

PERINGATAN DINI TERHADAP ANCAMAN BANJIR DAN LONGSOR DI DUSUN DUKUH, KINTAMANI

I Nengah Sinarta^{1,2}, Kadek Agus Mahabojana Dwi Prayoga³, I Made Kusuma Wiranata^{2,4}, Ni Wayan Ariwityani¹, I Gusti Ayu Decikel Asiantin Putri¹

Magister Rekayasa Infrastruktur dan Lingkungan Universitas Warmadewa, Denpasar - Bali, Indonesia¹

Program Studi Teknik Sipil Universitas Warmadewa, Denpasar - Bali, Indonesia²

Program Studi Teknik Komputer Universitas Warmadewa, Denpasar - Bali, Indonesia³

Program Studi Program Profesi Insinyur Universitas Warmadewa, Denpasar - Bali, Indonesia⁴

inengahsinarta@warmadewa.ac.id

Abstrak

Program Kemitraan Masyarakat (PKM) di Dusun Dukuh, Desa Abang Batudinding, Kecamatan Kintamani, bertujuan meningkatkan kesiapsiagaan masyarakat terhadap ancaman banjir bandang dan longsor. Wilayah ini sangat rentan karena kondisi geologi vulkanik, lereng terjal, dan curah hujan tinggi. Kegiatan dilakukan melalui edukasi kesiapsiagaan, Focus Group Discussion (FGD), serta pemasangan alat Early Warning System (EWS) berbasis Internet of Things yang memantau intensitas curah hujan. Sistem diatur pada ambang 80 mm/jam dan 210 mm/jam dalam tiga jam untuk memberikan peringatan melalui bunyi dan notifikasi digital. Hasil evaluasi menunjukkan peningkatan pemahaman masyarakat, dengan nilai rata-rata pre-test 70 naik menjadi 90 pada post-test. Dampaknya terlihat dari kesiapan Tim Siaga Bencana dan peningkatan kesadaran terhadap prosedur evakuasi. Ke depan, tim PKM akan mengembangkan sensor pergerakan lereng untuk memperkuat sistem peringatan dini. Program ini menjadi model mitigasi yang dapat direplikasi di wilayah rawan bencana lainnya.

Kata Kunci: Mitigasi Bencana, *Early Warning System (EWS)*, Tim Siaga Bencana

Abstract

The Community Partnership Program (PKM) in Dusun Dukuh, Abang Batudinding Village, Kintamani District, aims to improve community preparedness against flash flood and landslide hazards. The area is highly vulnerable due to volcanic geology, steep slopes, and high rainfall intensity. Activities included preparedness education, Focus Group Discussions (FGD), and the installation of an Internet of Things (IoT)-based Early Warning System (EWS) to monitor rainfall intensity. The system is set at thresholds of 80 mm/hour and 210 mm/hour within three hours to provide early warnings through sound alarms and digital notifications. Evaluation results show improved community understanding, with the average pre-test score increasing from 70 to 90 on the post-test. The impact is reflected in the readiness of the Disaster Preparedness Team and greater awareness of evacuation procedures. In the future, the PKM team plans to develop a slope movement sensor to strengthen the existing early warning system. This program serves as a replicable mitigation model for other disaster-prone areas.

Keywords: Disaster Mitigation, *Early Warning System (EWS)*, Disaster Response Team

I. PENDAHULUAN

Kondisi morfologi heterogen yang terdiri dari perbukitan dan gunung berapi menyebabkan tingkat tanah longsor yang tinggi. Bencana tanah longsor menempati peringkat

pertama dibandingkan dengan bencana lainnya [1]. Data bencana tanah longsor menyebutkan bahwa pada tahun 2020, Kabupaten Bangli mengalami 27 tanah longsor, atau 16,26% dari seluruh tanah longsor di Bali [2]. Aliran puing yang terjadi didominasi oleh curah hujan yang tinggi, dan di desa-desa yang terletak di Gunung Batur dan Gunung Abang, seperti Desa Trunyan, Desa Abang Batudinding, dan Desa Buahman[3], pemicu aliran puing karena kondisi tanah vulkanik dengan batuan lepas, lereng curam, kurangnya vegetasi, struktur geologi, intensitas curah hujan yang tinggi, dan durasi hujan yang lama[4].

Potensi longsor bahan rombakan (debris flow) sangat tinggi di Dusun Dukuh, Desa Abang Batudinding berdasarkan peta hasil dari penelitian dasar RISTEKBRIN 2019-2020 dimana luas genangan sebesar 49.830m², volume 98,639m³/dt, jangkauan lembah sungai mencapai 49,5m dan tebal sedimen 1-1,5m [5]. Pemicu terjadinya debris flow akibat kondisi batuan vulkanik lapuk lepas, lereng terjal, vegetasi kurang, struktur geologi, intensitas curah hujan tinggi dan durasi hujan panjang [5]. Pasca bencana longsor tanggal 18 Oktober 2021, tim peneliti melakukan kunjungan dan identifikasi kondisi pasca longsor yang terjadi [6].

Hasil pengabdian sebelumnya tahun 2024 [7], menghasilkan pemetaan dan identifikasi daerah – daerah yang berpotensi sebagai daerah aliran debris, terutama pada daerah padat penduduk. Pemetaan pada pengabdian kali ini dilakukan dengan menggunakan data prime dengan data pesawat nirawak (drone) yang dioleh dengan menggabungkan data prime dengan data skunder yang diambil dari Google Earth. Analisis tinjauan lapangan berdasarkan *historical debrisflow* yang terjadi pada Dusun Dukuh Abang Batudinding dapat dilakukan pemetaan daerah yang rawan terdampak aliran rombakan (debris flow).

Pemetaan juga menunjukkan aliran debris flow yang pernah terjadi pada tahun 1917 (6). Terlihat terdapat 3 kategori resiko pemukiman yang beresiko terdampak aliran rombakan yaitu Risiko I, Risiko II, dan Risiko III. Makin kecil angka risiko makin besar terdampak aliran rombakan. Peta ini juga dapat dijadikan acuan awal untuk melakukan mitigasi bencana dan juga jalur evakuasi ketika tanda – tanda debris flow akan terjadi [7].

Berdasarkan kondisi diatas untuk melanjutkan program pengabdian masyarakat, agar dapat berkelanjutan maka diusulkan dalam Program Kemitraan Masyarakat (PKM) mengimplementasi sistem peringatan dini berbasis sensor untuk mitigasi bencana sebelum kejadian (pre-disaster). Sistem ini bertujuan untuk memberikan peringatan dini terhadap potensi longsor akibat intensitas curah hujan, yang memungkinkan dilakukannya evakuasi atau tindakan pencegahan lainnya secara lebih cepat dan tepat [8] [9].

II. METODE PENELITIAN

Metode pelaksanaan program ini mencakup langkah-langkah untuk menerapkan solusi dan mencapai target, sebagaimana ditunjukkan berikut ini:

2.1 Partisipasi Mitra:

1. Penentuan lokasi yang tepat untuk pemasangan peringatan dini, data sejarah secara jujur tentang kejadian bencana dari tahun ke tahun lokasi tersebut.
2. Memberikan akses, memasuki kawasan permukiman dan wilayah sakral dalam pendataan visual dan pengukuran.
3. Akses memberikan tempat balai desa, untuk menginap dalam survey, pemasangan peralatan dan melakukan Fokus Grup Diskusi (FGD).

2.2 Pengumpulan Data

1. Data primer dan sekunder yang diperlukan adalah topografi detail, kapasitas drainase, kemiringan lereng, jenis tanah serta daya dukung tanah.
2. Identifikasi permukiman, fasilitas dan kegiatan yang ada di daerah aliran debris.

3. Usaha pengelolaan kebencanaan yang telah dilakukan
4. Fokus Grup Discussion (FGD) antara Tim Pengabdian dengan Tim Siaga Bencana, Aparat Desa Dusun Dukuh Desa Abang Batudinding untuk memastikan permasalahan mitra dalam kajian pengelolaan bencana khususnya pengurangan risiko bencana (PRB).

2.3 Analisis Data

1. Data kegiatan pengelolaan kegiatan dan identifikasi permukiman rawan aliran debris
2. Peta arah aliran debris pada permukiman dan fasilitas masyarakat serta rencana pengembangan dan potensi bencana.
3. Kapasitas yang dihasilkan dalam perencanaan pengurangan resiko bencana baik struktural dan non struktural
4. Pada tahap ini masyarakat khususnya tim siaga bencana dan aparat desa diajak diskusi melalui Fokus Grup Diskusi tentang pemetaan potensi bencana di kawasan Dusun Dukuh Abang Batudinding.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Pengumpulan Data

Kegiatan pengabdian dilakukan dengan melakukan Pengumpulan data Pre Test rencana kegiatan rencana kegiatan dan stakeholders. FGD dilakukan Bersama tim inti siaga bencana Dusun Dukuh, sehingga pemahaman tentang kesiapsiagaan, menyangkut ciri-ciri bencana, metode evakuasi dan jalur evakuasi tetap, terpelihara dan diingat secara berkelanjutan. Gambar 1. Menunjukkan kegiatan FGD dan penjelasan dengan fungsi EWS, serta bagaimana peringatan yang di berikan.



Gambar 1 Pengumpulan Data Penyebaran Pre-Test

Selain melakukan pengambilan gambar tim PKM juga melakukan pre-test kepada masyarakat tentang pemahaman potensi bencana dan metode evakuasi yang akan dilakukan ketika bencana tersebut terjadi. Hasil pre-test menunjukkan nilai yang masih kurang tentang pemahaman potensi bencana dan metode evakuasi yang dapat dilakukan ketika terjadi bencana.

Kuisisioner yang dibagikan saat ini terbagi menjadi 3 bagian yang pertama data diri yang kedua pengetahuan dan yang ketiga Pernyataan Sikap Kesiapsiagaan. Berdasarkan hasil pre tes didapat hasil tes sebagai berikut :

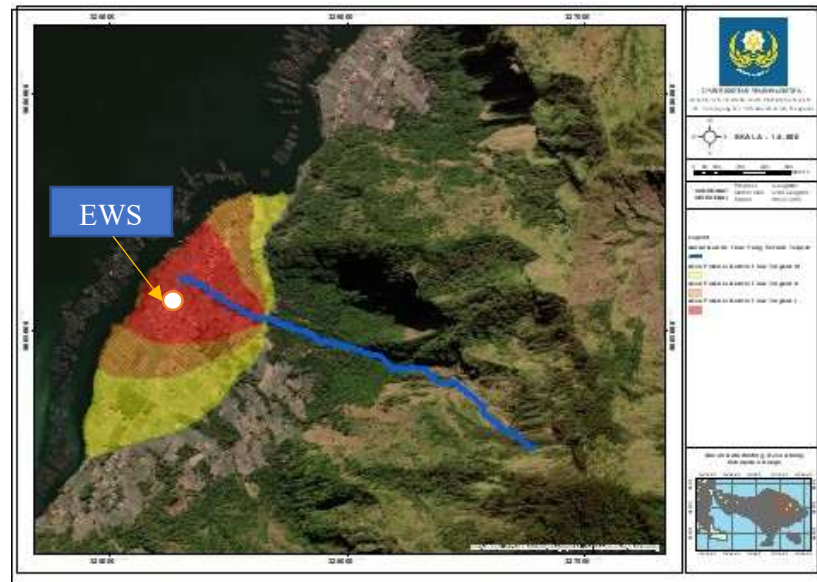
Tabel 1 Nilai Pre Test dan Post Test Pengetahuan Potensi Bencana dan Metode Evakuasi

No Responden	PreTest	PostTest	Selisih
1	70	70	0
2	90	100	10
3	80	80	0
4	70	100	30
5	60	90	30
6	60	100	40
7	70	80	10
8	80	80	0
9	80	80	0
10	80	90	10
11	50	90	40
12	90	90	0
13	80	80	0
14	60	100	40
15	60	90	30
16	60	100	40
17	70	90	20
18	80	100	20
19	80	90	10
20	60	100	40
21	80	100	20
22	60	100	40
23	60	100	40
24	70	80	10
25	70	80	10
26	80	90	10
27	60	90	30
28	70	70	0
29	70	90	20
30	50	100	50
Rata - Rata	70	90	20

Rata-rata nilai post-test lebih tinggi dibandingkan dengan pre-test, rata – rata pre tes memperoleh nilai 70 dan rata – rata post test memperoleh nilai 90 dengan selisih 20 poin. Hal ini menunjukkan adanya peningkatan hasil belajar setelah dilakukan sosialisasi dan (FGD) fokus group diskusi dengan tim PKM Fakultas Teknik dan Perencanaan Universitas Warmadewa. Dari pre test juga masyarakat sudah memahami bagaimana untuk EWS dapat mengurangi risiko bencana yang terjadi, penguatan tim bencana perlu dilakukan dengan kegiatan – kegiatan FGD seperti saat PKM ini.

2. Identifikasi Daerah Rawan Bencana

Daerah rawan bencana ditentukan berdasarkan kegiatan sebelumnya yang menghasilkan peta rawan bencana Debris Flow . Dari gambar tersebut didapat lokasi pemasangan *Early Warning System* (EWS) harus dipasang disekitar daerah ini dan berada pada titik tengah daerah rawan bencana. Hal ini dilakukan agar proses pemberian informasi dapat dilakukan dengan cepat.



Gambar 2 Peta lokasi pemasangan EWS

Gambar 2 memperlihatkan titik lokasi pemasangan EWS. Titik tersebut merupakan titik tengah yang dapat menjangkau seluruh daerah risiko.

3. FGD dengan masyarakat

Fokus Grup Discussion (FGD) dilakukan oleh Tim Pengabdian dengan Tim Siaga Bencana setempat, dan juga Aparat Desa Dusun Dukuh Desa Abang Batudinding untuk memberikan informasi mengenai sistem kerja alat EWS ini, agar dapat dimanfaatkan dengan baik dan sedini mungkin dapat memberikan peringatan dini pada masyarakat yang tinggal di daerah rawan Bencana.



Gambar 3 Diskusi dan Pemberian Informasi cara kerja EWS yang akan dipasang

Alat EWS yang dipasang saat ini merupakan alat pengukur curah hujan yang terhubung pada Server yang terkoneksi dengan internet. Server akan mengirimkan peringatan dengan bunyi jika hujan yang terjadi melewati ambang batas yang telah diatur dalam alat pengukur

curah hujan ini. Dari penelitian terdahulu yang dilakukan di daerah sekitar Bangli, curah hujan yang menyebabkan longsor aliran rombakan (derbis flow) adalah hujan yang melebihi 100 mm/jam [10]. Sehingga ambang bata yang digunakan dalam alat pengukur curah hujan ini adalah 100 mm/jam. Jadi ketika curah hujan melewati angka tersebut server akan mengirimkan sinyal kepada setiap perangkat yang telah tersambung termasuk kepada masyarakat tim siaga bencana maupun tim PkM Fakultas Teknik dan Perencanaan Universitas Warmadewa.

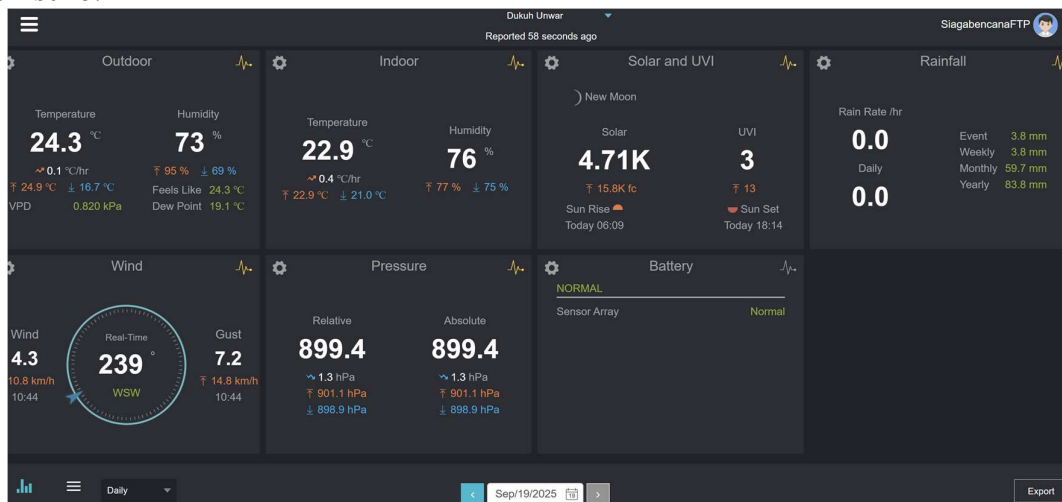
4. Pemasangan Alat dan Output

Pemasangan Alat Peringatan Dini ini menjadi salah satu upaya penggunaan teknologi dalam mencegah terjadinya kerugian akibat bencana yang akan terjadi. Mitigasi dilakukan sejak dini sehingga masyarakat dapat siaga ketika potensi bencana meningkat.



Gambar 4 Proses Pemasangan Alat Pengukur Curah Hujan

Alat Pengukur Curah hujan ini dipasang di sekitar area tengah daerah potensi rawan bencana. Alat ini dipasang di daerah yang tidak terhalang bangunan. Alat EWS ini perlu dilakukan perawatan minimal 6 bulan sekali untuk memastikan alat terus dapat memberikan informasi yang akurat terkait curah hujan yang akan terjadi. Sistem peringatan dini akan memberikan notifikasi dan bunyi alarm pada intensitas curah hujan 80 mm/jam atau saat hujan kumulatif sebesar 210 mm/jam dalam waktu 3 jam display seperti alat EWS seperti Gambar 5.



Gambar 5. Display EWS Cuaca

Alat pengukur curah hujan ini diharapkan menjadi alat peringatan dini yang efektif dalam mencegah adanya kerugian materil maupun non materil ketika bencana itu benar – benar terjadi. Alat ini dilengkapi dengan buku panduan yang disusun oleh Tim PkM sehingga seluruh elemen masyarakat dapat mengakses informasi lewat laman yang telah tertera pada buku panduan alat pengukur curah hujan ini. Tim PkM berharap dengan dipasangnya alat ini tim siaga bencana Dusun Dukuh Abang Batudinding dapat lebih mudah untuk melakukan tindakan jika peringatan dini terjadi.

IV. SIMPULAN DAN SARAN

1. *Simpulan*

Kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat (PkM) yang dilakukan oleh Tim PkM Fakultas Teknik dan Perencanaan Universitas Warmadewa di Dusun Dukuh Abang Batudinding, Kabupaten Bangli, berhasil meningkatkan kesiapsiagaan masyarakat terhadap potensi bencana longsor dan aliran rombakan (*debris flow*). Berdasarkan hasil pre-test dan post-test, terjadi peningkatan pemahaman masyarakat dari rata-rata nilai 70 menjadi 90, menunjukkan efektivitas sosialisasi dan Fokus Grup Diskusi (FGD) dalam meningkatkan pengetahuan tentang potensi bencana dan metode evakuasi. Pemasangan alat *Early Warning System* (EWS) berbasis pengukur curah hujan dengan ambang batas 100 mm/jam di titik strategis daerah rawan bencana menjadi langkah penting dalam mitigasi bencana. Alat ini, yang dilengkapi buku panduan, memungkinkan Tim Siaga Bencana dan masyarakat untuk merespons potensi bencana secara cepat dan efektif, sehingga dapat meminimalkan kerugian material dan non-material. Kegiatan ini juga memperkuat peran Tim Siaga Bencana melalui FGD, mendukung kemandirian masyarakat, dan menciptakan model mitigasi bencana yang berkelanjutan.

2. *Saran*

Saran yang dapat diberikan penulis yaitu sebagai berikut:

- a. Peningkatan Frekuensi Pelatihan dan FGD
Untuk mempertahankan tingkat kesiapsiagaan masyarakat, disarankan untuk mengadakan pelatihan dan FGD secara berkala, minimal setiap enam bulan, guna memperbarui pengetahuan dan keterampilan masyarakat dalam menghadapi bencana.
- b. Perawatan dan Pemantauan Alat EWS
Perawatan alat EWS perlu dilakukan secara rutin setiap enam bulan, dengan melibatkan masyarakat setempat untuk memastikan keberlanjutan fungsi alat dan akurasi data curah hujan.
- c. Replikasi di Wilayah Lain
Program ini dapat direplikasi di desa-desa lain yang rawan bencana di Kabupaten Bangli, seperti Desa Trunyan dan Desa Buahon, dengan menyesuaikan peta rawan bencana dan karakteristik lokal.
- d. Peningkatan Akses Informasi
Buku panduan EWS dapat dikembangkan dalam format digital yang lebih interaktif, seperti aplikasi mobile, untuk memudahkan akses informasi bagi masyarakat yang lebih luas.
- e. Penguatan Kolaborasi

Kerjasama dengan pemerintah daerah dan lembaga terkait perlu diperkuat untuk mendukung pendanaan, pelatihan, dan pemeliharaan alat EWS, sehingga program ini dapat berjalan secara berkelanjutan dan memberikan dampak yang lebih besar.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB), "Peraturan Kepala Badan Nasional Penanggulangan Bencana Nomor 02 Tahun 2012 Tentang Pedoman Umum Pengkajian Risiko Bencana Badan," Jakarta, 2012.
- [2] I. N. Sinarta, A. Rifa'i, T. F. Fathani, and W. Wilopo, "Spatial analysis of safety factors due to rain infiltration in the buyan-beratan ancient mountains," *Int. Rev. Civ. Eng.*, vol. 11, no. 2, pp. 90–97, Mar. 2020, doi: 10.15866/IRECE.V11I2.17668.
- [3] I. N. Sinarta, A. Rifa'i, T. F. Fathani, and W. Wilopo, "Slope stability assessment using trigger parameters and SINMAP methods on tamblingan-buyan ancient mountain area in buleleng regency, bali," *Geosci.*, vol. 7, no. 4, 2017, doi: 10.3390/geosciences7040110.
- [4] I. N. Sinarta and I. W. A. Basoka, "Safety factor analysis of landslides hazard as a result of rain condition infiltration on Buyan-Beratan Ancient Mountain," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1402, no. 2, 2019, doi: 10.1088/1742-6596/1402/2/022002.
- [5] I. N. Sinarta, P. Ika Wahyuni, and P. Aryastana, "Debris Flow Hazard Assessment Based on Resistivity Value and Geological Analysis In Abang Mountain, Geopark Batur, Bali," *Int. J. Civ. Eng. Technol.*, vol. 10, no. 11, pp. 11–18, 2019.
- [6] I. N. Sinarta and P. I. Wahyuni, "Analisis Potensi Longsor Rombakan (Debris Flow) dengan Pemodelan Aliran di Lereng Gunung Abang, Kintamani, Bali," 2022.
- [7] I. N. Sinarta, A. A. G. Sumanjaya, I. M. S. Kumara, I. M. A. Bhaskara, and I. Made, "Kesiapsiagaan dan Pemetaan Aliran Longsor Bahan Rombakan (Debris Flow)," *J. Abdi Daya*, vol. 4, no. 2, pp. 1–11, 2024, doi: <https://doi.org/10.22225/jad.4.2.2024.1-11>.
- [8] T. F. Fathani, D. Karnawati, and W. Wilopo, "An integrated methodology to develop a standard for landslide early warning systems," *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, vol. 16, no. 9, pp. 2123–2135, 2016, doi: 10.5194/nhess-16-2123-2016.
- [9] B. Thiebes, *Landslide Analysis and Early Warning Systems*, no. 1996. 2012.
- [10] I. W. A. Setiawan, I. N. Sinarta, and I. G. A. P. Eryani, "Model Infrastruktur Penahan Aliran Longsor Bahan Rombakan (Debris Flow) Pada Batuan Vulkanik di Lereng Gunung Abang, Kintamani," *J. Manaj. Aset Infrastruktur Fasilitas*, vol. 7, no. 1, pp. 67–76, 2023, doi: 10.12962/j26151847.v7i1.20692.