

BAB I

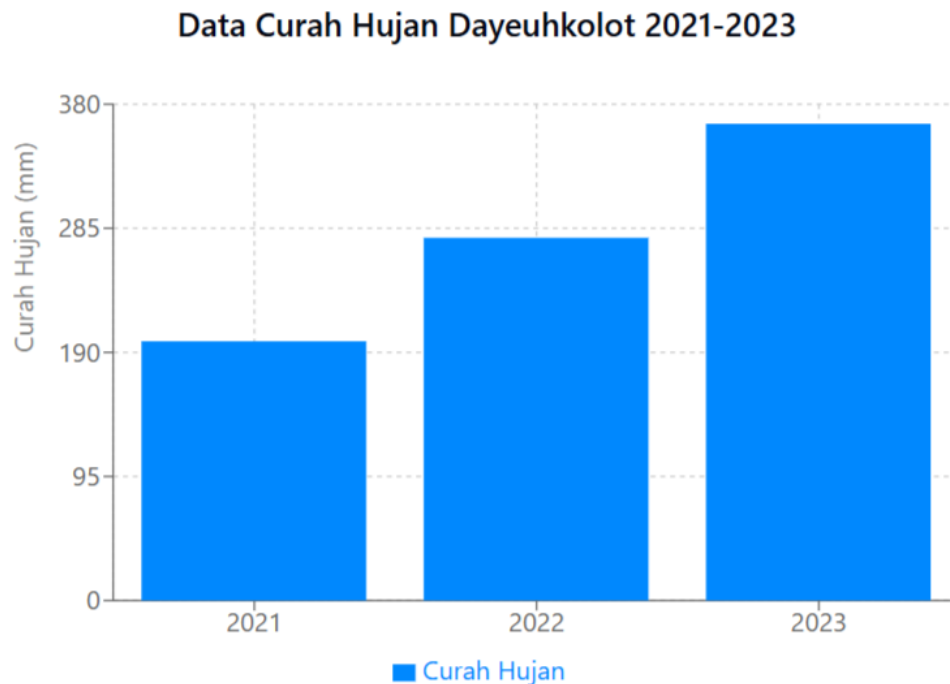
1.1. Deskripsi Umum Masalah dan Kebutuhan

Banjir merupakan permasalahan yang kerap terjadi di wilayah aliran Sungai Citarum, khususnya di Kecamatan Dayeuhkolot, Kabupaten Bandung, Provinsi Jawa Barat. Setiap musim hujan, sungai ini sering meluap dan menyebabkan kerugian signifikan bagi masyarakat, meliputi kerusakan infrastruktur, kerugian material, serta potensi gangguan kesehatan [1].

Berdasarkan data dari berbagai sumber, wilayah Dayeuhkolot tercatat sebagai salah satu daerah yang paling sering terdampak banjir dalam tiga tahun terakhir. Pada bulan Desember 2021, banjir merendam kawasan Dayeuhkolot dan Baleendah, dengan ketinggian air mencapai 40–60 cm di beberapa titik. Meskipun banjir sempat surut, masyarakat tetap berada dalam kondisi siaga karena adanya potensi banjir susulan yang disebabkan oleh tingginya curah hujan dan luapan Sungai Citarum [2].

Kejadian serupa kembali terjadi pada bulan Desember 2022. Kepala desa setempat mengungkapkan kekhawatiran terhadap kemungkinan jebolnya tanggul, karena beberapa wilayah kembali terendam dengan ketinggian air yang bervariasi. Penyebab utama masih sama, yakni curah hujan tinggi dan peningkatan debit air sungai [3].

Menjelang akhir tahun 2023, banjir kembali melanda Dayeuhkolot. Pada bulan Desember, luapan sungai menyebabkan sedikitnya delapan Rukun Warga (RW) terendam banjir, mengakibatkan ribuan warga terdampak. Pemerintah daerah segera melakukan upaya evakuasi serta penanganan darurat untuk membantu masyarakat yang terdampak [4].



Gambar 1.1 Curah Hujan Kecamatan Dayeuhkolot 2021 – 2023

Berdasarkan data curah hujan di wilayah Kecamatan Dayeuhkolot selama periode 2021 hingga 2023, terlihat adanya tren peningkatan yang signifikan setiap tahunnya. Pada tahun 2021, curah hujan tercatat sebesar 198,5 mm, meningkat menjadi 277,7 mm pada tahun 2022, dan mencapai 365,0 mm pada tahun 2023. Kenaikan ini sejalan dengan meningkatnya intensitas serta dampak banjir di wilayah tersebut, termasuk jumlah warga yang terdampak dan estimasi kerugian yang ditimbulkan. Pola peningkatan curah hujan selama tiga tahun terakhir mengindikasikan potensi peningkatan risiko banjir yang lebih besar di masa mendatang [5].

Berikut adalah tabel ringkasan data banjir di Dayeuhkolot selama periode 2021-2023:

Tabel 1.1 Ringkasan Data Banjir di Dayeuhkolot Tahun 2021 – 2023

Tahun	Curah Hujan (mm)	Kerugian Estimasi (Rp)	Jumlah Warga Terdampak	Durasi Banjir (Hari)
2021	198,5	2,5 Miliar	1.500 KK	5
2022	277,7	3,2 Miliar	1.800 KK	7
2023	365,0	4 Miliar	2.500 KK	6

Berdasarkan data pada tabel di atas, tercatat kerugian material yang cukup signifikan akibat banjir yang melanda wilayah Dayeuhkolot selama periode tiga tahun terakhir. Pada tahun 2021, banjir menyebabkan kerugian sebesar Rp2,5 miliar dengan jumlah warga

terdampak mencapai 1.500 kepala keluarga (KK). Peristiwa ini berlangsung selama lima hari dan menyebabkan pemukiman warga terendam, kerusakan perabot rumah tangga, serta terganggunya aktivitas ekonomi masyarakat.

Pada tahun 2022, nilai kerugian meningkat menjadi Rp3,2 miliar dengan durasi banjir yang lebih panjang, yaitu selama tujuh hari. Jumlah warga terdampak juga mengalami peningkatan menjadi 1.800 KK. Dampak banjir meliputi terendahnya rumah-rumah warga, kerusakan barang elektronik, serta terhentinya berbagai aktivitas sehari-hari masyarakat.

Memasuki tahun 2023, banjir kembali terjadi dan menimbulkan kerugian yang lebih besar, yakni mencapai Rp4 miliar. Peristiwa ini berlangsung selama enam hari dan berdampak pada sekitar 2.500 KK. Selain menyebabkan kerusakan parah pada properti warga, banjir juga merendam akses jalan dan melumpuhkan aktivitas ekonomi setempat.

Secara keseluruhan, selama periode 2021 hingga 2023, total kerugian akibat banjir di wilayah Dayeuhkolot tercatat sebesar Rp9,7 miliar, dengan total warga terdampak mencapai 5.800 KK. Data tersebut menunjukkan adanya peningkatan dari segi kerugian material maupun jumlah warga yang terkena dampak, sementara durasi banjir cenderung konsisten setiap tahunnya, yakni berkisar antara lima hingga tujuh hari.

1.1.1 Survey Lapangan

Sistem peringatan dini banjir memegang peran penting dalam memberikan waktu yang cukup bagi masyarakat untuk merespons potensi bencana secara efektif. Berdasarkan panduan dari *Emergency Management Australia* (EMA, 1999), terdapat lima pertanyaan kunci yang perlu dijawab oleh sistem pemantauan banjir agar dapat berfungsi secara optimal. Pertanyaan-pertanyaan tersebut mencakup aspek teknis dari alat pemantau ketinggian air serta tindakan mitigasi yang harus dilakukan [6].

Berikut ini merupakan rangkuman hasil wawancara dengan salah seorang warga Kecamatan Dayeuhkolot terkait kondisi dan respons masyarakat terhadap banjir:

A. Seberapa tinggi banjir akan mencapai dan kapan waktunya?

Di wilayah Dayeuhkolot, ketinggian banjir sangat bervariasi, tergantung pada intensitas curah hujan serta debit aliran Sungai Citarum. Dalam kondisi ekstrem, ketinggian banjir dapat mencapai 1 hingga 2 meter, terutama saat musim hujan berlangsung. Warga menyebut bahwa puncak banjir biasanya terjadi beberapa jam setelah hujan deras turun secara terus-menerus.

B. Ke mana air akan mengalir ketika ketinggian mencapai ambang batas?

Ketika debit air sungai melebihi kapasitas tanggul atau saluran drainase, air akan meluap ke kawasan pemukiman yang berada di sekitar bantaran sungai. Wilayah yang paling rentan terhadap banjir meliputi daerah dataran rendah seperti Bojongsoang, Baleendah, serta beberapa kawasan industri. Genangan air umumnya menyebabkan terganggunya akses transportasi, merendam perumahan, fasilitas umum, dan ruang usaha.

C. Siapa yang akan terdampak oleh banjir?

Masyarakat yang tinggal di sekitar bantaran sungai serta di daerah dengan elevasi rendah merupakan kelompok yang paling terdampak. Selain pemukiman, banjir juga sering memengaruhi area industri, pasar, sekolah, serta jaringan transportasi. Ribuan kepala keluarga di Dayeuhkolot mengalami dampak langsung dari banjir tahunan, yang menimbulkan kerugian besar baik secara ekonomi maupun sosial.

D. Informasi dan saran apa yang dibutuhkan masyarakat agar dapat merespons banjir secara efektif?

Warga membutuhkan sistem peringatan dini yang dapat memberikan informasi secara cepat dan akurat sebelum banjir terjadi. Hal ini memungkinkan masyarakat untuk bersiap dengan langkah-langkah evakuasi, pengamanan barang, dan perlindungan keluarga, guna meminimalisir kerugian.

E. Apa cara terbaik untuk menyampaikan informasi kepada masyarakat yang terdampak banjir?

Metode penyampaian informasi yang dianggap efektif oleh warga adalah melalui media sosial, pesan singkat (SMS), serta bunyi alarm atau sirene. Platform komunikasi yang cepat dan menjangkau masyarakat luas sangat diperlukan agar informasi dapat diterima secara merata dan tepat waktu.

1.2. Analisa Masalah

Masalah banjir di wilayah aliran Sungai Citarum, khususnya di kawasan Dayeuhkolot, dapat dianalisis dari berbagai aspek teknis yang berkaitan dengan karakteristik lingkungan dan hidrologi wilayah tersebut. Beberapa parameter penting yang dapat digunakan dalam identifikasi wilayah rawan banjir antara lain:

1.2.1 Aspek Teknis

Berikut adalah beberapa parameter yang didapatkan:

1. Identifikasi Lokasi Rawan Banjir

Banjir merupakan kondisi tergenangnya suatu wilayah oleh air, yang umumnya disebabkan oleh curah hujan tinggi serta luapan air sungai yang melebihi kapasitas salurannya. Daerah yang rawan terhadap banjir umumnya dapat diidentifikasi berdasarkan beberapa faktor, seperti jenis tanah, kemiringan lereng, penutupan lahan, serta curah hujan [7]:

a. Curah Hujan

Curah hujan merupakan salah satu faktor dominan yang memicu terjadinya banjir. Meskipun hujan dapat terjadi secara merata, sifatnya umumnya bersifat setempat. Artinya, data curah hujan dari suatu pos pengamatan belum tentu mewakili kondisi wilayah yang lebih luas. Akurasi data ini sangat dipengaruhi oleh jarak pos hujan terhadap pusat wilayah kajian, luas daerah, karakter topografi, serta tipe hujan yang terjadi [7].

b. Penutupan Lahan

Penutupan lahan berkaitan dengan bagaimana suatu lahan dimanfaatkan, baik untuk permukiman, industri, pertanian, maupun aktivitas lainnya. Perubahan penggunaan lahan oleh aktivitas manusia, seperti alih fungsi lahan hijau menjadi kawasan terbangun, dapat meningkatkan volume limpasan permukaan, sehingga memperbesar risiko terjadinya banjir. Informasi ini dapat digunakan untuk menganalisis penyebab meningkatnya potensi banjir serta daerah yang berpotensi terdampak [7].

c. Jenis Tanah

Jenis tanah merupakan faktor penting dalam menentukan kerentanan suatu wilayah terhadap banjir. Tanah dengan tingkat permeabilitas rendah akan lebih mudah menimbulkan genangan karena daya serap airnya rendah. Selain itu, jenis tanah juga memengaruhi tingkat erosi. Daerah dengan tanah berformasi lereng curam dan tanpa vegetasi penutup akan memiliki risiko banjir dan longsor yang lebih tinggi [8].

d. Kemiringan Lereng

Kemiringan lereng berpengaruh terhadap kecepatan aliran limpasan permukaan, kapasitas drainase, dan risiko genangan. Semakin landai lereng suatu wilayah, aliran air akan melambat dan lebih mudah menggenang, sehingga meningkatkan kemungkinan terjadinya banjir. Sebaliknya, lereng yang curam cenderung membuat air langsung mengalir menuju sungai tanpa sempat menggenang, sehingga risiko banjir menjadi lebih kecil [9].

2. Keterbatasan Sistem Pemantauan dan Peringatan Banjir Saat Ini

Berdasarkan hasil wawancara yang dilakukan, sistem peringatan dini yang saat ini dimiliki oleh Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) masih memiliki sejumlah keterbatasan. Salah satu kekurangan utama adalah penggunaan sistem sirene sebagai alat peringatan. Sirene hanya dapat terdengar oleh warga yang berada dalam radius terbatas, sehingga informasi tidak dapat menjangkau masyarakat secara luas. Kondisi ini dinilai tidak efektif, terutama bagi warga yang berada di wilayah yang tidak terjangkau oleh suara sirene.

3. Parameter Pengukuran

Terdapat dua parameter utama yang dapat digunakan dalam sistem pemantauan banjir, yaitu curah hujan dan ketinggian air. Curah hujan yang terjadi secara terus-menerus dengan intensitas tinggi dalam jangka waktu tertentu dapat menjadi indikator awal potensi banjir. Parameter ini berpengaruh langsung terhadap parameter kedua, yaitu kenaikan permukaan air. Ketika curah hujan tinggi terjadi secara terus-menerus, maka volume air di sungai akan meningkat dan mempercepat terjadinya luapan air. Oleh karena itu, diperlukan perangkat sensor yang mampu mengukur ketinggian air secara real time untuk mendukung sistem peringatan dini yang efektif [10].

1.2.2 Aspek Ekonomi

Dampak banjir dari sisi ekonomi mencakup kerugian yang dirasakan baik oleh individu maupun oleh masyarakat secara kolektif. Pertama, rusaknya rumah tinggal dan peralatan rumah tangga menyebabkan kerugian finansial yang cukup besar bagi keluarga, karena membutuhkan biaya perbaikan atau penggantian. Kedua, sektor pertanian juga mengalami kerugian signifikan akibat rusaknya tanaman yang terendam air, yang berdampak pada menurunnya pendapatan petani serta mengganggu ketahanan pangan.

Selain itu, banjir berdampak langsung pada kelangsungan aktivitas ekonomi. Jalan utama dan jalur distribusi barang yang tergenang air menyulitkan akses ke pasar, menyebabkan keterlambatan distribusi logistik dan meningkatnya biaya operasional. Akibatnya, terjadi penurunan pendapatan di kalangan pedagang dan petani, serta potensi kenaikan harga barang yang memicu inflasi di tingkat lokal [11].

1.2.3 Aspek Lingkungan

Banjir yang terjadi secara berulang di wilayah Dayeuhkolot memberikan dampak serius terhadap kondisi lingkungan. Salah satunya adalah kerusakan ekosistem lokal, terutama habitat alami bagi flora dan fauna. Hilangnya habitat ini mengancam kelangsungan

hidup spesies-spesies tertentu dan merusak keseimbangan ekosistem. Selain itu, banjir juga memicu terjadinya erosi tanah dalam skala besar yang menyebabkan menurunnya kesuburan tanah, khususnya pada lahan pertanian.

Dampak lingkungan lainnya termasuk kerusakan infrastruktur seperti jalan, jembatan, dan fasilitas umum lainnya. Kerusakan ini tidak hanya mengganggu aksesibilitas dan mobilitas masyarakat, tetapi juga memperbesar beban pemulihan pasca-bencana yang harus ditanggung oleh pemerintah dan masyarakat [12].

1.2.4 Aspek Sosial

Dari sisi sosial, banjir memberikan dampak yang sangat kompleks. Salah satu dampak paling nyata adalah hilangnya barang-barang berharga yang tersapu banjir, yang tidak hanya menyebabkan kerugian material tetapi juga tekanan emosional yang mendalam bagi para korban [13]. Selain itu, banjir meningkatkan risiko terhadap kesehatan masyarakat. Genangan air dapat menjadi sumber penyakit seperti diare, infeksi saluran pernapasan, dan penyakit kulit. Akses ke fasilitas kesehatan yang terbatas selama banjir juga memperburuk kondisi, terutama bagi kelompok rentan seperti anak-anak, lansia, dan ibu hamil [14].

Tak kalah penting adalah dampak psikologis yang ditimbulkan. Rasa tidak aman, kehilangan, dan ketidakpastian akibat banjir dapat memicu gangguan psikologis seperti stres, kecemasan, dan depresi. Kondisi ini berpengaruh terhadap kualitas hidup masyarakat secara keseluruhan dan membutuhkan perhatian dalam proses pemulihan pasca-banjir [15].

1.3. Analisa Solusi yang Ada

Pada bagian ini, dianalisis berbagai solusi yang telah diterapkan untuk menangani masalah banjir di wilayah Dayeuhkolot, Kabupaten Bandung. Analisis ini mencakup kelebihan dan kekurangan masing-masing pendekatan, dengan tujuan untuk mengidentifikasi kekosongan (gap) yang dapat dijabatani melalui penerapan sistem berbasis *Internet of Things (IoT)*.

1.3.1 Solusi Manual (Pengamatan oleh Warga atau Petugas)

Metode pengamatan manual masih banyak digunakan di berbagai daerah, termasuk Dayeuhkolot. Dalam sistem ini, warga atau petugas secara langsung memantau kondisi ketinggian air sungai, kemudian menyampaikan informasi tersebut kepada pihak berwenang atau masyarakat setempat [16,18].

Kelebihan:

- Biaya implementasi rendah dan tidak memerlukan teknologi canggih.
- Dapat dilakukan oleh masyarakat umum tanpa pelatihan teknis

Kekurangan:

- Tingkat akurasi rendah dan sangat bergantung pada keahlian serta kecepatan pengamat.
- Informasi cenderung terlambat karena proses penyampaian dilakukan secara manual.
- Tidak mampu menjangkau masyarakat secara luas dalam waktu singkat.
- Sulit diterapkan pada kondisi ekstrem, seperti saat malam hari atau cuaca buruk.

1.3.2 Penggunaan Aplikasi Cuaca atau Pemantauan Bencana Saat ini

Beberapa aplikasi dan platform seperti *BMKG Weather* menyediakan informasi prakiraan cuaca dan potensi bencana banjir berdasarkan data curah hujan. Informasi ini dapat diakses oleh masyarakat melalui ponsel pintar [17].

Kelebihan:

- Informasi dapat diakses secara mudah oleh pengguna melalui perangkat seluler.
- Membantu masyarakat melakukan antisipasi terhadap potensi banjir.

Kekurangan:

- Informasi yang disediakan bersifat umum dan tidak spesifik untuk wilayah Sungai Dayeuhkolot.
- Tidak menyediakan data *real-time* mengenai ketinggian air sungai.
- Akses terhadap aplikasi terbatas bagi masyarakat yang tidak memiliki perangkat digital atau koneksi internet.

1.3.3 Solusi dari Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB)

BNPB telah mengimplementasikan sistem peringatan dini berupa sirine di wilayah Dayeuhkolot sebagai langkah mitigasi bencana. Sistem ini bertujuan untuk memberikan peringatan kepada masyarakat secara langsung melalui suara sirine. Namun, berdasarkan wawancara dengan warga, sistem ini masih memiliki sejumlah keterbatasan.

Kelebihan:

- Tidak memerlukan perangkat tambahan bagi warga untuk menerima informasi.
- Peringatan dapat disampaikan langsung tanpa perantara.
- Tidak bergantung pada internet atau jaringan listrik.

- Dapat dioperasikan secara cepat saat terdeteksi adanya potensi banjir.

Kekurangan (Berdasarkan wawancara dengan Warga):

- Jangkauan sirine terbatas dan tidak menjangkau seluruh area permukiman.
- Warga yang berada jauh dari lokasi sirine tidak dapat mendengar peringatan
- Suara sirine tidak terdengar jelas saat hujan deras atau dari dalam rumah.
- Tidak ada informasi detail tentang tingkat keparahan banjir
- Tidak disertai dengan informasi mengenai tingkat keparahan banjir.

1.3.4 Gap yang Ditemukan

Berdasarkan analisis terhadap solusi-solusi yang ada, ditemukan beberapa kekurangan utama sebagai berikut:

- **Keterlambatan Informasi:** Sistem manual lambat dalam menyampaikan informasi, sementara aplikasi cuaca tidak terhubung langsung dengan sistem peringatan lokal yang dapat memberi notifikasi secara otomatis.
- **Rendahnya Akses dan Kesadaran Masyarakat:** Tidak semua warga memiliki akses terhadap teknologi digital atau mengetahui cara menggunakan aplikasi pemantau bencana. Di sisi lain, pengamat manual belum tentu mampu memberikan informasi akurat dalam situasi kritis.

1.3.5 Peluang Solusi Berbasis IoT

Sistem pemantauan ketinggian air berbasis IoT menawarkan peluang untuk menjembatani gap yang ada dengan menghadirkan solusi yang lebih akurat, *real-time*, dan otomatis. Dengan sensor yang dipasang di Sungai Dayeuhkolot, data ketinggian air dapat langsung dikirimkan ke platform yang terintegrasi, dan sistem tersebut bisa secara otomatis menyampaikan notifikasi atau peringatan dini ke warga melalui SMS, atau sirine lokal. Solusi ini juga lebih mudah diakses dan dapat diandalkan, terutama di daerah dengan akses internet yang terbatas [19].

1.4. Kesimpulan

Banjir yang kerap melanda wilayah Dayeuhkolot merupakan permasalahan serius yang membutuhkan penanganan terpadu dan berkelanjutan. Ketiadaan sistem peringatan dini yang efektif menyebabkan masyarakat menjadi lebih rentan terhadap dampak banjir, baik dari sisi keselamatan, ekonomi, maupun lingkungan.

Kompleksitas persoalan ini tidak hanya melibatkan aspek teknis dalam hal desain sistem, tetapi juga aspek sosial seperti peningkatan kesadaran masyarakat, dan aspek ekonomi terkait efektivitas biaya. Solusi yang telah ada saat ini masih memiliki berbagai keterbatasan dan belum mampu memberikan peringatan dini secara optimal.

Salah satu pendekatan yang dapat diterapkan adalah penerapan sistem peringatan dini berbasis IoT. IoT merupakan sistem jaringan perangkat yang saling terhubung melalui internet, dilengkapi dengan sensor, perangkat lunak, dan teknologi lainnya untuk mengumpulkan serta menukar data secara otomatis. Tujuan dari penggunaan IoT dalam konteks ini adalah untuk meningkatkan efisiensi pemantauan, mempercepat penyampaian informasi, serta mendukung pengambilan keputusan yang lebih tepat.

Dengan pemantauan kondisi sungai secara *real-time* dan pengiriman peringatan secara otomatis, diharapkan sistem ini dapat membantu masyarakat dalam menghadapi ancaman banjir dengan lebih siap, mengurangi kerugian, dan melindungi ekosistem lokal secara berkelanjutan.