

PENGARUH PERUBAHAN TUTUPAN LAHAN DI DAERAH ALIRAN SUNGAI BENGAWAN SOLO TERHADAP FUNGSI PENGENDALIAN BANJIR SURAKARTA 2023

Callista Fabiola Candraningtyas¹, Lathifa Putri Wiedhya Syahrani², Luthfia³

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sebelas Maret

Email: callistafabiolac@student.uns.ac.id

Abstract

In February, flooding struck Surakarta City as a result of the recent intense rain. Opening the sluice of the Gajah Mungkur Dam is an alternative as the Wonogiri area upstream of the Bengawan Solo watershed is no longer able to handle the flow. This resulted in the Bengawan Solo River being unable to handle the flow and overflowing due to an increase in tributary discharge in Sukoharjo and Surakarta. The goal of this essay is to assess how changes in land use affect the watershed's ability to regulate itself in the Bengawan Solo (DAS). To identify land changes that were in place, this study used secondary data in the form of rainfall and land cover data that were processed using ArcGIS 10.8 software. The analysis of the data was done utilizing a mixed descriptive approach. The result of this study is that changes in land use have a significant impact on Surakarta's ability to regulate floods.

Keywords: Landcover, flood, watershed, rainfall

Abstrak

Pada bulan Februari, banjir melanda Kota Surakarta akibat hujan deras yang belakangan ini terjadi. Pembukaan pintu air Bendungan Gajah Mungkur menjadi alternatif karena kawasan Wonogiri di hulu DAS Bengawan Solo sudah tidak mampu lagi menampung alirannya. Hal ini mengakibatkan Sungai Bengawan Solo tidak mampu menampung debitnya dan meluap akibat peningkatan debit anak sungai di Sukoharjo dan Surakarta. Tujuan dari penulisan esai ini adalah untuk mengetahui bagaimana perubahan penggunaan lahan mempengaruhi kemampuan DAS untuk mengatur alirannya di Bengawan Solo (DAS). Untuk mengidentifikasi perubahan lahan yang terjadi, penelitian ini menggunakan data sekunder berupa data curah hujan dan tutupan lahan yang diolah menggunakan software ArcGIS 10.8. Analisis data dilakukan dengan menggunakan pendekatan deskriptif campuran. Hasil dari penelitian ini adalah perubahan tata guna lahan berdampak signifikan terhadap kemampuan Surakarta dalam mengatur banjir.

Kata kunci: Tutupan lahan, banjir, daerah aliran sungai; curah hujan

PENDAHULUAN

Indonesia mengalami 21 kejadian banjir per 20 Februari 2023 termasuk Kecamatan Jebres, Pasar Kliwon, Laweyan, dan Serengan Kota Surakarta yang diakibatkan luapan Sungai Bengawan Solo. Daerah Aliran Sungai (DAS) Bengawan Solo membentang antara Kabupaten Wonogiri dan berhilir di Kabupaten Gresik sepanjang 548 km (Rahmawati dkk, 2019). Sebagai pertemuan anak-anak sungai, Daerah Aliran Sungai Bengawan Solo berfungsi menampung, menyimpan, dan mengalirkan airnya ke Laut Jawa yang secara alamiah sangat dipengaruhi oleh aktivitas daratan selama prosesnya. Dalam rencana aksi rehabilitasi lahan daerah air sungai prioritas (Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, 2019), DAS Bengawan Solo merupakan salah satu wilayah sasaran program ini. Wilayah ini terindikasi sebagai lahan kritis dan rawan bencana (Nugroho dkk., 2021) seperti

kekeringan sepanjang musim kemarau di daerah hulu dan banjir serta tanah longsor pada wilayah hilirnya (Auliyani dkk., 2020).

Terdapat banyak aspek yang menyebabkan terjadinya banjir. Menurut Sulaiman dkk. (2020), menyatakan bahwa peristiwa peningkatan volume air sehingga tidak tertampung dan meluap ini dapat disebabkan oleh faktor alami maupun antropogenik manusia yang melakukan sedemikian rupa pengubahan guna memenuhi kebutuhan ekonomi dan sosial. Naiknya permukaan air sungai akibat curah hujan ekstrim sebagai imbas perubahan iklim merupakan variabel penting yang meningkatkan potensi banjir suatu wilayah (Widodo dkk., 2021). Intensitas hujan yang eksekif mengarah pada peningkatan besarnya aliran arus yang tercipta pada suatu badan air berimbas pada ketidakmampuan dalam menahan derasnya aliran sehingga menyebabkan luapan ke wilayah yang lebih rendah di sekitar sungai. Menurut data Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB, 2023), banjir bandang di Kota Surakarta dipicu oleh hujan deras yang merata pada wilayah yang dilalui DAS Bengawan Solo. Hal ini menyebabkan Sungai Bengawan Solo sebagai titik pertemuan anak-anak sungai Kota Wonogiri, Sukoharjo, dan Surakarta tidak mampu menahan derasnya aliran air. Menurut Hariati dkk., (2022), menyatakan bahwa anomali curah hujan setiap tahunnya sebanding dengan peningkatan debit aliran air. Siklus yang terus-menerus terjadi diperparah dengan kondisi konversi lahan menjadi pemukiman atau daerah industri sehingga kehilangan fungsi infiltrasinya yang memicu kekosongan akuifer (Wardhana dkk., 2018).

Dengan kondisi tersebut, penutupan lahan merupakan kajian penting yang mempengaruhi kerentanan suatu aliran sungai terhadap banjir. Penurunan luasan tutupan lahan mempengaruhi keoptimalan jalannya pengaturan dan pemurnian air kemudian berdampak atas sistem hidrologi (Adnan dkk., 2020). Penutupan lahan yang berkurang bahkan dialihfungsikan berdampak terhadap lingkungan termasuk menurunkan kuantitas, kualitas, dan kontinuitas sumber daya air (Islami & Fazrul, 2020). Sistem Informasi Geografi (SIG) mengakomodasi metode yang lebih mudah untuk mengolah data secara spasial secara digital dengan menyajikan informasi dalam pemetaan wilayah yang mengalami perubahan tutupan lahan dan berpotensi mengalami banjir dengan pola presipitasi tinggi. Informasi bersifat aktual, detail, dan akurat ini dapat dimanfaatkan untuk menentukan tindakan maupun kebijakan oleh pemerintah setempat (Priyono dkk, 2021). Pendekatan perubahan tutupan lahan sebagai intervensi upaya pengurangan risiko banjir penting untuk mengembangkan langkah intensif dan responsif guna meminimalkan kerugian yang diperoleh masyarakat.

Berdasarkan latar belakang yang sudah ditulis di atas, maka permasalahan banjir di Kota Surakarta disebabkan oleh berbagai faktor, yaitu perubahan tutupan lahan yang berdampak pada ketidakmampuan proses infiltrasi aliran air dan mengganggu fungsi pengendalian banjir. Tujuan penulisan artikel ini adalah untuk mengetahui pengaruh perubahan tutupan lahan dan pengaruh perubahannya terhadap fungsi pengendalian Daerah Aliran Sungai (DAS) Bengawan Solo.

TINJAUAN PUSTAKA

Daerah Aliran Sungai

Menurut Pane (2020), Daerah Aliran Sungai atau DAS merupakan suatu wilayah yang dibatasi oleh batas alam, seperti punggung dan bukit-bukit atau gunung serta batas buatan, seperti jalan dan tanggul, dimana air hujan yang turun di wilayah tersebut memberi kontribusi aliran ke titik kontrol. DAS memiliki beragam fungsi antara lain, menampung, menyimpan, dan mengalirkan air yang berasal dari curah hujan ke danau atau ke laut secara alami (Rofidah, 2021). Secara ekologis, DAS sangat berpengaruh dalam hal tata guna air, dari terjadinya presipitasi dan berlangsungnya segala proses dalam sistem DAS hingga sampai pada terbentuknya debit sungai (Serastiwati, dkk., 2020). Dalam penelitian yang dilakukan oleh Nugroho dkk. (2021), DAS Bengawan Solo, terutama di bagian hulu termasuk dalam kategori DAS kritis sehingga menjadi salah satu prioritas utama di antara 15 DAS lain yang akan direhabilitasi di Indonesia. Hal ini dapat terjadi karena pemanfaatan DAS mengalami tekanan akibat dari adanya perubahan pada tutupan lahan dan peningkatan jumlah penduduk (Hasddin, dkk., 2021).

Tutupan Lahan

Tutupan lahan dapat menggambarkan konstruksi vegetasi dan konstruksi buatan yang menutupi permukaan lahan di suatu wilayah yang secara keseluruhan dapat secara langsung dipantau menggunakan citra penginderaan jauh (Tisnasuci dkk., 2021). Dalam penelitian yang dilakukan Cao *et al.*, (2015), vegetasi berperan secara signifikan dalam meresapkan air ke dalam tanah. Selain itu, terdapat pula penelitian di berbagai negara terhadap hubungan vegetasi dan lahan yang mengindikasikan bahwa meningkatnya umur tegakan akan berdampak pada perubahan kondisi penutupan lahan, struktur tajuk, dan perbaikan sifat fisik tanah, yang pada akhirnya berdampak pada kondisi hidrologis di suatu kawasan (Kundu dkk., 2017). Secara lebih spesifik, meningkatnya umur tegakan hutan dapat berdampak pada membaiknya respon hidrologis di daerah tangkapan terhadap hujan sehingga mampu menurunkan koefisien aliran puncak dan koefisien runoff (Nugroho dkk., 2021).

Perubahan Tutupan Lahan

Perubahan tutupan lahan adalah bertambahnya suatu penutupan lahan dari satu sisi penutupan ke penutupan lainnya yang diikuti dengan berkurangnya tipe penutupan lahan yang lain dari suatu waktu ke waktu berikutnya sehingga terdapat perubahan fungsi di suatu lahan pada kurun waktu yang berbeda yang dapat diamati dengan menggunakan data spasial dari peta penutupan lahan dari beberapa titik tahun yang berbeda (Serastiwati dkk., 2020). Perubahan tutupan lahan yang terjadi di suatu Daerah Aliran Sungai (DAS) sebagai akibat dari perkembangan manusia dan kota merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi aliran air, di mana perubahan besar aliran ini dapat mempengaruhi besarnya debit puncak (Tisnasuci dkk., 2021). Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Fercher (2017) (dalam Tisnasuci, dkk., 2021), mengenai pemodelan dampak perubahan penggunaan lahan terhadap debit puncak di Lembah Urseren Pegunungan Alpen Swiss berkurangnya tutupan lahan vegetasi juga dapat menyebabkan meningkatnya debit puncak. Selain karena

perubahan tutupan lahan, curah hujan yang tinggi dan limpasan akan berpengaruh terhadap besar debit aliran sungai (Pribadi dkk., 2020). Perubahan tutupan lahan yang tidak terkendali apabila tidak dipantau dengan teliti akan menyebabkan terjadinya bencana, seperti banjir karena tingginya laju limpasan air permukaan di suatu daerah dan rendahnya resapan air di daerah tersebut (Pane dkk., 2020).

Hidrologi

Hidrologi merupakan suatu ilmu yang berkaitan dengan air di bumi, terjadinya peredaran air, sifat kimia dan fisika air, serta fungsi air di lingkungan (Islami, 2022).

Curah Hujan dan Debit Air

Menurut Pribadi dkk. (2020), hujan dan debit air memiliki hubungan yang berbanding lurus. Apabila nilai hujan yang turun di suatu wilayah meningkat, maka nilai debit yang dihasilkan juga akan meningkat, dengan catatan kondisi fisik daerah tangkapannya sama. Maka, apabila nilai limpasan hujan yang dihasilkan sama dengan nilai hujan yang turun, berarti dapat disimpulkan suatu wilayah tersebut memiliki resapan air yang buruk karena tidak dapat meresapkan air dengan baik.

Banjir

Banjir merupakan suatu bencana yang digambarkan dengan meluapnya saluran terbuka melebihi palung air atau ambang batas *flood gate* (Plamonia & Merapi, 2022). Banjir merupakan bencana hidrometeorologi yang sering terjadi dengan persentase sebesar 35% (Safriani, 2020). Banjir tidak hanya disebabkan oleh terjadinya perubahan tutupan lahan saja, namun juga dipengaruhi oleh berbagai faktor salah satunya curah hujan yang tinggi (Laksmi, 2020). Pada tahun 1990 – 2016, terjadi tren meningkatnya volume curah hujan tahunan (Auliyani & Wahyuningrum, 2020) dan tingginya tingkat ketidaksesuaian penggunaan lahan di Hulu DAS sehingga berpotensi berdampak pada fluktuasi debit aliran sungai (Nugroho, dkk., 2021). Kota Surakarta, merupakan kota yang berada di daerah cekungan, sehingga menjadi langganan banjir. Terdapat beberapa hal yang diduga menjadi sumber banjir di Surakarta, antara lain wilayah Kota Surakarta yang bersinggungan langsung dengan sungai Bengawan Solo, daerah padat penduduk, tingginya tingkat curah hujan yang turun, banjir kiriman dari daerah sekitar, serta kurang optimalnya penanganan banjir (Pramitha, dkk., 2020).

Penginderaan Jauh

Penginderaan jauh menurut Lillesand dan Kiefer (1990), merupakan suatu seni dan ilmu yang berguna untuk mendapatkan informasi tentang suatu objek, daerah, atau fenomena yang terjadi melalui analisis data yang diperoleh menggunakan suatu alat tanpa membutuhkan kontak yang bersentuhan langsung dengan objek, daerah, atau fenomena yang akan diteliti.

METODE

Pengumpulan dan Sumber Data

Penelitian ini menggunakan data curah hujan yang didapatkan dari badan pusat statistik masing-masing kabupaten atau kota yang dalam hal ini adalah kota Surakarta, kabupaten Sukoharjo, dan kabupaten Wonogiri. Data curah hujan yang dikumpulkan merupakan data curah hujan harian pada tahun 2007 dan 2021. Sedangkan data monitoring tutupan lahan diambil dari data penginderaan jauh yang berupa file shp mengenai perubahan tutupan lahan masing-masing wilayah yang sudah tersedia. Penelitian ini juga dilengkapi dengan data sekunder berupa jurnal dan buku guna melengkapi pembahasan dalam penelitian yang dilakukan.

Pengolahan data

a. Curah hujan

Data curah hujan yang didapatkan diolah secara statistik menggunakan *Microsoft Excel* untuk mengetahui trend atau pola perubahan yang terjadi pada tahun 2007 dan 2021. Data curah hujan diolah menggunakan rumus daya resap lahan terhadap air hujan.

$$I = \frac{Chw \times A}{t}$$

Keterangan:

I = Daya resap lahan (L/m²/hari)

Chw = Curah hujan wilayah (L/m²)

A = Luas lahan (m²)

t = Waktu 24 jam (hari)

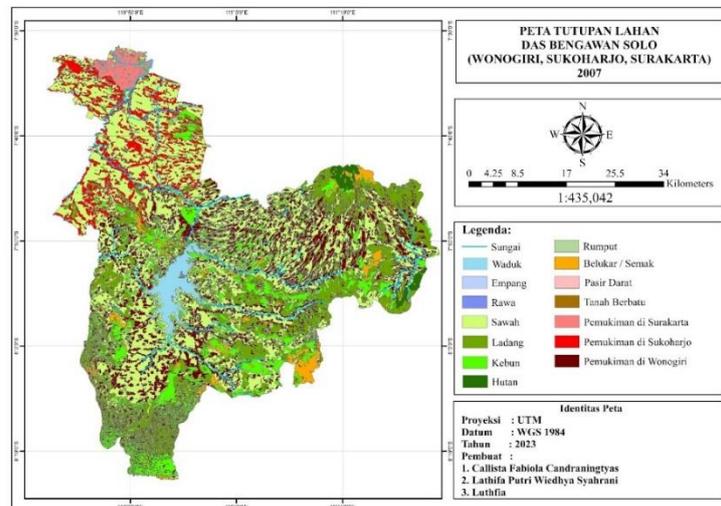
(Sumber: FTTM ITB, 2018)

b. Pengolahan dan Analisis data Tutupan Lahan

Data penginderaan jauh yang berupa shp tutupan lahan pada masing-masing wilayah diolah menggunakan software Arcgis 10.8. Berdasarkan pengolahan data tersebut akan dihasilkan output berupa peta digital terkait perubahan yang terjadi pada tutupan lahan pada tahun 2007 dan 2021 di ketiga kabupaten atau kota tersebut. Selain itu, peta digital ini juga memuat parameter lahan berupa luasan yang lebih akurat. Akan tetapi peta yang memuat parameter tersebut hanya terdapat pada peta tahun 2021 saja. Pengolahan parameter luasan lahan pada tahun 2007 dilakukan menggunakan metode komparatif secara langsung dengan membandingkan perubahan luasan yang ditandai dengan gradasi warna sesuai dengan jenis tutupan lahan pada masing-masing wilayah. Analisis data dilakukan dengan menggunakan metode deskriptif campuran dimana data yang diperoleh kemudian diolah secara kuantitatif dan kualitatif serta dibahas secara deskriptif.

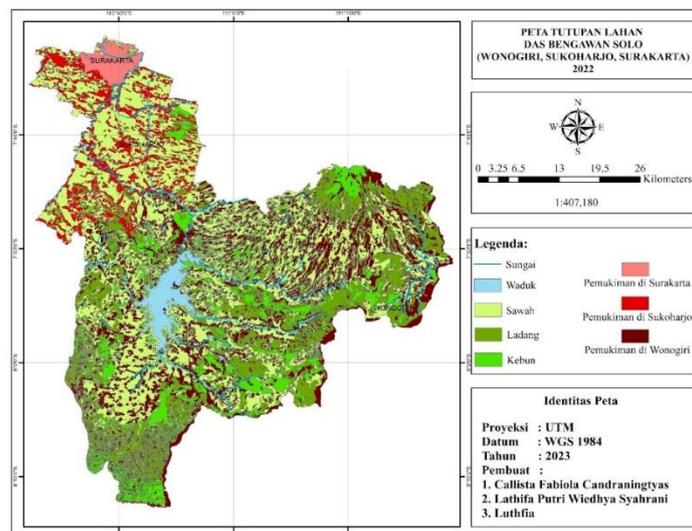
HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Perubahan Tutupan Lahan di DAS Bengawan Solo



Gambar 1. Peta Tutupan Lahan Tahun 2007

Peta di atas merupakan peta tutupan lahan DAS Bengawan Solo pada tahun 2007. Dari peta tutupan lahan di daerah Wonogiri diketahui jika area yang berdekatan dan dilalui aliran sungai dari Waduk Gajah Mungkur yang mengalir ke Sukoharjo dan Surakarta masih didominasi dengan area sawah, ladang, serta kebun. Pada tutupan lahan di daerah Sukoharjo, daerah yang dilalui aliran Bengawan Solo ke arah Surakarta juga masih didominasi oleh area persawahan meskipun tidak sebanyak di Wonogiri, karena pada aliran di Sukoharjo ini sudah terdapat wilayah pemukiman warga yang cukup banyak di sekitar daerah aliran sungai. Sedangkan pada wilayah Surakarta, area yang berdekatan dan dilalui aliran sungai hanya sedikit yang berupa kebun. Hampir keseluruhan area di Surakarta yang berdekatan dan dilalui aliran sungai adalah pemukiman.



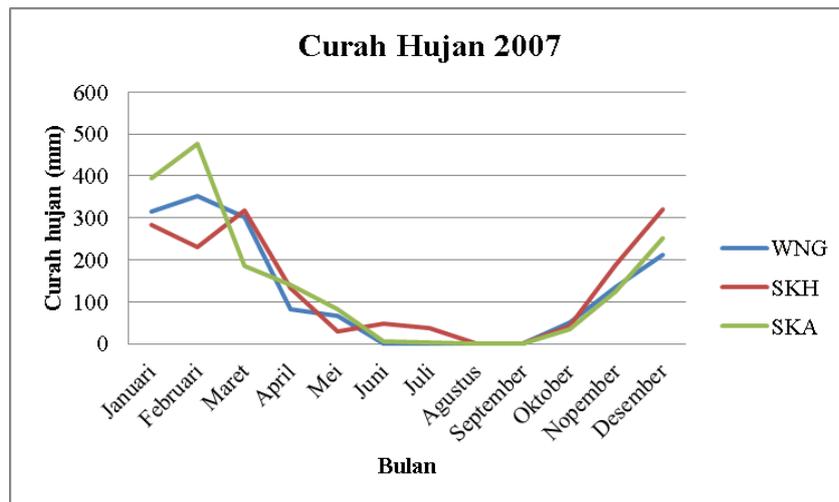
Gambar 2. Peta Tutupan Lahan Tahun 2022

Terdapat perbedaan tutupan lahan antara gambar 1 dan gambar 2. Pada peta tutupan lahan tahun 2022 ini kondisi aliran sungai Bengawan Solo di daerah Wonogiri memang tidak banyak berubah. Bantarannya masih didominasi oleh area sawah meskipun ada beberapa wilayah yang telah berubah menjadi area pemukiman. Begitu juga dengan kondisi di daerah Sukoharjo. Perbandingan perubahan lahan di sekitar area sungai antara tahun 2007 dan 2022 tidak terlalu jauh. Di Surakarta terdapat perubahan penggunaan lahan di sekitar daerah aliran sungai atau bantaran yang hampir seluruhnya menjadi wilayah pemukiman. Banyak warga yang menjadikan wilayah aliran sungai seperti bantaran sungai sebagai bagian belakang dari rumah mereka. Hal senada juga diungkapkan oleh Hapsah (2022), sungai banyak digunakan sebagai halaman belakang rumah bagi warga dan keberadaannya tidak banyak diperhatikan. Hal ini jika ditinjau dari segi ekologi dan estetika tentunya akan sangat berbahaya serta mengganggu.

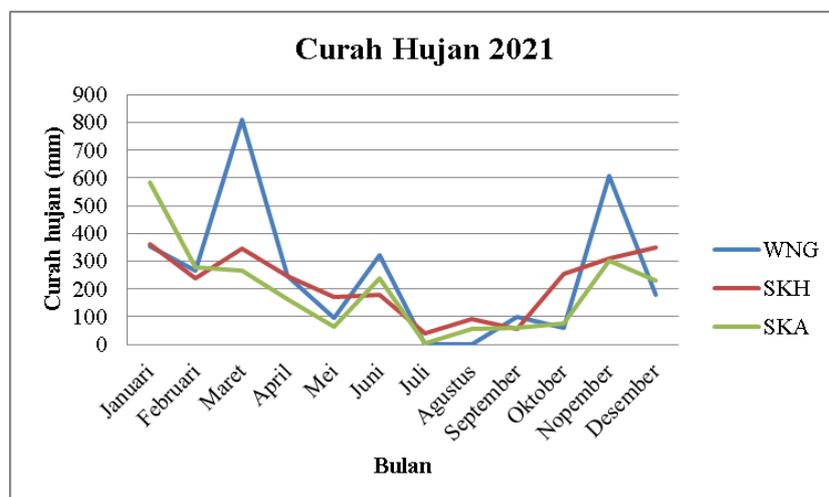
Melihat kondisi secara langsung di lapangan, yakni di beberapa titik wilayah Kota Surakarta, seperti di Kali Pepe dimana sungai menjadi halaman belakang rumah warga dapat diketahui jika kondisinya benar tidak diperhatikan. Banyak masyarakat yang membuang sampah baik padat dan cair secara langsung di sungai. Hal ini tentunya selain mengganggu biota yang ada di dalam sungai juga menyumbat aliran sungai yang berasal dari hulu sehingga menjadikan aliran sungai menjadi tidak lancar. Aliran yang tidak lancar ini akan berpotensi meluap apabila terjadi hujan dalam waktu yang lama dengan intensitas yang tinggi.

Analisis Data Curah Hujan dan Pengaruhnya terhadap Banjir di Surakarta

Berdasarkan data yang diperoleh pada tahun 2007 dan 2021 dapat dilihat bahwa tren curah hujan mengalami perubahan yang signifikan. Trend curah hujan dapat dilihat pada grafik di bawah ini dimana pada tahun 2007 menunjukkan pola yang sama antara ketiga wilayah tersebut di mana pada periode bulan Oktober hingga Maret memiliki nilai curah hujan yang meningkat. Hal ini sesuai dengan periode hujan yang terjadi di Indonesia, sedangkan pada April hingga September memiliki nilai curah hujan yang relatif rendah karena di Indonesia sedang mengalami musim kemarau (Hidayah dkk, 2019). Hal ini sangat berbanding terbalik dengan pola hujan yang terjadi di Wonogiri, Sukoharjo, dan, Surakarta pada tahun 2021 dimana pada tahun tersebut pola hujan yang terjadi tidak beraturan. Salah satu contohnya adalah yang terjadi pada bulan Juni di kota Wonogiri yang seharusnya adalah bulan kering atau musim kemarau akan tetapi pada bulan tersebut memiliki nilai curah hujan yang relatif tinggi dibandingkan dengan bulan sebelum dan setelahnya.



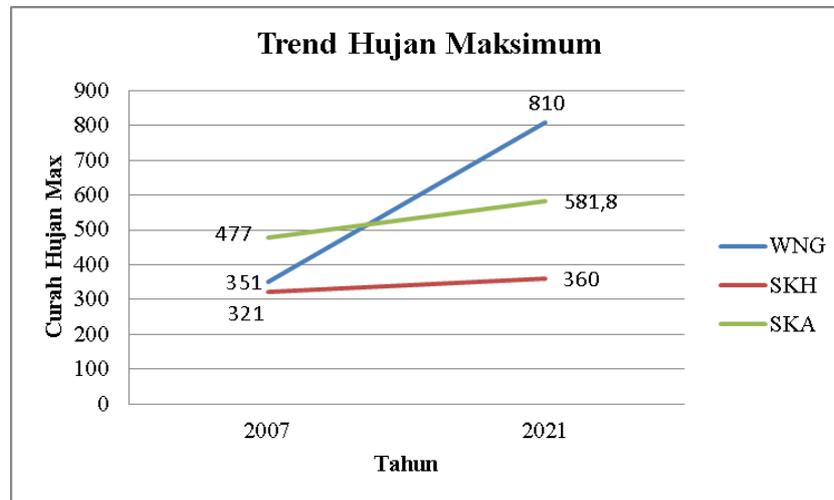
Gambar 3. Grafik Curah Hujan 2007



Gambar 4. Grafik Curah Hujan 2021

Adanya perubahan pola hujan ini disebabkan oleh adanya anomali cuaca yang disebabkan oleh perubahan iklim. Perubahan iklim ini dipicu oleh adanya kenaikan suhu udara yang disebabkan oleh aktivitas manusia yang bersifat antropogenik dan menghasilkan emisi di mana gas-gas yang timbul dari aktivitas tersebut akan menumpuk di atmosfer dan menimbulkan efek rumah kaca yang membuat suhu bumi semakin meningkat. Suhu bumi yang terus meningkat tanpa adanya upaya untuk mencegahnya maka dapat menjadi penyebab utama perubahan pola dan intensitas curah hujan karena suhu udara akan mempengaruhi pola angin yang berpengaruh pada pola pembentukan awan yang lebih besar dan lebih tinggi (Susilo, 2021). Awan dengan ukuran yang besar dapat menyimpan titik-titik air yang lebih banyak sehingga akan berpengaruh terhadap intensitas hujan yang turun nantinya. Pola angin juga akan mempengaruhi intensitas hujan di mana Angin akan membawa awan dari tempat yang bertekanan tinggi ke tempat yang bertekanan lebih rendah, selanjutnya awan akan terakumulasi dan membentuk tumpukan awan dengan ukuran yang lebih besar di mana hal tersebut juga akan menciptakan hujan yang lebih lebat. Apabila tidak

ada upaya-upaya untuk meminimalkan dampak yang terjadi maka peningkatan curah hujan dapat menjadi lebih ekstrim.



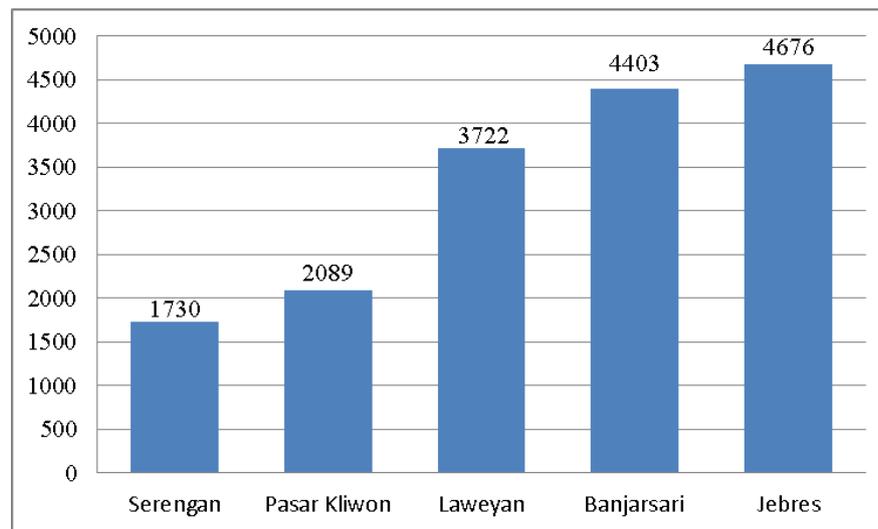
Gambar 5. Grafik Trend Hujan Maksimum

Banjir yang di Surakarta yang terjadi pada tahun 2023 juga disebabkan oleh adanya perubahan pola dan intensitas hujan yang terjadi di ketiga wilayah tersebut. Hal ini dapat dilihat oleh adanya perubahan nilai maksimum curah hujan yang terjadi di tahun 2007 dan 2021. Curah hujan tertinggi di kota Surakarta pada tahun 2021 adalah senilai 581,8 mm dimana mengalami peningkatan curah hujan sebesar 104,8 mm dari tahun 2007. Trend peningkatan intensitas curah hujan tersebut juga terjadi pada dua kabupaten lainnya yakni di kabupaten Sukoharjo dan Wonogiri. Kota Surakarta merupakan wilayah dengan topografi yang lebih rendah dibandingkan dengan kabupaten Wonogiri dan Sukoharjo. Perbedaan ketinggian tersebut juga berpengaruh terhadap potensi terjadinya banjir di kota Surakarta pada tahun 2023 di mana apabila pada dua daerah tersebut memiliki intensitas curah hujan yang tinggi pada suatu waktu maka air tersebut akan menuju ke arah yang lebih rendah dan akan terakumulasi disana yang dalam hal ini adalah ke arah kota Surakarta. Banjir yang terjadi pada bulan Februari tahun 2023 juga dipicu oleh pembukaan pintu Waduk Gajah Mungkur yang ada di Wonogiri karena kapasitasnya sudah melebihi debit yang dapat ditoleransi. Akan tetapi faktor curah hujan dan dibukanya pintu Waduk tersebut bukan menjadi faktor tunggal penyebab banjir yang terjadi di kota Surakarta pada tahun 2023. Faktor lain yang mempengaruhi banjir tersebut dapat berupa perubahan lahan, efektivitas fungsi Bengawan Solo sebagai agen catchment area, dan sistem drainase yang ada di kota Surakarta itu sendiri.

Analisis Fungsi Pengendalian Banjir di Surakarta

Pemerintah Surakarta melalui Balai Besar Wilayah Sungai Bengawan Solo (BBW SBS) sejak tahun dibentuk dan didirikan sejak 1966 telah menyusun dan melaksanakan program kerja berkaitan dengan pengendalian dan penanggulangan banjir. Sebagai langkah progresif, melalui pengoperasian dan pemeliharaan sarana dan prasarana pengendalian banjir berupa pompa air, pintu air, dan kelengkapannya, diharapkan mampu meningkatkan

kapasitas tampungan debit Kali Pepe sehingga mampu mereduksi risiko banjir di beberapa titik, misalnya Jebres, Pasar Kliwon, dan Banjarsari. Proyek pembangunan pintu air Demangan Baru dikerjakan sebagai areal layanan tambahan untuk meningkatkan fungsi air dan pompa. Bendung Tirtonadi sebagai salah satu bagian Proyek Penanganan Banjir Surakarta, pun dilakukan revitalisasi guna meningkatkan kapasitas tanggul. Dilakukan pembangunan parapet beton, revetment, dan rumah pompa banjir. Dilakukan pula pelatihan pengoperasian Bendung Tirtonadi oleh BBWSBS bidang Pelaksanaan Jaringan Sumber Air.

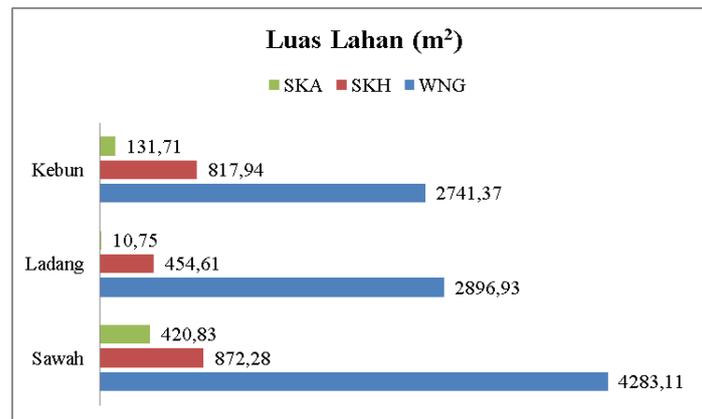


Gambar 6. Grafik (Total Drainase Lingkungan per Kecamatan di Kota Surakarta)
(Sumber: Database Drainase Lingkungan Kota Surakarta, 2021)

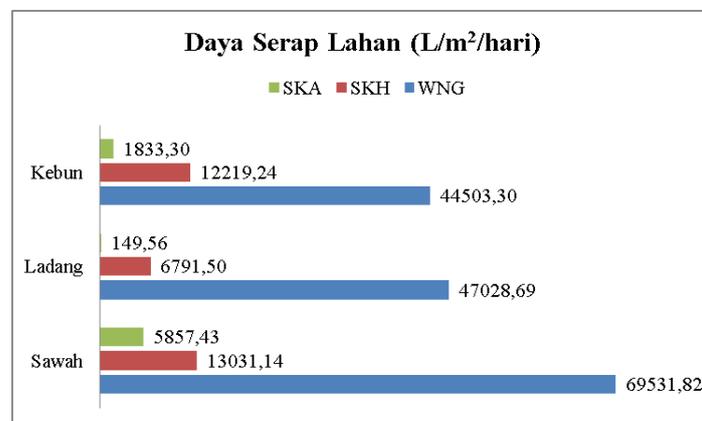
Balai Besar Wilayah Sungai Bengawan Solo (2022) menyampaikan bahwa pengendalian dan pengelolaan sungai serta drainase merupakan salah satu pokok kajian. Berdasarkan data di atas, per tahun 2021, terdapat 16.620 total jaringan drainase lingkungan sepanjang 1.091.635 meter. Antropogenik dan masih ditemukannya drainase yang ditutup merupakan permasalahan yang perlu ditindak dan ditertibkan.

Hubungan antara Perubahan Tutupan Lahan dan Fungsi Pengendalian Banjir

Banjir yang terjadi pada bulan Februari tahun 2023 di kota Surakarta disebabkan oleh faktor perubahan lahan. Perubahan lahan ini disebabkan oleh alih fungsi lahan menjadi pemukiman maupun pembangunan infrastruktur lainnya. Perubahan lahan ini dapat mengganggu fungsi dari lahan itu sendiri di mana dapat berdampak pada fungsi daya serap lahan terhadap air. Semakin sempit lahan terbuka hijau seperti kebun, ladang, dan sawah maka tingkat daya serap lahan akan semakin mengecil. Hal ini dapat dilihat pada gambar 6 dan 7 di bawah ini yang menyajikan grafik daya serap lahan dan luasan lahan pada masing-masing wilayah.



Gambar 7. Grafik Luasan Lahan



Gambar 8. Grafik Daya Serap Lahan

Pada grafik di atas dapat dilihat bahwa semakin besar luasan suatu lahan maka daya serap yang dimiliki akan semakin tinggi begitu juga sebaliknya semakin kecil luasan lahan maka semakin kecil pula daya serap yang dimiliki. Semakin kecil daya serap suatu lahan maka dapat memicu adanya *run off* atau timbulnya aliran permukaan dimana kondisi ini disebabkan karena minimnya daerah resapan air. Semakin menyempitnya daerah resapan air maka potensi terjadinya banjir akan semakin besar begitu juga yang terjadi pada kasus banjir kota Surakarta pada tahun 2023. Perubahan lahan yang memiliki peran penting pada terjadinya banjir di Surakarta adalah perubahan lahan yang terjadi di daerah aliran sungai di sepanjang das Bengawan Solo baik dari hulu sungai yang ada di kota Wonogiri hingga ke kota Surakarta. Peningkatan perubahan lahan pada daerah aliran sungai yang beralih fungsi menjadi pemukiman dapat meningkatkan aktivitas antropogenik yang memicu terjadinya banjir.

Adapun aktivitas tersebut dapat berupa aktivitas domestik serta kebiasaan masyarakat yang tinggal di bantaran sungai yang membuang sampah sembarangan. Perubahan lahan terutama yang ada di DAS bengawan solo menyebabkan menyempitnya daerah resapan air akibat tertutup oleh bangunan penduduk yang ada di atasnya. Dengan demikian daerah aliran sungai yang seharusnya menjadi daerah *buffer* atau daerah pemisah antara kawasan perairan

dengan kawasan manusia menjadi terganggu, dampaknya adalah air akan mencari celah untuk dapat menuju ke tempat yang lebih rendah, akan tetapi apabila debit air yang mengalir tersebut lebih tinggi dari sebelumnya maka air akan meluap dan menyebabkan banjir. Selain perubahan lahan, sistem drainase di kota Surakarta juga dinilai kurang baik. Hal ini disebabkan karena kebiasaan masyarakat yang membuang sampah sembarangan terutama di aliran air yang dapat menyumbat alirannya. Perubahan lahan yang terjadi di sepanjang DAS Bengawan Solo dan di kota Surakarta itu sendiri beserta permasalahan-permasalahan terkait menjadi penyebab menurunnya fungsi pengendalian banjir yang ada di kota Surakarta. Perlu adanya upaya mitigasi dan adaptasi terhadap bencana banjir melalui pendekatan baik struktural maupun non-struktural.

Upaya Mitigasi dan Adaptasi terhadap Bencana Banjir di Surakarta

Upaya mitigasi yang dapat dilakukan adalah dengan struktural, non struktural, dan berbasis ECO-DRR. Upaya mitigasi struktural adalah upaya yang dilakukan untuk meminimalisir bencana dengan melakukan pembangunan. Adapun contoh mitigasi struktural yang dapat dilakukan di Surakarta adalah dengan memanfaatkan teknologi, yakni membuat EWS (*Early Warning System*) atau alat pendeteksi banjir. Mitigasi struktural lainnya yang dapat dilakukan adalah pembangunan kanal dan tanggul, serta membuat infrastruktur bangunan tahan air. Upaya mitigasi non struktural merupakan upaya yang dilakukan untuk meminimalisir bencana melalui kebijakan atau peraturan. Contoh mitigasi non struktural ini adalah dengan membuat peta potensi banjir di suatu wilayah, membuat dan/atau memperkuat peraturan perundang-undangan mengenai peraturan pemukiman, dan melakukan perencanaan di wilayah yang rentan terkena banjir. Sedangkan upaya mitigasi berbasis ECO-DRR atau *Ecosystem Disaster Risk Reduction* merupakan suatu upaya mitigasi yang dilakukan secara berkelanjutan dengan konservasi untuk mengurangi resiko bencana dan bertujuan mencapai pembangunan berkelanjutan. Contoh mitigasi ECO-DRR yang dapat dilakukan dalam menghadapi banjir adalah dengan melakukan konservasi wilayah bantaran sungai serta melakukan penanaman. Adapun penerapan berbasis ECO-DRR yang telah dilakukan dalam rangka mengatasi banjir adalah seperti di Jepang, dimana mereka melakukan penanaman bambu untuk melindungi pemukiman dan persawahan dari banjir. Mekanisme kerja dari bambu ini adalah pada saat terjadi banjir, tegakan kayu dapat menahan sedimen dan sampah yang menyertai sekaligus meredam energi dari arus air.

Sedangkan upaya adaptasi yang dapat dilakukan adalah dapat dengan beberapa jenis adaptasi berikut:

- a. Adaptasi aktif: melakukan evakuasi dan perbaikan secara teknis
- b. Adaptasi pasif: memberikan pemahaman kepada masyarakat mengenai bencana yang terjadi sehingga masyarakat dapat menyikapinya dengan bijak
- c. Adaptasi sosial: mencari tempat pengungsian yang aman dan bergotong royong melakukan perbaikan
- d. Adaptasi ekonomi: mencari mata pencaharian apabila mata pencaharian hilang akibat dari bencana serta menerima bantuan dari pemerintah dan sukarelawan dengan bertanggung jawab dan tidak menyalahgunakan.

Rekomendasi Pengendalian Banjir di Surakarta

Sistem drainase yang baik mampu mengendalikan banjir dengan mengalirkan debit air dari curah hujan tinggi melalui perancangan sistem drainase bawah tanah yang berfungsi untuk mengumpulkan dan membawa air yang telah meresap kembali ke dalam tanah. Dengan fenomena banjir Surakarta yang didominasi sebagai akibat luapan aliran air atau *overbank flooding* dan *stormwater* selama hujan, dapat dikelola menggunakan pembangunan dan perbaikan sistem drainase perkotaan. Penggunaan pipa dan talang besar yang berpusat pada suatu titik dapat mereduksi *stormwater* dengan cepat sehingga skema pengendalian air dan risiko banjir dapat ditekan (Gimenez-Maranges, *et al.*, 2020). Perlu dilaksanakan pula langkah pengerukan sampah atau sedimentasi, penyedotan, dan pelebaran saluran air sehingga drainase ini memiliki cukup ruang untuk menyimpan dan mengalirkan debit alirannya.

Pemanfaatan teknologi sistem informasi geografi sebagai metode pengolahan data spasial secara digital dapat menjadi pilihan karena mengakomodasi informasi pemetaan banjir sehingga dapat dianalisis trend yang terjadi. Hal ini merupakan *tools* yang mulai dikembangkan untuk manajemen mitigasi dan adaptasi bencana. Salah satunya memanfaatkan *material simulation* atau MASIM yang mampu menyajikan ketinggian air di setiap sungai atau saluran air, jumlah air yang masih ada di setiap saluran, dan luas luapan. Penelitian yang dikembangkan oleh Sutanto & Purwantini (2017) menyatakan bahwa melalui pengaplikasian metode ini mengakomodasi simulasi yang lebih spesifik sehingga pemerintah sebagai pembuat kebijakan dapat segera mengambil langkah lanjutan guna mengendalikan aliran air.

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa terdapat perubahan penggunaan lahan di sekitar Waduk Gajah Mungkur sebagai hulu, daerah aliran sungai atau bantaran Sungai Bengawan Solo, dan Sukoharjo selama periode 2007-2022 menjadi wilayah pemukiman sehingga berdampak langsung terhadap penyumbatan aliran dan minimnya ruang tampungan air. Perubahan lahan yang terjadi dapat mengganggu fungsi dari lahan dengan mereduksi fungsi daya serap lahan terhadap air. Kondisi ini diperparah dengan adanya perubahan pola dan intensitas hujan. Semakin sempit lahan terbuka hijau seperti kebun, ladang, dan sawah maka tingkat daya serap lahan akan semakin mengecil sehingga aliran air akan mengalir dan menggenangi wilayah daratan.

DAFTAR PUSTAKA

- Adnan, Mohammed Sarfaraz Gani, Abu Yousuf Md Abdullah, Ashraf Dewan, and Jim W. Hall. "The Effects Of Changing Land Use And Flood Hazard On Poverty In Coastal Bangladesh." *Land Use Policy*, 99 (2020): 104868.
- Anna, Suharjo, dan Rudyanto. "Analisis Perubahan Penggunaan Lahan Tahun 2004-2014 Dan Pengaruhnya Terhadap Limpasan Permukaan Di Das Bengawan Solo Hulu Tengah." *Urecol*, (2018): 52-59.

- Auliyani, D., & Wahyuningrum. "Pola Hujan di Bagian Hulu Daerah Aliran Sungai Bengawan Solo dalam Perencanaan Pemanfaatan Sumberdaya Air". *Jurnal Penelitian Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*, 4 no 1 (2020): 53–62.
- Auliyani, Diah, and Nining Wahyuningrum. "Pola Hujan Di Bagian Hulu Daerah Aliran Sungai Bengawan Solo Dalam Perencanaan Pemanfaatan Sumber Daya Air (Rainfall Pattern for Water Resources Utilization Planning in the Upper Stream of Bengawan Solo Watershed)." *Jurnal Penelitian Pengelolaan Daerah Aliran Sungai (Journal of Watershed Management Research)* 4, no. 1 (2020): 53-62.
- Cao, Liang, Wang, & Lu. "Runoff And Soil Loss From Pinus Massoniana Forest In Southern China After Simulated Rainfall." *Catena*, 129 (2015): 1–8.
- Gimenez-Maranges, Breuste, & Hof. "Sustainable Drainage Systems for transitioning to sustainable urban flood management in the European Union: A review." *Journal of Cleaner Production*, 255 (2020).
- Hapsah. "Analisis Dampak Pembuangan Limbah Sampah dan Plastik Cemari Sungai Martapura dan Mempengaruhi Kualitas Air Sungai." *Pendidikan Lingkungan Hidup*, 1 no. 1 (2022): 1-11.
- Hariati, Feril, Dony Saputra, Alimuddin Alimuddin, and Ihsal Yanuarsyah. "Dampak Peningkatan Intensitas Hujan dan Tutupan Lahan Terhadap Debit Banjir Puncak Sungai Ciseel." *Jurnal Komposit: Jurnal Ilmu-ilmu Teknik Sipil* 4, no. 1 (2022): 13-18.
- Hasddin, Taufik, & Mukaddas. "Tingkat Perubahan Tutupan Lahan (Deforestasi) di DAS Tiworo Kabupaten Muna Barat." *Sang Pencerah: Jurnal Ilmiah Universitas Muhammadiyah Buton*, 7 no.2 (2022): 260–269.
- Hidayah, Bimaprawira, Yulitamora, Nugraheni, & Deranadyan. "Identifikasi Karakteristik Awan Penyebab Hujan Lebat pada Musim Kemarau dan Musim Hujan di Jambi (Studi Kasus: Juni dan November 2017). *Seminar Nasional GEOTIK*. (2019).
- Islami. "Pemodelan Debit Banjir Pada DAS Sadar Propinsi Jawa Timur Berdasarkan Prediksi Curah Hujan dan Perubahan Penggunaan Lahan." Tesis. IPB University. (2022).
- Islami, Muhammad Fazrul. "Penggunaan Citra Landsat Untuk Analisis Perubahan Penutupan Lahan DAS Martapura Terhadap Peningkatan Debit Puncak Sungai Martapura." PhD diss., Institut Teknologi Nasional Malang. (2020).
- Kundu, Khare, & Mondal. Past, Present, and Future Land Use Changes And Their Impact On Water Balance. *Journal of Environmental Management*, 197, (2017): 582–596.
- Laksmi. "Impact of Land Use Change and Rainfall on Flooding in Pekalongan City, Central Java.: *Prosiding Seminar Nasional Lahan Suboptimal Ke-8 Tahun 2020, Palembang 20 Oktober 2020 "Komoditas Sumber Pangan Untuk Meningkatkan Kualitas Kesehatan Di Era Pandemi Covid -19,"* (2020): 382–391.
- Lillesand & Kiefer. (1990). *Penginderaan Jauh dan Interpretasi Citra*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.

- Nugroho, Suryatmojo, Manikasari, dan Afisena. (2021). "Pendugaan Aliran Dasar (Baseflow) Di Daerah Tangkapan Air Waduk Gajah Mungkur Di Hulu DAS Bengawan Solo, Jawa Tengah". *JPPDAS*, 5 no. 2 (2022): 141 - 154.
- Nugroho, Prasetyo, Hatma Suryatmojo, Giska Parwa Manikasari, and Hafsa Nur Afisena. "Pendugaan Aliran Dasar (Baseflow) Di Daerah Tangkapan Air Waduk Gajah Mungkur Di Hulu DAS Bengawan Solo, Jawa Tengah (Estimating Baseflow for A Catchment Area of Gajah Mungkur Reservoir in the Upstream of Bengawan Solo Watershed, Central Java)." *Jurnal Penelitian Pengelolaan Daerah Aliran Sungai (Journal of Watershed Management Research)* 5, no. 2 (2021): 141-154.
- Pane, Suprayogi, dan Sabri. "Analisis Pengaruh Perubahan Tutupan Lahan Daerah Aliran Sungai Tahun 2013 dan 2018 terhadap Peningkatan Debit Puncak Sungai Kaligarang." *Jurnal Geodesi Undip*, 9 no. 1 (2020): 325–334.
- Plamonia, & Merapi. *Fungsi Pintu Air Manggarai sebagai Pengendalian Banjir Jakarta Pusat*. 111–120.
- Pramitha, Utomo, & Miladan. "Efektivitas infrastruktur perkotaan dalam penanganan risiko banjir di Kota Surakarta." *Region : Jurnal Pembangunan Wilayah Dan Perencanaan Partisipatif*, 15 no. 1(2020).
- Pribadi, Kusumawati, & Firdausi. "Pengaruh Perubahan Tutupan Lahan Terhadap Karakteristik Hidrologi Di Das Sampean Kabupaten Bondowoso." *Jurnal Ilmiah Desain & Konstruksi*, 19 no.2 (2020): 84–101.
- Priyono, Kuswaji Dwi, and Fayiz Anvanca Mubarok. "Aplikasi Arcgis 10.3 untuk Analisis Spasial Bencana dan Kerawanan Longsor di Kecamatan Imogiri Kabupaten Bantul, Provinsi DI. Yogyakarta." *Prosiding University Research Colloquium*, (2021): 10-16.
- Susilo, B. (2021). *Mengenal Iklim dan Cuaca di Indonesia*. Yogyakarta : DIVA PRESS.
- Sutanto, & Purwantini. "Modeling and flood control mapping (Case study: Surakarta city Indonesia)." *International Conference on Electrical, Electronics and System Engineering (ICEESE)* (2017): 110-114.
- Rahmawati, Melinda, Muhammad Ikhwan Riyadi, and Rizkindo Junior Rizaldy. "Sungai Bengawan Solo: Tinjauan Sejarah Maritim dan Perdagangan di Laut Jawa." *Candrasangkala: Jurnal Pendidikan dan Sejarah* 5, no. 2 (2019): 24-39.
- Rofidah. "Analisis Pengaruh Perubahan Penggunaan Lahan Terhadap Debit Puncak Sub Das Kali Dengkeng Tahun 2010 dan 2020." Skripsi: Universitas Muhammadiyah Surakarta (2022).
- Safriani, Halimah, Rahmawati, & Dewi. "Lubang Resapan Biopori Sebagai Upaya Mitigasi Bencana Banjir di Kelurahan Sewu Kota Surakarta." *Abdimas Dewantara*, 3 no. 1 (2020).
- Serastiwati, Subaedah, S., & Syam, N. (2020). "Analisis Pengaruh Perubahan Tutupan Lahan Terhadap Hidrolisis Das Pamukkulu Sulawesi Selatan". *AGROTEK: Jurnal Ilmiah Ilmu Pertanian* 4 no. 1 (2020): 62–76.
- Sulaiman, Muhammad Enggi, Haris Setiawan, Muhammad Jalil, Fathan Purwadi, Asri Wahyu Brata, and Andi Syaful Jufda. "Analisis Penyebab Banjir di Kota Samarinda." *Jurnal Geografi Gea* 20, no. 1 (2020): 39-43.

- Tisnasuci, Sukmono, dan Hadi. "Analisis Pengaruh Perubahan Tutupan Lahan Daerah Aliran Sungai Bodri Terhadap Debit Puncak Menggunakan Metode Soil Conservation Service (SCS)." *Jurnal Geodesi Undip*, 10 (2021): 105-114
- Wardhana, Pradipta Nandi. Yuni, dan Dadang Kurnia. "Pengaruh Perubahan Tutupan Lahan Terhadap Debit Banjir Di Das Winongo Daerah Istimewa Yogyakarta." *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil* 22, no. 2 (2018): 157-164.
- Widodo, Zubair, and Padjung. "Land Use Change Study and The Increased Risk Of Floods Disaster In Jeneberang Watershed At Gowa Regency, South Sulawesi, Indonesia". *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, vol. 824, no. 1 (2021).