



Pengembangan Kapasitas SDM dan Budaya Keselamatan Berbasis Inovasi Teknologi untuk Meningkatkan Kesiapsiagaan Bencana pada Paguyuban Rafting Sungai Palayangan Pangalengan

Human Resource Capacity Development and Safety Culture through Technological Innovation to Enhance Disaster Preparedness in the Palayangan River Rafting Community, Pangalengan

Nurul Giswi Karomah^{1*}, Agie Nugraha Pratama², Ria Estiana³

¹Program Studi Administrasi Bisnis, Politeknik LP3I Jakarta, Indonesia

²Program Studi Manajemen Informatika, Universitas Putra Indonesia, Indonesia

³Program Studi Administrasi Bisnis Internasional, Politeknik LP3I Jakarta, Indonesia

*Penulis Korespondensi: nurulgiswi@gmail.com

Riwayat Artikel:

Naskah Masuk: 12 Agustus 2026;

Revisi: 28 Agustus 2026;

Diterima: 13 September 2026;

Terbit: 21 September 2026

Keywords: Disaster Mitigation; Early Warning System; Internet of Things; Rafting; Safety Branding.

Abstract. Rafting tourism is a special-interest tourism activity with a high level of risk that requires competent human resources, a strong safety culture, and an integrated disaster preparedness system. This community service program aimed to strengthen human resource capacity and safety practices within the Palayangan River Rafting Association (PRSP), Pangalengan, through technological innovation for disaster preparedness. The program applied a participatory empowerment approach consisting of risk identification, disaster mitigation system development, technology implementation, training, and evaluation. Activities included crisis management training, risk communication, safety branding, Digital Safety SOP implementation, and the establishment of a Rapid Response Unit. These interventions were supported by an Internet of Things (IoT)-based Disaster Mitigation Information System–Early Warning System (SIMB-EWS) to improve real-time safety decision-making. The results showed that operational safety compliance and managerial capacity increased from 40% to 80%, while participants' understanding of service quality and safety assurance improved from 5% to 85%. The program produced Digital Safety SOPs, a Rapid Response Unit, and an operational SIMB-EWS that transformed river monitoring from manual to automated mechanisms. The integration of human resource development, safety standardization, and technology effectively strengthened disaster preparedness among rafting tourism operators.

Abstrak

Wisata arung jeram merupakan aktivitas pariwisata minat khusus dengan tingkat risiko tinggi yang membutuhkan sumber daya manusia kompeten, budaya keselamatan, dan sistem kesiapsiagaan bencana yang terintegrasi. Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini bertujuan meningkatkan kapasitas sumber daya manusia dan memperkuat budaya keselamatan pada Paguyuban Rafting Sungai Palayangan (PRSP), Pangalengan, melalui pemanfaatan inovasi teknologi untuk mendukung kesiapsiagaan bencana. Program dilaksanakan dengan pendekatan partisipatif dan pemberdayaan melalui tahapan sosialisasi, identifikasi risiko, pengembangan sistem mitigasi, instalasi teknologi, pelatihan, serta evaluasi. Kegiatan meliputi pelatihan manajemen krisis wisata tirta, komunikasi risiko, safety branding, penerapan SOP Keselamatan Digital, pembentukan Unit Reaksi Cepat, serta penerapan Sistem Informasi Mitigasi Bencana–Early Warning System (SIMB-EWS) berbasis Internet of Things (IoT). Hasil kegiatan menunjukkan peningkatan kemampuan manajerial dan kepatuhan terhadap standar keselamatan operasional dari 40% menjadi 80%, serta peningkatan pemahaman kualitas pelayanan dan jaminan keamanan dari 5% menjadi 85%. Program menghasilkan SOP Keselamatan Digital, Unit Reaksi Cepat, dan sistem SIMB-EWS yang mengubah pemantauan kondisi sungai dari manual menjadi otomatis. Integrasi pengembangan SDM, standardisasi keselamatan, dan inovasi teknologi efektif memperkuat kesiapsiagaan bencana pada pengelola wisata arung jeram.

Kata kunci: Budaya Keselamatan; Inovasi Teknologi; Kesiapsiagaan Bencana; Pengembangan Kapasitas SDM; Wisata Rafting.

1. PENDAHULUAN

Pariwisata minat khusus berbasis petualangan memiliki karakter risiko yang berbeda dibandingkan wisata rekreatif biasa. Aktivitas rafting berlangsung pada lingkungan alam yang dinamis, sehingga perubahan debit air, kondisi jeram, cuaca, kesiapan pemandu, peralatan keselamatan, serta kecepatan komunikasi saat kondisi darurat menjadi bagian yang tidak terpisahkan dari kualitas layanan. Dalam konteks adventure tourism, manajemen risiko diperlukan bukan hanya untuk mencegah insiden, tetapi juga untuk memastikan bahwa keputusan operasional didasarkan pada identifikasi bahaya, penilaian risiko, pengendalian, dan evaluasi yang konsisten. Liyandra et al. (2024) menegaskan bahwa risiko pada wisata petualangan berkaitan dengan faktor manusia, peralatan, dan lingkungan; karena itu, tata kelola keselamatan harus dibangun secara sistematis dan bukan semata-mata bergantung pada pengalaman individu.

Sungai Palayangan di Pangalengan, Kabupaten Bandung merupakan salah satu kawasan wisata rafting yang memiliki peran ekonomi bagi masyarakat lokal. Paguyuban Rafting Sungai Palayangan (PRSP) menaungi 36 operator yang mengelola lintasan pengarungan sekitar 4,6 km. Di sisi lain, karakter sungai pada area lembah dengan sejumlah titik kritis menuntut sistem pemantauan yang mampu menyediakan informasi kondisi air secara cepat. Hasil analisis situasi program menunjukkan bahwa sebelum intervensi, tingkat kesiapsiagaan bencana mitra berada pada 40%, sedangkan adopsi teknologi keselamatan baru sekitar 5%. Pemantauan perubahan kondisi sungai dari hulu ke hilir masih dilakukan secara visual dan mengandalkan komunikasi manual. Kondisi tersebut menciptakan jeda informasi dan meningkatkan potensi human error pada pengambilan keputusan operasional.

Kondisi tersebut sejalan dengan temuan pada berbagai destinasi wisata alam di Indonesia. Aisyianita et al. (2026) menunjukkan adanya kesenjangan antara standar ideal dan praktik keselamatan pada wisata river tubing, terutama ketika praktik lapangan masih berbasis pengalaman dan belum sepenuhnya dilembagakan melalui SOP, sistem risiko, sertifikasi, dan edukasi keselamatan. Bryan et al. (2025) juga menemukan bahwa kelemahan early warning system, jalur evakuasi, SOP, dan koordinasi antarpemangku kepentingan dapat menurunkan efektivitas mitigasi di destinasi wisata. Pada konteks yang secara langsung terkait dengan Sungai Palayangan, Chandra et al. (2026) mengidentifikasi kebutuhan media edukasi, dokumentasi prosedur operasional, dan penguatan pemahaman keselamatan wisatawan. Temuan-temuan tersebut menunjukkan bahwa keselamatan destinasi memerlukan kombinasi antara instrumen teknis dan kapasitas kelembagaan.

Penguatan kesiapsiagaan bencana menjadi semakin penting ketika pariwisata berada di wilayah yang terpapar ancaman hidrometeorologi maupun geologi. UNDRR (2023) menjelaskan bahwa *early warning system* yang berorientasi pada manusia terdiri atas empat komponen yang saling terkait, yaitu pengetahuan risiko; deteksi, pemantauan, analisis dan prakiraan; diseminasi serta komunikasi peringatan; dan kesiapan untuk merespons. Artinya, keberadaan sensor saja belum cukup. Sistem peringatan dini akan efektif ketika informasi yang dihasilkan dapat diterjemahkan menjadi keputusan operasional melalui SOP, struktur koordinasi, dan kemampuan manusia yang siap merespons. Shalih et al. (2025) memperkuat pandangan ini dengan menekankan bahwa ketangguhan destinasi wisata memerlukan penguatan kapasitas komunitas dan pemanfaatan *community-based early warning system* sebagai bagian dari strategi mitigasi nonstruktural.

Perkembangan *Internet of Things* (IoT) menawarkan peluang untuk memperkuat pemantauan kondisi sungai secara *real-time*. Teknologi LoRaWAN memiliki karakter jangkauan komunikasi yang luas dan konsumsi daya rendah sehingga relevan untuk lokasi alam terbuka dengan keterbatasan infrastruktur komunikasi. Zakaria et al. (2023) menunjukkan bahwa integrasi sensor ultrasonik, LoRaWAN, gateway, dan dashboard dapat digunakan untuk pemantauan tinggi muka air dan penyampaian peringatan berbasis tingkat risiko secara *real-time*. Dalam pengelolaan rafting, informasi tinggi muka air menjadi penting karena morfometri dan dinamika aliran sungai memengaruhi karakter jeram dan risiko pengarungan (Suprayogi et al., 2020). Oleh sebab itu, pemanfaatan sensor dan dashboard dapat menjadi dasar pengambilan keputusan yang lebih objektif dibandingkan mengandalkan pengamatan visual semata.

Dimensi keselamatan juga memiliki konsekuensi manajerial dan pemasaran. Kualitas pelayanan pada destinasi wisata tidak hanya ditentukan oleh keramahan dan fasilitas, tetapi juga oleh jaminan keamanan atau assurance yang dirasakan wisatawan. Binawa et al. (2023) menunjukkan bahwa keselamatan wisatawan berhubungan signifikan dengan kepuasan wisatawan. Ding & Wu (2022) juga menemukan bahwa persepsi keselamatan yang lebih tinggi berkaitan dengan citra destinasi yang lebih positif, kepuasan yang lebih baik, dan keinginan berkunjung kembali serta merekomendasikan destinasi. Bahkan, komunikasi keselamatan dalam pemasaran destinasi dapat memengaruhi minat kunjungan pada segmen wisatawan tertentu (Wang & Lopez, 2020). Dengan demikian, penguatan sistem keselamatan dapat dikembangkan menjadi *safety branding*, yaitu komunikasi nilai keselamatan sebagai bagian dari identitas dan kepercayaan terhadap destinasi.

Berdasarkan permasalahan tersebut, program pengabdian kepada masyarakat ini merancang solusi integratif yang menggabungkan teknologi dan pemberdayaan manajemen. Solusi tersebut berupa pembangunan Sistem Informasi Mitigasi Bencana–Early Warning System (SIMB-EWS) berbasis IoT, penyusunan SOP Keselamatan Digital, pembentukan struktur koordinasi darurat atau Unit Reaksi Cepat, pelatihan manajemen krisis, serta penguatan strategi komunikasi safety branding bagi pemandu. Tujuan kegiatan adalah: (1) meningkatkan kemampuan manajemen dan kepatuhan standar keselamatan PRSP; (2) meningkatkan kualitas pelayanan dan assurance keselamatan; dan (3) mengubah pola pemantauan sungai yang dominan manual menjadi sistem pemantauan digital yang lebih kontinu, terukur, dan responsif. Artikel ini mendeskripsikan proses implementasi, capaian keberdayaan mitra, dan implikasi manajerial dari integrasi teknologi keselamatan pada wisata rafting Sungai Palayangan.

2. METODE

Lokasi, Mitra, dan Pendekatan Program

Kegiatan dilaksanakan pada Tahun Anggaran 2026 bersama Paguyuban Rafting Sungai Palayangan (PRSP) yang berlokasi di Warnasari, Kecamatan Pangalengan, Kabupaten Bandung, Jawa Barat. Mitra merupakan paguyuban yang menaungi 36 operator rafting. Program dirancang selama delapan bulan dengan pendekatan pemberdayaan partisipatif. Keterlibatan mitra dilakukan sejak identifikasi masalah, penentuan titik pemasangan teknologi, pelatihan, pengoperasian sistem, penyusunan SOP, sampai evaluasi. Pendekatan tersebut dipilih agar produk teknologi tidak berhenti sebagai bantuan perangkat, tetapi terintegrasi dalam proses kerja dan tata kelola keselamatan mitra.

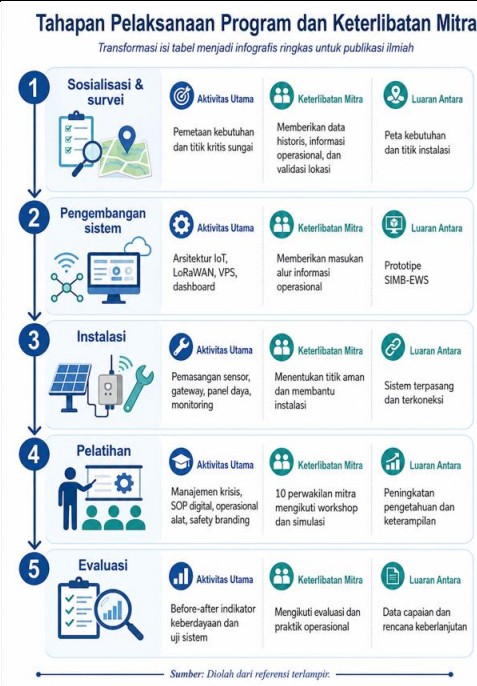
Tahapan Pelaksanaan

Pelaksanaan program terdiri atas lima tahap yang saling berurutan. Tahap pertama adalah sosialisasi dan survei lapangan untuk mengidentifikasi kebutuhan mitra serta titik kritis, terutama area Pintu Air Situ Cileunca dan Jeram Blender. Tahap kedua adalah pengembangan arsitektur SIMB-EWS, yang mencakup topologi jaringan IoT, konfigurasi komunikasi LoRaWAN, penyediaan VPS, dan pemrograman dashboard. Tahap ketiga berupa instalasi perangkat di lapangan, meliputi sensor Milesight EM500-UDL, LoRaWAN Gateway UG56, panel kelistrikan, serta perangkat pendukung monitoring. Tahap keempat adalah pelatihan teknis dan manajerial bagi 10 orang perwakilan anggota mitra yang mencakup pengoperasian sistem, manajemen krisis wisata tirta, SOP Keselamatan Digital, dan komunikasi risiko. Tahap

kelima berupa evaluasi dan pemantauan yang mencakup pengukuran sebelum-sesudah pada indikator keberdayaan, observasi penerapan SOP, dan uji stabilitas transmisi data sensor.

Tabel 1. Tahapan Pelaksanaan Program Pengabdian.

Tahap	Aktivitas Utama	Keterlibatan Mitra	Luaran Antara
1. Sosialisasi & survei	Pemetaan kebutuhan dan titik kritis sungai	Memberikan data historis, informasi operasional, dan validasi lokasi	Peta kebutuhan dan titik instalasi
2. Pengembangan sistem	Arsitektur IoT, LoRaWAN, VPS, dashboard	Memberikan masukan alur informasi operasional	Prototipe SIMB-EWS
3. Instalasi	Pemasangan sensor, gateway, panel daya, monitoring	Menentukan titik aman dan membantu instalasi	Sistem terpasang dan terkoneksi
4. Pelatihan	Manajemen krisis, SOP digital, operasional alat, safety branding	10 perwakilan mitra mengikuti workshop dan simulasi	Peningkatan pengetahuan dan keterampilan
5. Evaluasi	Before-after indikator keberdayaan dan uji sistem	Mengikuti evaluasi dan praktik operasional	Data capaian dan rencana keberlanjutan



Gambar 1. Tahapan Pelaksanaan Program Pengabdian.

Teknologi yang Diterapkan

SIMB-EWS dikembangkan sebagai sistem pemantauan dan koordinasi mitigasi bencana berbasis IoT. Perangkat keras utama terdiri atas dua sensor High-Precision Ultrasonic Milesight EM500-UDL untuk pemantauan elevasi air, satu Industrial LoRaWAN Gateway UG56 sebagai penghubung komunikasi jarak jauh, Smart TV 32 inci sebagai pusat monitoring,

serta perangkat daya dan konektivitas berupa UPS dan modem. Pada sisi perangkat lunak digunakan dashboard ThingsBoard yang dihosting pada VPS. Dashboard menampilkan informasi kondisi sungai dan dilengkapi push notification otomatis ketika nilai pemantauan melewati ambang batas aman. Arsitektur ini dirancang agar data lapangan tidak hanya tersimpan, tetapi dapat digunakan oleh pengurus sebagai pemicu komunikasi dan tindakan operasional.

Evaluasi Keberhasilan

Evaluasi dilakukan secara deskriptif dengan membandingkan kondisi awal dan kondisi setelah intervensi pada dua indikator keberdayaan yang telah ditetapkan dalam program. Indikator pertama adalah kemampuan manajemen dan kepatuhan terhadap standar keselamatan operasional. Indikator kedua adalah kualitas pelayanan dan pemahaman assurance keselamatan. Pengukuran program menggunakan instrumen evaluasi sebelum dan sesudah pelatihan, didukung observasi penerapan SOP serta verifikasi beroperasinya SIMB-EWS. Karena data mentah individu tidak tersedia pada dokumen sumber, artikel ini menyajikan perubahan persentase capaian secara deskriptif tanpa melakukan uji inferensial. Keberhasilan teknologi dinilai dari keterhubungan *sensor-gateway-dashboard*, berjalannya notifikasi, dan peralihan pola pemantauan dari manual menjadi otomatis 24/7.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi Awal dan Kebutuhan Mitra

Analisis situasi menunjukkan bahwa kekuatan utama PRSP terletak pada pengalaman operasional dan jejaring 36 operator, tetapi sistem kesiapsiagaan bencana belum terstandardisasi secara digital. Dua persoalan prioritas adalah rendahnya adopsi teknologi keselamatan (5%) dan kesiapsiagaan operasional yang baru mencapai 40%. Pemantauan kondisi sungai sepenuhnya bergantung pada pengamatan visual dan komunikasi manual. Selain menimbulkan potensi keterlambatan informasi, pola tersebut membuat pengambilan keputusan sangat tergantung pada individu yang sedang bertugas. Kondisi ini relevan dengan kajian Aisyianita et al. (2026), yang menunjukkan bahwa keselamatan wisata sungai akan sulit konsisten apabila pengetahuan dan pengalaman tidak dikonversi menjadi SOP, sistem informasi, serta tata kelola yang dapat diterapkan lintas operator.

Kebutuhan mitra dengan demikian tidak hanya berupa alat pendeteksi tinggi muka air, tetapi juga mekanisme yang menghubungkan informasi teknis dengan tindakan organisasi. Pada kerangka ISO 31000:2018, pengelolaan risiko perlu diintegrasikan ke dalam tata kelola dan proses pengambilan keputusan. Hal ini menjadi dasar program untuk menempatkan SIMB-

EWS sebagai bagian dari sistem manajemen, bukan sebagai perangkat yang berdiri sendiri. SOP Keselamatan Digital disusun agar informasi dari dashboard dapat dikaitkan dengan tahapan respons, sedangkan Unit Reaksi Cepat berfungsi sebagai struktur yang memastikan siapa melakukan apa ketika peringatan diterima.

Tabel 2. Pemetaan Masalah dan Intervensi Program.

Permasalahan Awal	Intervensi Program	Perubahan yang Diharapkan
Pemantauan visual/manual 100%	Sensor ultrasonik, LoRaWAN, dashboard cloud, push notification	Informasi kondisi sungai lebih kontinu dan cepat
Kesiapsiagaan operasional 40%	SOP Keselamatan Digital dan Unit Reaksi Cepat	Kepatuhan dan koordinasi tanggap darurat meningkat
Adopsi teknologi keselamatan 5%	SIMB-EWS terintegrasi hardware–software	Transformasi pemantauan menuju sistem digital
Komunikasi keselamatan belum terstruktur	Workshop manajemen krisis dan safety branding	Assurance layanan dan komunikasi risiko meningkat

Implementasi SIMB-EWS Berbasis IoT

Implementasi teknologi menghasilkan satu unit sistem SIMB-EWS yang mengintegrasikan perangkat sensor, komunikasi LoRaWAN, server cloud, dashboard, dan mekanisme notifikasi. Dua sensor Milesight EM500-UDL ditempatkan untuk mendukung pemantauan pada area hulu dan titik kritis, sedangkan Gateway UG56 meneruskan data ke sistem cloud. Dashboard ThingsBoard digunakan sebagai pusat monitoring dan dilengkapi notifikasi otomatis. Integrasi ini mengubah pola pengawasan dari pemantauan visual manual menjadi pemantauan otomatis yang dapat berjalan 24 jam. Transformasi tersebut penting karena situasi hidrologi dapat berubah lebih cepat daripada siklus pemeriksaan manual.

Secara teknis, pemilihan LoRaWAN relevan untuk karakter destinasi sungai yang memerlukan komunikasi jarak jauh dan efisiensi daya. Zakaria et al. (2023) menunjukkan bahwa LoRaWAN dapat mendukung sistem pemantauan banjir dengan sensor ultrasonik, pengiriman data real-time, dashboard, dan peringatan berbasis ambang. Pada konteks Sungai Palayangan, pendekatan serupa diterjemahkan ke dalam sistem operasional wisata: data sensor tidak berhenti pada monitoring, tetapi menjadi masukan bagi koordinasi antaroperator. Dengan demikian, teknologi berfungsi sebagai sarana peningkatan situational awareness dan konsistensi keputusan.



Gambar 2. Pelaksanaan pelatihan dan penguatan kapasitas mitra PRSP (dokumentasi program, 2026)

Standardisasi Keselamatan dan Penguatan Kapasitas Manajerial

Intervensi manajemen menghasilkan dokumen SOP Keselamatan Digital yang mengacu pada kebutuhan manajemen risiko wisata tirta. SOP tersebut diperkuat dengan pembentukan Unit Reaksi Cepat yang menghubungkan informasi dari dashboard EWS ke saluran komunikasi operasional 36 operator. Dengan struktur ini, peringatan dapat diteruskan melalui jalur komunikasi yang telah disepakati dan tidak hanya bergantung pada inisiatif personal. Hasil evaluasi menunjukkan kemampuan manajerial dan kepatuhan standar keselamatan meningkat dari 40% pada kondisi awal menjadi 80% setelah program, atau meningkat 40 poin persentase.

Capaian tersebut memperlihatkan bahwa standardisasi prosedur merupakan pasangan penting bagi digitalisasi. Sistem sensor dapat menghasilkan data, tetapi data baru bernilai manajerial apabila diterjemahkan menjadi aturan keputusan, pembagian tanggung jawab, dan tindakan respons. UNDRR (2023) menempatkan preparedness to respond sebagai salah satu komponen utama early warning system; karena itu, peningkatan manajemen dalam program ini tidak dapat dipisahkan dari keberhasilan teknologi. Temuan Bryan et al. (2025) mengenai kebutuhan integrasi EWS, SOP, koordinasi institusi, dan edukasi komunitas juga memperkuat pentingnya pendekatan tersebut.

Peningkatan Kualitas Pelayanan dan *Safety Branding*

Aspek sosial-kemasyarakatan difokuskan pada peningkatan kualitas pelayanan melalui workshop mitigasi risiko hidrologi dan strategi komunikasi *safety branding*. Materi pelatihan menekankan bahwa keselamatan tidak hanya dipraktikkan di belakang layar, tetapi juga perlu dikomunikasikan kepada wisatawan melalui briefing, penjelasan risiko, prosedur respons, dan informasi kesiapsiagaan yang konsisten. Hasil evaluasi menunjukkan pemahaman kualitas

pelayanan dan jaminan keamanan (*assurance*) meningkat dari 5% menjadi 85%, atau meningkat 80 poin persentase. Peningkatan ini menggambarkan pergeseran dari kondisi ketika aspek keselamatan belum diposisikan sebagai elemen layanan menjadi kondisi ketika keselamatan mulai dipahami sebagai bagian dari nilai layanan destinasi.

Implikasi manajerialnya cukup kuat. Binawa et al. (2023) menunjukkan bahwa kualitas pelayanan dan keselamatan wisatawan berpengaruh terhadap kepuasan wisatawan. Ding & Wu (2022) menunjukkan bahwa persepsi keselamatan berhubungan dengan citra destinasi, kepuasan, serta intensi untuk berkunjung kembali dan merekomendasikan. Wang & Lopez (2020) juga menemukan bahwa pesan keselamatan dalam komunikasi destinasi dapat meningkatkan niat berkunjung pada kelompok tertentu. Oleh karena itu, *safety branding* pada PRSP dapat dipahami sebagai strategi untuk mengubah praktik keselamatan menjadi keunggulan layanan yang terlihat dan dipercaya wisatawan, tanpa mengurangi prinsip bahwa keselamatan harus terlebih dahulu dibuktikan melalui sistem dan prosedur yang nyata.

Tabel 3. Capaian Utama Program Berdasarkan Evaluasi Keberdayaan Mitra.

Aspek Keberdayaan	Indikator	Kondisi Awal	Kondisi Akhir	Perubahan
Manajemen	Kemampuan manajerial dan kepatuhan standar keselamatan	40%	80%	+40 poin persentase
Sosial/Kualitas Pelayanan	Pemahaman <i>assurance</i> keselamatan dan <i>safety branding</i>	5%	85%	+80 poin persentase
Teknologi	Pola pemantauan sungai	Manual/visual	Otomatis 24/7	Transformasi proses

Partisipasi Mitra dan Keberlanjutan

Partisipasi mitra terlihat pada penyediaan informasi kondisi sungai, penentuan titik pemasangan alat, dukungan tenaga lapangan, keterlibatan perwakilan dalam pelatihan, dan penerapan SOP. Mitra juga terlibat dalam pemilihan titik instalasi agar perangkat tidak mengganggu jalur pengangkutan dan terlindung dari risiko vandalisme. Pendekatan ini memperkuat rasa kepemilikan terhadap sistem serta mengurangi kesenjangan antara desain teknis dan praktik lapangan. Hal tersebut sejalan dengan Hermawan et al. (2025) dan Chandra et al. (2026), yang menunjukkan bahwa pendekatan partisipatif dan edukasi kontekstual penting untuk membangun kesadaran keselamatan wisata sungai.

Keberlanjutan program memerlukan aspek teknis dan kelembagaan. Dari sisi teknis, sensor, *gateway*, *server cloud*, konektivitas, serta dashboard memerlukan pemeliharaan dan biaya layanan berkala. Dari sisi kelembagaan, SOP perlu dijadikan standar resmi, Unit Reaksi Cepat perlu memiliki pembagian tugas yang terus diperbarui, dan latihan respons perlu dilakukan secara periodik. Program merekomendasikan mekanisme iuran rutin antaroperator untuk mendukung perpanjangan domain dan VPS. Penguatan pembiayaan bersama penting karena keberlanjutan teknologi akan lebih terjamin apabila biaya operasional dipandang sebagai investasi kolektif dalam keamanan destinasi, bukan beban unit tertentu.



Gambar 3. Aktivitas rafting Sungai Palayangan sebagai konteks penerapan sistem keselamatan (dokumentasi program, 2026).

Implikasi terhadap Pariwisata Tangguh Bencana

Capaian program menunjukkan tiga lapisan perubahan. Pertama, perubahan teknis berupa tersedianya data pemantauan yang lebih kontinu. Kedua, perubahan organisasi berupa SOP dan struktur koordinasi darurat. Ketiga, perubahan layanan berupa meningkatnya pemahaman pemandu terhadap komunikasi risiko dan assurance keselamatan. Ketiga lapisan tersebut merepresentasikan prinsip *end-to-end early warning system*: risiko dipahami, kondisi dipantau, informasi disebarkan, dan organisasi dipersiapkan untuk merespons. Model seperti ini relevan bagi destinasi wisata alam lain yang memiliki karakter ancaman serupa, terutama ketika jumlah pelaku usaha banyak dan koordinasi antarpelaku menjadi tantangan.

Dari perspektif pembangunan berkelanjutan, program mendukung SDG 8 melalui penguatan lingkungan kerja yang lebih aman bagi pemandu dan keberlanjutan ekonomi operator, serta SDG 11 melalui peningkatan ketangguhan kawasan wisata terhadap risiko

bencana. Wahyuningtyas et al. (2020) menekankan bahwa kesiapsiagaan komunitas terhadap risiko bencana memiliki implikasi langsung bagi keberlanjutan pengembangan pariwisata. Dengan demikian, inovasi pada PRSP tidak hanya relevan sebagai digitalisasi alat, tetapi juga sebagai instrumen penguatan daya saing destinasi melalui keselamatan yang terstandar dan dapat dikomunikasikan kepada pasar.

Meskipun menunjukkan capaian positif, evaluasi program memiliki keterbatasan. Data yang tersedia pada laporan kegiatan berbentuk persentase indikator agregat dan belum dilengkapi data mentah individual, sehingga analisis statistik inferensial tidak dilakukan. Selain itu, dampak terhadap kepuasan wisatawan, penurunan insiden, kecepatan respons aktual pada kondisi ekstrem, dan efisiensi biaya jangka panjang masih memerlukan pemantauan lanjutan. Penelitian atau pengabdian berikutnya disarankan menambahkan log data sensor jangka panjang, simulasi tanggap darurat terukur, survei wisatawan, indikator waktu respons, serta evaluasi biaya manfaat untuk memperkuat bukti efektivitas sistem.

4. KESIMPULAN

Program pengabdian kepada masyarakat di Paguyuban Rafting Sungai Palayangan berhasil mengintegrasikan inovasi teknologi dan pemberdayaan manajemen untuk memperkuat keselamatan wisata rafting. Penerapan SIMB-EWS berbasis IoT melalui sensor ultrasonik, jaringan LoRaWAN, dashboard ThingsBoard, dan push notification mengubah pemantauan kondisi sungai yang sebelumnya manual menjadi sistem otomatis 24/7. Intervensi teknologi dilengkapi dengan SOP Keselamatan Digital, pembentukan Unit Reaksi Cepat, pelatihan manajemen krisis, serta komunikasi safety branding. Capaian evaluasi menunjukkan kemampuan manajerial dan kepatuhan standar keselamatan meningkat dari 40% menjadi 80%, sedangkan pemahaman kualitas pelayanan dan assurance keselamatan meningkat dari 5% menjadi 85%. Integrasi teknologi, prosedur, dan kapasitas manusia menjadi faktor kunci agar early warning system benar-benar berfungsi sebagai instrumen tata kelola, bukan sekadar perangkat pemantauan.

Keberlanjutan program perlu diarahkan pada pemeliharaan sensor dan server, pembaruan SOP, latihan respons berkala, serta mekanisme pembiayaan kolektif antaroperator. Evaluasi lanjutan disarankan menggunakan data sensor dan data individu yang lebih lengkap untuk mengukur kecepatan respons, kepuasan wisatawan, efektivitas biaya, dan dampak terhadap penurunan risiko secara longitudinal.

UCAPAN TERIMA KASIH

Tim pelaksana menyampaikan terima kasih kepada Direktorat Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat, Direktorat Jenderal Riset dan Pengembangan, Kementerian Pendidikan Tinggi, Sains, dan Teknologi atas dukungan pendanaan Program Pemberdayaan Kemitraan Masyarakat Tahun Anggaran 2026. Apresiasi juga disampaikan kepada Paguyuban Rafting Sungai Palayangan (PRSP), pengurus, pemandu, pemuda lokal, serta seluruh pihak yang mendukung survei, instalasi teknologi, pelatihan, dan evaluasi program.

DAFTAR REFERENSI

- Aisyianita, R. A., Silvia, Nugroho, A. S., Anggana, M. D., Argiansyah, D. R., & Karyawan, U. (2026). Analisis kesenjangan penerapan manajemen keselamatan pada wisata *river tubing* di Sungai Cileat, Subang. *Journal of Tourism and Economic*, 9(1), 17–28. <https://doi.org/10.36594/jtec/ccypzq09>
- Binawa, I. G. P., Indrawati, Y., & Mananda, I. G. P. B. S. (2023). Pengaruh kualitas pelayanan dan keselamatan wisatawan terhadap kepuasan wisatawan di daya tarik wisata Air Terjun Tegenungan Gianyar Bali. *Jurnal Ilmiah Global Education*, 4(4), 2174–2182. <https://doi.org/10.55681/jige.v4i4.1556>
- Bryan, A., Sunarta, I. N., & Suryawan, I. B. (2025). Evaluasi implementasi mitigasi kebencanaan di daya tarik wisata Pantai SAMIGITA, Bali. *Jurnal Destinasi Pariwisata*, 13(1). <https://doi.org/10.24843/JDEPAR.2025.v13.i01.p02>
- Chandra, E. G., Balqis, K., Febriani, R., Pieter, M., Maulinda, G., & Widyastuti. (2026). Penguatan keselamatan wisata *rafting* melalui media edukasi partisipatif. *Abdi Wisata: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 3(1). <https://doi.org/10.55701/abdiwisata.v3i1.372>
- Ding, G., & Wu, J. (2022). Influence of tourism safety perception on destination image: A case study of Xinjiang, China. *Sustainability*, 14(3), 1663. <https://doi.org/10.3390/su14031663>
- Hermawan, H., Afif, F., Anwari, H., Nugroho, D. S., Hendrajaya, M. P., Girsang, P. T. B., & Wahyuni, A. T. (2025). Edukasi keselamatan wisata sungai: Langkah nyata menuju wisata berkelanjutan di Tlatar. *Jurnal Abdimas Pariwisata*, 6(1), 26–32. <https://doi.org/10.36276/jap.v6i1.736>
- International Organization for Standardization. (2018). *ISO 31000:2018 Risk management—Guidelines*. ISO.
- Liyandra, A., Bhaskara, G. I., & Ariwangsa, I. M. B. (2024). Manajemen risiko *adventure tourism* dalam melakukan kegiatan paralayang di Nyang Nyang Paragliding. *Jurnal Destinasi Pariwisata*, 12(1), 169–176. <https://doi.org/10.24843/JDEPAR.2024.v12.i01.p23>
- Shalih, O., Putti, H. M. D. M., & Falisha, S. I. K. (2025). An enhancing community disaster resilience in tourism villages: Insights from West Nusa Tenggara, Indonesia. *Jurnal Geografi*, 22(1). <https://doi.org/10.15294/jg.v22i1.19606>

- Suprayogi, S., Mutaqin, B. W., Widyaningsih, Y., Jayanto, G. D., Umarella, M. R., & Marfai, M. A. (2020). Preliminary river morphometry analysis for rafting tourism in the Saba River, Bali Island, Indonesia. *International Journal of Sustainable Development and Planning*, 15(5), 631–638. <https://doi.org/10.18280/ijstdp.150505>
- United Nations Office for Disaster Risk Reduction, & World Meteorological Organization. (2024). *Global status of multi-hazard early warning systems 2024*. UNDRR & WMO.
- United Nations Office for Disaster Risk Reduction. (2023). *Words into action guidelines: Multi-hazard early warning systems*. UNDRR.
- Wahyuningtyas, N., Kodir, A., Idris, I., & Islam, M. N. (2020). Accelerating tourism development by community preparedness on disaster risk in Lombok, Indonesia. *GeoJournal of Tourism and Geosites*, 29(2), 545–553. <https://doi.org/10.30892/gtg.29213-488>
- Wang, F., & Lopez, C. (2020). Does communicating safety matter? *Annals of Tourism Research*, 80, 102805. <https://doi.org/10.1016/j.annals.2019.102805>
- Zakaria, M. I., Jabbar, W. A., & Sulaiman, N. (2023). Development of a smart sensing unit for LoRaWAN-based IoT flood monitoring and warning system in catchment areas. *Internet of Things and Cyber-Physical Systems*, 3, 249–261. <https://doi.org/10.1016/j.iotcps.2023.04.005>