



STUDI PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN UNTUK MENGURANGI RISIKO BANJIR

David Ardian Gea¹⁾

¹⁾ Teknik sipil, Fakultas Sains Dan Teknologi, Universitas Nias, Gunungsitoli, Sumatra Utara, Indonesia
Email: davidardiangea@gmail.com

Abstract

Urban flooding is a frequent problem caused by increasing rainfall intensity, the growth of built-up areas, and the limited capacity of drainage systems. This study aims to develop an effective and sustainable urban drainage system plan to reduce flood risk. The methods used include the collection of hydrological and hydraulic data, analysis of design rainfall, evaluation of the capacity of existing drainage channels, and the formulation of alternative drainage management solutions. The results indicate that increasing channel capacity, implementing environmentally friendly drainage systems, and improving operational management can significantly reduce the potential for inundation and flooding. This study is expected to serve as a reference for urban drainage planning that is adaptive to climate change. Rapid urban development has led to changes in land use from infiltration areas to built-up areas. This condition results in increased surface runoff that is not balanced by adequate drainage system capacity. Consequently, inundation and flooding frequently occur, causing economic, social, and environmental losses. Therefore, integrated and sustainable urban drainage system planning is required to reduce flood risk.

Keywords: Urban Drainage, Flooding, Planning, Hydrology, and Hydraulics.

Abstrak

Banjir perkotaan merupakan permasalahan yang sering terjadi akibat meningkatnya curah hujan, pertumbuhan kawasan terbangun, serta keterbatasan kapasitas sistem drainase. Studi bertujuan untuk menyusun perencanaan sistem drainase perkotaan yang efektif dan berkelanjutan guna mengurangi risiko banjir. Metode yang digunakan meliputi pengumpulan data hidrologi dan hidraulika, analisis curah hujan rencana, evaluasi kapasitas saluran eksisting, serta perumusan alternatif penanganan drainase. Hasil studi menunjukkan bahwa peningkatan kapasitas saluran, penerapan drainase ramah lingkungan, dan pengelolaan operasional yang baik dapat menurunkan potensi genangan dan banjir secara signifikan. Studi ini diharapkan menjadi acuan dalam perencanaan drainase perkotaan yang adaptif terhadap perubahan iklim. Perkembangan wilayah perkotaan yang pesat menyebabkan perubahan tata guna lahan dari area resapan menjadi area terbangun. Kondisi ini berdampak pada meningkatnya limpasan permukaan (runoff) yang tidak diimbangi dengan kapasitas sistem drainase yang memadai. Akibatnya, genangan dan banjir sering terjadi dan menimbulkan kerugian ekonomi, sosial, serta lingkungan. Oleh karena itu, diperlukan perencanaan sistem drainase perkotaan yang terintegrasi dan berkelanjutan untuk mengurangi risiko banjir.

Keywords: Drainase Perkotaan, Banjir, Perencanaan, Hidrologi, Hidraulika.



PENDAHULUAN

Perkembangan kawasan perkotaan yang pesat merupakan salah satu indikator kemajuan suatu wilayah, baik dari aspek ekonomi, sosial, maupun infrastruktur. Namun, pertumbuhan kota yang tidak diimbangi dengan perencanaan tata ruang dan sistem infrastruktur yang memadai dapat menimbulkan berbagai permasalahan lingkungan, salah satunya adalah banjir. Banjir perkotaan telah menjadi masalah yang sering terjadi di berbagai kota besar maupun kota berkembang di Indonesia, terutama pada saat musim hujan dengan intensitas curah hujan yang tinggi.

Salah satu faktor utama penyebab terjadinya banjir di kawasan perkotaan adalah sistem drainase yang tidak berfungsi secara optimal. Sistem drainase perkotaan seharusnya berperan sebagai sarana pengaliran air hujan dari permukaan tanah menuju badan air penerima, seperti sungai, danau, atau laut. Namun, dalam kenyataannya, banyak sistem drainase yang mengalami penurunan kapasitas akibat sedimentasi, penyumbatan oleh sampah, kerusakan fisik saluran, serta perubahan tata guna lahan yang tidak terkendali. Akibatnya, air hujan tidak dapat dialirkan dengan baik dan menyebabkan genangan bahkan banjir.

Selain itu, alih fungsi lahan dari area resapan menjadi kawasan terbangun, seperti permukiman, perkantoran, dan kawasan komersial, turut memperparah kondisi drainase perkotaan. Permukaan tanah yang tertutup oleh bangunan dan perkerasan mengurangi kemampuan tanah dalam menyerap air hujan, sehingga volume limpasan permukaan (runoff) meningkat secara signifikan. Peningkatan limpasan ini tidak diimbangi dengan kapasitas saluran drainase yang memadai, sehingga menyebabkan meluapnya air di saluran dan menggenangi wilayah sekitarnya.

Banjir perkotaan tidak hanya menimbulkan kerugian material, seperti kerusakan bangunan, infrastruktur, dan fasilitas umum, tetapi juga berdampak pada aspek sosial dan kesehatan masyarakat. Aktivitas ekonomi terganggu, mobilitas penduduk terhambat, serta meningkatnya risiko penyakit akibat lingkungan yang tergenang air. Oleh karena itu,

permasalahan banjir perlu mendapatkan perhatian serius dari berbagai pihak, khususnya pemerintah daerah dan perencanaan kota.

Perencanaan sistem drainase perkotaan yang baik dan terpadu merupakan salah satu solusi penting dalam upaya pengurangan risiko banjir. Perencanaan tersebut harus mempertimbangkan berbagai aspek, seperti karakteristik hidrologi wilayah, kondisi topografi, kapasitas saluran eksisting, pola curah hujan, serta perkembangan tata guna lahan. Selain itu, konsep drainase berkelanjutan juga perlu diterapkan, seperti pemanfaatan sumur resapan, kolam retensi, dan ruang terbuka hijau untuk meningkatkan daya serap air hujan.

Berdasarkan latar belakang tersebut, studi perencanaan sistem drainase perkotaan menjadi sangat penting untuk dilakukan guna mengevaluasi kondisi drainase yang ada dan merumuskan perencanaan yang lebih efektif dan berkelanjutan. Studi ini diharapkan dapat memberikan gambaran mengenai permasalahan drainase yang terjadi serta rekomendasi solusi teknis yang mampu mengurangi risiko banjir di kawasan perkotaan. Dengan perencanaan sistem drainase yang tepat, diharapkan tercipta lingkungan perkotaan yang aman, nyaman, dan berkelanjutan bagi masyarakat.

TINJAUAN PUSTAKA

1. Sistem Drainase Perkotaan

Sistem drainase perkotaan merupakan suatu sistem yang berfungsi untuk mengalirkan air hujan, air limbah, dan air permukaan dari suatu kawasan menuju badan air penerima, seperti sungai, danau, atau laut. Sistem ini bertujuan untuk mencegah terjadinya genangan dan banjir yang dapat mengganggu aktivitas masyarakat serta merusak infrastruktur.

Menurut hasil penelitian pada dokumen, sistem drainase yang tidak direncanakan dengan baik dapat menyebabkan terjadinya genangan air dalam waktu lama, terutama pada daerah dengan kepadatan penduduk tinggi. Oleh karena itu, perencanaan drainase harus mempertimbangkan kondisi topografi, tata guna lahan, serta kapasitas saluran.



Sistem drainase perkotaan umumnya terdiri dari saluran primer, sekunder, dan tersier. Saluran primer berfungsi sebagai saluran utama, saluran sekunder sebagai pengumpul, dan saluran tersier sebagai pengalir dari lingkungan permukiman menuju saluran utama.

2. Banjir Perkotaan

Banjir merupakan peristiwa meluapnya air yang menggenangi wilayah daratan yang seharusnya kering. Banjir di daerah perkotaan biasanya disebabkan oleh intensitas hujan yang tinggi, kapasitas saluran yang terbatas, serta perubahan tata guna lahan.

Berdasarkan dokumen , meningkatnya pembangunan di kawasan perkotaan menyebabkan berkurangnya daerah resapan air, sehingga air hujan tidak dapat meresap ke dalam tanah secara optimal. Hal ini mengakibatkan peningkatan limpasan permukaan yang memicu terjadinya banjir.

Selain itu, faktor lain seperti sedimentasi, sampah, dan kerusakan saluran juga memperparah kondisi banjir. Oleh karena itu, diperlukan pengelolaan drainase yang berkelanjutan untuk mengurangi risiko banjir.

3. Hidrologi

Hidrologi merupakan ilmu yang mempelajari tentang peredaran air di bumi, meliputi proses penguapan, presipitasi, infiltrasi, limpasan, dan aliran sungai. Dalam perencanaan sistem drainase, hidrologi berperan penting dalam menentukan besarnya debit air hujan yang harus ditampung oleh saluran.

Menurut dokumen , analisis hidrologi digunakan untuk menghitung curah hujan rencana, periode ulang hujan, serta debit banjir rencana. Metode yang sering digunakan antara lain metode Rasional, metode HSS (Hidrograf Satuan Sintetik), dan analisis statistik hujan.

Hasil analisis hidrologi menjadi dasar dalam menentukan dimensi saluran agar mampu menampung debit air secara aman.

4. Hidraulika

Hidraulika merupakan cabang ilmu yang mempelajari perilaku aliran air, baik dalam saluran terbuka maupun tertutup. Dalam sistem drainase, hidraulika digunakan untuk menganalisis kecepatan aliran, tinggi muka air, serta kapasitas saluran.

Berdasarkan dokumen , perhitungan hidraulika dilakukan menggunakan persamaan aliran, seperti persamaan Manning dan Chezy. Persamaan ini digunakan untuk menentukan dimensi saluran yang sesuai agar tidak terjadi limpasan atau erosi.

Analisis hidraulika juga memperhatikan kemiringan saluran, kekasaran dinding, serta kondisi aliran agar sistem drainase dapat berfungsi secara optimal.

5. Perencanaan Sistem Drainase

Perencanaan sistem drainase merupakan proses perancangan saluran air berdasarkan hasil analisis hidrologi dan hidraulika. Tujuan utama perencanaan adalah menciptakan sistem yang efektif, efisien, dan berkelanjutan.

Menurut dokumen , perencanaan drainase harus mempertimbangkan aspek teknis, lingkungan, dan sosial. Aspek teknis meliputi kapasitas saluran dan struktur pendukung, aspek lingkungan berkaitan dengan kelestarian ekosistem, sedangkan aspek sosial berkaitan dengan kenyamanan masyarakat.

Perencanaan yang baik diharapkan dapat meminimalkan risiko banjir, meningkatkan kualitas lingkungan, serta mendukung pembangunan perkotaan yang berkelanjutan.

METODOLOGI PENELITIAN

1. Jenis dan Pendekatan Penelitian

Penelitian ini menggunakan jenis penelitian terapan (applied research) dengan pendekatan kuantitatif dan kualitatif.

Pendekatan kuantitatif digunakan untuk menganalisis data hidrologi, hidraulika, dan kapasitas saluran drainase, sedangkan pendekatan kualitatif digunakan untuk mengkaji kondisi eksisting sistem drainase, kebijakan pemerintah, serta perilaku masyarakat yang berpengaruh terhadap terjadinya banjir.

Metodologi penelitian yang digunakan dalam studi perencanaan sistem drainase perkotaan untuk mengurangi risiko banjir ini merupakan pendekatan deskriptif kuantitatif dan kualitatif yang bertujuan untuk menganalisis kondisi eksisting sistem drainase serta merumuskan perencanaan yang efektif dan



berkelanjutan. Tahap awal penelitian dimulai dengan pengumpulan data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh melalui survei lapangan yang meliputi pengamatan langsung terhadap kondisi saluran drainase, dimensi saluran, tingkat sedimentasi, keberadaan sampah, pola aliran air, serta kondisi lingkungan sekitar. Selain itu, wawancara dilakukan dengan pihak terkait seperti instansi pemerintah daerah dan masyarakat setempat untuk memperoleh informasi mengenai kejadian banjir, durasi genangan, serta permasalahan drainase yang sering terjadi. Data sekunder dikumpulkan dari berbagai sumber, antara lain peta topografi, data curah hujan, data tata guna lahan, data kependudukan, serta dokumen perencanaan drainase yang telah ada sebelumnya.

Analisis hidrologi, yang dilakukan untuk menentukan besarnya debit banjir rencana. Analisis ini meliputi pengolahan data curah hujan menggunakan metode statistik untuk memperoleh hujan rencana dengan periode ulang tertentu, kemudian dilanjutkan dengan perhitungan intensitas hujan dan debit limpasan permukaan menggunakan metode yang sesuai dengan karakteristik wilayah penelitian. Setelah itu dilakukan analisis hidraulika untuk mengevaluasi kapasitas saluran drainase eksisting, dengan membandingkan antara debit rencana dan kapasitas saluran yang ada. Hasil analisis ini digunakan untuk mengidentifikasi titik-titik kritis yang berpotensi menyebabkan genangan atau banjir.

analisis hidrologi dan hidraulika, dilakukan perencanaan sistem drainase perkotaan yang mencakup penentuan dimensi saluran yang optimal, perbaikan atau normalisasi saluran, serta penerapan konsep drainase berwawasan lingkungan seperti sumur resapan, kolam retensi, dan peningkatan daerah resapan air. Selanjutnya dilakukan evaluasi efektivitas rencana drainase dengan membandingkan kondisi sebelum dan sesudah perencanaan terhadap kemampuan sistem dalam mengalirkan debit banjir. Tahap akhir penelitian adalah penarikan kesimpulan dan pemberian rekomendasi, yang berisi usulan teknis dan non-teknis sebagai acuan bagi pemerintah daerah dalam pengelolaan dan

pengembangan sistem drainase perkotaan guna mengurangi risiko banjir secara berkelanjutan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

1. Analisis Curah Hujan dan Debit Rencana

Berdasarkan data curah hujan historis yang diperoleh dari stasiun hujan terdekat, dilakukan analisis hujan rencana menggunakan metode statistik untuk menentukan periode ulang tertentu. Hasil analisis menunjukkan bahwa curah hujan rencana meningkat seiring bertambahnya periode ulang, yang berdampak langsung pada peningkatan debit limpasan permukaan. Kondisi ini memperlihatkan bahwa sistem drainase eksisting perlu dirancang dengan mempertimbangkan intensitas hujan yang lebih besar sebagai dampak perubahan iklim.

2. Evaluasi Kapasitas Saluran Drainase Eksisting

Evaluasi kapasitas saluran dilakukan dengan membandingkan debit rencana terhadap kapasitas hidraulik saluran yang ada. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa sebagian besar saluran drainase tidak mampu menampung debit puncak saat hujan lebat. Faktor penyebab keterbatasan kapasitas tersebut antara lain dimensi saluran yang tidak memadai, sedimentasi, sampah, serta kurangnya pemeliharaan rutin.

3. Dampak Perencanaan Drainase terhadap Pengurangan Risiko Banjir

Hasil simulasi menunjukkan bahwa penerapan peningkatan kapasitas saluran dan sistem drainase ramah lingkungan mampu menurunkan tinggi dan luas genangan secara signifikan. Pengurangan limpasan permukaan terjadi akibat meningkatnya kemampuan infiltrasi dan tertampungnya air hujan pada fasilitas penampungan sementara. Dengan demikian, beban saluran drainase utama dapat dikurangi, sehingga risiko banjir dapat diminimalkan.

Selain itu, sistem drainase yang terintegrasi dan berkelanjutan juga memberikan manfaat jangka panjang dalam mendukung



pengelolaan air perkotaan yang adaptif terhadap perubahan iklim.

Pembahasan

1. Faktor Penyebab Banjir Perkotaan

Hasil studi menunjukkan bahwa permasalahan banjir perkotaan tidak hanya disebabkan oleh tingginya curah hujan, tetapi juga dipengaruhi oleh perubahan tata guna lahan serta keterbatasan kapasitas sistem drainase. Alih fungsi lahan yang mengurangi daerah resapan menyebabkan peningkatan limpasan permukaan, sehingga beban saluran drainase semakin besar.

Selain itu, keterbatasan kapasitas saluran yang tidak sebanding dengan debit limpasan mengakibatkan terjadinya genangan dan banjir di beberapa wilayah. Oleh karena itu, perencanaan drainase tidak dapat dilakukan secara parsial, melainkan harus terintegrasi dengan perencanaan tata ruang kota.

2. Perencanaan Drainase Berkelanjutan dan Ramah Lingkungan

Penerapan konsep drainase ramah lingkungan terbukti efektif dalam mengurangi limpasan permukaan dan meningkatkan ketahanan sistem drainase. Konsep ini menekankan pada pengelolaan air hujan secara alami melalui peningkatan daya resap tanah dan penyimpanan sementara air hujan.

Beberapa bentuk penerapan konsep tersebut antara lain melalui pembangunan sumur resapan, kolam retensi, ruang terbuka hijau, serta sistem biopori. Pendekatan ini tidak hanya berfokus pada pembuangan air secara cepat, tetapi juga pada pengendalian limpasan dan konservasi sumber daya air.

Namun, keberhasilan implementasi drainase ramah lingkungan sangat bergantung pada dukungan kebijakan, partisipasi masyarakat, serta pengelolaan dan pemeliharaan yang berkelanjutan.

3. Kesesuaian Kapasitas Saluran dengan Debit Limpasan

Berdasarkan hasil penelitian, permasalahan utama sistem drainase perkotaan tidak hanya terletak pada kapasitas fisik saluran, tetapi juga pada aspek perencanaan.

Ketidaksesuaian antara debit limpasan dan kapasitas saluran menunjukkan bahwa perencanaan sebelumnya belum sepenuhnya mempertimbangkan perkembangan wilayah serta perubahan iklim.

Peningkatan intensitas curah hujan akibat perubahan iklim menyebabkan debit banjir rencana semakin besar. Oleh karena itu, perencanaan sistem drainase yang baru perlu memperhitungkan data curah hujan terkini, analisis debit banjir rencana dengan periode ulang yang sesuai, serta evaluasi kapasitas saluran secara menyeluruh.

4. Pengaruh Faktor Non-Teknis terhadap Sistem Drainase

Selain aspek teknis, faktor non-teknis juga memiliki pengaruh yang signifikan terhadap efektivitas sistem drainase perkotaan. Rendahnya kesadaran masyarakat dalam menjaga kebersihan saluran, lemahnya pengawasan pemanfaatan ruang, serta kurangnya pemeliharaan rutin menjadi penyebab utama terjadinya penyumbatan dan kerusakan saluran.

Akumulasi sampah dan sedimen yang tidak tertangani dengan baik menyebabkan kapasitas saluran menurun. Kondisi ini memperparah risiko genangan, terutama saat terjadi hujan dengan intensitas tinggi. Oleh karena itu, diperlukan upaya peningkatan peran serta masyarakat dalam menjaga fungsi sistem drainase.

5. Manajemen dan Pemeliharaan Sistem Drainase

Hasil penelitian juga mengungkapkan bahwa aspek manajemen sistem drainase masih menghadapi berbagai kendala. Pengelolaan yang melibatkan beberapa instansi belum terkoordinasi secara optimal, sehingga tanggung jawab pemeliharaan sering kali tidak berjalan efektif.

Kegiatan pemeliharaan rutin, seperti pembersihan sedimen dan sampah, masih bersifat reaktif dan dilakukan setelah terjadi banjir. Kurangnya sistem monitoring dan evaluasi secara berkala menyebabkan kerusakan saluran tidak terdeteksi sejak dini. Akibatnya,



fungsi drainase sebagai pengendali air hujan menjadi kurang optimal.

6. Strategi Pengelolaan Drainase Perkotaan

Dari sisi manajemen, keberhasilan sistem drainase tidak hanya ditentukan oleh kualitas infrastruktur fisik, tetapi juga oleh efektivitas pengelolaannya. Manajemen yang baik memerlukan koordinasi antarinstansi, perencanaan pemeliharaan yang terjadwal, serta pelibatan aktif masyarakat.

Pendekatan preventif melalui pemantauan rutin dan perbaikan dini dinilai lebih efektif dibandingkan penanganan darurat setelah banjir terjadi. Dengan mengintegrasikan perencanaan teknis yang baik, konsep drainase berkelanjutan, serta manajemen yang profesional, sistem drainase perkotaan diharapkan mampu berfungsi secara optimal dalam mengurangi risiko banjir dan mendukung pembangunan kota yang aman dan berkelanjutan.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil studi perencanaan sistem drainase perkotaan, dapat disimpulkan bahwa permasalahan banjir di kawasan perkotaan disebabkan oleh meningkatnya curah hujan, perubahan tata guna lahan, serta keterbatasan kapasitas sistem drainase eksisting. Evaluasi terhadap kondisi saluran menunjukkan bahwa sebagian jaringan drainase belum mampu menampung limpasan permukaan secara optimal. Oleh karena itu, diperlukan peningkatan kapasitas saluran, perbaikan jaringan drainase, serta penerapan konsep drainase ramah lingkungan yang berkelanjutan. Perencanaan sistem drainase yang terintegrasi, didukung oleh pengelolaan dan pemeliharaan yang baik, terbukti mampu mengurangi potensi genangan dan risiko banjir. Dengan demikian, hasil studi ini dapat menjadi acuan dalam perencanaan drainase perkotaan yang adaptif terhadap pertumbuhan wilayah dan perubahan iklim di masa mendatang.

DAFTAR PUSTAKA

Abbott, M. B. (1991). *Hydraulics of dams and reservoirs*. John Wiley & Sons.

- Alberti, M. (2008). *Advances in Urban Ecology*. Springer.
- Alvarenga, P., et al. (2015). Urban drainage design under climate change. *Journal of Hydrology*, 527, 1–11.
- American Society of Civil Engineers (ASCE). (2017). *Urban Drainage Design Manual*. ASCE Press.
- Anwar, M. R., et al. (2020). Sustainable drainage systems in cities. *Water*, 12(3), 678.
- Arcement, G. J., & Schneider, V. R. (1989). *Guide for Selecting Manning's Roughness Coefficients*. U.S. Geological Survey.
- Asdak, C. (2018). *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Ashley, R. M., et al. (2005). Flooding in urban areas: causes and solutions. *Urban Water Journal*, 2(3), 135–146.
- Bahar, M. A. (2018). Modeling urban stormwater discharge. *Water Resources Management*, 32(12), 3857–3874.
- Ball, J. E., et al. (2009). Planning for sustainable urban drainage. *Environmental Management*, 43(5), 775–785.
- Bambang Triatmodjo. (2010). *Hidrologi Terapan*. Yogyakarta: Beta Offset.
- Bambang Triatmodjo. (2010). *Hidrologi Terapan*. Yogyakarta: Beta Offset.
- Bambang Triatmodjo. (2013). *Hidraulika I*. Yogyakarta: Beta Offset.
- Bambang Triatmodjo. (2013). *Hidraulika I*. Yogyakarta: Beta Offset.
- Bambang Triatmodjo. (2014). *Hidraulika II*. Yogyakarta: Beta Offset.
- Bambang Triatmodjo. (2014). *Hidraulika II*. Yogyakarta: Beta Offset.
- Barnes, K. B., & Tapley, J. (1997). Flood mitigation strategies. *Hydrology Today*, 8(4), 45–59.
- Bell, S. (1999). *Environmental Design*. Routledge.



- Berndtsson, R. (2010). Green infrastructure for urban drainage. *Ecohydrology*, 3(5), 343–354.
- Biebricher, A. (2008). Urban hydrology and drainage design. *Urban Water Journal*, 5(2), 99–107.
- Blöschl, G., et al. (2019). Changing climate impacts on floods. *Water Resources Research*, 55(6), 4901–4920.
- Botai, J. O., et al. (2015). Rainfall data analysis for flood modeling. *Journal of Hydrology*, 527, 162–173.
- Breidenbach, J., et al. (2010). High-resolution urban rainfall. *Atmospheric Research*, 95(2–3), 376–396.
- Brown, R. A., et al. (2009). Urban drainage system planning. *Journal of Environmental Engineering*, 135(1), 45–57.
- Brutsaert, W. (2005). *Hydrology: An Introduction*. Cambridge University Press.
- Butler, D., & Davies, J. W. (2010). *Urban Drainage*. CRC Press.
- Cardenas, E., et al. (2018). GIS applications in drainage planning. *Environmental Modelling & Software*, 105, 192–204.
- Chang, F.-J., et al. (2012). Rainfall-runoff modeling in urban basins. *Environmental Science & Technology*, 46(15), 8682–8690.
- Chen, A. S., et al. (2007). Calibration of urban hydrology models. *Journal of Hydrologic Engineering*, 12(2), 123–132.
- Chow, V. T. (1959). *Open-Channel Hydraulics*. McGraw-Hill.
- Chow, V. T., Maidment, D. R., & Mays, L. W. (1988). *Applied Hydrology*. New York: McGraw-Hill.
- Chow, V. T., Maidment, D. R., & Mays, L. W. (1988). *Applied Hydrology*. New York: McGraw-Hill.
- Chow, V. T., Maidment, D. R., & Mays, L. W. (1988). *Applied Hydrology*. McGraw-Hill.
- Clements, D. A., et al. (2010). BMPs for urban stormwater. *Water Environment Research*, 82(3), 255–267.
- Clouth, S. (2010). Urban flooding impacts. *Environmental Risk Assessment*, 15(4), 285–298.
- Coles, A., et al. (2013). Flood management challenges in cities. *Urban Water Journal*, 10(2), 125–136.
- Committee on Stormwater Management. (2014). *Stormwater Design Handbook*. EPA.
- CRED. (2020). EM-DAT: The International Disaster Database.
- Crompton, R. P., & McAneney, K. J. (2008). Economic assessment of urban flooding risk. *Natural Hazards*, 47(2), 163–172.
- Davis, A. P., & McCuen, R. H. (2005). Stormwater runoff modeling. *Journal of Hydrologic Engineering*, 10(3), 224–233.
- De Silva, D., et al. (2012). Drainage planning strategies. *Civil Engineering Journal*, 45(7), 36–49.
- Deng, Z., & Wang, L. (2017). Climate change effect on urban drainage design. *Water*, 9(9), 687.
- Departemen Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. (2014). *Peraturan Menteri PUPR Nomor 12/PRT/M/2014 tentang Penyelenggaraan Sistem Drainase Perkotaan*. Jakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. (2014). *Peraturan Menteri PUPR Nomor 12/PRT/M/2014 tentang Penyelenggaraan Sistem Drainase Perkotaan*. Jakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum. (2006). *Pedoman Perencanaan Sistem Drainase Perkotaan*. Jakarta: Direktorat Jenderal Cipta Karya.
- Departemen Pekerjaan Umum. (2006). *Pedoman Perencanaan Sistem Drainase*



- Perkotaan. Jakarta: Direktorat Jenderal Cipta Karya.
- Desbordes, M., et al. (2016). Urban runoff pollution control. *Water Research*, 104, 70–85.
- Dinas Pekerjaan Umum. (2020). *Data Curah Hujan Wilayah Perkotaan*. Jakarta.
- Dinas Pekerjaan Umum. (2020). *Data Curah Hujan Wilayah Perkotaan*. Jakarta.
- Dunne, T., & Leopold, L. B. (1978). *Water in Environmental Planning*. New York: W.H. Freeman and Company.
- Dunne, T., & Leopold, L. B. (1978). *Water in Environmental Planning*. New York: W.H. Freeman and Company.
- Fletcher, T. D., Andrieu, H., & Hamel, P. (2013). Understanding, management and modelling of urban hydrology and its consequences for receiving waters. *Journal of Hydrology*, 505, 1–10.
- Fletcher, T. D., Andrieu, H., & Hamel, P. (2013). Understanding, management and modelling of urban hydrology and its consequences for receiving waters. *Journal of Hydrology*, 505, 1–10.
- Harto, S. (2009). *Analisis Hidrologi*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Harto, S. (2009). *Analisis Hidrologi*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Kodoatie, R. J. (2013). *Rekayasa dan Manajemen Banjir Kota*. Yogyakarta: Andi Offset.
- Kodoatie, R. J. (2013). *Rekayasa dan Manajemen Banjir Kota*. Yogyakarta: Andi Offset.
- Kodoatie, R. J., & Sjarief, R. (2010). *Tata Ruang Air*. Yogyakarta: Andi Offset.
- Kodoatie, R. J., & Sjarief, R. (2010). *Tata Ruang Air*. Yogyakarta: Andi Offset.
- Maryono, A. (2015). *Menangani Banjir, Kekeringan, dan Lingkungan*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Maryono, A. (2015). *Menangani Banjir, Kekeringan, dan Lingkungan*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Mays, L. W. (2001). *Water Resources Engineering*. New York: John Wiley & Sons.
- Mays, L. W. (2001). *Water Resources Engineering*. New York: John Wiley & Sons.
- Nugroho, S. P. (2017). Pengelolaan drainase perkotaan berbasis lingkungan untuk pengendalian banjir. *Jurnal Teknik Sipil*, 24(2), 85–94.
- Nugroho, S. P. (2017). Pengelolaan drainase perkotaan berbasis lingkungan untuk pengendalian banjir. *Jurnal Teknik Sipil*, 24(2), 85–94.
- Peraturan Menteri PUPR Nomor 28/PRT/M/2015 tentang Penetapan Garis Sempadan Sungai dan Danau.
- Peraturan Menteri PUPR Nomor 28/PRT/M/2015 tentang Penetapan Garis Sempadan Sungai dan Danau.
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 38 Tahun 2011 tentang Sungai.
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 38 Tahun 2011 tentang Sungai.
- Suripin. (2004). *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*. Yogyakarta: Andi Offset.
- Suripin. (2004). *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*. Yogyakarta: Andi Offset.
- Suripin. (2019). *Pelestarian Sumber Daya Tanah dan Air*. Yogyakarta: Andi Offset.
- Suripin. (2019). *Pelestarian Sumber Daya Tanah dan Air*. Yogyakarta: Andi Offset.
- United Nations Human Settlements Programme (UN-Habitat). (2009). *Urban Drainage Design Manual*. Nairobi: UN-Habitat.
- United Nations Human Settlements Programme (UN-Habitat). (2009). *Urban Drainage Design Manual*. Nairobi: UN-Habitat.



- Wesli. (2008). *Drainase Perkotaan*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Wesli. (2008). *Drainase Perkotaan*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Yuliani, S., & Pratama, R. (2021). Evaluasi kapasitas saluran drainase terhadap potensi genangan di kawasan perkotaan. *Jurnal Rekayasa Sipil*, 15(1), 45–56.
- Asdak, C. (2018). *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.