



KAJIAN *EARLY WARNING SYSTEM* UNTUK BANJIR STUDI KASUS DI KENJERAN SURABAYA

^{1*}Yulius Hari, ²Yonatan Widianto, ³Lily Puspa Dewi, ⁴Fransisca Hanita Rusgowanto,
⁵Minny Elisa Yanggah

^{1*,2,5}Universitas Widya Kartika

³Universitas Kristen Petra

⁴Universitas Bina Nusantara

yulius.hari.s@gmail.com^{1*}, yonatan@widyakartika.ac.id², lily@petra.ac.id³,
fransisca.hanita@binus.ac.id⁴, minnyelisa@widyakartika.ac.id⁵

ABSTRAK

Bencana banjir memiliki dampak sistemik yang signifikan pada berbagai aspek kehidupan masyarakat. Oleh karena itu, perlu dilakukan upaya-upaya preventif dan mitigasi bencana sebelum terjadinya banjir, serta aksi cepat dan tanggap bencana pascabanjir untuk meminimalkan dampak dan memperbaiki kerugian yang timbul. Surabaya sebagai kota terbesar kedua di Indonesia juga sering mendapatkan dampak banjir sebagai salah satu bencana yang sering terjadi. Penelitian ini mencoba mengkaji *Early Warning System* untuk bencana banjir khususnya di rumah pompa pada daerah Kenjeran. Pengukuran sistem dibantu dengan sensor jarak ultrasonic dan infrared untuk mendapatkan ketinggian air serta kajian dengan data pada Weather API. Intensitas curah hujan pada 3 tahun ini mengalami peningkatan, meskipun dalam rerata yang masih dapat ditolerir sehingga masih dapat dialihkan dan direkayasa sehingga banjir dapat diminimalisir. Jumlah EWS yang ada di Surabaya, khususnya di daerah Kenjeran sudah sesuai karena telah mencakup 80% dari areal wilayah tersebut dan mampu mereduksi dampak banjir dengan mempercepat penyurutan air. Namun dari data yang dikumpulkan ketinggian air laut meningkat cukup signifikan, khususnya pada saat tertentu dimana air laut pasang dan perubahan iklim serta adanya siklon tropis sehingga banjir rob masih menjadi ancaman dan permasalahan untuk diselesaikan

Keywords: EWS, Flood, water level, *disaster system*

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara yang rawan terjadi bencana banjir setiap tahunnya. Bencana banjir tersebut sering kali menimbulkan dampak yang merugikan baik secara fisik maupun secara sistemik (Refnitasari et al., 2022). Bencana banjir seringkali menjadi penyebab kerugian pada sektor ekonomi yang signifikan. Dampak banjir di sektor ekonomi bisa berupa penurunan nilai aset, rusaknya infrastruktur, terganggunya pasokan bahan baku, penurunan produksi, dan hilangnya lapangan pekerjaan bagi penduduk lokal.

Bencana banjir bisa merubah tatanan sosial masyarakat di sekitar daerah yang terdampak bencana, seperti meningkatnya aksi kejahatan, perpindahan penduduk dan adat istiadat, dan penurunan ekonomi di masyarakat (Nurhendro & Marfai, 2016).

Bencana banjir memiliki dampak sistemik yang signifikan pada berbagai aspek kehidupan masyarakat. Oleh karena itu, perlu dilakukan upaya-upaya preventif dan mitigasi bencana sebelum terjadinya banjir, serta aksi cepat dan tanggap bencana pascabanjir untuk meminimalkan dampak dan memperbaiki kerugian yang timbul. Selain itu, masyarakat juga dapat terus belajar dan mematuhi teknik bersama mengenai pengelolaan lingkungan yang baik, untuk mencegah terjadinya bencana banjir yang berulang di masa yang akan datang (Aditiya & Soebagio, 2019).

Surabaya, sebagai kota metropolitan terbesar di Jawa Timur, tidak luput dari masalah banjir. Banjir di Surabaya menjadi perhatian serius bagi warga kota tersebut. 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 (Aditiya & Soebagio, 2019). 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 (Suwarno et al., 2021). Surabaya sebagai kota terbesar kedua di Indonesia yang merupakan daerah pesisir sehingga secara topografi sangat rentan terhadap bencana banjir (Fika et al., 2022). 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. Adapun kejadian banjir ini dapat dilihat dokumentasinya pada gambar 1, dokumentasi banjir.



Gambar 1. Dokumentasi banjir di jl Mayjen Sungkono 28 April 2023. (doc. CCTV DISHUB)

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.

Untuk mengatasi masalah banjir di Surabaya, pemerintah dan pihak terkait telah melakukan berbagai upaya penanggulangan. Beberapa upaya tersebut antara lain:

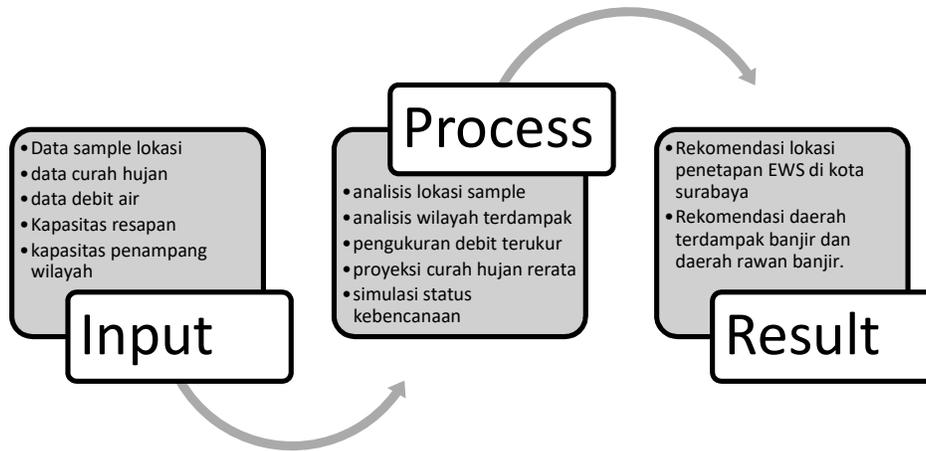
- **Pembangunan Drainase dan Saluran:** Pemerintah Surabaya telah melakukan perbaikan dan pembangunan infrastruktur drainase dan saluran air guna mengurangi kemungkinan terjadinya banjir.
- **Peningkatan Kapasitas Tampungan Air:** Pembangunan waduk dan peningkatan kapasitas tampungan air menjadi langkah penting untuk mengatasi banjir. Dengan memiliki tempat penampungan yang cukup, Surabaya dapat menanggulangi volume air ketika hujan lebat.
- **Sosialisasi dan Edukasi:** Peningkatan kesadaran masyarakat akan pentingnya menjaga kebersihan lingkungan, menghindari limbah plastik, dan membuang sampah pada tempatnya. Sosialisasi dan edukasi yang dilakukan oleh pemerintah dan lembaga terkait diharapkan dapat mengubah kebiasaan masyarakat dalam upaya mencegah banjir.
- **Penggunaan Teknologi:** Pemanfaatan teknologi modern seperti sistem peringatan dini banjir dan pemantauan cuaca secara real-time dapat membantu pihak terkait mengambil langkah cepat dan tepat saat potensi banjir muncul.

Dengan upaya penanggulangan ini, diharapkan banjir di Surabaya dapat dikurangi dan bahkan dapat dicegah secara keseluruhan. Peran aktif warga juga penting dalam menjaga kebersihan dan keselamatan di lingkungan sekitar.

Pada point penggunaan teknologi dan pemanfaatan teknologi masih jauh dari sempurna sehingga perlu mendapatkan berbagai kajian terhadap daerah rawan banjir dengan sistem peringatan dini sangat penting untuk mengurangi risiko bencana (Corral et al., 2019). Sistem peringatan dini merupakan komponen penting dari strategi pengelolaan risiko bencana. Sistem ini mengeluarkan peringatan ketika banjir akan terjadi atau sudah terjadi, dan meningkatkan kesiapsiagaan masyarakat terhadap kejadian cuaca ekstrem seperti banjir, baik dalam hal peringatan maupun peningkatan pemahaman tentang risiko dan respons banjir yang tepat (Danang et al., 2019). Hal ini meminimalkan ancaman terhadap keselamatan dan infrastruktur. Oleh karena itu, penting untuk terus melakukan kajian dan penelitian untuk meningkatkan efektivitas sistem peringatan dini banjir.

2. METODOLOGI

Metode penelitian ini merupakan model action research yang didukung dengan data lapangan khususnya pemetaan wilayah. Adapun kegiatan ini mengacu pada skema input proses output yang dapat dilihat pada gambar 1 skema proses penelitian.



Gambar 2. Skema proses penelitian

Sebagai data sampling pada penelitian ini mencoba mengukur daerah rawan di Surabaya khususnya pada daerah pesisir atau rawan banjir, untuk diberikan modul early warning system, serta mengukur kinerja dari modul tersebut yang telah ditetapkan disana. Sehingga mampu memberikan kajian mendalam terkait kondisi eksisting dari daerah di Surabaya sehingga meminimalisir dampak bencana banjir.

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 (Moishin et al., 2021) dengan persamaan sebagai berikut:

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

Dimana:

X = variable ekstrapolasi besarnya curah hujan pada periode T.

Xi = besarnya curah hujan dari periode pada tahun i

K = Faktor frekuensi return period dan tipe distribusi frekuensi.

Sebagai data awalan penentuan tempat dan lokasi dari system ini dilakukan dengan anlisis 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:

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

Dimana :

R_t = Rerata curah hujan sampai waktu ke T

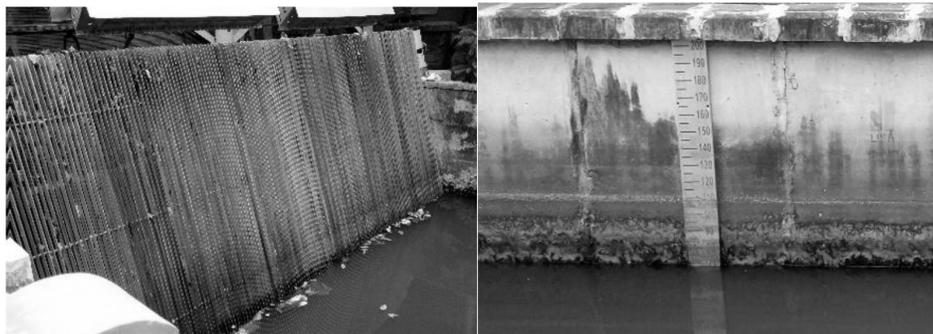
T = Waktu awal hingga ke jam-t

t = durasi waktu hujan 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.

Proses pengumpulan data dilakukan pertama kali dengan menyisir pada rumah pompa pada pesisir Surabaya dan daerah aliran sungai. Pembangunan rumah pompa merupakan salah satu program pengendalian banjir guna mengatasi permasalahan banjir. Rumah pompa merupakan tempat yang digunakan oleh pompa air untuk memindahkan atau menaikkan debit air serta mengatur besarnya air yang dapat dikeluarkan oleh pompa tersebut. Setiap rumah pompa memiliki daerah layanan masing-masing. Pertama, air yang berasal dari daerah layanan rumah masuk melalui saluran menuju tempat penampungan air. Pada saluran ini terdapat indikator level ketinggian air yang berfungsi untuk mengetahui ketinggian air saat ini. Pada saluran ini, juga terdapat screen yang berfungsi untuk menyaring sampah yang terbawa air. Adapun dokumentasi pada rumah pompa yang ada di daerah Kenjeran dapat dilihat pada gambar 2 dibawah ini.



Gambar 3. Indikator ketinggian air baik dari darat maupun laut, kemudian screen untuk sampah.

Setelah melewati screen, air kemudian menuju ke bak penampungan. Pada bak penampungan ini, air ditampung agar debit yang diambil oleh pompa dapat kontinu sehingga tidak merusak pompa. Pada bak penampung ini terdapat 2 ruang. Ruang pertama adalah ruang menuju pintu air dan ruang kedua adalah ruang menuju ke pompa. Kedua ruangan ini saling berhubungan melalui lubang besar dengan screen tambahan untuk menyaring kembali air yang akan dipompa. Fungsi ruang menuju pompa ini adalah untuk mengekualisasikan debit yang akan disalurkan oleh pompa sehingga tidak merusak pompa. Sedangkan fungsi dari screen

kedua adalah untuk menyaring kembali air yang masuk menuju ruang pompa agar dipastikan tidak ada kotoran yang masuk yang nantinya mengganggu kinerja pompa. Setiap rumah pompa memiliki 2 macam pompa, yaitu pompa air dan pompa Sludge. Pompa air berfungsi untuk mengalirkan air yang sudah ditampung menuju ke tujuan pembuangan, sedangkan pompa Sludge merupakan pompa lumpur untuk waste dari endapan yang terjadi akibat sedimentasi sampah ataupun lumpur. Seperti pada gambar 3 dapat dilihat jenis pompa yang ada.



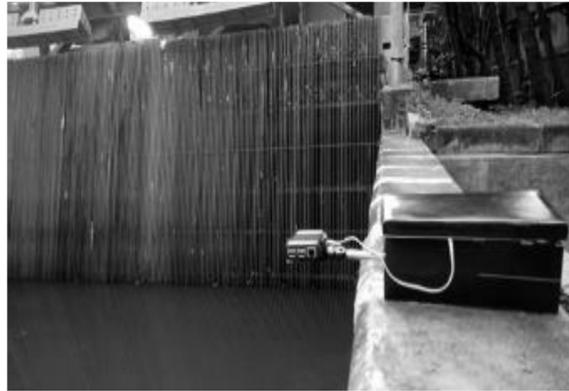
Gambar 4. Rumah pompa akan memiliki 2 jenis pompa, yaitu air dan sludge untuk waste

Dari hasil survey pada daerah pesisir Surabaya terdapat 8 titik pada rumah pompa, namun terkadang rumah pompa tersebut tidak mampu mengatasi apabila terdapat banjir rob akibat kenaikan air laut, seperti yang terjadi pada awal tahun 2023 di kawasan Bulak Banteng, ataupun banjir musiman dengan curah hujan yang sangat tinggi seperti terjadi di kawasan Mulyosari. Hal ini disebabkan oleh kondisi pemukiman warga yang semakin rapat dan menyebabkan relevansi dari rumah pompa perlu dikaji dan ditingkatkan lagi.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dari kegiatan penelitian ini dibantu dengan sistem yang telah dikembangkan sebelumnya untuk membantu mengukur ketinggian air dan data kebencanaan dari history yang telah dikumpulkan sebelumnya. Maka dapat dicari kinerja dari sistem EWS yang ada di kota Surabaya khususnya pada rumah pompa yang terdapat berbagai sensor untuk membantu dalam otomatisasi dan mengatur arus air baik dari darat maupun laut yang berbatasan langsung dengan daratan di muara sungai. Adapun sistem yang telah dikembangkan menggunakan microcontroller ESP 32, dengan beberapa sensor yaitu sensor jarak infrared, sensor jarak ultrasonic, pendeteksi cuaca dan kelembaban. Adapun kondisi pada saat pengujian dapat dilihat seperti pada gambar 4. Implementasi perangkat untuk membantu pengukuran jarak ketinggian air.

Dari jarak ketinggian yang dikumpulkan ini kemudian di bandingkan dengan data history yang ada pada weather API, sehingga mendapatkan potensi banjir pada scenario yang telah ditetapkan. Dengan adanya perbandingan data tersebut maka dapat akan dapat ditarik kesesuaian atas kemampuan pada kinerja rumah pompa terhadap sistem EWS yang telah ada.



Gambar 5. Pengujian dengan bantuan alat sensor.

Pada sensor di gambar 4, sebagai supply energi yang mendukung kerja sensor digunakan battery dari powerbank dengan kapasitas 23000 MAh. Sedangkan pada rumah pompa sendiri terdapat sistem otomasi yang dibantu oleh supply listrik dari PLN dan didukung genset pada saat darurat.

Sedangkan pada perhitungan curah hujan rancangan dengan rumus dari E.J. Gumbel yang tersaji pada rumus no 1. Dengan data pada weather API dapat ditampilkan dalam table 1 sebagai berikut:

Tabel 1. Curah hujan rancangan per periode

No	Periode	X_i	$X_i - x$	$(X_i - X)^2$
1	2014	49.92	-16.52	273.04
2	2015	52.32	-14.12	199.49
3	2016	52.64	-13.8	190.55
4	2017	57.26	-9.18	84.35
5	2018	63.85	-2.59	6.73
6	2019	64.41	-2.03	4.14
7	2020	64.36	-2.08	4.34
8	2021	81.3	14.86	4.14
9	2022	86.08	19.64	385.47
10	2023	92.4	25.86	668.52
Jumlah		Rerata 66.44		2037.44

Dari data tersebut dapat dilihat bahwa perubahan intensitas curah hujan mulai meningkat, khususnya karena pengaruh pergeseran iklim dan perubahan cuaca sehingga kondisi musim penghujan lebih Panjang dalam setahun. Hal ini berdampak pada kondisi sebuah kota apakah mampu menampung curah hujan tersebut atau tidak. Nilai curah hujan dengan rerata 66.44 masih dalam batasan wajar dari daya tamping resapan di Surabaya. Namun dengan adanya peningkatan curah hujan ini perlu adanya solusi sistematis khususnya pada peningkatan lahan hijau di Surabaya untuk menjadi daerah resapan.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan kegiatan penelitian ini dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut: Kota Surabaya sebagai metropolitan memiliki topologi kota yang terus berubah seiring perkembangan pembangunan pemukiman penduduk dan pergeseran lahan hijau. Kemudian dengan adanya pemukiman penduduk ini juga menyebabkan berbagai masalah sistemik dalam penyerapan air akibat hujan ataupun pada tanah resapan di daerah aliran sungai. Intensitas curah hujan pada 3 tahun ini mengalami peningkatan, meskipun dalam rerata yang masih dapat ditolerir sehingga masih dapat dialihkan dan direkayasa sehingga banjir dapat diminimalisir. Jumlah EWS yang ada di Surabaya, khususnya di daerah Kenjeran sudah sesuai karena telah mencakup 80% dari areal wilayah tersebut dan mampu mereduksi dampak banjir dengan mempercepat penyurutan air. Namun dari data yang dikumpulkan ketinggian air laut meningkat cukup signifikan, khususnya pada saat tertentu dimana air laut pasang dan perubahan iklim serta adanya siklon tropis sehingga banjir rob masih menjadi ancaman dan permasalahan untuk diselesaikan.

REFERENCES

- Aditiya, R., & Soebagio, S. (2019). Kajian banjir di wilayah Ketintang Surabaya. *Axial: Jurnal Rekayasa Dan Manajemen Konstruksi*, 7(2), 157–162.
- Corral, C., Berenguer, M., Sempere-Torres, D., Poletti, L., Silvestro, F., & Reborá, N. (2019). Comparison of two early warning systems for regional flash flood hazard forecasting. *Journal of Hydrology*, 572, 603–619.
- Danang, D., Suwardi, S., & Hidayat, I. A. (2019). Flood Disaster Mitigation Using a Disaster Early Warning and Monitoring Information System with an IoT-Based Arduino Microcontroller. *Teknik*, 40(1), 55–62.
- Fika, M. F., Latief, A., Sari, D. I., Istiana, I., Bariroh, S., Sholikhah, Z., & Rakhmawan, A. (2022). KAJIAN POTENSI BENCANA BANJIR DAN UPAYA MITIGASI BENCANA DI DUKUH BULAK BANTENG SURABAYA. *Natural Science Education Research*, 246–253.
- Moishin, M., Deo, R. C., Prasad, R., Raj, N., & Abdulla, S. (2021). Designing deep-based learning flood forecast model with ConvLSTM hybrid algorithm. *IEEE Access*, 9, 50982–50993.
- Nurhendro, R. H., & Marfai, M. A. (2016). Pemodelan dan Analisis Dampak Banjir Pesisir Surabaya Akibat Kenaikan Air Laut Menggunakan Sistem Informasi Geografis. *Jurnal Bumi Indonesia*, 5(4).
- Refnitasari, L., Cahyaka, H. W., Handayani, K. D., & Amudi, A. (2022). ANALISIS KERENTANAN FISIK WILAYAH PESISIR UTARA KOTA SURABAYA TERHADAP BENCANA BANJIR ROB. *Jurnal Tata Kota Dan Daerah*, 14(2), 55–62.
- Suwarno, I., Ma'arif, A., Raharja, N. M., Nurjanah, A., Ikhsan, J., & Mutiarin, D. (2021). IoT-based lava flood early warning system with rainfall intensity monitoring and

disaster communication technology. *Emerging Science Journal*, 4(0), 154–166.