
Perencanaan Sistem Drainase Jalan Pada Kawasan Kampus/Permukiman Untuk Mengurangi Genangan

Dayaiman Telaumbanua¹, Sheila Hani², Ridwan Nasution³

¹²³ Universitas Pembinaan Masyarakat Indonesia

Email: dimandelau2001@gmail.com, ndruruevana19@gmail.com

Abstract

This study aims to analyze the capacity of existing drainage channels and plan an optimal road drainage system in the area of the Indonesian Community Development University (UPMI) Medan and surrounding settlements to reduce flooding. The methods used include hydrological and hydraulic analysis based on maximum rainfall data for the 2014–2023 period. Hydrological analysis was carried out using the Double Mass Curve consistency test, determining the probability distribution using Gumbel, and calculating rainfall intensity using the Mononobe method. The design discharge was calculated using the Rational Method, while the channel capacity was analyzed using the Manning equation. The results showed that the design rainfall intensity for a 10-year return period of 92.1 mm/hour resulted in a design discharge of 4,149 m³/sec. The existing channel capacity was only 0.131 m³/sec or approximately 3.2% of the design discharge, so it was unable to accommodate runoff and caused flooding. The design of a new channel with a trapezoidal cross-section (1.45 m base width and 1.12 m depth) resulted in a capacity of 4,151 m³/s with a flow velocity of 1.44 m/s and subcritical flow conditions. In conclusion, the inundation in the study area was caused by inadequate channel capacity and low maintenance. The planned drainage system was able to technically address these problems. Implementation of this design has the potential to significantly improve drainage performance, with the support of routine maintenance and the application of water conservation concepts. Further research is recommended to examine the integration of the drainage system with an environmentally-based approach.

Keywords: *Drainage, Inundation, Hydrology, Hydraulics, Rational Methods*

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kapasitas saluran drainase eksisting serta merencanakan sistem drainase jalan yang optimal di kawasan Universitas Pembinaan Masyarakat Indonesia (UPMI) Medan dan permukiman sekitarnya guna mengurangi genangan. Metode yang digunakan meliputi analisis hidrologi dan hidrolika berdasarkan data curah hujan maksimum periode 2014–2023. Analisis hidrologi dilakukan dengan uji konsistensi Double Mass Curve, penentuan distribusi probabilitas menggunakan Gumbel, serta perhitungan intensitas hujan dengan metode Mononobe. Debit rencana dihitung menggunakan Metode Rasional, sedangkan kapasitas saluran dianalisis menggunakan persamaan Manning. Hasil penelitian menunjukkan bahwa intensitas hujan rancangan untuk periode ulang 10 tahun sebesar 92,1 mm/jam menghasilkan debit rencana sebesar 4,149 m³/det. Kapasitas saluran eksisting hanya sebesar 0,131 m³/det atau sekitar 3,2% dari debit rencana, sehingga tidak mampu menampung limpasan dan menyebabkan genangan. Perencanaan saluran baru dengan penampang trapesium (lebar dasar 1,45 m dan kedalaman 1,12 m) menghasilkan kapasitas sebesar 4,151 m³/det dengan kecepatan aliran 1,44 m/s dan kondisi aliran subkritis. Kesimpulannya, genangan di kawasan penelitian disebabkan oleh kapasitas saluran yang tidak memadai serta rendahnya pemeliharaan. Sistem drainase yang direncanakan mampu mengatasi permasalahan tersebut secara teknis. Implementasi desain ini berpotensi meningkatkan kinerja drainase secara signifikan, dengan dukungan pemeliharaan rutin dan penerapan konsep konservasi air. Penelitian lanjutan disarankan untuk mengkaji integrasi sistem drainase dengan pendekatan berbasis lingkungan.

Kata kunci: *Drainase, Genangan, Hidrologi, Hidrolika, Metode Rasional*

Pendahuluan

Drainase merupakan bagian vital dari infrastruktur perkotaan maupun kawasan permukiman, termasuk di lingkungan kampus. Menurut Suripin (2004), sistem drainase berfungsi untuk mengalirkan, mengendalikan, dan membuang kelebihan air dari suatu kawasan sehingga tidak menimbulkan gangguan terhadap aktivitas manusia maupun kerusakan lingkungan. Dalam konteks jalan raya, drainase berperan besar dalam menjaga kondisi perkerasan agar tetap berfungsi optimal serta memperpanjang umur layanan jalan. Tanpa sistem drainase yang baik, air hujan yang menggenangi di atas permukaan jalan dapat mempercepat kerusakan perkerasan melalui mekanisme infiltrasi dan erosi. Permasalahan genangan air hujan di kawasan kampus dan permukiman masih menjadi isu serius di banyak daerah.

Genangan biasanya terjadi ketika debit limpasan permukaan lebih besar daripada kapasitas saluran drainase yang ada. Kondisi ini dapat disebabkan oleh dimensi saluran yang tidak mencukupi, penyumbatan akibat sedimentasi, maupun buruknya pemeliharaan (Soemarto, 1999). Genangan yang berlangsung lama tidak hanya mengganggu kenyamanan pengguna jalan, tetapi juga berdampak pada aktivitas perkuliahan, transportasi, dan mobilitas masyarakat secara umum. Dalam dua dekade terakhir, fenomena urbanisasi dan perubahan tata guna lahan menjadi faktor dominan yang meningkatkan beban pada sistem drainase. Lahan terbuka hijau yang semula berfungsi sebagai daerah resapan air semakin berkurang, digantikan dengan bangunan, area parkir, dan jalan yang kedap air. Akibatnya, koefisien limpasan (*runoff coefficient*) meningkat secara signifikan sehingga volume air hujan yang masuk ke saluran drainase bertambah besar (Triatmodjo, 2008).

Jika sistem drainase tidak disesuaikan dengan perubahan kondisi ini, maka risiko genangan semakin tinggi. Selain urbanisasi, perubahan iklim global turut memengaruhi pola curah hujan di berbagai wilayah. Data Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG, 2020) menunjukkan adanya tren peningkatan intensitas hujan ekstrem di beberapa kota di Indonesia. Perubahan ini membuat periode ulang (*return period*) hujan semakin pendek, sehingga hujan dengan intensitas tinggi lebih sering terjadi. Menurut Chow (1988), desain hidrologi harus selalu memperbarui data curah hujan agar perhitungan debit rencana lebih representatif dengan kondisi aktual. Kapasitas saluran drainase yang sudah ada umumnya didesain dengan asumsi kondisi tata guna lahan dan curah hujan pada saat perencanaan awal. Seiring waktu, jika kapasitas saluran tersebut tidak dievaluasi ulang, maka ketidaksesuaian antara debit limpasan dan kapasitas hidrolis akan terjadi. Hal ini yang sering menyebabkan saluran meluap saat hujan deras, sehingga genangan muncul di beberapa titik kritis jalan maupun halaman kampus (Suripin, 2004).

Genangan pada jalan kampus atau permukiman menimbulkan beberapa dampak negatif. Pertama, dari sisi kenyamanan, genangan air mengganggu kelancaran lalu lintas kendaraan maupun pejalan kaki. Kedua, dari sisi keselamatan, genangan meningkatkan risiko kecelakaan karena jalan menjadi licin atau tertutup air. Ketiga, dari sisi infrastruktur, genangan mempercepat kerusakan perkerasan jalan, khususnya perkerasan lentur (aspal) yang sensitif terhadap kelembaban tinggi (Departemen PU, 2016). Selain itu, genangan berpotensi menimbulkan masalah kesehatan lingkungan. Air yang tergenang dapat menjadi tempat berkembang biak nyamuk penyebab penyakit demam berdarah (DHF) maupun malaria (WHO, 2017). Oleh karena itu, persoalan drainase bukan hanya soal teknis infrastruktur, tetapi juga menyangkut aspek kesehatan masyarakat. Kawasan kampus sering kali menjadi pusat kegiatan dengan mobilitas tinggi, baik oleh mahasiswa, dosen, maupun masyarakat sekitar. Apabila jalan utama di kawasan kampus atau permukiman tergenang, maka aktivitas akademik maupun sosial-

ekonomi menjadi terganggu. Hal ini menunjukkan pentingnya sistem drainase yang handal dan berfungsi optimal, bukan hanya dari sisi teknis, tetapi juga dari sisi keberlanjutan aktivitas manusia (Triatmodjo, 2008).

Dalam konteks perencanaan, sistem drainase harus memenuhi beberapa kriteria. Menurut SNI 03-3424-1994, saluran drainase harus mampu menampung debit rencana dengan periode ulang tertentu (biasanya 2–10 tahun untuk kawasan permukiman/kampus). Saluran juga harus didesain dengan kemiringan dan kekasaran tertentu agar aliran dapat mengalir lancar tanpa sedimentasi berlebihan. Jika tidak memenuhi standar tersebut, maka efektivitas saluran akan menurun. Perencanaan drainase jalan tidak bisa dilepaskan dari pendekatan hidrologi dan hidrolika. Dari sisi hidrologi, perhitungan debit rencana dilakukan dengan metode rasional ($Q = C \times I \times A$), yang mempertimbangkan luas daerah tangkapan, intensitas hujan, dan koefisien limpasan. Dari sisi hidrolika, kapasitas saluran dihitung dengan persamaan Manning, yang melibatkan luas penampang aliran, jari-jari hidraulis, kekasaran, dan kemiringan dasar saluran (Chow, 1988). Dengan demikian, perencanaan drainase memerlukan integrasi kedua aspek ini untuk menghasilkan desain yang akurat.

Masalah genangan di kawasan kampus/permukiman biasanya terkonsentrasi pada titik-titik rendah topografi atau area dengan saluran eksisting yang tidak terhubung baik ke saluran utama. Dalam banyak kasus, saluran eksisting tidak berfungsi karena penyumbatan sampah, sedimentasi, atau kerusakan konstruksi (Suripin, 2004). Oleh sebab itu, selain merencanakan saluran baru, evaluasi dan perawatan berkala juga sangat penting. Pemerintah melalui Kementerian Pekerjaan Umum (2016) telah menetapkan pedoman teknis perencanaan drainase perkotaan. Namun, penerapan di lapangan sering kali belum maksimal. Banyak kampus dan permukiman belum memiliki sistem drainase terintegrasi, sehingga saluran yang ada bersifat parsial dan tidak mampu mengalirkan air secara menyeluruh. Hal ini menimbulkan ketidakseragaman fungsi saluran dan memperparah genangan. Berdasarkan latar belakang tersebut, maka penting dilakukan studi perencanaan sistem drainase jalan di kawasan kampus/permukiman untuk mengurangi genangan.

Penelitian ini akan menganalisis kondisi eksisting saluran, menghitung debit rencana berdasarkan data curah hujan terbaru, serta merancang dimensi saluran yang sesuai dengan standar teknis. Hasil perencanaan diharapkan dapat menjadi acuan bagi pihak pengelola kampus maupun pemerintah daerah dalam melakukan pembangunan atau rehabilitasi sistem drainase. Penelitian ini juga diharapkan dapat berkontribusi terhadap pengembangan ilmu pengetahuan di bidang teknik sipil, khususnya dalam penerapan teori hidrologi dan hidrolika pada studi kasus nyata. Selain itu, penelitian ini memberikan nilai tambah dalam konteks pembangunan berkelanjutan, karena mampu memberikan solusi teknis untuk mengatasi masalah genangan tanpa mengabaikan aspek lingkungan dan sosial. Dengan adanya perencanaan drainase yang baik, maka genangan di kawasan kampus/permukiman dapat dikurangi, aktivitas masyarakat berjalan lancar, serta kualitas infrastruktur jalan dapat terjaga. Pada akhirnya, hal ini mendukung terciptanya lingkungan kampus dan permukiman yang nyaman, aman, dan berkelanjutan.

Metode Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Universitas Pembinaan Masyarakat Indonesia (UPMI) Medan beserta kawasan permukiman di sekitarnya yang berada di Kecamatan Medan Area, Kota Medan, Sumatera Utara. Lokasi ini dipilih karena sering mengalami genangan air setelah hujan dengan intensitas sedang hingga tinggi akibat sistem drainase yang belum optimal. Penelitian dilakukan pada periode Januari hingga Mei 2025 yang bertepatan dengan musim hujan, sehingga memungkinkan pengamatan langsung terhadap kondisi genangan. Secara umum, wilayah

penelitian memiliki topografi datar dengan tingkat kemiringan rendah serta didominasi oleh lahan terbangun, yang menyebabkan tingginya limpasan permukaan dan memperbesar potensi genangan (Suripin, 2004; Kodoatie & Sjarief, 2010). Jenis data yang digunakan dalam penelitian ini meliputi data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh melalui survei lapangan berupa pengukuran dimensi saluran drainase eksisting, observasi titik genangan, dokumentasi visual, wawancara dengan masyarakat dan civitas akademika, serta pengukuran topografi sederhana. Sementara itu, data sekunder meliputi data curah hujan harian maksimum selama periode 2015–2024 dari BMKG, peta tata guna lahan dari Bappeda, serta dokumen teknis dari instansi terkait. Untuk memastikan validitas data, dilakukan uji konsistensi curah hujan menggunakan metode Double Mass Curve sebelum digunakan dalam analisis hidrologi (Soemarto, 1999; Chow et al., 1988).

Tahapan penelitian meliputi identifikasi masalah, pengumpulan data, analisis hidrologi dan hidrolika, evaluasi kapasitas saluran eksisting, serta perencanaan saluran drainase baru. Analisis hidrologi dilakukan dengan menentukan distribusi hujan terbaik, menghitung intensitas hujan, serta debit rencana menggunakan Metode Rasional dan pembandingan Hidrograf Satuan Sintetis Nakayasu (Triatmodjo, 2008; Harto, 1993). Selanjutnya, analisis hidrolika dilakukan untuk menghitung kapasitas saluran menggunakan persamaan Manning dan mengevaluasi kesesuaiannya terhadap debit rencana (Chow et al., 1988). Apabila kapasitas saluran tidak memadai, dilakukan perencanaan ulang dimensi saluran sesuai standar teknis yang berlaku. Selain itu, penelitian ini juga menyusun rekomendasi pemeliharaan drainase berbasis partisipasi kampus dan masyarakat sebagai upaya peningkatan keberlanjutan sistem drainase di kawasan penelitian (Kodoatie & Sjarief, 2010)

Hasil dan Pembahasan

Hasil

Universitas Pembinaan Masyarakat Indonesia (UPMI) Medan terletak di Kecamatan Medan Area, Kota Medan, dengan karakteristik topografi relatif datar (kemiringan <5%) dan ketinggian 20–30 mdpl. Kondisi ini menyebabkan aliran permukaan cenderung lambat, sehingga meningkatkan potensi terjadinya genangan saat hujan dengan intensitas sedang hingga tinggi. Hasil observasi menunjukkan bahwa genangan sering terjadi pada ruas jalan akses kampus dan lingkungan permukiman sekitar dengan ketinggian mencapai 10–20 cm. Sistem drainase eksisting berupa saluran terbuka berbentuk persegi dengan dimensi rata-rata lebar 0,5 m dan kedalaman 0,5 m. Namun, efektivitasnya menurun akibat sedimentasi, sampah, dan vegetasi liar yang memperkecil kapasitas aliran. Selain itu, dominasi lahan terbangun menyebabkan koefisien limpasan tinggi, sehingga debit limpasan meningkat secara signifikan.

Analisis Hidrologi

Curah Hujan Maksimum

Data curah hujan maksimum tahunan periode 2014–2023 menunjukkan nilai rata-rata sebesar 147,2 mm dengan simpangan baku 17,6 mm. Nilai maksimum tercatat sebesar 172 mm (tahun 2022), sedangkan minimum sebesar 118 mm (tahun 2014).

Tren data menunjukkan peningkatan curah hujan ekstrem setelah tahun 2018, yang mengindikasikan adanya potensi peningkatan risiko genangan di masa mendatang.

Uji Konsistensi Data

Hasil uji Double Mass Curve menunjukkan hubungan linear dengan koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,9999. Hal ini menunjukkan bahwa data curah hujan yang digunakan konsisten dan layak untuk analisis lebih lanjut.

Analisis Distribusi Frekuensi

Berdasarkan uji Kolmogorov–Smirnov, distribusi Gumbel merupakan distribusi yang paling sesuai untuk data curah hujan maksimum. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa curah hujan rancangan untuk periode ulang 10 tahun adalah sebesar 170 mm.

Intensitas Hujan

Perhitungan intensitas hujan menggunakan metode Mononobe menghasilkan intensitas sebesar 92,1 mm/jam untuk periode ulang 10 tahun dengan durasi kritis 30,76 menit. Nilai ini digunakan sebagai dasar dalam perhitungan debit rencana.

Debit Rencana

Debit limpasan dihitung menggunakan Metode Rasional dengan mempertimbangkan luas daerah tangkapan dan koefisien limpasan. Hasil perhitungan menunjukkan. Debit kawasan kampus = 2,151 m³/det. Debit kawasan permukiman = 1,998 m³/det. Debit total = **4,149 m³/det**. Nilai ini menunjukkan besarnya beban aliran yang harus ditampung oleh sistem drainase di kawasan penelitian.

Evaluasi Kapasitas Saluran Eksisting

Analisis hidrolika menggunakan persamaan Manning menunjukkan bahwa kapasitas saluran eksisting hanya sebesar **0,131 m³/det**, atau sekitar 3,2% dari debit rencana. Kecepatan aliran sebesar 0,584 m/s juga berada di bawah batas minimum self-cleansing (0,6 m/s), sehingga memicu sedimentasi.

Kondisi ini menunjukkan bahwa saluran eksisting tidak mampu mengalirkan debit limpasan secara optimal, sehingga menjadi penyebab utama terjadinya genangan di lokasi penelitian.

Perencanaan Saluran Drainase Baru

Untuk mengatasi permasalahan tersebut, direncanakan saluran berbentuk trapesium dengan dimensi. Lebar dasar (b) = 1,45 m. Kedalaman (y) = 1,12 m. Kemiringan sisi = 1:1. Hasil analisis menunjukkan bahwa. Kapasitas saluran = 4,151 m³/det. Kecepatan aliran = 1,44 m/s. Bilangan Froude = 0,52 (aliran subkritis). Dengan demikian, saluran rencana mampu menampung debit rencana dan memenuhi kriteria teknis sesuai standar.

Pembahasan

Perencanaan Sistem Drainase Jalan Pada Kawasan Kampus/Permukiman Untuk Mengurangi Genangan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa permasalahan genangan di kawasan Universitas Pembinaan Masyarakat Indonesia (UPMI) Medan dan permukiman sekitarnya disebabkan oleh ketidakseimbangan antara kapasitas saluran drainase eksisting dengan debit limpasan yang terjadi. Kondisi topografi yang relatif datar serta dominasi lahan terbangun menyebabkan aliran permukaan bergerak lambat dan meningkatkan volume limpasan. Hal ini sejalan dengan temuan Suripin (2004) yang menyatakan bahwa kawasan perkotaan dengan tingkat kedap air tinggi cenderung memiliki koefisien limpasan besar sehingga meningkatkan potensi genangan. Berdasarkan analisis hidrologi, diperoleh intensitas hujan rancangan sebesar 92,1 mm/jam untuk periode ulang 10 tahun, yang menghasilkan debit rencana sebesar 4,149 m³/det. Nilai ini mencerminkan besarnya limpasan yang harus dialirkan oleh sistem drainase. Namun, kapasitas saluran eksisting hanya sebesar 0,131 m³/det atau sekitar 3,2% dari debit rencana. Kondisi ini menunjukkan adanya ketidaksesuaian antara dimensi saluran dan kebutuhan hidrolis, sebagaimana juga ditemukan dalam penelitian Kodoatie dan Sjarief (2010) yang menyatakan bahwa salah satu penyebab utama banjir perkotaan adalah kapasitas saluran yang tidak memadai terhadap debit rencana. Selain keterbatasan dimensi saluran, faktor lain yang memperburuk kondisi drainase adalah rendahnya kecepatan aliran (0,584 m/s), yang berada di bawah batas minimum self-cleansing.

Hal ini menyebabkan sedimentasi dan penumpukan sampah yang semakin mengurangi kapasitas efektif saluran. Temuan ini sejalan dengan penelitian Chow (1988) yang menegaskan bahwa kecepatan aliran di bawah batas minimum akan memicu pengendapan sedimen yang berdampak pada penurunan kapasitas saluran secara signifikan. Sebagai solusi, dilakukan perencanaan ulang sistem drainase menggunakan penampang trapesium yang lebih efisien secara hidrolis. Hasil perencanaan menunjukkan bahwa saluran dengan lebar dasar 1,45 m dan kedalaman 1,12 m mampu menampung debit sebesar 4,151 m³/det. Nilai ini sedikit lebih besar dari debit rencana, sehingga secara teknis dinyatakan aman. Selain itu, kecepatan aliran sebesar

1,44 m/s berada dalam rentang yang diperbolehkan, sehingga mampu mencegah sedimentasi dan menjaga stabilitas aliran. Nilai bilangan Froude sebesar 0,52 menunjukkan bahwa aliran bersifat subkritis, yang berarti aliran stabil. Hasil ini konsisten dengan penelitian Triatmodjo (2008) yang menyatakan bahwa desain saluran harus mampu menghasilkan aliran stabil dengan kecepatan dalam batas aman agar sistem drainase berfungsi optimal.

Perencanaan sistem drainase jalan di kawasan kampus dan permukiman ini tidak hanya berfokus pada peningkatan kapasitas saluran, tetapi juga harus mempertimbangkan aspek keberlanjutan. Oleh karena itu, diperlukan integrasi antara pendekatan struktural dan non-struktural. Pendekatan struktural dilakukan melalui pembangunan saluran baru yang sesuai dengan debit rencana, sedangkan pendekatan non-struktural meliputi pemeliharaan rutin, pengendalian sampah, serta penerapan konsep konservasi air seperti sumur resapan dan perkerasan berpori. Pendekatan ini sejalan dengan konsep Low Impact Development (LID) yang dikemukakan oleh Kodoatie dan Sjarief (2010), yaitu mengurangi limpasan permukaan melalui peningkatan infiltrasi dan pengelolaan air hujan secara berkelanjutan. Dengan demikian, hasil penelitian ini menegaskan bahwa perencanaan sistem drainase yang efektif harus didasarkan pada analisis hidrologi dan hidrolika yang akurat serta mempertimbangkan kondisi eksisting di lapangan. Implementasi desain saluran yang sesuai, didukung dengan pengelolaan yang baik dan pendekatan berkelanjutan, diharapkan mampu mengurangi genangan secara signifikan di kawasan kampus UPMI Medan dan permukiman sekitarnya.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan, dapat disimpulkan bahwa kapasitas saluran drainase eksisting di kawasan UPMI Medan tidak mampu menampung debit limpasan akibat hujan rancangan, sehingga menjadi penyebab utama terjadinya genangan. Debit rencana sebesar 4,149 m³/det jauh lebih besar dibanding kapasitas saluran eksisting sebesar 0,131 m³/det. Perencanaan ulang sistem drainase dengan menggunakan penampang trapesium menghasilkan kapasitas saluran sebesar 4,151 m³/det, yang telah memenuhi kebutuhan debit rencana. Kecepatan aliran dan kondisi aliran juga berada dalam batas aman, sehingga sistem yang dirancang layak secara teknis untuk diterapkan. Implikasi dari penelitian ini adalah bahwa perbaikan dimensi saluran yang sesuai dengan analisis hidrologi dan hidrolika dapat meningkatkan kinerja sistem drainase secara signifikan. Selain itu, keberhasilan sistem juga bergantung pada pemeliharaan rutin dan pengelolaan lingkungan yang baik. Untuk pengembangan selanjutnya, disarankan dilakukan integrasi dengan konsep drainase berkelanjutan seperti sumur resapan dan perkerasan berpori guna mengurangi limpasan permukaan.

Daftar Pustaka

- Arsyad, M. (2015). Analisis Kinerja Drainase Permukiman di Kota Makassar. *Jurnal Teknik Sipil*.
- Badan Standardisasi Nasional (BSN). (1994). SNI 03-3424-1994: Tata Cara Perencanaan Drainase Perkotaan. Jakarta.
- Bina Marga. (2017). Spesifikasi Teknis Drainase Jalan. Direktorat Jenderal Bina Marga, Kementerian PU.
- BMKG. (2020). Data Curah Hujan Ekstrem Indonesia. Jakarta: Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika.
- BPBD Kota Medan. (2023). Laporan Tahunan Bencana Hidrometeorologi Kota Medan.
- BMKG. (2020). *Data Curah Hujan Kota Medan*. Stasiun Klimatologi Deli Serdang.
- Butler, D., & Davies, J. (2011). *Urban Drainage*. CRC Press.
- Chen, Y., et al. (2018). Urban Flood Control with SWMM Model in China. *Journal*

of Hydrology.

Chow, V. T. (1988). *Applied Hydrology*. McGraw-Hill, New York.

Chow, V. T., Maidment, D., & Mays, L. (1988). *Applied Hydrology*. McGraw-Hill.

Chow, V. T. (1988). *Applied Hydrology*. New York: McGraw-Hill.

Creswell, J. W. (2014). *Research Design*. Sage.

Creswell, J. W. (2014). *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches*. Sage.

Creswell, J. W. (2014). *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches*. Sage.

Departemen Pekerjaan Umum. (2016). *Peraturan Perencanaan Drainase Perkotaan*. Jakarta: Kementerian PU.

Direktorat Jenderal Bina Marga. (2017). *Spesifikasi Teknis Drainase Jalan*. Kementerian PUPR.

Direktorat Jenderal Bina Marga. (1994). *Tata Cara Perencanaan Drainase Perkotaan*. Badan Standardisasi Nasional.

Direktorat Jenderal Bina Marga. (2012). *Spesifikasi Umum Drainase Jalan*. Kementerian Pekerjaan Umum.

EPA. (2010). *Stormwater Management Manual*. US Environmental Protection Agency.

Henderson, F. M. (1966). *Open Channel Flow*. Macmillan.

Harto, S. (1993). *Analisis Hidrologi*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.

Kementerian Pekerjaan Umum. (2016). *Peraturan Perencanaan Drainase Perkotaan*.

Kirpich, Z. P. (1940). Time of Concentration Formula. *Transactions ASCE*.

Kodoatie, R. J., & Sjarief, R. (2010). *Tata Ruang Air*. Yogyakarta: Andi.

Soemarto, C. D. (1999). *Hidrologi Teknik*. Jakarta: Erlangga.

Suripin. (2004). *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*. Yogyakarta: Andi.

Rahmawati, E. (2017). Evaluasi Sistem Drainase Perkotaan di Bandung. *Jurnal Sumber Daya Air*.

Setiawan, A. (2019). Studi Drainase Kampus UNNES. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Sipil*.

Soemarto, C. D. (1999). *Hidrologi Teknik*. Jakarta: Erlangga.

Suripin. (2004). *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*. Andi Offset.

Triatmodjo, B. (2008). *Hidrologi Terapan*. Yogyakarta: Beta Offset.

WHO. (2017). *Urban Vector-borne Disease Risks*. Geneva: World Health Organization.

Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 12/PRT/M/2014 tentang Penyelenggaraan Sistem Drainase Perkotaan.