

ANALISIS PRIORITAS MITIGASI BENCANA HIDROMETEOROLOGI DI SUMBER UMBUL GEMULO

Aisyatus Silanah Syahara¹, Anita Rahmawati² dan Aasniari³

¹Mahasiswa Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Malang
e-mail: 22201051105@unisma.ac.id

²Dosen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Malang
e-mail: anita.rahmawati@unisma.ac.id

³Dosen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Malang
e-mail: aasniari@unisma.ac.id

ABSTRACT

The Umbul Gemulo spring plays a crucial role as a water resource provider in the Greater Malang area, whose existence is now threatened by hydrometeorological disasters resulting from the climate crisis and the rampant land conversion in the water catchment area. This study was conducted to analyze the contribution of the Umbul Gemulo spring to disaster mitigation efforts, develop a sustainable conservation strategy, and map its disaster vulnerability spatially. The applied approach combines the Analytical Hierarchy Process (AHP) method for determining criterion weights and a based weighted overlay technique for spatial analysis. Evaluation was conducted on four main parameters, namely rainfall (CH), infiltration capacity (KI), topography (TP), and land use (PL). The AHP weighted result confirmed that rainfall is the most dominant determining factor for regional vulnerability with a weight of 51,93%, followed by infiltration capacity 20,09%, land use 20,09%, and topography 7,89%. The resulting spatial modeling reveals that the Sumber Umbul Gemulo watershed is dominated by highly vulnerable zones, accounting for 40%, followed by vulnerable zones at 35%, and safe zones at 25%. As a preventative measure, the formulated priority strategies include infrastructure revitalization through the construction of drainage related to commercial building permits, and the implementation of a community-based early warning system (EWS)

Keyword : *Analytical Hierarchy Process, Weighted Overlay, Hydrometeorological Disasters.*

1. LATAR BELAKANG

1.1 Latar Belakang

Sumber Umbul Gemulo merupakan sumber daya air vital yang melayani kebutuhan air bersih [1]. Namun keberlanjutan sumber air ini kini menghadapi ancaman serius dari bencana hidrometeorologi yang dipicu oleh krisis iklim dan perubahan tata guna lahan yang masif. Peningkatan intensitas curah hujan ekstrem di wilayah hulu, yang mencapai 2,319 mm/tahun, berpotensi memicu banjir bandang, sementara “betonisasi” akibat Pembangunan fasilitas wisata di daerah resapan (*recharge area*) menurunkan kapasitas infiltrasi tanah secara signifikan.

Fenomena ini menciptakan krisis ganda

yaitu peningkatan limpasan permukaan (*surface run-off*) yang mengancam pemukiman di hilir serta resiko kekeringan hidrologis akibat tidak terisinya akuifer air tanah [2]. Oleh karena itu, diperlukan strategi mitigasi yang presisi melalui pendekatan multikriteria. Penelitian ini menggunakan metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP) yang terintegrasi dengan teknik *weighted overlay* untuk memetakan zonasi kerentanan secara spasial. [3].

Hasil pemetaan ini krusial sebagai landasan teknis dalam menentukan prioritas intervensi infrastruktur sipil guna menjaga fungsi hidrologis dan keberlanjutan Sumber Umbul Gemulo [4].

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini adalah :

1. Bagaimana hasil urutan prioritas parameter dalam bentuk pembobotan skor dan peringkat strategi mitigasi yang optimal untuk pelestarian Sumber Umbul Gemulo?
2. Strategi apa yang paling efektif untuk menjaga keberlanjutan Sumber Umbul Gemulo di tengah tekanan pembangunan?
3. Bagaimana efektivitas model manajemen air adaptif yang direkomendasikan bagi pihak terkait untuk menjamin keamanan akses bersih dan sinkronisasi dengan agenda global SDGs 6, 11, dan 13.

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah yang diambil yaitu :

1. Lokasi penelitian difokuskan pada Sumber Umbul Gemulo Desa Punten, Kec. Bumiaji, Kota Batu.
2. Mitigasi bencana dibatasi pada aspek bencana hidrometeorologi, khususnya mitigasi bencana kekeringan dan konservasi air tanah pada Sumber Umbul Gemulo.
3. Penelitian ini tidak membahas rencana anggaran biaya (RAB).
4. Penelitian ini tidak membahas mekanis tanah secara mendalam, seperti sudut geser dalam tanah.
5. Analisis tidak mencakup perhitungan stabilitas lereng dan longor maupun teknis mekanika tanah.
6. Penelitian ini tidak membahas upaya teknik dan peran masyarakat dalam menjaga kelestarian fungsi mata air bagi lingkungan.
7. Penelitian ini menggunakan parameter kriteria curah hujan dengan ketentuan 10 tahun terakhir.
8. Penelitian ini mengacu pada PU No. 02/PRT/M/2013 tentang pedoman penyusunan Rencana Pengelolaan Sumber Daya Air. (terkait perlindungan air).

1.4 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah

1. Mengidentifikasi peran Sumber Umbul Gemulo sebagai instrumen mitigasi bencana hidrometeorologi, khususnya dalam menjaga ketersediaan air saat air kekeringan dan kemampuannya mereduksi resiko banjir di wilayah Malang Raya.
2. Merumuskan strategi pengelolaan dan konservasi yang berkelanjutan bagi Sumber Umbul Gemulo guna menjamin ketahanan air bagi masyarakat Malang.
3. Menganalisis sebaran spasial tingkat kerawanan bencana di Sumber Umbul Gemulo dengan teknik *weighted overlay* berbasis AHP.

1.5 Manfaat

Manfaat dari penelitian ini yaitu :

1. Menjadi dasar dalam pertimbangan dalam penyusunan kebijakan Rencana Tata Ruang Tata Wilayah (RTRW) yang berbasis pada perlindungan mata air dan mitigasi bencana hidrometeorologi.
2. Meningkatkan kesadaran akan pentingnya menjaga area tangkapan air guna mencegah krisis air bersih dan bencana kekeringan di lingkungan mereka.
3. Menjadi dasar teori untuk pengembangan model pengelolaan sumber daya air berbasis masyarakat dan kelestarian alam di daerah hulu.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Siklus Hidrologi

Siklus hidrologis didefinisikan sebagai studi komprehensif mengenai kualitas, kuantitas, pergerakan, hingga distribusi air di bumi dalam berbagai bentuk termasuk interaksinya dengan lingkungan fisik maupun hayati. Eksistensi seluruh cadangan air di dunia secara fundamental bertumpu pada kesinambungan siklus ini yang terdiri dari beberapa tahapan, mekanisme diawali dengan evapotranspirasi kemudian mengalami adveksi akibat dorongan air. Air akan kembali ke permukaan bumi melalui fenomena presipitasi dalam wujud hujan maupun salju [5].

Saat ini keseimbangan siklus alami mengalami tekanan serius akibat dampak

perubahan iklim global. Meningkatnya suhu atmosfer mengakibatkan percepat laju penguapan dan pergeseran pola hujan menjadi lebih ekstrem dan sulit di prediksi. Kondisi tersebut berdampak fatal terhadap terhambatnya penyerapan air ke dalam tanah dan menipisnya cadangan air tanah, yang menjadi faktor utama pemicu bencana hidrometeorologi yaitu banjir bandang dan kekeringan [6]. Ketidakstabilan ini secara langsung menghambat realisasi *Sustainable Development Goals* (SDGs).

2.2 Karakteristik dan Fungsi Sumber Umbul Gemulo

Mata air secara hidrologis dapat diartikan sebagai lokasi transisi dimana air tanah muncul secara alamiah ke permukaan bumi. Fenomena ini menjadi bukti adanya cadangan air yang melimpah di bawah tanah. Sumber Umbul Gemulo yang berlokasi di Desa Puntan, kec. Bumiaji, Kota Batu adalah sebagai bagian dari wilayah yang dijuluki sebagai *menara water* yang berfungsi sebagai penyedia air bersih bagi masyarakat. Selain sebagai sumber kebutuhan dasar, Sumber Umbul Gemulo memegang peranan strategis dalam pengendalian dampak perubahan iklim dan mitigasi bencana. Pada periode musim kemarau yang ekstrem, keberadaan mata air ini berfungsi mencegah terjadinya bencana kekeringan hidrologis melalui ketersediaan debit air yang stabil. Di sisi lain, pemeliharaan ekosistem dan kapasitas resapan di sekitar mata air sangat efektif dalam mengurangi resiko banjir bandang dengan cara menekan volume limpasan permukaan (*run-off*) saat intensitas hujan tinggi.

2.3 Dampak Alih Fungsi Lahan

Daerah tangkapan air merupakan kawasan yang memiliki peran krusial dalam menyerap air hujan ke dalam profil tanah secara optimal. Namun saat terjadi transformasi lahan yang massif di Kota Batu, di mana kawasan hutan di alih fungsikan menjadi area terbangun seperti hotel, villa, dan fasilitas wisata lainnya. Perubahan penggunaan lahan ini memicu dampak negative berupa penurunan kapasitas infiltrasi yang drastis akibat tertutupnya

permukaan tanah oleh lapisan beton.

Selain mempengaruhi ketersediaan air tanah, peningkatan luas lahan kedap air juga menyebabkan volume limpasan permukaan meningkat tajam, terutama saat terjadi curah hujan dengan intensitas tinggi.

2.4 Zonasi Kerentanan Bencana

Penentuan zona kerentanan dilakukan dengan mengintegrasikan variabel fisik alam dan aktivitas manusia yang mempengaruhi siklus hidrologi di daerah tangkapan air. Adapun parameter penentu zonasi kerentanan yaitu penggunaan lahan, curah hujan, kapasitas infiltrasi, dan topografi. Pengolahan data zonasi kerentanan bencana hidrometeorologi umumnya dilakukan dengan memanfaatkan teknik *weighted overlay* di klasifikasikan dalam beberapa kelas kerentanan

Tabel 1. Klasifikasi Zona Kerentanan Bencana Hidrometeorologi

Kelas	Skor
Rendah	0,00 – 0,33
Sedang	0,34 – 0,66
Tinggi	0,67 – 1,00

Sumber : BNPB No. 2 Tahun 2012

Secara umum tujuan drai penyusunan zonasi kerentanan adalah untuk memetakan area mana saja yang memiliki potensi kerugian tertinggi saat terjadi bencana hidrometeorologi.

2.5 Penentuan Metode AHP

Metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP) merupakan sebuah pendekatan dalam pengambilan Keputusan multikriteria yang disusun untuk mengorganisir berbagai variabel rumit ke dalam sistem hierarki yang terstruktur. Teknik ini bekerja dengan cara menguraikan permasalahan kompleks menjadi elemen – elemen yang lebih sederhana, mulai dari penetapan tujuan, kriteria, hingga alternatif solusi. Keistimewaan utama dari metode ini adalah kemampuannya untuk mengubah pandangan subjektif menjadi data kuantitatif yang objektif melalui proses perbandingan berpasangan (*pairwise comparison*) menggunakan skala numerik. Dengan demikian, setiap factor dapat di evaluasi berdasarkan

bobot kepentingan nya secara rasional untuk menghasilkan kontribusi relative terhadap *goal* yang ingin di capai.

Secara sistematis, tahapan AHP meliputi pembentukan struktur hierarki masalah, penyusunan matriks perbandingan antar kriteria, hingga perhitungan nilai eigen untuk mendapatkan bobot numerik bagi masing – masing parameter. Hasil dari pembobotan ini selanjutnya dapat diintegrasikan melalui teknik *weighted overlay* untuk menghasilkan pemetaan spasial yang presisi, seperti peta zonasi kerentanan bencana. Penyusunan matriks dilakukan dengan mengacu pada mitigasi bencana banjir dan kekeringan hidrologis, karakteristik hidrologis wilayah hulu. Tekanan alih fungsi dan skala kepentingan *Saaty*. Berikut penilaian yang digunakan.

Tabel 2. Skala *Saaty*

Nilai	Keterangan
1	Sama Penting
3	Sedikit Lebih Penting
5	Lebih Penting
7	Sangat Lebih Penting
9	Mutlak Lebih Penting
2,4,6,8	Nilai Antara
Kebalikan (1/n)	Jika Kriteria B lebih penting dari A

Sumber : Saaty, T.L. 1980

Setelah melakukan pembobotan berdasarkan skala saaty tersebut, tahapan krusial selanjutnya melakukan uji konsistensi penilaian untuk menjamin validitas hasil analisis. Nilai yang ditunjukkan yaitu tingkat konsistensi rasio (CR). Menurut saaty, 1980 hasil perbandingan berpasangan dinyatakan konsistensi dan dapat diterima apabila :

$$CR \leq 0,10$$

Artinya tingkat konsistensi penilaian masih berada dalam batas toleransi sebesar 10%. Apabila $CR \geq 0,10$ maka matriks perbandingannya dianggap tidak konsisten.

2.6 Mitigasi Bencana Hidrometeorologi

Strategi mitigasi dalam menghadapi bencana hidrometeorologi dipahami sebagai Langkah – Langkah terencana untuk meminimalisir ancaman serta kerugian akibat peristiwa alam seperti, luapan air maupun

kelangkaan sumber daya air [7]. Pendekatan ini diimplementasikan melalui kombinasi antara Pembangunan fisik dan penguatan kebijakan. Secara teknis, mitigasi dilakukan dengan memperkuat sarana prasarana seperti pembuatan sumur resapan dan biopori di daerah tangkapan air guna memulihkan fungsi infiltrasi lahan. Di sisi lain, pendekatan non fisik mencakup penetapan aturan tata guna lahan yang ketat dan peningkatan kapasitas masyarakat dalam memahami risiko bencana [8]. Integrasi kedua pendekatan ini sangat krusial untuk menciptakan kawasan yang Tangguh, khususnya dalam menjaga keberlanjutan sumber mata air seperti Sumber Umbul Gemulo dari ancaman krisis iklim.

2.7 Siklus Penanggulangan Bencana

Penanggulangan bencana merupakan sebuah proses yang bersifat dinamis, berkelanjutan, dan terpadu untuk meningkatkan efektivitas dalam menyikapi ancaman bencana. Berdasarkan standar nasional siklus ini terbagu menjadi 3 tahapan utama, yang meliputi:

Tahap Pra Bencana

Berfokus pada pengurangan Risiko melalui langkah struktural dan non – struktural. Kegiatan utama meliputi identifikasi sumber bahaya, penyusunan regulasi tata ruang berbasis risiko, serta penerapan standar keselamatan pada infrastruktur.

Tahap Tanggap Darurat

Dilakukan saat bencana terjadi dengan fokus pada penanganan dampak buruk, pengkajian cepat tingkat kerusakan, serta penyelamatan korban.

Tahap Pasca Bencana

Meliputi upaya untuk memulihkan fungsi pelayanan publik serta rekonstruksi permanen dengan prinsip *build back* guna membangun wilayah yang lebih aman dan berkelanjutan.

2.8 Integrasi AHP dan Teknik *Weighted Overlay*

Peta zonasi kerentanan yang dihasilkan kemudian diinterpretasikan dengan mempertimbangkan kondisi eksisting lapangan data data historis kejadian bencana

hidrometeorologi. Interpretasi ini bertujuan untuk memastikan bahwa hasil analisis AHP dengan bobot teknik *weighted overlay* sesuai dengan realita hidrologis dan dinamika penggunaan lahan di Sumber Umbul Gemulo. Integrasi ini menjadikan hasil penelitian tidak hanya bersifat teoritis, tetapi juga operasional untuk mendukung mitigasi bencana hidrometeorologi dan keberlanjutan Sumber Umbul Gemulo.

3. METODE PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian ini terletak di Kec. Bumiaji, Kota Batu, yaitu di Sumber Umbul Gemulo. Secara astronomis kawasan ini terletak pada titik koordinat 7°50'35" Lintang Selatan dan 112°31'41" Bujur Timur. Wilayah ini berada pada kawasan dataran tinggi dengan ketinggian rata – rata mencapai 800 – 950 mdpl, yang memberikan karakteristik iklim sejuk khas pegunungan. Dilampirkan pada **Gambar 1** peta lokasi penelitian



Gambar 1. Lokasi Penelitian

Sumber: <https://earth.google>, 2026

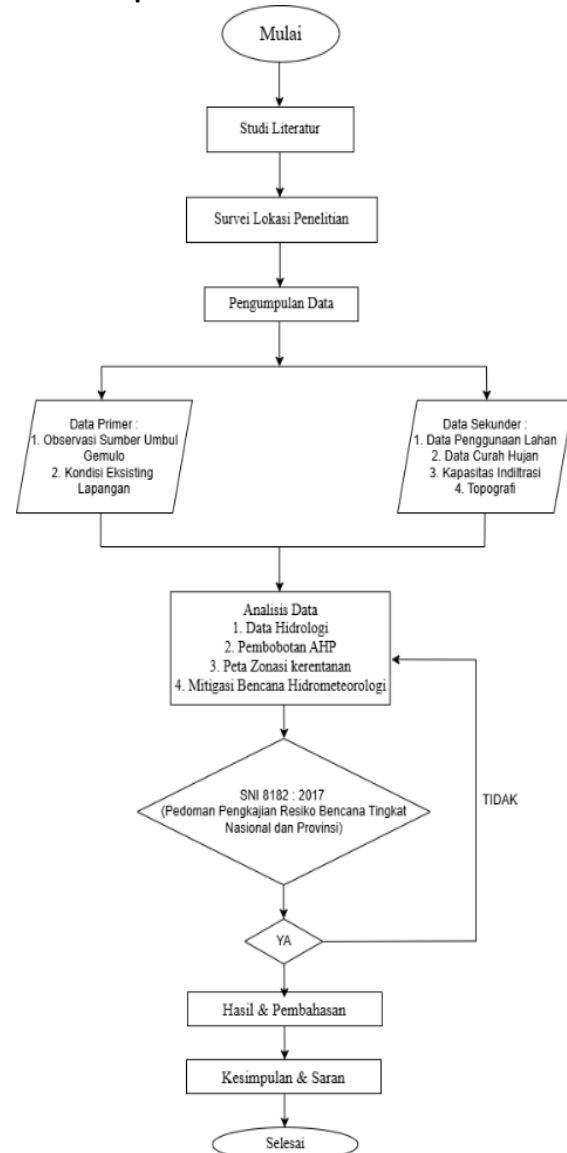
3.2 Metode Pengumpulan Data

Penelitian ini menggunakan metode pengumpulan data primer dan sekunder. Data primer diperoleh melalui observasi langsung di lapangan yang meliputi lokasi penelitian dan kondisi eksisting lapangan. Data sekunder berupa peta perubahan tata guna lahan dan data klimatologi di kawasan Malang Raya. Komponen data tersebut mencakup penggunaan lahan, curah hujan, kapasitas infiltrasi, dan topografi

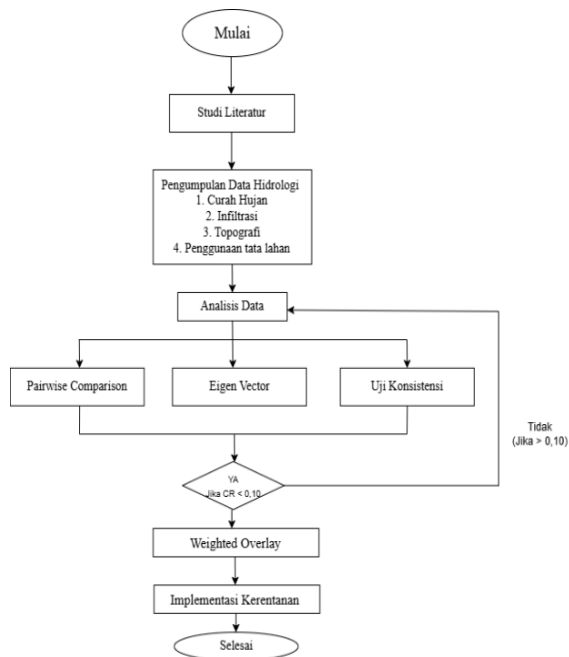
Proses pengumpulan data sekunder dilakukan dengan menghimpun data curah hujan historis dari stasiun pengamatan cuaca

terkait, serta dokumen spasial mengenai perkembangan tata guna lahan dari instansi berwenang. Seluruh data tersebut kemudian disinkronisasi untuk memantau *tren* perubahan luasan kawasan terbangun dari waktu ke waktu. Selanjutnya data klimatologi dan data tata guna lahan tersebut akan diintegrasikan dengan karakteristik topografi wilayah menggunakan perangkat berbasis spasial. Melalui integrasi ini, hubungan antara perubahan penutupan lahan dengan potensi penurunan kapasitas infiltrasi serta dampaknya terhadap limpasan air permukaan di kawasan Malang Raya dapat di analisis dan di modelkan secara terukur.

3.3 Tahapan Penelitian



Gambar 2. Bagan alir penelitian



Gambar 3. Bagan alir AHP

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pembobotan Nilai AHP

Analisis parameter dilakukan melalui penyusunan matriks perbandingan berpasangan (*pairwise comparison matrix*) berdasarkan skala saaty. Setiap kriteria dibandingkan satu sama lain berdasarkan tingkat kepentingannya terhadap mitigasi bencana hidrometeorologi di Sumber Umbul Gemulo. Dasar pertimbangan pembobotan mengacu pada kajian hidrologis wilayah hulu, tekanan alih fungsi lahan, serta karakteristik spasial Kec. Bumiaji, kota Batu.

Tabel 3. Matriks Perbandingan Berpasangan

Kriteria	CH	KI	TP	PL
CH	1	3	5	3
KP	1/3	1	3	1
TP	1/5	1/3	1	1/3
PL	1/3	1	3	1
Σ	1,8667	5,3333	12,0000	5,3333

Sumber : Hasil Perhitungan, 2026

Tabel 4. Matriks Ternormalisasi
Menggunakan : 1/1,8667

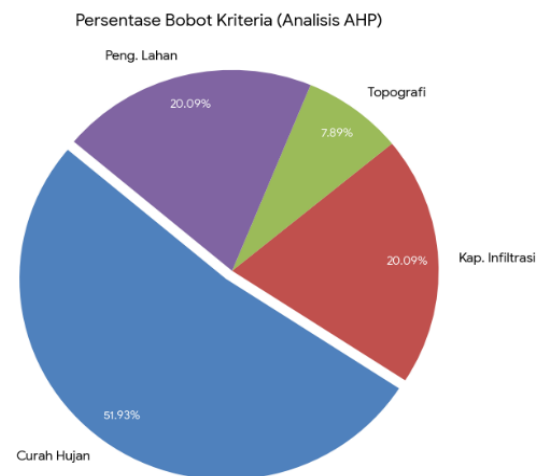
Kriteria	CH	KI	TP	PL
CH	0,5357	0,5625	0,4167	0,5625
KP	0,1786	0,1875	0,2500	0,1875
TP	0,1071	0,0625	0,0833	0,0625
PL	0,1786	0,1875	0,2500	0,1875

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 5. Bobot Parameter menggunakan : rata – rata hasil matriks ternormalisasi

Kriteria	Bobot	%
CH	0,5193	51,93
KP	0,2009	20,09
TP	0,0789	7,89
PL	0,2009	20,09

Sumber : Hasil Perhitungan, 2026



Gambar 4. Hasil Pembobotan AHP

Sumber : Hasil Perhitungan, 2026

Berdasarkan hasil pembobotan parameter, curah hujan di identifikasikan sebagai faktor penentu utama tingkat kerentanan bencana hidrometeorologi di wilayah Sumber Umbul Gemulo. Tingginya intensitas hujan memicu lonjakan debit limpasan permukaan sekaligus menurunkan kapasitas absorpsi tanah.

4.2 Hasil Elevasi Analisis

Zona hulu (Stasiun Junggo) dengan elevasi 1.219 mdpl yang memiliki karakteristik wilayah lereng yang sangat curam dengan kemiringan $\geq 40\%$. Kondisi ini mempercepat waktu konsentrasi (*time of concentration*) air hujan untuk mencapai Sumber Umbul Gemulo dan jaringan Sungai, sehingga meingkatkan risiko banjir bandang terutama pada musim hujan dengan intensitas tinggi.

Zona tengah (Stasiun punten) dengan elevasi 959 mdpl yang merupakan zona transisi yang secara langsung berbatasan dengan titik mata air Umbul Gemulo. Kemiringan lereng yang curam 25 – 40 %. Di zona ini

menjadikannya area kritis sebagai *recharge area* sekaligus wilayah dengan tekanan alih fungsi lahan terbesar akibat aktivitas pariwisata.

Tabel 5. Zona Kerentanan Topografi

Zona	mdpl	Kemiringan Lereng	Skor
Hulu	1.219	Sangat Curam (>40%)	4
Tengah	959	Curam (25-40%)	3
Hilir	829	Sedang (8-25%)	2

Sumber : Data Lapangan, 2026

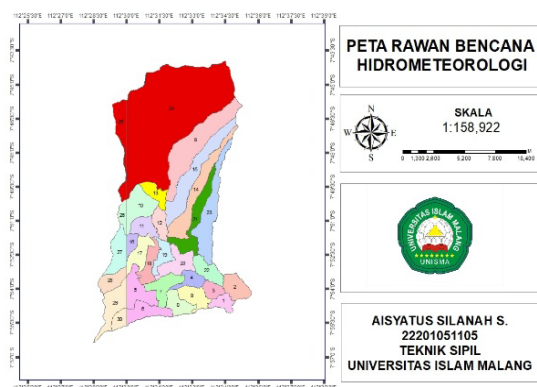
4.3 Pemetaan Zonasi Wilayah

Analisis daerah rawan bencana hidrometeorologi pada Sumber Umbul Gemulo dilakukan dengan data hasil analisis menggunakan teknik *weighted overlay* yang mana hasil skoring akan diberi bobot dari metode *Analytical Hierarchy process* (AHP). Hasil Analisa AHP dan skoring *weighted overlay* akan menjadi pemetaan rawan bencana hidrometeorologi. Besaran daerah rawan bencana pada daerah aliran Sumber Umbul Gemulo tercantum pada tabel dan gambar berikut:

Tabel 6. Kerawanan Bencana Hidrometeorologi

Kawasan	Presentase (%)
Sangat Rawan	40
Rawan	35
Aman	25

Sumber : Hasil Perhitungan, 2026



Gambar 5. Pemetaan Zonasi Wilayah

Sumber : Hasil Analisis, 2026

Hasil pemetaan diatas merupakan visualisasi sebaran Indeks Kerentanan Bencana (IKB) di kawasan Sumber Umbul Gemulo yang

telah diolah menggunakan integrasi bobot AHP melalui teknik *weighted overlay*.

Tabel 7. Analisis Zonasi Wilayah Bencana

Warna	Kawasan
	Sangat Rawan
	Rawan
	Aman

Sumber : Analisis Perhitungan, 2026

4.4 Analisis Prioritas Mitigasi Bencana

Penentuan prioritas mitigasi diawali dengan mengukur kepentingan tingkat relatif dari 4 parameter menggunakan metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP). Berdasarkan hasil pembobotan matriks perbandingan berpasangan yang mengaju pada karakteristik hidrologis kawasan Sumber Umbul Gemulo, Kec. Bumiaji, Kota Batu.

Prioritas mitigasi pertama yaitu dengan evaluasi berkala dari daerah rawan bencana hidrometeorologi dengan bobot nilai yang paling tinggi. Untuk mitigasi kedua yaitu penguatan vegetasi hutan guna mereduksi energi kinetic hujan. Serta untuk prioritas mitigasi yang ketiga pembatasan izin bangunan komersial di sekitar Sumber Umbul Gemulo, serta pemasangan sensor sebagai peringatan dini untuk mengatasi limpasan air yang tidak terserap di zona hulu.

5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Pada penelitian ini yaitu didapatkan parameter penyebab bencana hidrometeorologi, parameter yang digunakan adalah :

1. Berdasarkan hasil pembobotan multikriteria menggunakan metode AHP, CH merupakan faktor paling dominan yang mempengaruhi tingkat kerentanan bencana hidrometeorologi dengan hasil bobot 51,93%.
2. Untuk strategi mitigasi yang digunakan

dalam bencana hidrometeorologi pada sumber umbul gemulp ialah pembangunan waduk dan drainase sebagai penampungan untuk membendung air, serta memperkuat regulasi Rencana Tata Ruang Tata Wilayah (RTRW) terkait pembangunan infrastruktur pada kawasan Sumber Umbul Gemulo.

3. Hasil pemetaan spasial wilayah rawan melalui teknik *weighted overlay*, tingkat kerawanan bencana hidrometeorologi di kawasan aliran Sumber Umbul Gemulo didominasi oleh kawasan sangat rawan dengan nilai sebesar 40% dan kawasan rawan sebesar 35%, serta kawasan aman sebesar 25%.

5.2 Saran

1. Menambahkan pengujian laboratorium Terhadap kualitas air di Sumber Umbul Gemulo
2. Peneliti selanjutnya diharapkan untuk menambah analisis parameter agar dapat digunakan sebagai monitoring rawan bencana hidrometeorologi secara komprehensif dan berkelanjutan.
3. Untuk pihak terkait yaitu masyarakat dan pemerintahan pada kawasan sumber umbul gemulo diperlukan pemasangan sensor sebagai peningkatan kesiapsiagaan warga di wilayah aliran Sumber Umbul Gemulo.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] F. A. Zahra, S. A. Nareswari, Z. N. Abiyyah, G. Arung, A. A. Rahman, and P. K. Wulandari, "Pengelolaan Sumber Mata Air Umbul Gemulo sebagai Destinasi Wisata Ramah Lingkungan," vol. 01, no. 05, pp. 866–880, 2025.
- [2] A. W. A. Tandhim, "Pelaksanaan Tata Kelola Pemukiman Bagi Kelestarian Lingkungan Atas Pendirian Ekowisata Di Kota Batu 1 * 1-2," vol. 4, pp. 211–232, 2025.
- [3] J. Parhusip, "Penerapan Metode Analytical Hierarchy Process (AHP) Pada Desain Sistem Pendukung Keputusan Pemilihan Calon Penerima Bantuan Pangan Non Tunai (BPNT) Di Kota Palangka Raya," vol. 13, no. 2, pp. 18–29, 2019.
- [4] F. K. Dewandaru, E. Noerhayati, and A. Rokhmawati, "Kecamatan Ploso Kabupaten Jombang Menggunakan Software Hec-ras," vol. 13, no. 1, pp. 314–323, 2023.
- [5] O. Satriani, A. Baktiar, and A. Rahmawati, "Studi Evaluasi Saluran Drainase Di Desa Bobong Kecamatan Talibu Barat Pulau Taliabu Provinsi Maluku Utara," vol. 15, no. 2, pp. 521–529, 2025.
- [6] D. Jawara, E. Noerhayati, and A. Rokhmawati, "Analisis Daerah Rawan Banjir Di DAS Kemuning Kabupaten Sampang Menggunakan Program Arcgis" Universitas Islam Malang," vol. 15, no. 1, pp. 442–451, 2025.
- [7] E. Novisaputri *et al.*, "Studi Evaluasi Pemanfaatan Embung Jambesari Untuk Air Irigasi Desa Sumberjambe Kecamatan Poncokusumo Kabupaten Malang," vol. 12, no. 4, pp. 31–40, 2022.
- [8] A. H. Gunawan, A. Rahmawati, and G. R. Kololikiye, "Studi Analisis Spasial Daerah Rawan Bencana Kekeringan Berbasis Sistem Informasi Geografis Di Kecamatan Gedangan Kabupaten Malang" vol. 15, no. 1, pp. 664–672, 2025.