

Analisis Ketinggian Banjir di Kota Medan Tahun 2024

Sahala Fransiskus Marbun^{1*}, Rut Fany Theresia Situmeang², Ludista Masindi³, Yudha Rmapea⁴

¹⁻⁴Jurusan Pendidikan Geografi, Fakultas Ilmu Sosial, Universitas Negeri Medan, Indonesia

Email: sahala@unimed.ac.id^{1*}, rutfany.3243131028@mhs.unimed.ac.id², ludistamasindi15@gmail.com³, yudharumapea169@gmail.com⁴

*Penulis korespondensi: sahala@unimed.ac.id¹

Abstract. *This study aims to analyze the variation in the height of flood inundation in Medan City during 2024 using a quantitative approach based on Geographic Information Systems (GIS). The data used included field surveys, flood vulnerability maps, rainfall data, land use, and regional topography. The results showed that flood heights varied between 0 to 100 cm with the spread being influenced by a combination of rainfall intensity, land-use changes, drainage capacity, and topographic characteristics. The northern region of the city has the highest flood elevation and risk, triggered by low elevations, inadequate drainage systems, and proximity to the coast and major rivers. This study emphasizes the importance of drainage management, river normalization, and control of space use as effective and sustainable flood mitigation measures in the city of Medan. The findings of this study recommend improving drainage systems, normalizing rivers, controlling space utilization, and using spatial data as the basis for more effective and sustainable flood mitigation planning in Medan City.*

Keywords: *Flood Height; Flood Mitigation; Geographic Information Systems; Medan City; Rainfall*

Abstrak. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis variasi ketinggian genangan banjir di Kota Medan selama tahun 2024 dengan menggunakan pendekatan kuantitatif berbasis Sistem Informasi Geografis (SIG). Data yang digunakan meliputi survei lapangan, peta kerawanan banjir, data curah hujan, tata guna lahan, dan topografi wilayah. Hasil menunjukkan ketinggian banjir bervariasi antara 0 hingga 100 cm dengan penyebaran yang dipengaruhi oleh kombinasi intensitas curah hujan, perubahan tata guna lahan, kapasitas drainase, dan karakteristik topografi. Wilayah utara kota memiliki ketinggian banjir dan risiko tertinggi, dipicu oleh elevasi rendah, sistem drainase yang tidak memadai, dan kedekatan dengan pesisir serta sungai utama. Penelitian ini menegaskan pentingnya pengelolaan drainase, normalisasi sungai, dan pengendalian pemanfaatan ruang sebagai langkah mitigasi banjir yang efektif dan berkelanjutan di Kota Medan. Temuan penelitian ini merekomendasikan perbaikan sistem drainase, normalisasi sungai, pengendalian pemanfaatan ruang, dan penggunaan data spasial sebagai dasar perencanaan mitigasi banjir yang lebih efektif dan berkelanjutan di Kota Medan.

Kata Kunci: Curah Hujan; Ketinggian Banjir; Kota Medan; Mitigasi Banjir; Sistem Informasi Geografis

1. PENDAHULUAN

Banjir merupakan salah satu bencana hidrometeorologis yang paling sering terjadi di wilayah perkotaan Indonesia, termasuk Kota Medan. Fenomena banjir yang terjadi di Kota Medan pada tahun 2024 telah menunjukkan tren yang meningkat baik dari segi frekuensi maupun intensitasnya, yang menimbulkan dampak sosial, ekonomi, dan lingkungan yang cukup signifikan (Smith, 2020; Jha et al., 2012). Kota Medan sendiri merupakan kawasan dengan perkembangan urbanisasi yang pesat sehingga menimbulkan tekanan terhadap tata ruang dan sumber daya alam yang mengakibatkan genangan banjir yang meluas terutama di wilayah hilir dan cekungan rendah (BPBD Medan, 2024; Kompas, 2024). Selain itu, banjir rob, khususnya dalam penanganan risiko banjir.

Masalah utama yang menyebabkan tingginya potensi banjir di Kota Medan tahun 2024 adalah curah hujan tinggi yang berlangsung sepanjang tahun dengan durasi dan intensitas yang

melebihi rata-rata tahunan (Kompas, 2024; Antara News, 2024). Curah hujan ini memicu meluapnya tiga sungai utama yang melintasi Kota Medan, yaitu Sungai Deli, Sungai Babura, dan Sungai Sei Belawan, dari pasang laut turut memperparah kondisi genangan, khususnya di wilayah utara Kota Medan seperti Kecamatan Medan Marelan dan Medan Belawan (BNPB, 2024).

Perubahan tata guna lahan akibat ekspansi pemukiman dan pembangunan gedung menyebabkan peningkatan luas permukaan kedap air yang menghambat proses infiltrasi air hujan ke dalam tanah (Walsh et al., 2015; Hidayat, 2021). Penyempitan dan pendangkalan saluran drainase akibat sedimentasi dan sampah yang tidak terkelola memperlambat aliran air, sehingga kapasitas drainase tidak mampu menampung limpasan air hujan yang besar (Waspada, 2025). Selain itu, kondisi topografi sebagian besar wilayah Kota Medan yang termasuk dataran rendah dan cekungan juga berdampak pada akumulasi air genangan yang bertahan lama.

Keterbatasan infrastruktur drainase yang tidak berkembang seiring pertumbuhan kota dan minimnya ruang terbuka hijau sebagai zona resapan memperparah potensi risiko genangan tinggi (BPBD Medan, 2024; Kompas, 2024). Banyak bangunan dan permukiman tidak memperhatikan sistem drainase yang baik sehingga air limbah sulit dialirkan ke saluran utama (Waspada, 2025). Penataan ruang yang kurang ketat juga menyebabkan banyak bangunan berdiri di daerah aliran sungai (DAS) dan daerah rawan banjir, sehingga rawan terdampak genangan yang tinggi (Jaya Arjuna, 2024).

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi penting bagi pemerintah daerah dan pemangku kepentingan dalam menyusun kebijakan pengelolaan risiko banjir yang berbasis data ilmiah. Selain itu, rekomendasi mitigasi yang dihasilkan diharapkan dapat mengarah pada upaya peningkatan kualitas sistem drainase, pengaturan tata ruang yang lebih baik, serta peningkatan kewaspadaan masyarakat menghadapi bencana banjir yang semakin intensif dan sering. Pendekatan holistik dan interdisipliner ini diharapkan memberikan kontribusi nyata dalam usaha pengurangan risiko bencana banjir di Kota Medan yang lebih adaptif dan berkelanjutan (Jha et al., 2012; Chang, 2013).

2. METODOLOGI PENELITIAN

Jenis dan Pendekatan Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan memanfaatkan analisis spasial berbasis SIG untuk mengidentifikasi dan memahami variasi ketinggian banjir di Kota Medan tahun 2024. Pendekatan ini dipilih karena mampu memberikan gambaran keruangan

yang akurat terkait pola genangan dan faktor-faktor yang memengaruhinya. Jenis penelitian yang digunakan adalah deskriptif-analitis, yaitu penelitian yang tidak hanya menggambarkan kondisi banjir, tetapi juga menganalisis faktor penyebabnya berdasarkan data spasial dan non-spasial.

Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan di seluruh wilayah kecamatan terdampak banjir di Kota Medan, khususnya di wilayah hilir dan area dataran rendah di bagian utara kota yang tercatat memiliki tingkat genangan tertinggi dan risiko banjir paling besar.

Fokus penelitian adalah analisis data banjir selama tahun 2024, dengan pengumpulan data primer dan sekunder dilakukan sepanjang tahun tersebut, terutama pada periode curah hujan puncak dan setelah peristiwa banjir.

Data dan Sumber Data

Penelitian ini menggunakan dua jenis data utama, yaitu data primer dan data sekunder, yang diambil dari sumber yang resmi dan kredibel untuk mendukung keakuratan analisis ketinggian banjir di Kota Medan tahun 2024.

a. Data Primer:

Data primer yang digunakan meliputi :

- 1) Observasi lapangan terkait kondisi drainase, tata guna lahan, dan karakteristik wilayah banjir.
- 2) Wawancara dengan warga dan petugas terkait dampak banjir sebagai data kualitatif pendukung.

b. Data Sekunder

Data sekunder yang digunakan meliputi :

- 1) Peta kerawanan banjir dan peta tata guna lahan dari Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Kota Medan.
- 2) Data curah hujan dan data hidrometeorologi tahun 2024 dari Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG).
- 3) Digital Elevation Model (DEM) wilayah Kota Medan dari Badan Informasi Geospasial (BIG).
- 4) Peta jaringan sungai dan sistem drainase dari Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang (PUPR) Kota Medan.
- 5) Statistik dan laporan kejadian banjir tahun 2024 dari Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB).

Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi :

- a. Perangkat keras: Laptop/komputer.
- b. Perangkat lunak: ArcGIS 10.8 untuk pemetaan titik banjir
- c. Data spasial:
 - 1) Data peta tata guna lahan, topografi (DEM), dan jaringan drainase dalam format digital dari instansi resmi.
 - 2) Data curah hujan dan laporan kejadian banjir dari BMKG dan BPBD.

Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data dilakukan melalui beberapa tahap berikut:

- a. Studi Dokumentasi

Mengumpulkan peta, dokumen, dan data statistik seperti Peta dan data BPBD
- b. Survei Lapangan

Melakukan ground checking, mengukur ketinggian genangan, serta mendokumentasikan kondisi drainase dan lingkungan di titik yang terdampak.
- c. Pengunduhan dan Pengolahan Data Spasial

Menyiapkan DEM, citra satelit, serta layer pendukung seperti sungai, drainase, tutupan lahan, dan peta administrasi.

Teknik Analisis Data

- a. Pengolahan Data Spasial

Melakukan digitasi dan menyelaraskan sistem koordinat seluruh layer.

Melakukan overlay antara peta banjir, topografi, dan tata guna lahan.

Menyusun peta distribusi ketinggian banjir berdasarkan klasifikasi 0–40 cm, 40–70 cm, dan 70–100 cm.
- b. Analisis Ketinggian Genangan

Menganalisis pola sebaran ketinggian banjir di seluruh kecamatan terdampak.

Menggunakan metode klasifikasi seperti Natural Breaks (Jenks) atau standar BPBD untuk mengelompokkan kategori genangan.
- c. Analisis Faktor Penyebab

Ketinggian banjir dianalisis dengan menghubungkannya ke beberapa variabel lingkungan: curah hujan, perubahan tutupan lahan, kapasitas drainase, elevasi atau topografi wilayah.

Analisis dilakukan melalui overlay peta dan pengamatan pola spasial.

d. Penyusunan Peta Risiko

Peta risiko dibangun melalui integrasi antara:

ketinggian banjir,

data indeks kerawanan (BPBD),

kepadatan penduduk,

penggunaan lahan.

Zonasi risiko kemudian dibuat untuk mengidentifikasi wilayah prioritas penanganan banjir.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Distribusi Ketinggian Banjir di Kota Medan Tahun 2024

Hasil pengolahan data lapangan, peta kerawanan banjir, dan analisis spasial SIG menunjukkan bahwa ketinggian banjir di Kota Medan selama tahun 2024 memiliki variasi yang cukup mencolok antarwilayah. Secara keseluruhan, ketinggian genangan berada pada kisaran 0–100 cm, dengan pola sebaran sebagai berikut:

Kategori Rendah (0–40 cm)

Wilayah dengan genangan rendah ditemukan di Medan Baru, Medan Timur, Medan Area, Medan Johor, serta Medan Sunggal. Kawasan ini cenderung memiliki drainase yang lebih terkelola dan kondisi elevasi yang relatif lebih tinggi, sehingga aliran air dapat bergerak lebih lancar dibandingkan bagian utara kota.

Kategori Sedang (40–70 cm)

Genangan sedang terjadi di Medan Denai, Medan Amplas, Medan Helvetia, Medan Selayang, dan Medan Petisah. Di wilayah ini banyak dijumpai penyempitan saluran drainase serta perluasan permukaan kedap air. Dua faktor inilah yang membuat air sulit mengalir saat hujan dengan intensitas tinggi.

Kategori Tinggi (70–100 cm)

Ketinggian genangan terbesar terdapat di wilayah utara seperti Medan Marelan, Medan Belawan, Medan Labuhan, dan Medan Deli. Kawasan ini berada pada dataran rendah dengan morfologi cekungan, ditambah kapasitas drainase yang terbatas, sehingga air mudah berkumpul dan bertahan lebih lama.

Distribusi ini sejalan dengan pola banjir tahunan Kota Medan, di mana wilayah utara konsisten menjadi zona paling rawan karena elevasinya rendah dan lokasinya dekat dengan pesisir.

Kecamatan	Rata-rata Ketinggian Genangan (cm)	Klasifikasi Banjir	Penyebab Dominan	Keterangan / Sumber
Medan Maimun	50–100	Tinggi	Luapan Sungai Deli, drainase tersumbat	BPBD Medan, Pikiran Rakyat (2024)
Medan Belawan	20–60	Tinggi	Banjir rob (pasang laut tinggi)	Antara News, Okezone (2024)
Medan Labuhan	30–80	Tinggi	Luapan sungai + pasang laut	Portal Medan, DetikSumut (2024)
Medan Johor	40–80	Tinggi	Curah hujan tinggi, drainase kecil	Sumutpos, Pikiran Rakyat (2024)
Medan Selayang	60–90	Tinggi	Luapan Sei Selayang, drainase sempit	Antara News (2024)
Medan Marelán	30–60	Sedang	Drainase buruk, pasang laut	Pengawal.id, Portal Medan (2024)
Medan Helvetia	30–70	Sedang	Drainase dangkal, banjir kiriman	DetikSumut (2024)
Medan Polonia	40–70	Sedang	Luapan Sungai Babura	Antara News (2024)
Medan Baru	30–50	Sedang	Drainase kota tidak memadai	Portal Medan (2024)
Medan Amplas	20–40	Sedang	Drainase sempit, genangan lokal	BPBD Medan (2024)
Medan Denai	30–50	Sedang	Drainase tersumbat	Jawapos (2024)
Medan Petisah	40–60	Sedang	Drainase tertutup, kawasan padat	Pikiran Rakyat (2024)
Medan Sunggal	30–40	Rendah	Curah hujan tinggi sesaat	BNPB (2024)
Medan Tuntungan	20–40	Rendah	Aliran permukaan dari lereng	BPBD Medan (2024)
Medan Timur	20–30	Rendah	Drainase tersumbat	Antara News (2024)
Medan Area	20–40	Rendah	Hujan deras, cepat surut	Portal Medan (2024)
Medan Barat	20–40	Rendah	Drainase kota padat	Portal Medan (2024)
Medan Perjuangan	20–30	Rendah	Drainase lokal	BPBD (2024)
Medan Deli	20–40	Rendah	Genangan akibat hujan deras	Kompas Sumut (2024)
Medan Tembung	20–40	Rendah	Curah hujan tinggi, cepat surut	BPBD (2024)
Medan Kota	20–30	Rendah	Drainase padat, cepat surut	Portal Medan (2024)

Gambar 1. Data wilayah.

Analisis Spasial Ketinggian Genangan

Analisis spasial menunjukkan bahwa ketinggian genangan tidak terjadi secara acak, tetapi dipengaruhi oleh sejumlah kondisi fisik dan lingkungan.

- Topografi, Area dengan elevasi kurang dari 10 meter dari permukaan laut, khususnya yang terletak di utara kota, memiliki konsentrasi genangan tertinggi.
- Kedekatan dengan Sungai atau DAS, Wilayah yang berada di sekitar Sungai Deli, Sungai Babura, dan jaringan drainase utama cenderung mengalami genangan lebih dalam karena air limpasan yang tidak tertampung secara optimal.
- Kepadatan Bangunan dan Pemanfaatan Lahan, Permukiman padat dengan tingkat permukaan kedap air tinggi seperti Medan Denai, Medan Amplas, dan Medan Helvetia menunjukkan genangan yang lebih signifikan. Minimnya area resapan turut mempercepat kenaikan permukaan air.
- Kondisi Drainase, Banyak saluran mengalami sedimentasi dan penyumbatan sehingga aliran air melambat dan ketinggian genangan meningkat.

Hasil overlay menunjukkan bahwa kombinasi antara elevasi rendah, buruknya kapasitas drainase, dan tingginya tingkat kedekatan lahan merupakan penyebab utama tingginya ketinggian banjir di Kota Medan.

Pola Spasial Wilayah Berisiko Tinggi

Integrasi antara ketinggian banjir, indeks kerawanan (GRI), dan penggunaan lahan menghasilkan tiga kategori risiko utama:

Zona Risiko Tinggi

Meliputi: Medan Marelán, Medan Belawan, Medan Labuhan, Medan Deli. Ciri-ciri:

- Ketinggian genangan mencapai 70–100 cm

- b. Drainase tidak memadai
- c. Topografi rendah dan berada pada area cekungan
- d. Kepadatan penduduk relatif tinggi

Wilayah ini menjadi prioritas utama dalam penanganan banjir, termasuk normalisasi sungai, peningkatan kapasitas drainase, dan pengembangan zona resapan.

Zona Risiko Sedang

Meliputi: Medan Amplas, Medan Denai, Medan Helvetia, Medan Selayang, Medan Petisah

Ciri-ciri:

- a. Genangan 40–70 cm
- b. Masalah utama berkaitan dengan alih fungsi lahan dan pengelolaan lingkungan yang kurang baik

Perbaikan drainase dan penataan kembali penggunaan ruang diperlukan untuk mengurangi risiko di wilayah ini.

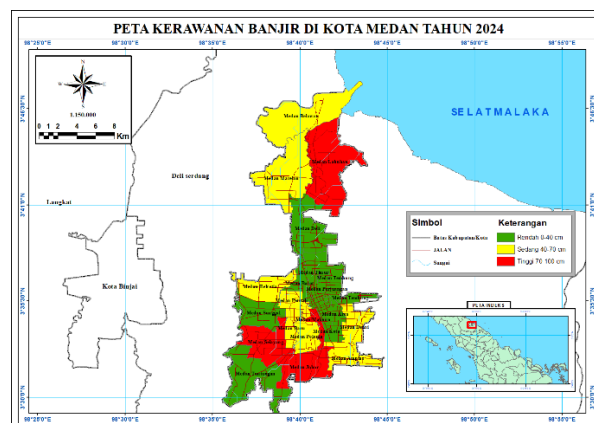
Zona Risiko Rendah

Meliputi: Medan Baru, Medan Johor, Medan Timur, Medan Sunggal, Medan Area

Ciri-ciri:

- a. Ketinggian genangan di bawah 40 cm
- b. Elevasi lebih baik
- c. Drainase berfungsi relatif optimal

Walau berada pada kategori rendah, wilayah ini berpotensi mengalami genangan pada saat hujan ekstrem.



Gambar 2. Peta karawanan banjir.

Faktor-Faktor yang Memengaruhi Ketinggian Banjir

Hasil analisis menunjukkan bahwa variasi ketinggian banjir dipengaruhi oleh empat faktor utama yang saling berkaitan:

- a. Curah hujan tinggi di tahun 2024 yang melampaui rata-rata tahunan.
- b. Perubahan tata guna lahan, terutama perluasan area terbangun dan berkurangnya ruang resapan.
- c. Kapasitas drainase yang tidak berkembang seiring pertumbuhan kota, ditambah penyempitan dan pendangkalan saluran.
- d. Kondisi topografi, di mana wilayah utara yang lebih rendah menjadi tempat akumulasi air.

Interaksi keempat faktor ini berkontribusi besar terhadap variasi ketinggian banjir di seluruh kecamatan.

Temuan Lapangan

Hasil observasi lapangan memberikan sejumlah temuan penting yang memperkuat analisis spasial:

- a. Banyak saluran drainase kecil tidak mampu mengalirkan air saat hujan lebat.
- b. Sedimentasi dan sampah menjadi penyebab utama penyumbatan aliran.
- c. Perbedaan ketinggian genangan antar titik dalam satu kecamatan bisa mencapai 20–30 cm, dipengaruhi kontur lokal dan kondisi permukaan tanah.
- d. Area dengan genangan tinggi umumnya merupakan wilayah bekas rawa atau lahan yang mengalami perubahan fungsi.

Hasil observasi lapangan memberikan sejumlah temuan penting yang memperkuat analisis spasial:

Banyak saluran drainase kecil tidak mampu mengalirkan air saat hujan lebat. Sedimentasi dan sampah menjadi penyebab utama penyumbatan aliran. Perbedaan ketinggian genangan antar titik dalam satu kecamatan bisa mencapai 20–30 cm, dipengaruhi kontur lokal dan kondisi permukaan tanah. Area dengan genangan tinggi umumnya merupakan wilayah bekas rawa atau lahan yang mengalami perubahan fungsi.

4. KESIMPULAN

Penelitian Analisis Ketinggian Banjir di Kota Medan Tahun 2024 menunjukkan bahwa dinamika banjir di Kota Medan dipengaruhi oleh sejumlah faktor yang saling berkaitan, terutama kondisi hidrometeorologis, perubahan tata guna lahan, kapasitas drainase, dan karakteristik topografi. Hasil analisis memperlihatkan bahwa ketinggian genangan berkisar antara 0–100 cm, dengan variasi yang mencolok di setiap kecamatan.

Wilayah utara termasuk Medan Marelan, Medan Belawan, Medan Labuhan, dan Medan Deli menjadi kawasan dengan ketinggian banjir tertinggi. Faktor utama penyebabnya adalah posisi geografis yang berada di dataran rendah, kedekatan dengan pesisir, serta sistem drainase yang belum memadai. Sebaliknya, wilayah selatan dan beberapa area pusat kota mengalami genangan yang lebih rendah berkat elevasi yang lebih stabil dan infrastruktur drainase yang relatif lebih baik. Melalui analisis spasial SIG, ditemukan hubungan yang kuat antara ketinggian banjir dengan topografi, kapasitas saluran drainase, tingkat kepadatan bangunan, dan intensitas curah hujan tahun 2024 yang tercatat lebih tinggi dari rerata tahunan. Integrasi data ketinggian banjir, indeks risiko (GRI), serta penggunaan lahan menghasilkan zonasi risiko yang dapat menjadi dasar penyusunan strategi penanganan dan mitigasi yang lebih terarah.

Secara keseluruhan, penelitian ini menegaskan bahwa pengelolaan banjir di Kota Medan memerlukan pendekatan terpadu yang mempertimbangkan aspek fisik wilayah, pengaturan pemanfaatan ruang, serta peningkatan kapasitas infrastruktur drainase agar mampu mengurangi risiko di masa mendatang.

Saran

Merujuk pada temuan penelitian, beberapa rekomendasi berikut dapat dipertimbangkan oleh pemerintah daerah dan pihak terkait: Meningkatkan dan merehabilitasi sistem drainase, terutama di wilayah utara yang mengalami ketinggian genangan tinggi. Pemeliharaan rutin melalui pembersihan sedimentasi dan sampah sangat penting untuk menjaga kelancaran aliran air. Melakukan normalisasi dan penataan ulang daerah aliran sungai (DAS), khususnya Sungai Deli dan Sungai Babura, guna memperbesar kapasitas tampung dan mengurangi limpasan saat hujan intens. Mengendalikan pemanfaatan ruang, terutama dengan membatasi ekspansi permukaan kedap air di area rawan banjir serta memperluas ruang terbuka hijau dan zona resapan. Mengintegrasikan data spasial dalam proses perencanaan kebijakan, termasuk peta risiko, peta ketinggian banjir, dan indeks kerawanan (BPBD), untuk memastikan keputusan mitigasi berbasis pada bukti dan kondisi lapangan. Mengembangkan sistem peringatan dini dan meningkatkan edukasi masyarakat, khususnya bagi warga yang tinggal di kawasan permukiman padat yang sering terdampak banjir.

Penerapan strategi teknis yang tepat, tata ruang yang terkelola dengan baik, dan pelibatan aktif masyarakat diharapkan mampu memperkuat upaya pengurangan risiko banjir di Kota Medan secara lebih efektif dan berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Informasi Geospasial. (2024). *Digital Elevation Model (DEM) Nasional*.
- Badan Nasional Penanggulangan Bencana. (2020). *Data Informasi Bencana Indonesia (DIBI)*.
- Bappeda Kota Medan. (2024). *Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) Kota Medan*.
- BMKG. (2024). *Data curah hujan tahun 2024*. Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika.
- BPBD Kota Medan. (2024). *Laporan tahunan penanganan banjir Kota Medan tahun 2024*.
- Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang Kota Medan. (2023–2024). *Peta drainase jaringan Kota Medan*.
- Hidayat, F. (2021). Dampak perubahan tata guna lahan terhadap tingkat genangan banjir di wilayah perkotaan. *Jurnal Teknik Sipil dan Perencanaan*, 23(2).
- IPCC. (2022). *Climate change 2022: Impacts, adaptation, and vulnerability*. Cambridge University Press.
- Marfai, M. A., & King, L. (2008). Coastal flood management in Semarang, Indonesia. *Environmental Geology*, 55(7), 1507–1518. <https://doi.org/10.1007/s00254-007-1101-3>
- Nasrul, B. (2019). Dampak intensitas hujan ekstrem terhadap frekuensi banjir di wilayah perkotaan. *Jurnal Sains & Teknologi Modifikasi Cuaca*, 20(2), 89–98.
- Pemerintah Kota Medan. (2023). *Profil Kota Medan dan kondisi wilayah rawan banjir*.
- Prahasta, E. (2020). *Sistem informasi geografis: Konsep-konsep dasar* (Edisi Revisi). Informatika Bandung.
- Pratama, R., & Simanjuntak, A. (2022). Analisis ketinggian genangan untuk penentuan prioritas penanganan banjir di perkotaan. *Jurnal Ilmu Kebencanaan Indonesia*, 5(3).
- Setiawan, B., & Widodo, A. (2021). Evaluasi kapasitas drainase perkotaan menggunakan metode rasional dan analisis HEC-RAS. *Jurnal Infrastruktur*, 7(3), 112–122.
- Siregar, H. (2020). Analisis kerentanan banjir pada kawasan permukiman padat. *Jurnal Geografi*, 12(1), 56–67.
- Suripin. (2004). *Sistem drainase perkotaan yang berkelanjutan*. Andi Offset.
- Triatmodjo, B. (2008). *Hidrologi terapan*. Beta Offset.
- UNDRR. (2015). *Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015–2030*. United Nations Office for Disaster Risk Reduction.
- Yuliana, S., & Nugroho, S. P. (2023). Pengaruh perubahan iklim terhadap peningkatan risiko banjir di Indonesia: Tinjauan ilmiah. *Jurnal Kebencanaan Nasional*, 4(2), 75–92. <https://doi.org/10.31002/jkn.v4i2.5678>