

Rancang Bangun Early Warning System Pendeteksi Banjir Studi Kasus di Daerah Pesisir Surabaya

Sholichuddin Al Ayyubi Putra Ary¹, Yulius Hari^{2*}, Vajra Vidya Kusala³, Alexandra Graciene Michaeline Dharmahusada⁴

^{1,2,3,4} *Informatika*
Universitas Widya Kartika, Surabaya

¹albi.putraary@gmail.com, ^{2*}Yulius.hari.s@gmail.com, ³vajravidya99@yahoo.com, ⁴alexagrace.alex@gmail.com

Abstrak— Banjir merupakan salah satu bencana alam yang sering terjadi di Indonesia termasuk di kota Surabaya. Surabaya merupakan kota terbesar kedua di Indonesia yang rentan terhadap banjir. Banjir sering terjadi karena sedikitnya daerah resapan air dan padatnya bangunan di area kota. Dalam hal ini penelitian menggunakan sistem Internet of Thing (IOT) sebagai alat pendeteksi banjir yang dapat memberikan informasi kepada masyarakat secara dini atau disebut dengan Early Warning System (EWS). Alat pendeteksi banjir ini terhubung dengan cloud server dan dapat memantau ketinggian air secara real time dan mengirimkan peringatan banjir kepada masyarakat. Metodologi penelitian yang digunakan adalah analisis data curah hujan, pemetaan potensi banjir dan perancangan sistem EWS dengan IoT. Data curah hujan digunakan untuk memperkirakan curah hujan yang akan terjadi sedangkan pemetaan potensi banjir dikakukan untuk mengidentifikasi daerah yang rentan terhadap banjir. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi dini kepada masyarakat dan pihak terkait untuk dapat mengambil langkah-langkah pengamanan dan penanggulangan yang tepat.

Kata kunci—Banjir, Early Warning System, Internet of Thing, Sistem Pendeteksi.

Abstract— Flood is one of the natural disasters that often occurs in Indonesia, including in the city of Surabaya. Surabaya is the second largest city in Indonesia which is prone to flooding. Floods often occur due to the lack of water catchment areas and the density of buildings in urban areas. In this case the research uses the Internet of Thing (IOT) system as a flood detection tool that can provide information to the public early or is called the Early Warning System (EWS). This flood detector is connected to a cloud server and can monitor water levels in real time and send flood warnings to the public. The research methodology used is analysis of rainfall data, mapping potential flooding and designing an EWS system with IoT. Rainfall data is used to estimate future rainfall while flood potential mapping is carried out to identify areas that are prone to flooding. This research is expected to be able to provide early information to the public and related parties so that they can take appropriate security measures and countermeasures.

Keywords— Detect System, Early Warning System, Flood, Internet of Thing.

I. PENDAHULUAN

Banjir merupakan salah satu bencana alam yang paling sering terjadi di Indonesia. Menurut kajian, data dari Badan Nasional Penanggulangan Bencana tahun 2022 pada dekade terakhir ini terdapat lebih dari 5.300 kejadian bencana banjir yang menimpa Indonesia dengan angka korban jiwa hingga 1.385 orang[1]. Ada beberapa faktor utama penyebab banjir di Indonesia, antara lain berkurangnya natural barrier seperti penghijauan, hutan bakau serta tanah resapan untuk, kondisi cuaca ekstrem, dan kondisi topografi Daerah Aliran Sungai (DAS) ataupun daerah pesisir[2].

Perkembangan wilayah Kota Surabaya tidak lepas dari terjadinya perubahan penggunaan lahan terbuka menjadi lahan terbangun terutama untuk kawasan pemukiman. Banjir dan genangan air hujan merupakan masalah yang timbul akibat perubahan penggunaan lahan yang tidak diatur dengan baik. Lahan terbangun memiliki daya resap air hujan yang

lebih kecil dari lahan terbuka[3]. Ketika lahan terbangun semakin luas maka akan semakin banyak air hujan yang berubah menjadi limpasan permukaan. Ketika kemampuan suatu wilayah untuk mengalirkan limpasan permukaan sudah tidak memenuhi maka akan terjadi genangan air hujan dan banjir[4]. Surabaya sebagai kota terbesar kedua di Indonesia yang merupakan daerah pesisir sehingga secara topografi sangat rentan terhadap bencana banjir. di Surabaya sendiri, banjir sering terjadi akibat hujan deras karena minimnya daerah resapan hijau dan padatnya bangunan di areal kota. Seperti dilansir pada detik.com, pada tanggal 28 April 2023, hujan intensitas tinggi di Surabaya menyebabkan banjir di Jalan Mayjen Sungkono dan Surabaya Barat. Banjir ini disebut lebih parah dari banjir yang terjadi 3 tahun sebelumnya. Selain itu, tanggul Sungai Banyu Urip di Jalan Kembang Kuning juga ambrol sepanjang 20 meter saat hujan deras, yang menyebabkan banjir di kawasan tersebut. Mengatasi

hal tersebut Pemerintah Kota Surabaya telah mengambil langkah-langkah untuk mengantisipasi banjir, namun masih perlu upaya lebih lanjut untuk menangani masalah ini secara menyeluruh dan sistemik.

Menjawab tantangan tersebut maka penelitian ini mencoba memberikan salah satu alternatif solusi untuk permasalahan banjir di Surabaya, khususnya di daerah rentan banjir seperti di daerah tepi sungai, ataupun wilayah lembah yang minim tanah resapan. Di Surabaya sendiri telah dibantu dengan rumah pompa di beberapa titik di daerah yang rentan terjadi genangan. Namun saat banjir datang utamanya karena luapan sungai atau lebih seringnya dikenal sebagai banjir kiriman maka pompa tersebut tidak mampu semerta-merta mencegah ataupun menyelesaikan permasalahan banjir di Surabaya. Seringkali saat terjadi bencana pemerintah siap tanggap dengan mengerahkan dinas pemadam kebakaran, untuk membantu mengoperasikan mobilnya guna menyedot air pada genangan air yang terjadi di pemukiman. Namun proses dari genangan hingga tertangani masih relatif lama karena kurangnya informasi terkait kapan bencana banjir akan datang. Pada aspek lain, Surabaya juga rentan terhadap banjir rob atau fenomena pasang air laut yang terjadi di wilayah pesisir[5]. Hal ini menjadi tantangan tersendiri dalam mengatasi persoalan banjir di Surabaya.

Sebagai salah satu permasalahan utama dari bencana banjir adalah pemadaman listrik pada areal tertentu sehingga apabila menggunakan sistem Internet of Thing (IoT) dengan sensor maka diperlukan sumber energi yang terbarukan untuk dapat mengoperasikan sistem internet of thing tersebut[6]. Penelitian ini mengusulkan alat simulasi yang dapat digunakan untuk mendeteksi banjir dan menginformasikan kepada masyarakat tentang bahaya banjir sedini mungkin. Alat pendeteksi banjir berbasis IoT ini merupakan penyedia data yang terhubung secara langsung pada cloud server yang dapat memantau ketinggian air secara real-time dan mengirimkan peringatan banjir kepada publik. Alat ini juga dilengkapi dengan buzzer sebagai alarm. Penelitian ini adalah salah satu upaya untuk meningkatkan kesiapsiagaan dan mitigasi bencana banjir di Surabaya.

II. METODOLOGI PENELITIAN

A. Penentuan lokasi sample

Sebagai data awalan penentuan tempat dan lokasi dari system ini dilakukan dengan analisis terhadap titik curah hujan pada suatu daerah di Surabaya yang berpotensi menimbulkan genangan dan berdampak. Analisis ini dilakukan secara aritmatik menggunakan rata-rata curah hujan pada suatu daerah kemudian dicari periode ulang dari curah hujan tersebut pada suatu daerah dengan pendekatan curah hujan per jam yang terpusat, sehingga presentasi dari kemungkinan dapat ditelusuri lebih dahulu. Hal ini dapat dilihat melalui pendekatan formulasi sebagai berikut:

$$R_t = \frac{R_{24}}{t} \times \left(\frac{3}{T}\right)^{2/3} \quad (1)$$

Dimana :

R_t = Rerata curah hujan sampai waktu ke T

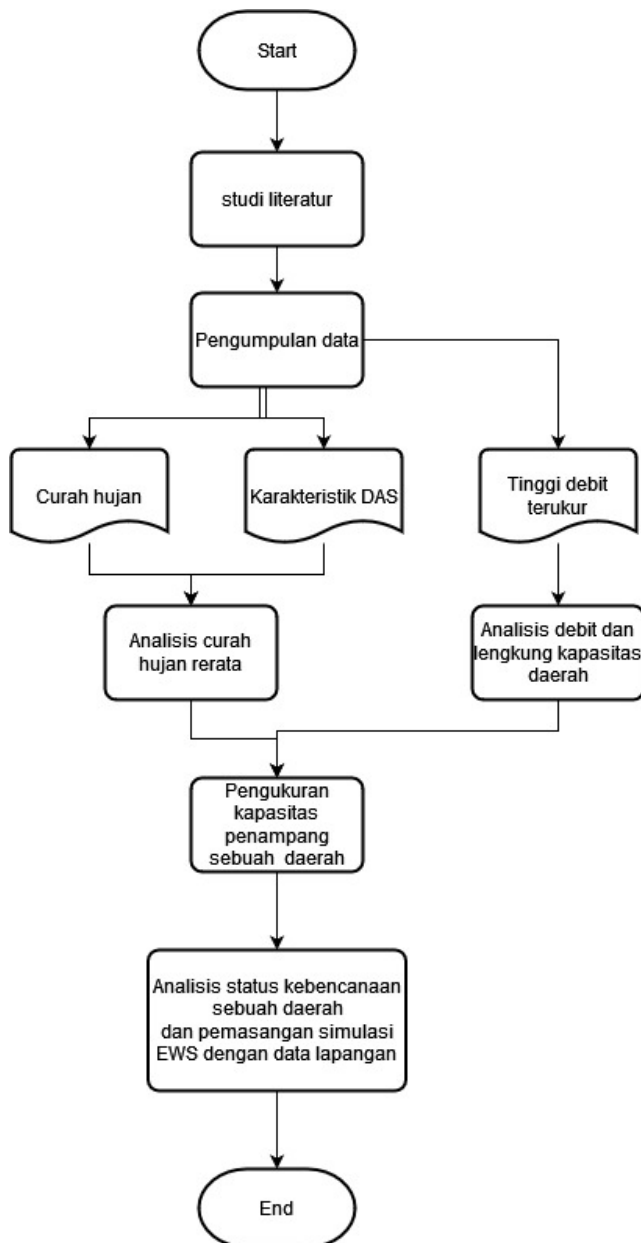
T = Waktu awal hingga ke jam-t

t = durasi waktu hujam dalam jam

R_{24} = Frekuensi hujan dalam sehari

Dari pendekatan formulasi (1) dapat diketahui rerata curah hujan yang akan terjadi sehingga dapat disusun rating curve yang menggambarkan antara ketinggian air pada suatu daerah dengan debit yang akan terjadi. Sehingga jumlah dan sebaran data tersebut menjadi prioritas dalam penentuan lokasi yang diperlukan untuk dikembangkannya sistem ini.

Sedangkan untuk bagan alir dari perancangan sistem ini dapat dilihat secara sederhana pada gambar 1, flowchart desain sistem.



Gambar 1. Flowchart pelaksanaan penelitian

Data collecting dari proses ini dimulai dengan pengumpulan data kondisi fisik lapangan berupa, alur sungai, gorong-gorong, intensitas hujan, debit air, tinggi muka air dan kapasitas daya tampung resapan sebuah daerah yang diukur dengan lengkung debit (*rating curve*) dari kecepatan resapan air.

Jumlah curah hujan yang direncanakan adalah jumlah curah hujan maksimum tahunan dengan probabilitas kejadian tertentu atau hujan dengan probabilitas tertentu. Pendekatan metode analisis presipitasi desain tergantung pada kesesuaian parameter statis dari data yang relevan atau dipilih

berdasarkan pertimbangan teknis lainnya. Data curah hujan yang digunakan berasal dari stasiun cuaca BMKG dan periode pengamatan selama 5 tahun terakhir. Adapun metode analisis untuk mengetahui curah hujan yang direncanakan mengacu pada metode E.J. Gumbel [7] dengan persamaan sebagai berikut:

$$X = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} + \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - X)^2}{n-1}} K \quad (2)$$

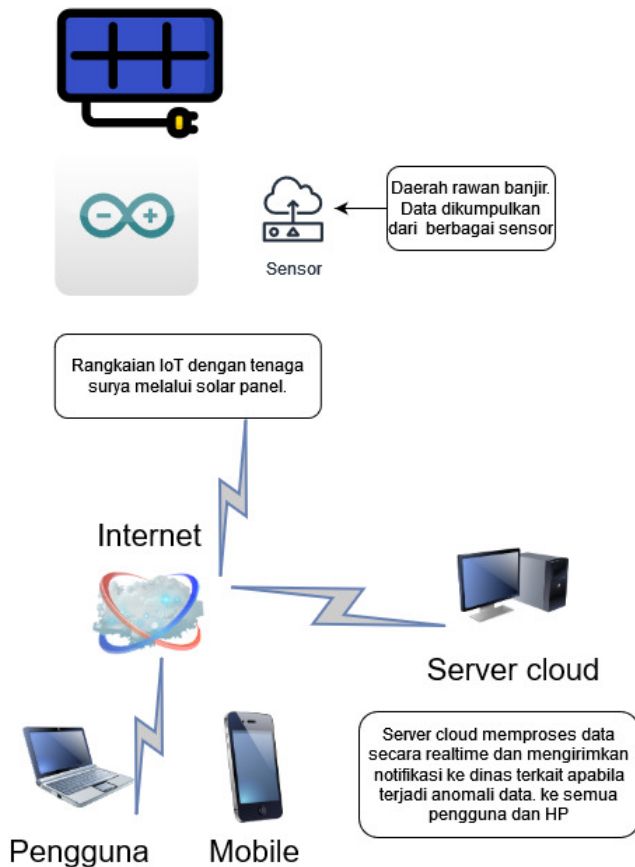
Dimana:

X = variable ekstrapolasi, untuk mengukur besarnya curah hujan rancangan pada periode ulang T tahun.
Xi = besarnya curah hujan dari periode pada tahun i
K = Faktor frekuensi return period dan tipe distribusi frekuensi.

B. Perancangan system IoT EWS Banjir

Sedangkan secara teknis untuk perancangan sistem early warning system untuk banjir ini dapat dilihat secara ringkas pada gambar 2. Blok diagram sistem EWS.

Komponen yang digunakan untuk membuat alat ini adalah Arduino Uno R3, NodeMcu ESP 8266, LCD 16x2 dan Modul I2C, Sensor Ultrasonik HC-SR04, Sensor Arus YF-S02 dan Modul SIM800L dengan sumber tenaga didukung oleh panel surya yang diatur dayanya melalui charger controller 12volt. Dengan adanya panel surya ini maka alat IoT pendeteksi banjir ini mampu berjalan secara autonomus bahkan di daerah lepas pantai ataupun yang tidak memiliki akses listrik



Gambar 2. Blok diagram sistem EWS

Sensor akan selalu mengambil data setiap saat dalam rentang waktu tertentu. Kemudian akan selalu dikirimkan ke data server cloud yang akan diproses lebih lanjut. Apabila ditemukan anomaly data maka akan mengirimkan signal distress ke pengguna dan dinas terkait baik melalui web dan notifikasi handphone. Diharapkan dengan signal distress ini mampu mempercepat proses evakuasi dan penanganan terhadap bencana banjir sehingga mampu memitigasi dampak kerusakan dari bencana banjir.

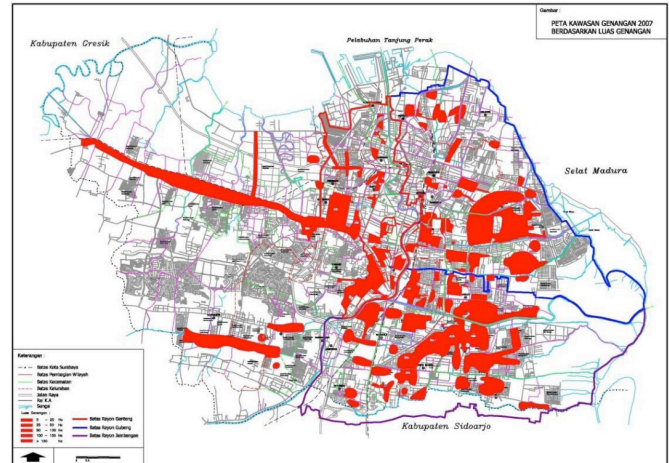
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil data penelitian maka dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

A. Analisa Pemetaan Banjir

Dalam perhitungan debit air yang terdapat di Surabaya diukur berdasarkan variabel yang telah dijabarkan sebelumnya maka dapat diambil kesimpulan bahwa Surabaya sebagai kota

metropolitan rentan terhadap bencana banjir hal ini dapat dilihat bahwa seluruh kontur daerah aliran sungai, serta pesisir sudah sangat minim dengan lahan hijau sehingga menyebabkan koefisien pengaliran rendah sehingga dapat dilihat pada gambar 3, pemetaan potensi banjir di Surabaya.



Gambar 3. Pemetaan potensi banjir di Surabaya.

Dari penjabaran tersebut akhirnya diambil kesimpulan bahwa dampak terbesar terjadi di tengah dan daerah timur kota Surabaya yang dikarenakan oleh kontur tanah, dan kepadatan penduduk. Sehingga untuk mengatasi permasalahan tersebut diperlukan sebuah sistematisa warning system yang mereduksi genangan terjadi dalam waktu yang lama, karena akan menimbulkan berbagai dampak baik di sektor ekonomi hingga kesehatan sosial masyarakat.

Sehingga tepat hasilnya dengan perhitungan yang telah dilakukan dalam pemilihan lokasi simulasi ini di daerah pesisir Surabaya yang ditunjukkan dengan kerentanan daerah tersebut dalam bencana banjir.

B. Pengujian Sistem EWS

Dalam pengujian sistem yang telah dibangun dilakukan dengan pendekatan whitebox testing dengan skenario-skenario kejadian yang mungkin akan terjadi di lapangan [8]. Adapun pengujian ini dilakukan dengan beberapa tahapan yaitu pengujian ketepatan sensor, kesesuaian skenario berdasarkan parameter, kehandalan sistem serta informasi yang diberikan sesuai dengan yang diharapkan.

Adapun secara ringkas hasil ujicoba yang dilakukan dapat dilihat pada tabel 1. Ujicoba

Tabel 1. Hasil Ujicoba skenario

Skenario	Hasil Uji coba		
	Sensor debit air	Distress data	Kesesuaian
Ketinggian air normal	Green	Tidak ada	Valid
Ketinggian air diatas normal	Yellow	Tidak ada	Valid
Ketinggian air di ambang batas wajar	Yellow	Ada	Valid
Ketinggian air naik dengan cepat diatas kewajaran	Red	Ada	Valid
Ketinggian air bahaya	Red	Ada	Valid

Sistem akan mengirimkan data distress atau peringatan berdasarkan kondisi debit air dan kecepatan ketinggian air yang terjadi. Apabila ketinggian air tidak bertambah dengan cepat dan malah cenderung turun maka signal distress akan dinonaktifkan dengan ini menyatakan bahwa bukan berupa bahaya genangan banjir.

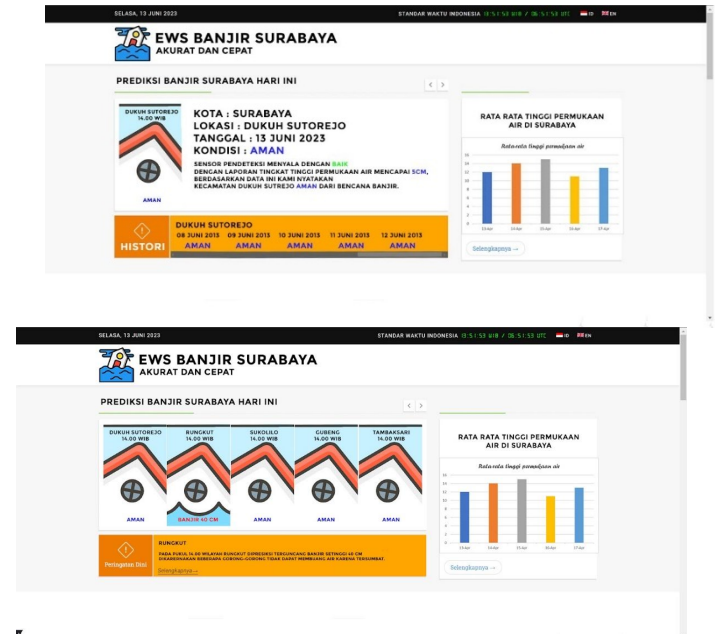
Signal distress yang dihasilkan berupa suara peringatan di daerah sekitar alat, kemudian sistem juga mengirimkan notifikasi secara otomatis ke nomor yang terdaftar untuk menyampaikan kondisi air terkini dan analisa bahwa akan terjadi bencana banjir ke dinas terkait. Sistem juga mengirimkan email ke alamat yang terdaftar.

Sistem terus menyimpan data logger secara otomatis dari setiap data sensor yang ada. Data logger akan secara berkala menyimpan setiap 30 menit untuk kondisi normal, dan untuk kondisi bahaya setiap 15 menit sekali dan untuk kondisi bahaya setiap 5 menit. Hal ini juga mempengaruhi besaran data yang akan diproses dan disesuaikan dengan kebutuhan analisa apakah mampu diidentifikasi sebagai bahaya banjir atau hanya genangan sesaat.

Pembagian waktu berkala ini juga menjadi salah satu solusi untuk mereduksi penggunaan energi daya yang harus dikonsumsi oleh sensor. Dengan adanya pembeda status kebencanaan ini maka sensor dapat masuk ke mode sleep atau di non aktifkan selama beberapa saat. Hal ini mampu mereduksi daya hingga 95% dibandingkan mode normal. Hal ini memberikan kemampuan tambahan bagi sistem untuk beroperasi lebih lama meskipun dalam kondisi kurang cahaya, atau saat solar panel yang ada kurang mendapatkan asupan sinar matahari.

Sedangkan untuk tampilan aplikasi ini dapat dilihat pada gambar 4. tampilan web. Pengguna dapat

mengakses status dari tingginya tingkat air pada suatu lokasi tertentu, pengguna juga dapat melihat status dari alat sensor, apakah sensor tersebut berkerja dengan baik atau sudah tidak aktif dalam melihat kondisi tinggi air di daerah tersebut. Histori suatu daerah juga disertakan agar pengguna dapat mengetahui informasi terdahulu tentang berapa hari kondisi banjir pada daerah tersebut.



Gambar 4. Tampilan web EWS Banjir

IV. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa Surabaya sebagai daerah pesisir ternyata sangat rentan terhadap bencana banjir. Hal ini dibuktikan dengan nilai dari pendekatan kecepatan debit air dan model curah hujan yang direncanakan menunjukkan angka yang tinggi. Hal ini disebabkan oleh multi faktor diantaranya kepadatan penduduk, rendahnya daerah resapan, kontur tanah, demografi kota yang berupa daerah pesisir serta drainase yang kurang baik. Sistem EWS ini mampu menjadi salah satu alternative untuk mereduksi dampak dari bencana banjir dengan meminimalisir waktu tunggu untuk penanganan saat terjadi genangan air.

Sistem EWS yang dibangun mampu berjalan dengan baik berdasarkan kondisi status kebencanaan. Pemanfaatan status kebencanaan ini juga membedakan cara kerja sistem sehingga mampu

menghemat konsumsi energi yang diperlukan oleh sensor sebesar 95%. Hal ini menyebabkan sistem mampu terus berjalan dengan baik meskipun tidak mendapatkan sinar matahari yang optimal. Terakhir tampilan web dan history ketinggian air sangat membantu sebagai data perbaikan dan preferatif di masa yang akan datang.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Universitas Widya Kartika yang memberikan kesempatan bagi penulis untuk melakukan penelitian ini.

REFERENSI

- [1] L. Refnitasari, H. W. Cahyaka, K. D. Handayani, and A. Amudi, "ANALISIS KERENTANAN FISIK WILAYAH PESISIR UTARA KOTA SURABAYA TERHADAP BENCANA BANJIR ROB," *J. Tata Kota dan Drh.*, vol. 14, no. 2, pp. 55–62, 2022.
- [2] D. Satria, S. Yana, R. Munadi, and S. Syahreza, "Sistem peringatan dini banjir secara real-time berbasis web menggunakan arduino dan ethernet," *J. JTIK (Jurnal Teknol. Inf. dan Komunikasi)*, vol. 1, no. 1, pp. 1–6, 2017.
- [3] R. Aditiya and S. Soebagio, "Kajian banjir di wilayah Ketingang Surabaya," *axial J. rekayasa dan Manaj. Konstr.*, vol. 7, no. 2, pp. 157–162, 2019.
- [4] I. Suwarno, A. Ma'arif, N. M. Raharja, A. Nurjanah, J. Ikhsan, and D. Mutiarin, "IoT-based lava flood early warning system with rainfall intensity monitoring and disaster communication technology," *Emerg. Sci. J.*, vol. 4, no. 0, pp. 154–166, 2021.
- [5] R. H. Nurhendro and M. A. Marfai, "Pemodelan dan Analisis Dampak Banjir Pesisir Surabaya Akibat Kenaikan Air Laut Menggunakan Sistem Informasi Geografis," *J. Bumi Indones.*, vol. 5, no. 4, 2016.
- [6] M. R. Fahlevi and H. Gunawan, "Perancangan Sistem Pendeteksi Banjir Berbasis Internet of Things," *It (Informatic Tech. J.)*, vol. 8, no. 1, pp. 23–29, 2021.
- [7] M. Moishin, R. C. Deo, R. Prasad, N. Raj, and S. Abdulla, "Designing deep-based learning flood forecast model with ConvLSTM hybrid algorithm," *IEEE Access*, vol. 9, pp. 50982–50993, 2021.
- [8] D. Danang, S. Suwardi, and I. A. Hidayat, "Flood Disaster Mitigation Using a Disaster Early Warning and Monitoring Information System with an IoT-Based Arduino Microcontroller," *Teknik*, vol. 40, no. 1, pp. 55–62, 2019.