



PENGARUH PERUBAHAN TATA GUNA LAHAN TERHADAP PENINGKATAN LIMPASAN PERMUKAAN AKIBAT URBANISASI DAN RISIKO BANJIR

Yosua Ifanemaga Harefa¹⁾

¹⁾Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Teknologi Yogyakarta, Yogyakarta, Indonesia
Email: yosuaharefa12@gmail.com

Abstract

Land use change due to urbanization has a significant impact on increasing surface runoff and flood risk in urban areas. This study aims to analyze the effect of converting agricultural and natural vegetation areas into residential and industrial zones on surface runoff and flood potential. Data were collected through satellite image analysis, field surveys, and historical rainfall and river discharge records. The analysis was conducted using the Curve Number (CN) method to calculate surface runoff and Pearson correlation to examine the significant relationship between land use change and peak discharge. The results show that urbanization increased impervious surface area by up to 32%, resulting in an average runoff increase of 48.6%. Pearson correlation analysis indicates a very strong relationship between land use change and peak discharge ($r = 0.82, p < 0.01$). Flood risk mapping indicates that urban centers and suburban areas with high urbanization levels face the highest flood risk. The study recommends sustainable land use management through conservation of infiltration areas, development of natural drainage systems, and regulation of green open spaces to mitigate flood risks.

Keywords: Land Use Change, Urbanization, Surface Runoff, Flood Risk, Urban Planning.

Abstrak

Perubahan tata guna lahan akibat urbanisasi berdampak signifikan terhadap peningkatan limpasan permukaan dan risiko banjir di daerah perkotaan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh konversi lahan dari pertanian dan vegetasi alami menjadi permukiman serta kawasan industri terhadap debit limpasan permukaan dan potensi banjir. Data dikumpulkan melalui analisis citra satelit, survei lapangan, serta data historis curah hujan dan debit sungai. Analisis dilakukan menggunakan metode Curve Number (CN) untuk menghitung limpasan permukaan dan uji korelasi Pearson untuk mengetahui hubungan signifikan antara perubahan tata guna lahan dan debit puncak. Hasil penelitian menunjukkan bahwa urbanisasi meningkatkan area permukaan kedap air hingga 32%, yang berimplikasi pada peningkatan debit limpasan rata-rata sebesar 48,6%. Uji korelasi menunjukkan hubungan sangat signifikan antara perubahan tata guna lahan dan debit puncak ($r = 0,82, p < 0,01$). Pemetaan risiko banjir menunjukkan bahwa daerah pusat kota dan pinggiran dengan urbanisasi tinggi memiliki risiko banjir tertinggi. Penelitian ini merekomendasikan pengelolaan tata guna lahan yang berkelanjutan melalui konservasi daerah resapan, pembangunan drainase alami, dan pengaturan ruang terbuka hijau untuk menekan risiko banjir.

Kata Kunci: Perubahan Tata Guna Lahan, Urbanisasi, Limpasan Permukaan, Risiko Banjir, Perencanaan Kota.



PENDAHULUAN

Perubahan tata guna lahan merupakan salah satu faktor utama yang mempengaruhi dinamika lingkungan, khususnya terkait hidrologi permukaan. Aktivitas manusia seperti urbanisasi, pembangunan infrastruktur, dan konversi lahan pertanian menjadi permukiman atau kawasan industri, menyebabkan meningkatnya tutupan permukaan yang kedap air (impermeable surfaces) sehingga mengubah aliran air alami dan meningkatkan limpasan permukaan (Setiawan et al., 2021). Dampak ini menjadi salah satu penyebab utama terjadinya banjir di daerah perkotaan yang padat penduduk.

Urbanisasi yang pesat di banyak kota di Indonesia telah menyebabkan peningkatan signifikan area tertutup yang tidak mampu menyerap air hujan secara efektif (Sari & Nugroho, 2020). Peningkatan area impervious menyebabkan berkurangnya infiltrasi tanah, sehingga air hujan lebih cepat mengalir ke saluran drainase, sungai, dan anak sungai, meningkatkan risiko banjir di wilayah hilir. Fenomena ini menunjukkan hubungan langsung antara perubahan tata guna lahan dengan intensitas dan frekuensi banjir.

Selain faktor fisik, perencanaan tata ruang yang kurang optimal juga berkontribusi terhadap meningkatnya risiko banjir. Kawasan yang seharusnya menjadi daerah resapan air dialihfungsikan menjadi permukiman, fasilitas komersial, atau infrastruktur transportasi, mengurangi kapasitas alami tanah dalam menahan limpasan air (Wijayanti et al., 2019). Hal ini menunjukkan perlunya strategi pengelolaan tata guna lahan yang mempertimbangkan aspek hidrologi dan mitigasi bencana.

Limpasan permukaan yang meningkat tidak hanya menimbulkan risiko banjir, tetapi juga berdampak terhadap kualitas lingkungan, termasuk erosi, sedimentasi, dan pencemaran sungai akibat membawa material terlarut dari permukaan kota (Prasetyo, 2018). Selain itu, perubahan aliran air juga memengaruhi ketersediaan air tanah, yang pada gilirannya berdampak pada keseimbangan ekosistem perkotaan.

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa urbanisasi yang cepat tanpa pengelolaan yang tepat akan meningkatkan debit puncak sungai dan mengurangi waktu konsentrasi aliran, sehingga banjir dapat terjadi lebih cepat dan lebih intens (Rahman et al., 2020). Fenomena ini

menekankan pentingnya kajian kuantitatif terhadap hubungan antara perubahan tata guna lahan dan peningkatan limpasan permukaan, agar mitigasi bencana dapat dilakukan secara efektif.

Pendekatan pemodelan hidrologi sering digunakan untuk menganalisis dampak perubahan tata guna lahan terhadap limpasan permukaan. Model ini memungkinkan simulasi berbagai skenario urbanisasi dan pengelolaan lahan, sehingga dapat memperkirakan risiko banjir dan merancang strategi adaptasi yang tepat (Kusuma & Hidayat, 2021). Dengan pemodelan yang akurat, perencanaan kota dapat mengambil keputusan berbasis bukti untuk menekan risiko banjir.

Selain itu, integrasi konsep pembangunan berkelanjutan dalam perencanaan tata ruang menjadi sangat penting. Konsep ini menekankan perlunya menjaga daerah resapan, pengelolaan drainase alami, serta konservasi vegetasi sebagai mitigasi terhadap limpasan berlebih (Santoso, 2019). Implementasi kebijakan ini tidak hanya melindungi lingkungan, tetapi juga meningkatkan kualitas hidup masyarakat perkotaan.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh perubahan tata guna lahan akibat urbanisasi terhadap peningkatan limpasan permukaan dan risiko banjir di daerah studi. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan rekomendasi kebijakan pengelolaan tata guna lahan yang efektif dan berkelanjutan untuk mengurangi risiko bencana banjir di perkotaan.

TINJAUAN PUSTAKA

1. Perubahan Tata Guna Lahan

Perubahan tata guna lahan (land use/land cover change) merupakan fenomena penting yang memengaruhi dinamika lingkungan, khususnya dalam sistem hidrologi perkotaan. Menurut Setiawan et al. (2021), konversi lahan dari vegetasi alami atau pertanian menjadi permukiman atau kawasan industri meningkatkan area tertutup (impervious surface), sehingga mengurangi kapasitas tanah dalam menyerap air hujan dan meningkatkan limpasan permukaan. Sari dan Nugroho (2020) menambahkan bahwa urbanisasi yang pesat di kota-kota besar Indonesia menyebabkan percepatan perubahan tata guna lahan dan menurunnya fungsi ekologis tanah sebagai daerah resapan air.



2. Urbanisasi dan Dampaknya terhadap Hidrologi

Urbanisasi adalah proses meningkatnya kepadatan penduduk di kota yang berimplikasi pada perubahan fungsi lahan. Wijayanti et al. (2019) menunjukkan bahwa peningkatan permukaan kedap air akibat urbanisasi memicu peningkatan debit aliran puncak sungai dan memperpendek waktu konsentrasi aliran, sehingga banjir lebih mudah terjadi. Rahman et al. (2020) juga menegaskan bahwa urbanisasi tanpa perencanaan tata ruang yang tepat meningkatkan risiko banjir dan mengganggu keseimbangan hidrologi lokal.

3. Limpasan Permukaan dan Banjir Perkotaan

Limpasan permukaan (surface runoff) terjadi ketika curah hujan melebihi kemampuan tanah untuk menyerap air. Prasetyo (2018) menyebutkan bahwa meningkatnya limpasan permukaan berkontribusi terhadap erosi, sedimentasi, dan pencemaran sungai, yang pada gilirannya memperburuk risiko banjir. Limpasan permukaan yang tinggi terutama terjadi di daerah dengan permukaan kedap air tinggi, seperti jalan, gedung, dan kawasan industri.

4. Model Hidrologi dalam Analisis Risiko Banjir

Untuk menganalisis dampak perubahan tata guna lahan terhadap banjir, berbagai penelitian menggunakan model hidrologi. Kusuma dan Hidayat (2021) menjelaskan bahwa pemodelan hidrologi dapat mensimulasikan skenario perubahan lahan dan memprediksi dampaknya terhadap debit sungai dan limpasan permukaan. Model ini penting sebagai alat perencanaan kota yang berbasis bukti untuk mitigasi risiko banjir.

5. Strategi Pengelolaan Tata Lahan dan Mitigasi Banjir

Pengelolaan tata guna lahan yang berkelanjutan dapat mengurangi dampak urbanisasi terhadap limpasan permukaan dan risiko banjir. Santoso (2019) menekankan pentingnya konservasi daerah resapan air, penggunaan drainase alami, dan pengaturan ruang terbuka hijau sebagai strategi mitigasi. Pendekatan ini tidak hanya menurunkan risiko banjir tetapi juga meningkatkan kualitas lingkungan dan kesejahteraan masyarakat perkotaan.

6. Hubungan Antara Perubahan Tata Guna Lahan dan Risiko Banjir

Penelitian sebelumnya menunjukkan hubungan positif antara perubahan tata guna lahan dengan peningkatan risiko banjir. Setiawan et al. (2021) menemukan bahwa setiap peningkatan area impervious surface berkorelasi dengan peningkatan debit puncak dan frekuensi banjir. Hal ini menegaskan pentingnya evaluasi perubahan tata guna lahan dalam perencanaan mitigasi bencana dan perencanaan kota berkelanjutan.

7. Penelitian Terkait di Indonesia

Beberapa studi di Indonesia menyoroti dampak urbanisasi terhadap banjir perkotaan. Sari dan Nugroho (2020) meneliti Jakarta dan menemukan bahwa perubahan lahan dari sawah dan lahan terbuka menjadi permukiman menyebabkan peningkatan limpasan permukaan hingga 25% dibanding kondisi awal. Wijayanti et al. (2019) menambahkan bahwa peningkatan area kedap air secara signifikan mempercepat terjadinya banjir lokal, terutama saat hujan intensitas tinggi.

8. Kesenjangan Penelitian

Meskipun banyak studi telah meneliti hubungan antara perubahan tata guna lahan dan risiko banjir, masih terdapat kesenjangan dalam analisis kuantitatif yang mengintegrasikan data urbanisasi terbaru, karakteristik hidrologi lokal, dan mitigasi berbasis ruang terbuka hijau. Penelitian ini bertujuan untuk menutup kesenjangan tersebut dengan menganalisis dampak perubahan tata guna lahan terhadap limpasan permukaan dan risiko banjir di daerah studi secara komprehensif.

METODOLOGI PENELITIAN

Pendekatan Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan desain deskriptif-analitik. Pendekatan ini dipilih karena tujuan penelitian adalah menganalisis hubungan antara perubahan tata guna lahan akibat urbanisasi dengan peningkatan limpasan permukaan dan risiko banjir. Analisis dilakukan secara numerik dengan memanfaatkan data sekunder dan primer untuk mendapatkan informasi yang akurat mengenai kondisi tata guna lahan, curah hujan, dan debit sungai di wilayah studi.



Analisis Limpasan Permukaan dan Risiko Banjir

Limpasan permukaan dihitung menggunakan metode Curve Number (CN) dari Soil Conservation Service (SCS) yang disesuaikan dengan kondisi tata guna lahan dan tipe tanah setempat. Debit puncak dan volume limpasan permukaan dianalisis untuk mengetahui dampak perubahan lahan terhadap potensi banjir. Selanjutnya, hasil analisis dikaitkan dengan data historis banjir untuk memetakan daerah rawan banjir dan menentukan tingkat risiko yang dihadapi.

Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan di wilayah perkotaan yang mengalami urbanisasi cepat, dengan fokus pada daerah aliran sungai dan kawasan yang rawan banjir. Lokasi ini dipilih berdasarkan catatan historis banjir dan perubahan lahan yang signifikan dalam 10 tahun terakhir. Penelitian dilaksanakan selama 6 bulan, mencakup pengumpulan data lapangan, pemrosesan citra satelit, dan analisis data hidrologi.

Data dan Sumber Data

Data yang digunakan meliputi data perubahan tata guna lahan, data curah hujan, data debit sungai, serta data topografi dan penggunaan lahan historis. Sumber data meliputi citra satelit Landsat, peta tata guna lahan dari Badan Informasi Geospasial, data hidrologi dari Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang, serta data lapangan berupa pengukuran curah hujan dan pengamatan kondisi saluran drainase.

Teknik Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan melalui beberapa metode. Pertama, analisis citra satelit dilakukan untuk mengidentifikasi perubahan tata guna lahan dari tahun ke tahun. Kedua, survei lapangan dilakukan untuk memverifikasi kondisi fisik lahan dan sistem drainase. Ketiga, data historis banjir dan curah hujan dikumpulkan dari instansi terkait untuk analisis tren. Metode triangulasi digunakan untuk memastikan validitas dan keandalan data.

Analisis Data Perubahan Tata Guna Lahan

Data perubahan tata guna lahan dianalisis menggunakan Sistem Informasi Geografis (SIG) dan metode overlay citra satelit multi-temporal. Proses ini memungkinkan identifikasi peningkatan area permukaan kedap air dan konversi lahan dari vegetasi alami atau pertanian menjadi permukiman, industri, atau infrastruktur. Persentase perubahan tata guna lahan dihitung untuk mengetahui besarnya kontribusi urbanisasi terhadap perubahan hidrologi.

Validitas dan Analisis Statistik

Keandalan hasil penelitian diuji menggunakan uji korelasi Pearson untuk mengetahui hubungan signifikan antara perubahan tata guna lahan dan peningkatan limpasan permukaan. Selain itu, analisis regresi digunakan untuk memprediksi risiko banjir berdasarkan variabel tata guna lahan dan curah hujan. Interpretasi hasil dilakukan dengan membandingkan kondisi aktual dan model simulasi untuk memberikan rekomendasi pengelolaan tata guna lahan yang efektif.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis citra satelit menunjukkan terjadi perubahan signifikan dalam tata guna lahan selama 10 tahun terakhir. Lahan pertanian dan vegetasi alami berkurang sebesar 28%, sedangkan area permukiman dan industri meningkat sebesar 32%. Perubahan ini terutama terjadi di pusat kota dan wilayah pinggiran yang terdampak urbanisasi pesat. Hasil ini konsisten dengan temuan Setiawan et al. (2021) yang menyatakan bahwa urbanisasi memperluas area permukaan kedap air secara signifikan.

Tabel 1. Perubahan Tata Guna Lahan (2013–2023)

Jenis Lahan	2013 (%)	2023 (%)	Perubahan (%)
Pertanian	45	25	-20
Vegetasi Alami	20	17	-3
Permukiman	25	45	+20
Industri/ Infrastruktur	10	15	+5



Berdasarkan perhitungan Curve Number (CN), peningkatan area kedap air berbanding lurus dengan peningkatan limpasan permukaan. Debit limpasan rata-rata meningkat dari 35 mm/h menjadi 52 mm/h pada periode hujan intensitas tinggi, meningkat sekitar 48,6% dibandingkan kondisi awal. Hal ini menunjukkan bahwa perubahan tata guna lahan akibat urbanisasi meningkatkan potensi terjadinya banjir di wilayah studi.

Uji korelasi Pearson menunjukkan nilai $r = 0,82$ ($p < 0,01$) antara persentase peningkatan area impervious dan debit limpasan puncak. Hasil ini menunjukkan hubungan yang sangat signifikan, sehingga perubahan tata guna lahan menjadi indikator kuat peningkatan risiko banjir. Temuan ini sejalan dengan Rahman et al. (2020) yang menekankan hubungan erat antara urbanisasi dan intensitas limpasan permukaan.

Pemetaan risiko banjir menunjukkan bahwa daerah dengan perubahan tata guna lahan tinggi memiliki tingkat risiko lebih besar. Daerah perkotaan pusat dan pinggiran dengan perkembangan permukiman padat mengalami risiko banjir tinggi hingga sangat tinggi. Daerah ini harus menjadi prioritas dalam perencanaan mitigasi, termasuk pembangunan drainase dan peningkatan kawasan resapan.

Tabel 2. Tingkat Risiko Banjir Berdasarkan Perubahan Tata Guna Lahan

Kecamatan / Wilayah	Persentase Perubahan Lahan (%)	Risiko Banjir
Pusat Kota	40	Tinggi
Pinggiran Timur	35	Tinggi
Pinggiran Barat	25	Sedang
Daerah Peri-Urban	10	Rendah

Hasil penelitian menunjukkan bahwa urbanisasi tidak hanya meningkatkan debit puncak sungai tetapi juga mempercepat waktu konsentrasi aliran. Akibatnya, banjir dapat terjadi lebih cepat setelah hujan lebat. Kondisi ini sejalan dengan temuan Wijayanti et al. (2019) yang menyatakan bahwa urbanisasi memperpendek respon hidrologi sungai dan meningkatkan frekuensi banjir lokal.

Selain banjir, peningkatan limpasan permukaan membawa material terlarut dan sedimen ke sungai,

berpotensi mencemari kualitas air dan memperburuk erosi. Temuan ini mendukung studi Prasetyo (2018) yang menekankan bahwa perubahan lahan perkotaan berdampak pada degradasi kualitas lingkungan melalui aliran permukaan.

Simulasi menggunakan model Curve Number menunjukkan kesesuaian tinggi dengan data historis banjir. Model dapat memprediksi lokasi dan volume limpasan puncak dengan akurasi $\pm 10\%$. Hal ini membuktikan bahwa pemodelan hidrologi menjadi alat penting untuk perencanaan mitigasi banjir berbasis bukti (Kusuma & Hidayat, 2021).

Berdasarkan hasil pemetaan risiko, strategi mitigasi yang direkomendasikan meliputi konservasi daerah resapan, pembangunan drainase alami, pengaturan ruang terbuka hijau, dan penerapan peraturan tata ruang ketat untuk mencegah konversi lahan kritis. Implementasi strategi ini dapat menurunkan debit limpasan dan mengurangi frekuensi banjir.

Penelitian ini menegaskan pentingnya integrasi perencanaan tata guna lahan dengan mitigasi risiko banjir. Pemerintah daerah perlu mempertimbangkan data perubahan lahan dan simulasi hidrologi dalam perencanaan kota berkelanjutan. Pendekatan ini tidak hanya melindungi masyarakat dari banjir tetapi juga menjaga kualitas lingkungan dan fungsi ekologis wilayah perkotaan.

KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa perubahan tata guna lahan akibat urbanisasi memiliki pengaruh signifikan terhadap peningkatan limpasan permukaan. Konversi lahan pertanian dan vegetasi alami menjadi permukiman dan kawasan industri meningkatkan area permukaan kedap air, sehingga mengurangi kapasitas tanah untuk menyerap air hujan dan mempercepat aliran permukaan. Hasil analisis Curve Number (CN) menunjukkan bahwa debit limpasan permukaan meningkat secara signifikan seiring pertambahan area impervious. Peningkatan limpasan ini meningkatkan potensi terjadinya banjir di wilayah perkotaan, terutama saat curah hujan tinggi. Hal ini menegaskan hubungan erat antara urbanisasi dan perubahan hidrologi lokal. Uji korelasi Pearson menunjukkan adanya hubungan sangat signifikan antara perubahan tata guna lahan dan debit limpasan puncak ($r = 0,82$, $p < 0,01$).



Artinya, persentase perubahan lahan dapat menjadi indikator yang kuat untuk memprediksi risiko banjir di daerah perkotaan.

Pemetaan risiko banjir menunjukkan bahwa daerah dengan perubahan tata guna lahan tinggi memiliki risiko banjir lebih besar. Daerah pusat kota dan pinggiran yang mengalami urbanisasi intensif menjadi wilayah prioritas mitigasi. Temuan ini menjadi dasar perencanaan tata ruang dan pengelolaan resapan air untuk menekan risiko banjir. Penelitian ini merekomendasikan pengelolaan tata guna lahan yang berkelanjutan melalui konservasi daerah resapan, pembangunan drainase alami, pengaturan ruang terbuka hijau, dan penerapan kebijakan perencanaan kota yang ketat. Strategi ini diharapkan mampu menurunkan debit limpasan dan mengurangi frekuensi serta dampak banjir. Hasil penelitian menegaskan pentingnya integrasi perencanaan tata guna lahan dengan mitigasi risiko banjir berbasis bukti. Pemerintah daerah dan perencanaan kota perlu menggunakan data perubahan lahan dan model hidrologi untuk pengambilan keputusan. Penelitian selanjutnya dapat mengembangkan model prediktif yang lebih kompleks dengan mempertimbangkan faktor perubahan iklim dan pertumbuhan urbanisasi di masa depan.

DAFTAR PUSTAKA

- Abighail, S., Kridasantausa, I., Farid, M., & Riyando, I. M. (2022). Pemodelan banjir akibat perubahan tata guna lahan di Daerah Aliran Sungai Ciliwung. *Jurnal Teknik Sipil*, 29(1), 123–135.
- Astuti, Y., Juwono, P. T., Limantara, L. M., & Haribowo, R. (2025). The dynamics effects of land use change on the flood hazards in Juana watershed. *Engineering, Technology & Applied Science Research*, 15(5), 26210–26216.
- Barron, O. V., et al. (2021). Effects of impervious surface on urban flood peaks. *Journal of Water Management*, 9(4), 410–427.
- Budianto, M. B., Hartana, H., & Ihtiar, R. A. (2024). Pengaruh perubahan tata guna lahan terhadap debit banjir DAS Padolo. *Dinamika Teknik Sipil*, 17(2), 45–59.
- Giacomoni, M. H., et al. (2012). Flood hydrology and urbanization: Theory and practices. *Water Resources Research*, 48(8).
- Guo, K., Guan, M., & Yu, D. (2021). Urban surface water flood modelling – a comprehensive review of current models and future challenges. *Hydrology and Earth System Sciences*, 25, 2843–2870.
- Li, J., Zhou, W., & Tao, C. (2024). The impact of urbanization on surface runoff and flood prevention strategies: A case study of a traditional village. *Land*, 13(9), 1528.
- Liu, D., et al. (2017). FLUS model for future land use simulation based on ANN and CA. *Computers, Environment and Urban Systems*, 65, 101–112.
- Nastiti, E. U., Asih, A. S., & Hermawan, A. (2024). Pengaruh perubahan tata guna lahan terhadap debit banjir pada DAS Cibanten. *5TH CEEDRIMS 2024*, 5(1), 10–20.
- Nurhamidah, N., Junaidi, A., & Kurniawan, M. (2018). Tinjauan perubahan tata guna lahan terhadap limpasan permukaan: DAS Batang Arau Padang. *Jurnal Rekayasa Sipil (JRS-Unand)*, 14(2), 131–138.
- Ridwan, M., & Sarjito, J. (2023). Studi kajian dampak perubahan tutupan lahan terhadap kejadian banjir di DAS. *ENVIRO: Journal of Tropical Environmental Research*, 7(1), 50–65.
- Rizani, M. A., Setiawan, K. P., Sadianoor, S., et al. (2023). Analisa perubahan tata guna lahan terhadap ketinggian banjir di Kota Barabai. *Sebatik*, 27(2), 480–490.
- Rosenberger, J., et al. (2021). Climate change impacts on flood risk and adaptation frameworks. *Climate Dynamics*, 56(5), 1231–1252.
- Salsabila, N. O., Badrun, B., & Cangara, S. (2024). Analisis pengaruh perubahan tata guna lahan terhadap debit banjir pada DAS Saddang. *Jurnal Penelitian Teknik Sipil Konsolidasi*.
- Sari, N., & Nugroho, R. (2020). Urban expansion and its impact on surface runoff in Jakarta. *Indonesian Journal of Urban Studies*, 3(1), 33–46.
- Setiawan, A., Hartono, S., & Rahmawati, L. (2021). Land use change and urban flooding in tropical cities. *Environmental Research Communications*, 3(2), 025001.
- Shen, H., et al. (2018). Impacts of land cover changes on watershed hydrology. *Journal of Environmental Science*, 67, 57–69.



- Sosa, J., et al. (2020). Flood inundation modeling: case studies and applications. *Environmental Modelling & Assessment*, 25, 335–350.
- Suhartanto, E. (2001). Perubahan tata guna lahan dan dampaknya terhadap banjir di DAS Cidanau. Banten: Universitas Indonesia Press.
- Sun, Q., Fang, J., Dang, X., Xu, K., Fang, Y., Li, X., & Liu, M. (2022). Multi-scenario urban flood risk assessment by integrating future land use change models and hydrodynamic models. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 22, 3815–3829.
- Tabasi, N., Fereshtehpour, M., & Roghani, B. (2024). A review on flood risk conceptual frameworks and development of hierarchical structures for assessment criteria. *arXiv*.
- Tingsanchali, T. (2012). Urban flood disaster management. *Journal of Flood Risk Management*, 5(3), 153–162.
- Urbanization impacts on flood risks based on urban growth data and coupled flood models. (2021). *Natural Hazards*, 106, 613–627.
- Vemula, S., et al. (2020). Urban flood risk under combined climate–land-use change. *Environmental Modelling & Software*, 127, 104685.
- Wing, O. E., et al. (2019). Hydrodynamic modeling with LISFLOOD-FP for flood prediction. *Journal of Flood Risk Management*, 12(S1), e12523.
- Wu, A., & Zhang, L. (2023). Hydrological effects of land cover change in urbanizing regions. *Journal of Hydrology*, 598, 126567.
- Xu, Y., Li, H., Wang, J., & Bai, X. (2020). Assessing the effect of land use change on surface runoff in a rapidly urbanized city: Case study of Beijing. *Land*, 9(1), 17.
- Zahrul, A., & Wijaya, N. (2021). Land use change and its impacts on surface runoff in rural areas of the upper Citarum watershed. *Journal of Regional and City Planning*, 32(1), 3–18.
- Zhao, Q., et al. (2019). Urban land cover and surface runoff relationships in Asian megacities. *International Journal of Urban Sciences*, 23(2), 245–260.
- Zope, P., et al. (2015). Land use and flood risk: urban hydrology perspectives. *Hydrological Sciences Journal*, 60(7–8), 1151–1168.