang mitigasi risiko bencana banjir di Kota Manado dilakukan oleh [6] pada Sungai Sario dan Sungai Bailang. Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dengan analisis mengacu pada PERKA BNPB No. 02 Tahun 2012.

## **LANDASAN TEORI**

### **Risiko Bencana**

Risiko bencana adalah bahaya yang dapat menimbulkan kerugian akibat bencana pada daerah tertentu dalam kurun waktu tertentu yang mengakibatkan kematian, luka, sakit, jiwa terancam, dan gangguan kegiatan masyarakat [7] Elemen elemen risiko terdiri dari bahaya (*hazard*), kerentanan (*vulnerability*), dan kapasitas (*capacity*). Keterkaitan antara bahaya, kerentanan, dan kapasitas dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Keterkaitan indeks risiko bencana [8]

Dalam Konteks ini, bahaya mengacu pada kemungkinan bahwa peristiwa alam dan peristiwa buatan manusia dapat terjadi pada suatu lokasi. Kerentanan menunjukkan kerentanan yang dihadapi oleh komunitas terhadap ancaman. Ketidakmampuan merupakan kurangnya usaha atau kegiatan yang dapat mengurangi kerusakan. Maka kesimpulan yang dapat diambil adalah penilaian bahaya, kerentanan, dan kapasitas dapat mempengaruhi risiko bencana [9].

### **Bahaya**

Bahaya adalah peristiwa atau situasi yang berpeluang dapat mengakibatkan kerusakan harta benda, cedera, jatuhnya korban jiwa, hambatan sosial ekonomi, dan kerusakan lingkungan [10]. Bahaya dapat menimbulkan bencana pada saat komunitas berada dalam keadaan rentan dan tidak mampu menghadapi dampak yang ditimbulkan oleh bahaya tersebut dan sebaliknya. Menurut [8\*] bahwa bahaya dibedakan menjadi lima yaitu bahaya geologis, hidrometrologis, biologi, teknologi, dan lingkungan.

### **Multi Bencana**

Multi bencana adalah resiko bencana dengan peningkatan secara bertahap yang disebabkan oleh bencana disebuah wilayah dengan rentang waktu sesaat. [11] Banyak wilayah di dunia rentan terhadap berbagai bencana alam yang mungkin saling terkait dan tumpang tindih, dan hanya analisis dari semua ancaman yang relevan yang dapat memungkinkan mitigasi risiko yang efektif.

## **Kerentanan**

Kerentanan adalah keadaan atau kondisi yang dapat mengurangi kesanggupan masyarakat dalam mempersiapkan diri dari menghadapi ancaman atau bahaya dari bencana. Kerentanan ini mempunyai banyak factor yang mempengaruhi tingkat kerentanan. Faktor kerentanan terdiri dari kemiskinan, urbanisasi, degradasi lingkungan, minimnya kesadaran masyarakat dan konstruksi bangunan ilegal yang dapat mengganggu kestabilan lingkungan.

## **Kapasitas**

Kapasitas adalah kemampuan masyarakat dalam meningkatkan daya tahan dari efek bahaya yang mengancam atau merusak, dan meningkatkan kemampuan organisasi dalam merespon efek bahaya yang mengancam dan merusak. Kapasitas masyarakat melibatkan pengetahuan, keterampilan, dan pelatihan dalam menghadapi bencana. Semakin tinggi tingkat keterampilan dan kesadaran masyarakat terhadap risiko bencana, semakin baik mereka dapat merespons dan bertindak secara efektif ketika bencana terjadi. Selain itu, kapasitas lembaga, termasuk pemerintah, Lembaga Swadaya Masyarakat (LSM) yang ada, dan badan penanggulangan bencana, juga menjadi faktor kunci dalam manajemen risiko bencana.

## **Analytical Hierarchy Process (AHP)**

*Analytical Hierarchy Process* (AHP) adalah metode pengukuran komparatif berpasangan yang mengandalkan penilaian ahli untuk menurunkan skala prioritas, dan indeks skala diukur secara relatif. Matrik perbandingan berpasangan digunakan untuk menghitung vektor eigen dan nilai eigen kriteria atau alternatif pada setiap tingkat hierarki. Proses ini melibatkan perhitungan nilai konsistensi untuk memastikan bahwa preferensi pengambil keputusan konsisten dan tidak mengandung inkonsistensi yang signifikan.

Metode AHP memiliki keunggulan dalam menangani kompleksitas keputusan dengan memperhitungkan preferensi hierarkis dan merinci hubungan antar kriteria dan alternatif. AHP dapat diterapkan dalam berbagai konteks pengambilan keputusan, seperti perencanaan strategis, pemilihan vendor, atau evaluasi proyek. Perbandingan dilakukan dengan menggunakan skala peringkat absolut untuk menunjukkan berapa banyak metrik yang berlaku dalam bahaya tertentu [12]. Fundamental Skala AHP untuk perbandingan dari indikator dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Fundamental Skala AHP dari Indikator [8\*]

Skala	Intensitas Kepentingan	Keterangan
1	Sama	Kedua faktor tersebut memiliki pengaruh yang sama pentingnya.
3	Sedikit lebih penting	Beberapa elemen lebih penting daripada elemen lain. Pengalaman dan penilaian membantu membandingkan setiap elemen.
5	Lebih penting	Salah satu elemen lebih penting daripada elemen lain. Pengalaman dan penilaian membantu membandingkan setiap elemen.
7	Sangat penting	Beberapa elemen jelas lebih penting daripada yang lain. Praktek evaluasi adalah komponen yang berguna.
9	Mutlak penting	Beberapa elemen benar-benar lebih penting daripada yang lain. Bukti telah ditunjukkan terhadap mengevaluasi satu faktor relatif terhadap yang lain.
2,4,6,8	Nilai menengah	Nilai antara dua evaluasi dengan inspeksi terperinci.
1/n	Kebalikan	Jika fungsi i diberi nomor dibandingkan dengan fungsi j, maka j akan menjadi kebalikan dari i.

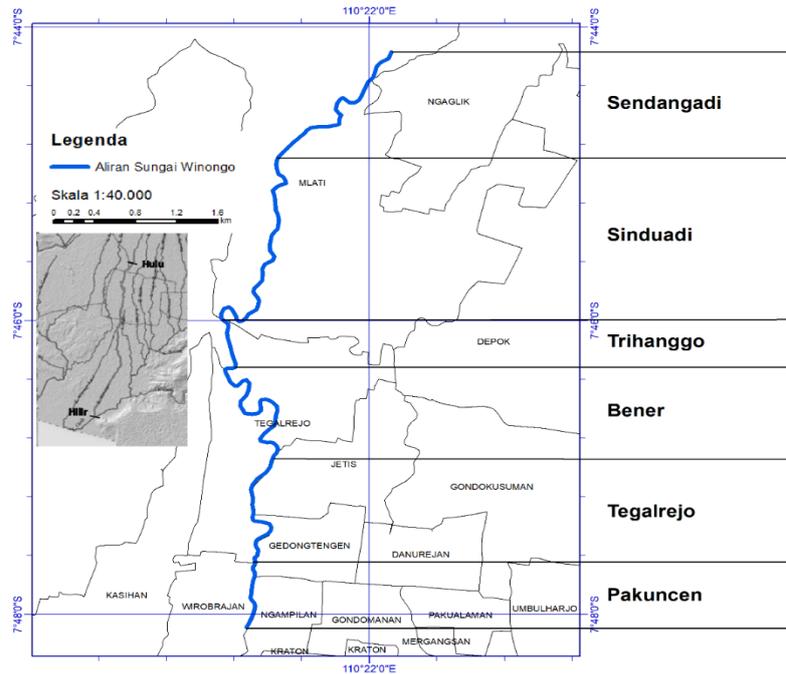
## METODE PENELITIAN

### Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di wilayah hulu Sungai Winongo yang beradministrasi di Kota Yogyakarta. Sungai Winongo bagian hulu melewati empat kecamatan pada administrasi yaitu Kecamatan Mlati, Gamping, Tegalrejo dan Wirobrajan. Kelurahan yang ditetapkan berdasarkan kecamatan yang dilintasi Sungai Winongo disajikan pada Tabel 2 dan Gambar 2.

Tabel 2 Jumlah penduduk dan luas kelurahan diwilayah hulu Sungai winongo [13]

Kelurahan	Jumlah penduduk		Total (Jiwa)	Luas (Km <sup>2</sup> )
	Laki-Laki	Perempuan		
Sendangadi	8 921	9 223	18 144	5,8
Sinduadi	17 232	17 326	34 558	7,04
Trihanggo	9 031	9 148	18 179	5,91
Bener	2 458	2 524	4 982	0,64
Tegalrejo	4 475	4 767	9 242	0,88
Pakuncen	5 400	5 552	10 952	0,78
Total	47 517	48 540	96 057	21,05



Gambar 2. Peta segmen Sungai Winongo bagian hulu

Data survei dikumpulkan dengan menganalisis atribut peta dan meminta responden mengisi kuesioner. Data tersebut berupa tiga parameter untuk masing-masing indeks, yang kemudian dibagi menjadi tiga kelas berdasarkan peringkat pakar yang ditunjuk.

**Pembobotan Parameter**

Pembobotan parameter dilakukan dengan mengisi kuesioner oleh praktisi dan pakar ilmiah di bidang sumber daya air. Kuesioner berisi formulir untuk menentukan bobot parameter pada skala 1 sampai dengan 100. Penilaian para ahli disajikan pada Tabel 3. Setelah semua nilai tersedia, evaluasi menggunakan metode AHP dilakukan untuk mendapatkan nilai yang benar. Analisis dilakukan dengan menggabungkan dan merata-ratakan semua nilai yang telah diberikan oleh para ahli. Bobot parameter *hazard* terdapat pada Tabel 4, bobot parameter *vulnerability* terdapat pada Tabel 5, dan bobot parameter *capacity* terdapat pada Tabel 6.

Tabel 3 Nama para ahli yang berkontribusi

<b>Nama</b>	<b>Instansi</b>
Puji Harsanto	UMY
Restu Faizah	UMY
Dwi Wantoro	BPBD Bantul
Hanugrah Purwadi	BBWSSO
Burhan Barid	UMY
Nursetiawan	UMY
Ani Hairani	UMY

Tabel 4 Hasil penilaian *hazard* oleh para ahli

<b>Hazzard</b>	<b>Parameter</b>	<b>Bobot Parmeter (%)</b>
Banjir	Curah Hujan	35
	Frekuensi Hujan	20
	Durasi Hujan	25
	Kebersihan Sungai	20
<i>Debris flow</i>	Curah Hujan	35
	Debit Sungai	35
	Volume material	30
Longsor tebing sungai	Curah hujan	30
	Jenis tanah	15
	Kemiringan tebing	20
	Tinggi tebing	15
	Muka air sungai	20

Tabel 5 Hasil penilaian *vulnerability* oleh para ahli

<b>Parameter</b>	<b>Bobot Parameter (%)</b>
Kepadatan penduduk	15
Masyarkat rentan	15
Kondisi sempadan	15
Frekuensi erosi tebing	15
Agradasi dasar sungai	15
Degradasi dasar sungai	10
Kondisi pengaman sungai	15

Tabel 6 Hasil penilaian *capacity* oleh para ahli

<b>Parameter</b>	<b>Bobot Parameter (%)</b>
Kesiapsiagaan institusi	40
Kesiapsiagaan masyarakat	60

### Risiko Bencana

Tingkat risiko bencana terdapat tiga elemen yaitu bahaya (*hazard*), kerentanan (*vulnerability*), dan kapasitas (*capacity*) [7\*] dan untuk mendapatkan hasil nilai risiko bencana dapat dilihat pada persamaan 1

$$R = \frac{H \times V}{C} \tag{1}$$

Nilai yang dihasilkan dikelompokkan menjadi level rendah, sedang dan tinggi sesuai dengan jumlah poin. Skor terendah 1 dan skor tertinggi 3 kemudian dibagi menjadi tiga kategori seperti ditunjukkan pada Tabel 7.

Tabel 7 Tingkat kelas risiko.

Tingkat	Skor
Rendah	1 – 1,66
Sedang	1,66 – 2,34
Tinggi	2,34 – 3

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Analisis Multi - Bencana

Berdasarkan klasifikasi parameter yang diberikan pada Tabel 4, analisis multibencana kelas rendah diperoleh dari desa Sendangadi, Trihanggo, Bener, Tegalrejo dan Pakuncen, untuk kelas multibencana di Sinduadi mendapat kelas sedang. Hasil analisis dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Hasil analisis multi-bencana

Desa	Nilai	Kelas
Sendangadi	1,39	Rendah
Sinduadi	1,69	Sedang
Trihanggo	1,39	Rendah
Bener	1,49	Rendah
Tegalrejo	1,59	Rendah
Pakuncen	1,59	Rendah

Hasil tersebut pada Desa Sinduadi perlu diwaspadai. Survei yang dilakukan pada kondisi tebing sungai dan masyarakat menyatakan bencana longsor tebing sungai lebih sering terjadi terdapat kejadian longsor tebing pada DPT, kemudian banjir dan bencana banjir lahar dingin tidak pernah terjadi.

### Analisis Kerentanan

Berdasarkan klasifikasi parameter pada Tabel 5, analisis kerentanan tingkat sedang berada di desa Sendangadi, Sinduadi, Trihanggo dan Pakuncen, sedangkan hasil analisis kerentanan tingkat tinggi berada di desa Bener dan Tegalrejo. Hasil analisis dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Hasil analisis kerentanan

Desa	Nilai	Kelas
Sendangadi	2,2	Sedang
Sinduadi	2,2	Sedang
Trihanggo	1,9	Sedang
Bener	2,35	Sedang
Tegalrejo	2,35	Sedang
Pakuncen	2,2	Sedang

Hasil tersebut menunjukkan kerentanan pada Sungai Winongo masih perlu diwaspadai, dikarenakan banyaknya masyarakat yang memadati area sempadan sungai.

**Analisis Kapasitas**

Berdasarkan klasifikasi parameter pada Tabel 6, analisis kapasitas tingkat sedang berada di desa Sinduadi, Trihanggo dan Pakuncen, sedangkan hasil analisis kerentanan tingkat tinggi berada di desa Sendangadi, Bener dan Tegalrejo. Hasil analisis dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabel 10. Hasil analisis kapasitas

Desa	Nilai	Kelas
Sendangadi	2,4	Tinggi
Sinduadi	2	Sedang
Trihanggo	2	Sedang
Bener	2,4	Tinggi
Tegalrejo	2,4	Tinggi
Pakuncen	2	Sedang

Setiap desa memiliki perbedaan kelas. Hal ini bisa terjadi karena ada masyarakat baru di sekitar sempadan sungai. *Cluster sampling* tidak dapat digunakan untuk menunjukkan kapasitas keseluruhan masyarakat desa

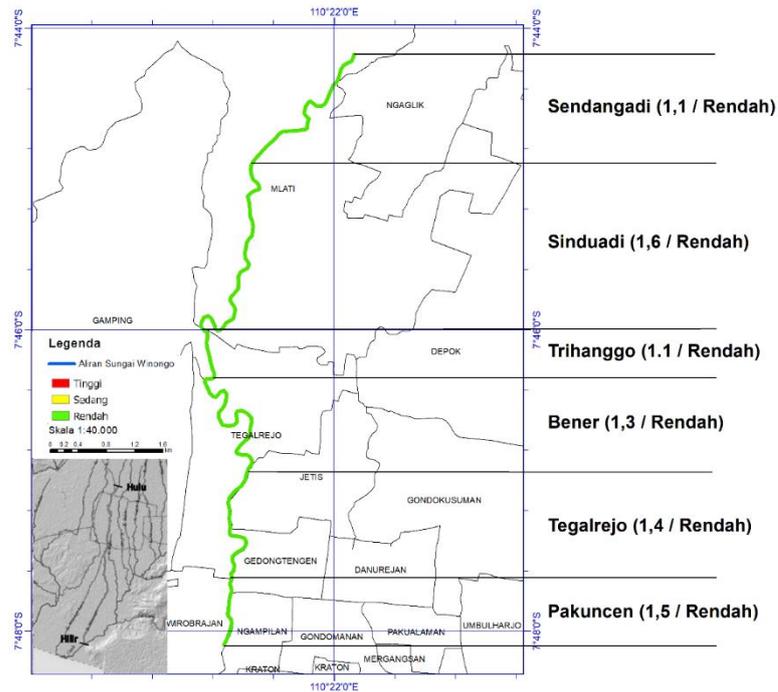
**Analisis Risiko Bencana**

Berdasarkan dari hasil analisis multi-bencana, kerentanan dan kapasitas maka didapati tingkat risiko bencana dengan persamaan 2 dan hasil dari tingkat risiko bencana dapat dilihat pada Tabel 11, dan peta risiko bencana dapat dilihat pada Gambar 3.

$$\text{Risiko Sendangadi} = \frac{1,39 \times 1,9}{2,4} = 1,1 \tag{2}$$

Tabel 11. Hasil Analisis Resiko Bencana

Desa	Resiko bencana	
	Nilai	Resiko
Sendangadi	1,1	Rendah
Sinduadi	1,6	Rendah
Trihanggo	1,1	Rendah
Bener	1,3	Rendah
Tegalrejo	1,4	Rendah
Pakuncen	1,5	Rendah



Gambar 3. Peta Kelas Risiko Bencana Sungai Winongo

Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa aliran Sungai Winongo pada hulu sungai dan yang melewati Desa Sendangadi, Sinduadi, Trihanggo, Bener, Tegalrejo dan Pakuncen mendapatkan tingkat risiko bencana rendah. Hasil nilai risiko bencana rendah dipengaruhi oleh hasil nilai multi-bencana dan kerentanan sedang akan menjadi risiko bencana rendah dikarenakan nilai kapasitas yang tinggi.

### SIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

- Ancaman multi-bencana di Sungai Winongo bagian hulu didapatkan kelas rendah. Berdasarkan hasil analisis dan survei bencana (banjir, banjir lahar dingin dan longsor tebing sungai) tingkat ancaman paling tinggi merupakan longsor tebing sungai. Hasil tersebut didukung berdasarkan frekuensi kejadian yang paling banyak terjadi.
- Berdasarkan hasil analisis risiko bencana pada wilayah sungai bagian hulu didapatkan tingkat rendah pada seluruh desa. Tingginya nilai kapasitas masyarakat di wilayah sempadan berpengaruh pada rendahnya risiko bencana.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Tulisan ini adalah bagian dari penelitian yang didanai oleh internal Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Penulis menyadari bahwa penulisan ini memiliki banyak kekurangan, namun berkah dari Allah SWT dan bantuan dari semua tim peneliti, naskah publikasi ini dapat disusun dan dipublikasikan pada jurnal terakreditasi nasional.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kartiko, Hendro. 2019. "Estimasi Sumber Pencemar dan Beban Pencemaran Sungai Winongo" (Sub Bagian Barat-Hilir)." TA/TL/2019/1164 Abstrak.
- [2] Suhendra, Aphang, Heri Apriyanto, Hermawan Prasetya, and Binuko D Soewargono. 2022. "Multi Hazards Disaster Risk Assessment in Magetan Regency Indonesia". *Social, Humanities and Educational Studies*, Vol 5, No 4 162-170.
- [3] Qamilah, Nurul, and Agel Vidian Krama. 2022. "Analisis Kerentanan Wilayah Terhadap Longsor Akibat Perubahan Iklim di Kabupaten Kebumen". *Universitas Indonesia Library*, Vol 28, No 1 1-12.
- [4] Naryanto, Heru Sri, and Qoriatu Zahro. 2020. "Penilaian Risiko Bencana Longsor di Wilayah Kabupaten Serang". *Majalah Geografi Indonesia*, Vol 34, No 1 1-10.
- [5] Muttaqin, Dai Agus, Entin Hidayah, and Gusfan Halik. 2023. "Penilaian Risiko Banjir dengan Pendekatan Rasio Frekuensi dan AHP di sub-Das Jompo, Jember Jawa Timur". *Jurnal Aplikasi Teknik Sipil*, Vol 21, No 1 47-54.
- [6] Sularso, Hengkelare, H.A, Octavianus Rogi, and Suryono. 2021. "Mitigasi Risiko Bencana Banjir di Manado". *Media Matrasain*, Vol.8 nomor 2 2442-3262.
- [7] Undang Undang No 24 Tahun 2007 tentang Penanggulangan Bencana. Lembaran Negara RI Tahun 2007 Nomor 66. Sekretariat Negara. Jakarta
- [8] Bakornas PB. 2007. *Pengenalan Karakteristik Bencana dan Upaya Mitigasinya di Indonesia. Vol II*
- [9] Harjadi, Prih, Mezak A Ratag, Dwikorita Karnawati, yamsul Rizal, Surono, Sutardi, Triwibowo, et al. 2007. "Pengenalan Karakteristik Bencana Dan Upaya Mitigasinya Di Indonesia." In ISBN 978-979-96016-2-9, by Sugeng Triutomo B. Wisnu Widjaja and ST Mohd. Robi Amri, 8-46. Jakarta Pusat: 2007.
- [10] The United Nations Office for Disaster Risk Reduction (UNISDR). 2015. *Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015-2030*. Ganeva, Switzerland: The United Nations Office for Disaster Risk Reduction. Diakses pada 19 Nopember 2016 ([www.unisdr.org](http://www.unisdr.org)).
- [11] Lazzati, M., S. De Angeli, G. Boni, S. Cattari, and X. Romao. 2023. "Definition of Multi Hazard Vulnerability Indicators for Cultural Heritage". *Computational Methods in Structural Dynamics and Earthquake Engineering Research* gate 3-15.
- [12] Khairi Fadhlán, A, Perwira Mulia Tarigan, Nasution, and Zaid Perdana. 2021. "Penentuan Prioritas Pengelolaan Daerah Aliran Sungai Deli Menggunakan Indeks Potensi Longsor". *Jurnal Ilmiah Indonesia* Vol 6, No 5 2548-1398.
- [13] Badan Pusat Statistik. 2021. *Daerah Istimewa Yogyakarta dalam Angka 2021*. Penerbit Badan Pusat Statistik Provinsi D.I. Yogyakarta. Yogyakarta.