

Integrasi Analisis Kerentanan dan Desain Bangunan Ukur dalam Mitigasi Banjir Skala Desa

Frans Mitran Ajami¹, Ria Selfiyani Bahrin¹, A. Fahmi Indrayani¹, Firdaus Ikram²

¹Program Studi Arsitektur, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Nahdlatul Ulama Gorontalo,

²Universitas Muhammadiyah Bulukumba

Alamat Email: riaselfiyani@gmail.com

*Penulis korespondensi, Masuk: 26 Agt. 2025, Direvisi: 10 Jan. 2026, Diterima: 15 Mar. 2026

ABSTRAK: Banjir merupakan bencana yang sering terjadi di Indonesia dan menimbulkan dampak signifikan terhadap lingkungan, infrastruktur, serta kehidupan sosial-ekonomi masyarakat. Penelitian ini bertujuan mengintegrasikan analisis kerentanan banjir dengan perancangan bangunan ukur adaptif sebagai infrastruktur mitigasi berbasis desa di Desa Leyao, Gorontalo Utara. Metode yang digunakan meliputi analisis spasial berbasis GIS dengan teknik overlay, scoring, dan pembobotan terhadap parameter topografi, curah hujan, jarak ke sungai, penggunaan lahan, serta kepadatan permukiman, yang dipadukan dengan pendekatan deskriptif kualitatif untuk merumuskan desain. Hasil penelitian menunjukkan bahwa wilayah utara desa memiliki tingkat kerentanan tinggi hingga sangat tinggi, sehingga menjadi prioritas dalam penempatan bangunan ukur dengan desain adaptif seperti peninggian elevasi lantai, fondasi beton bertulang, dan dinding kedap air. Integrasi ini terbukti meningkatkan efektivitas pemantauan hidrologi dan sistem peringatan dini. Penelitian ini menyimpulkan bahwa pendekatan terintegrasi mampu memperkuat mitigasi banjir skala komunitas. Implikasinya, model ini dapat diterapkan sebagai acuan pengembangan infrastruktur mitigasi berbasis masyarakat di wilayah rawan banjir lainnya.

Kata kunci: Banjir, Mitigasi Bencana, Analisis Kerentanan, Bangunan Ukur, GIS

ABSTRACT: Flooding is a frequent disaster in Indonesia, causing significant impacts on the environment, infrastructure, and socio-economic conditions of communities. This study aims to integrate flood vulnerability analysis with the design of adaptive measuring structures as village-scale mitigation infrastructure in Leyao Village, North Gorontalo. The method employs GIS-based spatial analysis using overlay, scoring, and weighting techniques on parameters including topography, rainfall, river proximity, land use, and settlement density, combined with a qualitative descriptive approach to formulate design criteria. The results indicate that the northern area has high to very high vulnerability, making it a priority for locating measuring structures with adaptive features such as elevated floors, reinforced concrete foundations, and waterproof walls. This integration enhances hydrological monitoring and early warning system effectiveness. The study concludes that such an integrated approach strengthens community-based flood mitigation. The implication is that this model can serve as a reference for developing sustainable, community-oriented mitigation infrastructure in other flood-prone areas.

Keywords: Flood, Disaster Mitigation, Vulnerability Analysis, Measuring Structure, GIS

1. PENDAHULUAN

Banjir merupakan salah satu bencana alam yang kerap terjadi di Indonesia dengan dampak yang luas dan kompleks terhadap lingkungan, infrastruktur, serta kondisi sosial-ekonomi dan kesehatan masyarakat [1], [2], [3]. Secara umum, banjir terjadi akibat meluapnya air sungai ke wilayah daratan, sehingga menimbulkan kerugian material, kerusakan jaringan sarana-prasarana, serta penurunan kualitas hidup masyarakat di berbagai daerah aliran sungai yang padat penduduk [4]. Kondisi ini menunjukkan

perlu sistem mitigasi dan pemantauan banjir yang adaptif serta mudah diakses oleh masyarakat dan pemerintah daerah.

Salah satu cara untuk mengurangi risiko banjir luapan sungai adalah melalui pengelolaan daerah aliran sungai (DAS) yang tepat dan berkelanjutan. Ketangguhan terhadap bencana dapat diwujudkan melalui upaya mitigasi yang direncanakan secara terkoordinasi, menyeluruh, dan berbasis partisipasi masyarakat. Perencanaan mitigasi merupakan upaya

untuk mengurangi risiko bencana melalui pembangunan fisik, peningkatan kesadaran masyarakat, dan penguatan kapasitas dalam penanganan bencana [5]. Meskipun bencana tidak dapat dihilangkan sepenuhnya, tetapi dampaknya dapat dikurangi melalui kombinasi langkah struktural dan non-struktural yang dirancang secara sistematis [6], [7].

Penyebab banjir dapat dikelompokkan menjadi 3 faktor, yaitu faktor alam, faktor sarana-prasarana, dan faktor manusia. Faktor alam meliputi tingginya intensitas curah hujan akibat perubahan iklim, erosi dan sedimentasi yang mengurangi kapasitas sungai, serta topografi dataran rendah yang rentan genangan [8], [9]. Faktor sarana-prasarana berkaitan dengan minimnya daerah resapan, keterbatasan infrastruktur pengendali banjir, serta sistem drainase yang tidak memadai, sedangkan faktor manusia mencakup pembuangan sampah ke badan air, pembangunan di sempadan sungai, dan alih fungsi lahan yang mengurangi kapasitas tampung alami [10]. Kombinasi ketiga faktor tersebut meningkatkan frekuensi dan dampak banjir di berbagai wilayah, termasuk Desa Leyao.

Bencana banjir yang melanda Desa Leyao, Kecamatan Tomilito, Kabupaten Gorontalo Utara telah menimbulkan dampak yang besar bagi masyarakat dan infrastruktur wilayah tersebut. Intensitas curah hujan yang tinggi, dengan rata-rata maksimum mencapai sekitar 131,67 mm/bulan, menyebabkan meluapnya Daerah Aliran Sungai (DAS) Bubode dan Leyao. Karakteristik topografi wilayah ini yang berbukit dengan kontur bervariasi, dimana bagian utara berada pada elevasi lebih rendah (sekitar 15–180 m) dan bagian selatan pada elevasi lebih tinggi (sekitar 240–495 m), mempercepat laju aliran permukaan dan menyebabkan bagian utara berperan sebagai cekungan penampung aliran dari wilayah yang lebih tinggi. Kombinasi curah hujan tahunan yang tinggi, sekitar 1.580 mm/tahun, dengan kondisi topografi tersebut meningkatkan risiko banjir di Desa Leyao.

Dampak banjir di Desa Leyao mencakup kerusakan permukiman penduduk, lahan pertanian produktif, dan berbagai infrastruktur desa yang vital. 3 dusun di Desa Leyao dengan total penduduk ± 750 jiwa tercatat terdampak banjir. Kondisi ini menunjukkan urgensi pengembangan sistem mitigasi bencana yang lebih efektif dan implementasi infrastruktur yang berkelanjutan guna mengurangi risiko kejadian serupa di masa mendatang. Pengelolaan DAS yang disertai perencanaan penanganan bencana yang baik dapat membantu masyarakat menjadi lebih tangguh terhadap banjir

melalui peningkatan kesadaran, kesiapsiagaan, dan dukungan infrastruktur pengendali.

Perencanaan penanganan bencana berperan dalam menurunkan kemungkinan terjadinya bencana melalui peningkatan kesadaran masyarakat dan penguatan unsur fisik, yang dalam konteks banjir diwujudkan melalui mitigasi struktural berupa pembangunan infrastruktur fisik, termasuk bangunan ukur [11] [12]. Peningkatan infrastruktur pengendali dan pemantauan banjir, seperti bangunan ukur muka air, merupakan salah satu bentuk mitigasi bencana yang penting di tingkat lokal. Kondisi di Desa Leyao menunjukkan bahwa sistem mitigasi banjir yang ada berfokus pada respons pascabencana dan belum didukung oleh infrastruktur pemantauan hidrologi yang memadai di tingkat desa.

Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini berangkat dari dugaan bahwa pemetaan zona kerentanan banjir yang rinci di Desa Leyao dapat menjadi dasar perancangan bangunan ukur yang lebih tepat lokasi, lebih adaptif terhadap tekanan hidrologis, dan lebih efektif sebagai bagian dari sistem peringatan dini banjir. Penelitian ini bertujuan mengintegrasikan analisis kerentanan banjir di Desa Leyao dengan perancangan bangunan ukur adaptif sebagai infrastruktur mitigasi bencana skala desa yang mendukung sistem pemantauan hidrologi dan peringatan dini. Kebaruan penelitian ini terletak pada integrasi analisis kerentanan banjir multi-faktor (hidrologi, morfologi, dan sosial-ekonomi) dengan perumusan kriteria desain bangunan ukur adaptif pada skala desa.

2. METODE

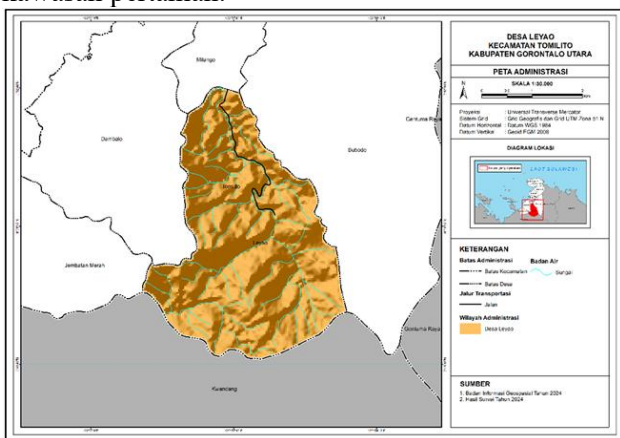
Penelitian ini menggunakan pendekatan analisis kerentanan berbasis spasial yang dipadukan dengan deskriptif kualitatif untuk merumuskan kriteria desain. Pendekatan ini menghasilkan data deskriptif dalam bentuk narasi tertulis mengenai kondisi yang diamati di lapangan [13]. Pengumpulan data dilakukan melalui data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh dengan pengukuran ketinggian menggunakan altimeter serta pemanfaatan drone untuk kegiatan pemetaan desa, pemantauan lingkungan, dan dokumentasi wilayah terdampak banjir. Data sekunder meliputi peta topografi, peta penggunaan lahan, serta dokumen pendukung seperti statistik wilayah dan kajian risiko bencana [14]. Analisis dilakukan menggunakan pendekatan spasial berbasis Sistem Informasi Geografis (SIG) atau Geographic Information System (GIS). Tahapan analisis mencakup overlay, scoring, dan pembobotan terhadap parameter utama, meliputi topografi, jarak ke sungai, intensitas curah hujan, penggunaan lahan,

dan kepadatan permukiman. Metode ini banyak diterapkan untuk mengidentifikasi dan memetakan tingkat kerentanan banjir di berbagai wilayah rawan bencana [15]. Hasil analisis spasial menghasilkan peta zonasi tingkat kerentanan banjir yang menjadi dasar perancangan bangunan ukur adaptif untuk mitigasi bencana. Sintesis hasil analisis lapangan digunakan untuk merumuskan model respon desain yang disesuaikan dengan tingkat kerentanan banjir di Desa Leyao.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

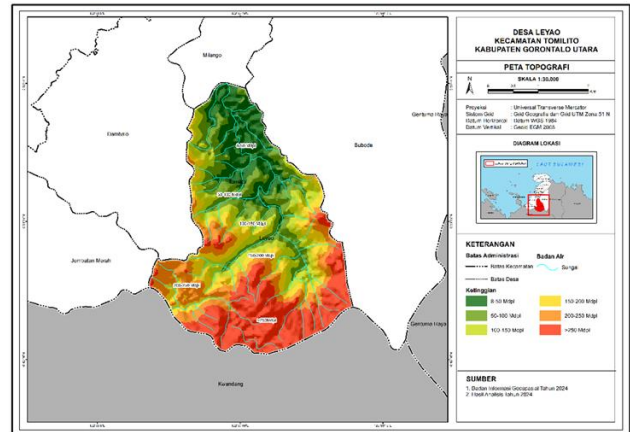
Secara geografis, Desa Leyao terletak di Kecamatan Tomilito, Kabupaten Gorontalo Utara, Provinsi Gorontalo, dengan luas wilayah ± 12,97 km² dan pemanfaatan lahan yang didominasi oleh kegiatan pertanian. Desa ini terdiri dari 3 dusun dengan jumlah penduduk ± 750 jiwa [16] dan dilalui oleh Sungai Leyao yang menjadi elemen penting dalam dinamika hidrologi dan potensi banjir di kawasan tersebut. Secara administratif, Desa Leyao berbatasan dengan wilayah sebagai berikut: Utara (Desa Milango dan Desa Bubode), Timur (Desa Bubode dan Kecamatan Kwandang), Selatan (Kecamatan Kwandang), Barat (Desa Dambalo dan Jembatan Merah)

Kedudukan Desa Leyao dalam konteks wilayah serta sebaran permukiman antardusun digambarkan pada Peta Administrasi Desa Leyao (Gambar 1), yang menunjukkan keterkaitan antara desa ini dengan wilayah sekitarnya serta jaringan jalan utama sebagai penghubung antarpemukiman. Jaringan jalan di Desa Leyao berperan penting sebagai penghubung antara wilayah di dalam desa maupun dengan luar desa. Infrastruktur ini memiliki peran penting dalam meningkatkan mobilitas penduduk, sehingga mempermudah akses masyarakat terhadap berbagai fasilitas publik seperti sekolah, puskesmas, pasar, dan kawasan pertanian.



Gambar 1. Peta Administrasi Desa Leyao

(Sumber: Badan Informasi Geospasial, 2025)



Gambar 2. Peta Topografi Desa Leyao

(Sumber: Hasil Kajian Risiko Bencana InaRisk, 2025)

Integrasi antara sistem jaringan jalan dan dinamika aktivitas masyarakat menjadi faktor utama yang memengaruhi pola sebaran permukiman, yang cenderung berkembang di sepanjang jalur transportasi dan berdekatan dengan lahan pertanian. Pola sebaran ini menjadi salah satu konteks penting dalam analisis kerentanan banjir dan penentuan lokasi bangunan ukur di desa. Topografi Desa Leyao menunjukkan bentuk permukaan yang beragam dengan perbedaan ketinggian yang cukup besar antara bagian utara dan selatan desa.

Berdasarkan analisis spasial, elevasi wilayah berkisar antara sekitar 8–250 meter di atas permukaan laut, dengan variasi ketinggian yang cukup signifikan antar bagiannya. Perbedaan elevasi dan bentuk permukaan tersebut divisualisasikan dalam Peta Topografi Desa Leyao (Gambar 2), yang menunjukkan perbedaan elevasi dan pola cekungan alami di wilayah desa. Kondisi topografi Desa Leyao menunjukkan pola aliran sungai yang bergerak dari wilayah perbukitan menuju dataran rendah. Proses aliran ini menyebabkan terjadinya erosi tanah dan bebatuan di sepanjang jalurnya, sehingga terbentuk lembah serta memperluas daerah aliran sungai. Perbedaan elevasi mempengaruhi karakteristik dan potensi pemanfaatan lahan, baik untuk kegiatan pertanian, kehutanan, maupun pengembangan permukiman (Peta RBI Skala 1:30.000 tahun 2024).

Berdasarkan peta kontur, wilayah Desa Leyao memiliki perbedaan ketinggian yang signifikan, dengan pola kontur yang membentuk cekungan alami di bagian utara. Garis kontur pada peta tersebut merepresentasikan elevasi tertentu di atas permukaan laut, garis yang tersusun rapat menandakan

kemiringan lereng yang curam, sedangkan garis yang berjauhan menunjukkan area yang relatif datar dan berlereng landai. Pola kontur ini memperjelas perbedaan karakter lereng antara wilayah perbukitan dan dataran rendah yang menjadi lokasi utama permukiman penduduk (Peta RBI Skala 1:30.000 tahun 2024). Tingginya curah hujan tahunan, yang mencapai sekitar 1.580 mm per tahun, terutama di wilayah utara Desa Leyao, meningkatkan kemungkinan genangan dan kerentanan terhadap banjir musiman. Hal ini mempengaruhi kondisi topografi Desa Leyao yang berbeda. Daerah Aliran Sungai (DAS) utama, yaitu DAS Leyao dan DAS Bubode, mengalir dari hulu di area perbukitan menuju hilir yang berupa dataran rendah berbentuk cekungan, sehingga bagian hilir menjadi area akumulasi limpasan permukaan dan genangan air. Pola permukiman yang terkonsentrasi pada daerah cekungan dan lahan landai, dengan elevasi bangunan berada di bawah puncak tingkat genangan banjir, semakin meningkatkan kerentanan terhadap bencana.

Kondisi ini diperburuk oleh sistem drainase yang belum memadai dan pengelolaan lahan yang kurang optimal, sehingga setiap hujan berintensitas tinggi berpotensi menjadikan kawasan permukiman sebagai lokasi langganan banjir. Analisis spasial menunjukkan bahwa kombinasi topografi berupa cekungan, curah hujan tinggi, dan pola permukiman yang berada di zona risiko tinggi menciptakan kondisi yang sangat rentan terhadap bencana banjir di Desa Leyao. Pola cekungan alami yang tampak pada Gambar 2 menunjukkan keterkaitan yang jelas dengan zona akumulasi genangan pada peta kerentanan banjir di Desa Leyao (Gambar 3). Pola ini sejalan dengan temuan berbagai studi banjir di kawasan DAS lain yang menunjukkan bahwa kombinasi topografi cekungan, intensitas hujan tinggi, dan konsentrasi permukiman di dataran rendah merupakan faktor utama peningkat frekuensi dan kedalaman genangan. Dengan demikian, karakter morfologi Desa Leyao tidak hanya merupakan fenomena lokal, tetapi mencerminkan pola umum kerentanan banjir di wilayah perdesaan tropis dengan tekanan pemanfaatan lahan yang terus meningkat.

3.1. Bahaya

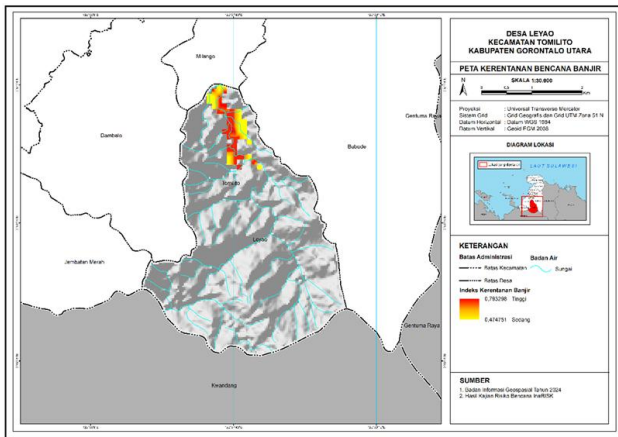
Bahaya adalah keadaan yang memiliki potensi dapat menyebabkan kecelakaan pada manusia, kerusakan pada peralatan, serta kerusakan lingkungan. Selain itu, bahaya juga dapat diartikan sebagai kondisi atau tindakan yang dapat menimbulkan kerugian bagi individu, harta benda, atau lingkungan [17]. Bahaya mencakup segala hal, termasuk kondisi atau tindakan yang dapat berpotensi

menyebabkan kecelakaan atau cedera pada manusia, serta kerusakan atau gangguan lainnya [18]. Tingkat bahaya didasarkan pada kemungkinan terjadinya bencana dan dampak yang ditimbulkan akibat bencana [19].

Hal ini dipengaruhi oleh kombinasi topografi cekungan, kedekatan dengan alur sungai, serta intensitas curah hujan yang lebih tinggi di bagian utara desa. Daerah dataran rendah yang berlokasi dekat sungai cenderung lebih rentan terhadap banjir, terutama pada musim hujan atau saat terjadi peningkatan debit aliran, sehingga wilayah ini lebih sering terdampak genangan.

Analisis ini menunjukkan bahwa bagian utara Desa Leyao merupakan zona dengan tingkat kerentanan banjir yang lebih tinggi, sehingga membutuhkan perhatian khusus dan langkah mitigasi yang terarah untuk mengurangi dampak potensi bencana di kawasan tersebut. Temuan zonasi kerentanan pada gambar 3 tidak hanya menggambarkan tingkat risiko, tetapi juga menjadi dasar utama penentuan lokasi bangunan ukur. Zona kerentanan tinggi dan sangat tinggi yang terkonsentrasi di bagian utara desa ditetapkan sebagai area prioritas pemantauan karena berada di hilir DAS Leyao dan Bubode sekaligus merupakan lokasi permukiman yang sering tergenang. Bangunan ukur tidak ditempatkan tepat di inti zona genangan, melainkan pada titik-titik tepi yang masih berada dalam zona kerentanan tinggi, sehingga: (1) elevasi tapak tetap relatif aman dari kerusakan struktural langsung akibat arus dan genangan ekstrem, (2) muka air sungai tetap dapat terekam secara representatif, dan (3) akses operasional masih memungkinkan dipertahankan pada kondisi siaga banjir.

Sementara itu, zona kerentanan sedang dimanfaatkan sebagai koridor akses dan jalur evakuasi menuju serta dari bangunan ukur, sehingga fungsi pemantauan tetap dapat berjalan ketika banjir terjadi. Dengan demikian, setiap tingkat kerentanan memiliki implikasi langsung terhadap strategi desain bangunan ukur: zona sangat tinggi mengindikasikan kebutuhan peninggian elevasi lantai dan penambahan elemen penghalang banjir, zona tinggi menuntut penguatan fondasi dan penggunaan dinding kedap air, sedangkan zona sedang dan rendah menjadi rujukan bagi penataan akses, jaringan jalan, dan integrasinya dengan fasilitas publik yang terhubung dengan sistem peringatan dini di tingkat desa. Integrasi antara hasil analisis kerentanan dan perancangan bangunan ukur dirangkum pada tabel 1, yang menunjukkan bagaimana setiap tingkat kerentanan diterjemahkan menjadi keputusan desain struktural maupun fungsional bangunan ukur di Desa Leyao.



Gambar 3. Peta Kerentanan Bencana Banjir Desa Leyao
(Sumber: Hasil Kajian Risiko Bencana InaRisk, 2025)

Tabel 1. Hasil Kajian Risiko Bencana InaRisk, 2025

Tingkat kerentanan	Karakteristik wilayah utama	Implikasi desain bangunan ukur
Sangat tinggi	Dataran rendah berbentuk cekungan, dekat hilir DAS Leyao dan Bubode, sering tergenang	Elevasi lantai bangunan ditinggikan, penambahan elemen penghalang banjir, perlindungan maksimum untuk sensor dan perangkat pemantauan
Tinggi	Dekat alur sungai, lereng landai, frekuensi genangan cukup sering	Penguatan fondasi beton bertulang, penggunaan dinding kedap air, perlindungan terhadap erosi tebing dan tekanan hidraulik
Sedang	Zona transisi antara area genangan dan area lebih aman, dimanfaatkan sebagai koridor akses dan jalur evakuasi	Penataan akses menuju dan dari bangunan ukur, penyediaan jalur evakuasi yang aman saat banjir, integrasi dengan jaringan jalan desa
Rendah	Area relatif aman dari genangan, dekat fasilitas publik dan pusat aktivitas masyarakat	Penempatan elemen informasi dan edukasi terkait bangunan ukur dan peringatan dini, koneksi dengan

Tingkat kerentanan	Karakteristik wilayah utama	Implikasi desain bangunan ukur
--------------------	-----------------------------	--------------------------------

sistem komunikasi dan fasilitas publik

Berdasarkan hasil integrasi analisis kerentanan dan kebutuhan mitigasi banjir, bangunan ukur memiliki peran strategis dalam sistem pengelolaan sumber daya air desa. Bangunan ukur merupakan struktur penting dalam pengelolaan sumber daya air, terutama dalam konteks mitigasi bencana banjir. Bangunan ini dirancang untuk memantau dan mengukur tinggi muka air, debit aliran, maupun tekanan hidraulik pada bangunan air. Dalam konteks penelitian ini, bangunan ukur berfungsi sebagai instrumen utama pengumpul data yang dibutuhkan untuk perencanaan dan pengambilan keputusan dalam manajemen risiko bencana di tingkat desa.

3.2. Kerentanan

Menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor P.7/Menlhk/Setjen/Kum.1/2/2018 [20] kerentanan adalah kecenderungan suatu sistem untuk mengalami dampak negatif yang meliputi sensitivitas terhadap dampak negatif dan kurangnya kapasitas Adaptasi untuk mengatasi dampak negatif. Kerentanan terhadap perubahan iklim dapat dikaji dari tiga komponen kerentanan yaitu paparan, sensitivitas, dan kapasitas adaptif. Analisis kerentanan terhadap potensi bahaya banjir sebagai akibat dampak perubahan iklim, maka indikator kerentanan perlu mempertimbangkan potensi bencana yang terkena dampak [21].

3.3. Desain Mitigasi Bencana Banjir

Dari peta kerentanan di atas terlihat bahwa Desa Leyao memiliki potensi risiko banjir yang tinggi. Kondisi ini sejalan dengan peta topografi desa, di mana area dengan elevasi lebih tinggi mengarahkan aliran air hujan menuju dataran rendah, sehingga air cenderung terkumpul pada zona permukiman yang berada di area akumulasi genangan. Untuk meminimalkan dampak banjir tersebut, diterapkan upaya mitigasi melalui penempatan bangunan ukur sebagai bagian dari sistem pemantauan hidrologi desa.

Penentuan lokasi bangunan ukur mengacu langsung pada peta kerentanan pada Gambar 3, di mana titik lokasi rencana bangunan ukur dipilih pada area yang berada dekat alur sungai, memiliki tingkat

kerentanan tinggi, namun tetap didukung oleh stabilitas tanah yang memadai berdasarkan analisis topografi pada Gambar 2. Dengan pendekatan tersebut, bangunan ukur berperan sebagai pos pemantauan banjir yang merepresentasikan dinamika muka air pada zona berisiko tertinggi tanpa mengurangi keamanan struktur maupun tingkat aksesibilitasnya [22]. Pendekatan ini sekaligus menjawab mengenai bagaimana hasil analisis kerentanan banjir diterjemahkan menjadi keputusan penempatan dan konfigurasi bangunan ukur adaptif di Desa Leyao.

Dalam kerangka tersebut, bangunan ukur memiliki peran strategis dalam sistem pengelolaan sumber daya air desa. Bangunan ukur berfungsi memantau dan mengukur tinggi muka air, debit aliran, serta tekanan hidraulik untuk mendukung pengelolaan sumber daya air dan mitigasi banjir. Dalam konteks penelitian ini, bangunan ukur berfungsi sebagai instrumen utama pengumpul data yang dibutuhkan untuk perencanaan dan pengambilan keputusan dalam manajemen risiko bencana di tingkat desa [23].

Struktur bangunan ukur umumnya terdiri dari beberapa komponen utama yang dirancang untuk memastikan keakuratan dan ketahanan fungsinya. Fondasi yang kokoh diperlukan untuk menopang beban struktur serta menahan tekanan dari aliran air yang dibangun dari beton bertulang yang tahan lama, dan dirancang untuk menghadapi potensi erosi dan pergeseran tanah [23] [24].

Dinding bangunan ukur dibangun menggunakan dinding kedap air, seperti beton atau baja, untuk melindungi alat-alat pengukur dari dampak lingkungan yang berpotensi merusak. Selain itu, bangunan ukur dilengkapi dengan sistem pelindung untuk sensor dan alat ukur yang dapat terpapar langsung pada kondisi ekstrem, seperti banjir atau genangan air. Pemilihan beton bertulang dan baja pada konstruksi dinding sangat penting karena kedua material ini memiliki daya tahan tinggi terhadap tekanan air, erosi, dan korosi. Selain itu, desain dinding dan fondasi diperhitungkan dengan analisis kekuatan guling serta kapasitas dukung tanah agar stabil meski terjadi banjir dengan debit besar atau longsor tahunan [25].

Sistem drainase juga merupakan elemen penting dari bangunan ukur. Fungsi saluran drainase adalah untuk mengalirkan limpasan air, sehingga mencegah akumulasi air di sekitar struktur yang dapat mengganggu pengukuran. Penghalang banjir, jika diperlukan, ditambahkan untuk melindungi bangunan dari risiko banjir.

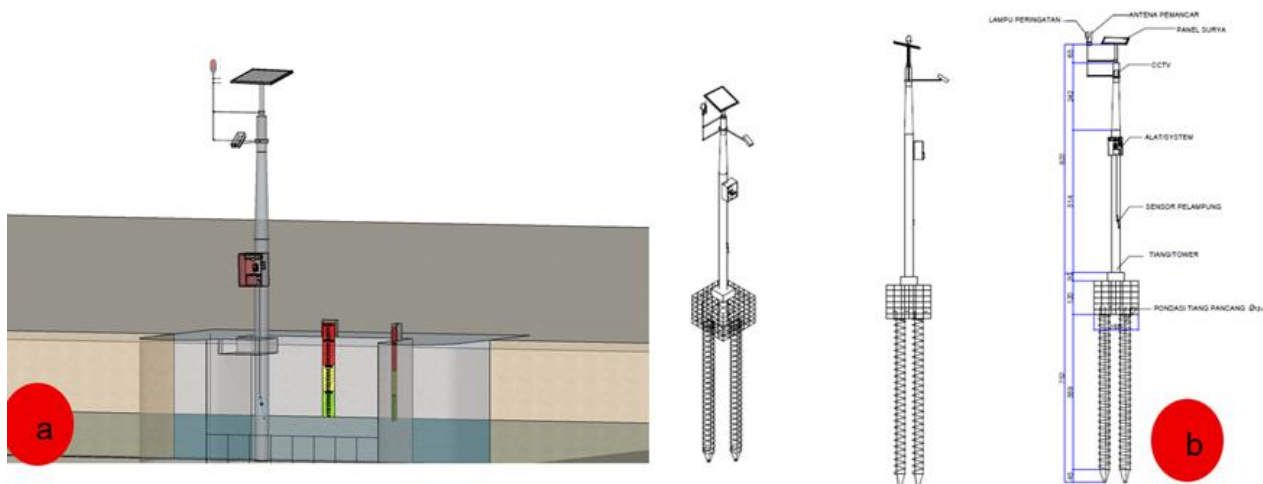
Bangunan ukur memainkan peran krusial dalam mitigasi bencana, terutama melalui pengumpulan data yang akurat. Alat pengukur yang terdapat dalam bangunan ini memberikan informasi real-time tentang kondisi hidrologi, memungkinkan pengelola untuk mengambil tindakan yang tepat saat risiko banjir meningkat [26].

Prototype bangunan ukur yang diusulkan beserta perangkat pemantauan hidrologi yang terintegrasi ditunjukkan pada Gambar 4. Alat ukur seperti yang terlihat pada gambar merupakan infrastruktur vital dalam mitigasi bencana banjir, khususnya melalui pemantauan dan pengumpulan data hidrologi yang sangat akurat serta dapat diakses secara real-time [26]. Data ini juga dapat diintegrasikan dengan sistem peringatan dini, yang memberikan sinyal peringatan kepada masyarakat tentang potensi ancaman banjir. Pendekatan ini sejalan dengan pengembangan sistem peringatan dini banjir berbasis IoT dan tenaga surya yang dirancang untuk dapat dioperasikan langsung oleh komunitas di daerah rawan banjir [27].

Struktur ini terdiri dari komponen-komponen utama seperti tiang pancang/fondasi yang kuat, menara, panel surya, CCTV, sistem sensor pelampung, antena pemancar, serta lampu peringatan semuanya terintegrasi untuk meningkatkan keandalan dan ketahanan alat terhadap tekanan air, erosi, serta pergeseran tanah. Keberadaan CCTV dan sensor pelampung memungkinkan pemantauan kondisi sungai/permukaan air secara visual dan digital, sehingga risiko banjir dapat terkoneksi langsung dengan sistem peringatan dini berbasis aplikasi atau pesan singkat kepada masyarakat.

Dalam konteks sosial, keberadaan bangunan ukur meningkatkan kesadaran masyarakat akan pentingnya pengelolaan sumber daya air yang berkelanjutan. Edukasi mengenai fungsi dan manfaat bangunan ukur dapat membantu masyarakat dalam memahami bagaimana tindakan mitigasi dapat diterapkan untuk melindungi lingkungan dan meningkatkan ketahanan terhadap bencana [28]. Di sisi lain, pada tataran keilmuan, penelitian ini memperkaya kajian mitigasi banjir skala desa dengan menunjukkan bahwa bangunan ukur dapat dirancang sebagai infrastruktur adaptif yang secara langsung merespons peta kerentanan, tidak hanya sebagai struktur teknis pemantauan hidrologi, tetapi juga sebagai medium edukasi publik mengenai risiko banjir dan pengelolaan sumber daya air yang berkelanjutan. Dengan demikian, hasil analisis kerentanan yang divisualisasikan melalui Gambar 2 dan Gambar 3 benar benar dioperasionalkan menjadi parameter desain dan penempatan bangunan ukur,

sehingga tujuan penelitian tercapai dan hipotesis awal penelitian terkonfirmasi pada konteks Desa Leyao.



Gambar 4. (a) Bangunan ukur dan (b) Alat Ukur
 Sumber: Penulis, 2025

4. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1 Kesimpulan

Analisis kerentanan banjir menunjukkan bahwa Desa Leyao, Kecamatan Tomilito, Gorontalo Utara memiliki tingkat kerentanan tinggi hingga sangat tinggi, terutama di bagian utara yang berupa cekungan dataran rendah dekat hilir DAS Leyao dan Bubode, akibat kombinasi kondisi topografi, curah hujan tinggi, dan pola permukiman yang berada di zona genangan; 2) Zonasi kerentanan banjir yang dihasilkan menjadi dasar penentuan lokasi prioritas, orientasi, dan parameter desain bangunan ukur adaptif, meliputi penentuan elevasi lantai, penguatan fondasi beton bertulang, penggunaan material dinding tahan air, serta penyediaan sistem drainase dan penghalang banjir guna menjaga keandalan fungsi pemantauan hidrologi secara real-time; 3) Integrasi analisis kerentanan banjir dengan perancangan bangunan ukur adaptif tidak hanya meningkatkan efektivitas sistem pemantauan dan peringatan dini pada skala desa, tetapi juga memberikan kontribusi ilmiah dalam memperkuat peran bangunan ukur sebagai elemen arsitektural edukatif yang mendorong kesadaran masyarakat terhadap pengelolaan sumber daya air yang berkelanjutan dan strategi mitigasi bencana banjir yang komprehensif di Desa Leyao.

4.2 Saran

Pemerintah daerah dan instansi terkait perlu memperkuat pengembangan, pembangunan, dan pemeliharaan bangunan ukur sebagai alat utama mitigasi banjir yang terintegrasi dengan sistem peringatan dini real-time, sehingga pengelola dan masyarakat dapat mengambil tindakan cepat saat risiko banjir meningkat; 2) Program edukasi masyarakat mengenai fungsi bangunan ukur dan pentingnya pengelolaan sumber daya air berkelanjutan perlu digalakkan untuk meningkatkan kesadaran dan partisipasi aktif warga dalam upaya mitigasi banjir; 3) Perbaikan dan pengelolaan sistem drainase, serta pembangunan penghalang banjir pada kawasan rawan genangan, perlu didukung secara serius untuk melindungi sarana dan prasarana infrastruktur di Desa Leyao; 4) Perencanaan tata ruang wilayah hendaknya mempertimbangkan karakteristik topografi dan pola permukiman Desa Leyao agar dapat mengurangi kerentanan banjir secara struktural melalui pengaturan pemanfaatan lahan yang lebih adaptif terhadap risiko; 5) Implementasi teknologi monitoring dan analisis spasial berbasis GIS untuk pemantauan bencana secara berkelanjutan dapat menjadi langkah inovatif yang mendukung pengambilan keputusan mitigasi banjir yang lebih efektif di masa mendatang.

DAFTAR PUSTAKA

[1] A. W. Adi *et al.*, “IRBI (Indeks Risiko Bencana Indonesia),” *Badan Nas. Penanggulangan Bencana,*

- vol. 01, pp. 1–338, 2023.
- [2] A. Maranzoni, M. D’Oria, and C. Rizzo, “Quantitative flood hazard assessment methods: A review,” *J. Flood Risk Manag.*, vol. 16, no. 1, pp. 1–31, 2023, doi: 10.1111/jfr3.12855.
- [3] H. Suroso, L. E. Fitri, Y. S. Hayati, U. Brawijaya, U. Brawijaya, and C. Author, “THE ROLE OF COMMUNITIES LIVING IN WATERSHEDS TOWARDS FLOOD,” vol. 1, no. 4, 2022.
- [4] P. J. Pamungkas, A. Kristianto, M. D. Prianto, and R. Zidni, “Revitalizing areas through environmental strategies : A qualitative approach to urban flood management,” vol. 2, no. 2, pp. 87–99, 2025.
- [5] M. Samiri, A. Nilwana, N. Nonci, and J. Ahmad, “Community Engagement and Participation in Flood Disaster Mitigation : A Case Study of Sidenreng Rappang Regency, Indonesia,” vol. 12, no. 1, pp. 129–139, 2024, doi: 10.33019/society.v12i1.472.
- [6] P. Journal and O. F. Art, “Structural Approach in Disaster Mitigation to the Implementation of Disaster Management,” vol. 4, no. 1, pp. 518–522, 2024.
- [7] B. Jurnal, I. Administrasi, R. Fajria, R. Fajria, and R. E. Putera, “Disaster Mitigation Through the Disaster Resilient Village Program in Padang Pariaman District,” vol. 31, no. 1, 2024, doi: 10.20476/jbb.v31i1.1370.
- [8] D. I. K. Grobogan, “RISTEK : Jurnal Riset , Inovasi dan Teknologi Kabupaten Batang,” vol. 10, no. 1, pp. 72–90, 2025.
- [9] A. F. Syakilah, H. Az, D. Simanjuntak, R. Maylani, T. Fadillah, and S. Wulandari, “Kajian Faktor Penyebab Terjadinya Banjir di Kelurahan Aur Kecamatan Medan Maimun,” no. September, 2025.
- [10] F. Disaster, V. In, T. Suli, S. River, and B. Area, “Kerawanan Bencana Banjir Di DAS Kecamatan Suli Kabupaten Luwu,” vol. 7, no. 2, pp. 157–167, 2025, doi: 10.35965/ursj.v7i2.6058.
- [11] K. A. Wahid, “[Research] Kajian Upaya Mitigasi Struktural dan Nonstruktural Bencana Banjir di Kota Kendari,” vol. 01, no. 1, pp. 20–29, 2023, doi: 10.69606/geography.v1i1.49.
- [12] I. Safitri, Y. Ruhiat, and A. Saefullah, “Analysis of Flood Vulnerability Levels Using Overlay Method with System-Based Scoring Geographical Information (Case Study : District Tangerang),” pp. 56–64, 2023.
- [13] B. W. Furidha and U. M. Sidoarjo, “Comprehension of the Descriptive Qualitative Research Method : A Critical Assessment of the Literature,” vol. 2, 2023.
- [14] G. Education and U. Mulawarman, “GIS-Based Multi-Hazard Disaster Risk Mapping in The Indonesian Capital City (IKN) Area Yulian Widya Saputra,” vol. 13, no. 1, pp. 13–24, 2026.
- [15] M. A. Suni, A. Rahmawati, H. Muis, F. Maarif, and R. F. Baharuddin, “Flood vulnerability analysis using geographic information system in the core zone of the Lore Lindu biosphere reserve, Indonesia,” vol. 12, no. 1, pp. 6887–6897, 2024, doi: 10.15243/jdmlm.2024.121.6887.
- [16] Badan Pusat Statistik Kabupaten Gorontalo Utara, *Kecamatan Tomilito Dalam Angka*. BPS Kabupaten Gorontalo Utara/BPS-Statistics Gorontalo Utara Regency, 2024.
- [17] A. I. Asman, H. H. Sakti, D. Aras, N. Wahyuni, and F. Aldiansyah, “Flood Disaster Risk Reduction Strategies in Urban Area, Bulukumba Regency,” *PENA Tek. J. Ilm. Ilmu-Ilmu Tek.*, vol. 8, no. 1, p. 149, 2023, doi: 10.51557/pt_jiit.v8i1.1645.
- [18] L. J. Aji, D. P. Meiliasari, R. K. Apriyadi, S. Maarif, and H. Sumantri, “Kapasitas Pengurangan Risiko Bencana Multi-hazard Pemerintah Kabupaten Pidie Jaya Guna Mendukung Keamanan Nasional,” vol. 6, no. 1, pp. 64–72, 2022.
- [19] K. Pauh *et al.*, “Disaster Risk Assessment and Education in Limau Manis Village , Pauh District , Padang City , West Sumatera Kajian Risiko Bencana dan Edukasi Kebencanaan di Kelurahan Limau,” vol. 8, no. 6, pp. 1641–1648, 2024.
- [20] Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan RI, *Pedoman Kajian Kerentanan, Risiko, Dan Dampak Perubahan Iklim*. 2018. [Online]. Available: http://ditjenppi.menlhk.go.id/reddplus/images/adminppi/permen/P.7_2018.pdf
- [21] H. A. Santi, R. Kumalawati, G. A. Muhtar, and E. A. Ayuningtyas, “PROVINSI BALI Cite This Article :,” vol. 2, no. 3, pp. 17–20, 2023.
- [22] K. Sunoko, A. Sumadyo, A. Kumoro W, and A. Farkhan, “Mitigasi Bencana Banjir pada Bangunan Sekolah Melalui Tata Lanskap,” *Arsitektura*, vol. 20, no. 1, p. 11, 2022, doi: 10.20961/arst.v20i1.56483.
- [23] R. H. Ardiansyah and N. D. Khurtumi, “Perilaku Tekanan Air Pori Pada Bendungan Bajulmati Mulai Pengisian Hingga Tahun 2020,” *FROPIL (Forum Prof. Tek. Sipil)*, vol. 9, no. 2, pp. 104–112, 2022,

doi: 10.33019/fropil.v9i2.2553.

- [24] Y. Alif, K. Utama, and D. P. Kolago, “DESAIN DAN ANALISIS AKURASI ALAT UKUR KETINGGIAN AIR DI SUNGAI UNTUK SISTEM PERINGATAN DINI BENCANA,” vol. 9, no. 1, 2024, doi: 10.32897/infotronik.2024.9.1.3018.
- [25] R. P. Yonandi and M. Halim, “Arsitektur Adaptif Yang Menjunjung Tinggi Kemanusiaan Dalam Bangunan Siap Huni Bagi Pengungsi Banjir,” *J. Sains, Teknol. Urban, Perancangan, Arsit.*, vol. 6, no. 1, pp. 37–48, 2024, doi: 10.24912/stupa.v6i1.27447.
- [26] M. J. Sitepu and F. Azmi, “Rancang Bangun Monitoring Ketinggian Air Berbasis Iot Untuk Deteksi Dini Banjir Pada Bendungan Sungai Deli,” vol. 10, pp. 1–8, 2025.
- [27] M. R. H, E. Warni, R. Angriawan, M. Hariadi, Y. M. Arif, and D. Maulina, “Design of Flood Early Detection Based on the Internet of Things and Decision Support System,” vol. 19, no. 3, pp. 1183–1193, 2024.
- [28] S. Alfala and C. Nuraini, “Partisipasi Masyarakat dalam Pengelolaan Sumber Daya Air Berkelanjutan di Karo,” *PROSEMNASPROIT Pros. Semin. Nas. Ilmu Tek.*, vol. 1, no. 2, pp. 1–13, 2024, [Online]. Available: <https://prosiding.aritekin.or.id/index.php/PROSEMNASPROIT>



© 2026 by the authors. Licensee LINEARS, Indonesia. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY NC ND) license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0>).