



## Evaluasi Lokasi Titik Banjir di Sub Sistem III Kota Denpasar Berbasis *Geographic Information System* <sup>1</sup>

### *Evaluation of Flood Locations in Sub System III, Denpasar City using Geographic Information System*

Mawiti Infantri Yekti <sup>a, 2</sup>, Ida Bagus Gede Indrayana <sup>b</sup>, I Gusti Ngurah Kerta Arsana <sup>b</sup>

<sup>a</sup> Program Studi Magister Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Udayana, Jl. P.B. Sudirman, Denpasar, Bali

<sup>b</sup> Program Studi Sarjana Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Udayana, Jl. Raya Kampus Unud, Jimbaran, Kec. Kuta Selatan, Kabupaten Badung, Bali

#### ABSTRAK

Ketidakmampuan kapasitas saluran untuk menampung limpasan permukaan dapat menyebabkan banjir. Saluran Pangkung Lebak Muding yang merupakan bagian DAS Tukad Mati, masih mengalami banjir dari tahun 2009 sampai 2019. Evaluasi titik-titik banjir pada saluran Pangkung Lebak Muding dilakukan dengan membandingkan kapasitas saluran eksisting dengan debit desain, lalu menentukan kapasitas saluran baru. Pemetaan saluran awal menggunakan aplikasi Google Earth dan GIS. Hasil evaluasi dipetakan kembali untuk membandingkan dan menampilkan perbedaan titik banjir. Hasil identifikasi menunjukkan terdapat 9 titik banjir untuk kala ulang 2 tahun dan 10 titik untuk kala ulang 5 sampai 10 tahun pada saluran sekunder dan tersier. Sedangkan pada saluran primer terdapat 2 titik banjir untuk semua kala ulang. Solusi dalam evaluasi kapasitas saluran ini dilakukan pengerukan sedalam 0,46 m untuk saluran sekunder dan tersier dan 1 m untuk saluran primer. Hasil evaluasi menunjukkan semua saluran sekunder dan tersier tidak banjir pada seluruh kala ulang.

*Kata kunci : banjir, evaluasi saluran drainase, GIS, Pangkung Lebak Muding*

#### ABSTRACT

The inability of the channel capacity to accommodate surface runoff can cause flooding. The Pangkung Lebak Muding channel, which is part of the Tukad Mati watershed, still experienced flooding from 2009 to 2019. Evaluation of flood points in the Pangkung Lebak Muding channel was carried out by comparing the capacity of the existing channel with the design discharge, then determining the capacity of the new channel. Initial channel mapping using Google Earth and GIS applications. The evaluation results are remapped to compare and display differences in flood points. The identification results show that there are 9 flood points for a 2-year return period and 10 points for a 5 to 10-year return period in secondary and tertiary canals. While in the primary channel there are 2 flood points for all return times. The solution to evaluating the capacity of this channel is dredging to a depth of 0.46 m for the secondary and tertiary channels and 1 m for the primary channel. The evaluation results show that all secondary and tertiary channels are not flooded in all return periods.

*Keywords: flood, evaluation of drainage canal, GIS, Pangkung Lebak Muding*

<sup>1</sup> Info Artikel: Received: 26 Maret 2021, Accepted: 21 Maret 2022

<sup>2</sup> Corresponding author: Mawiti Infantri Yekti, [wiwiet91@unud.ac.id](mailto:wiwiet91@unud.ac.id)

## **PENDAHULUAN**

Ketersediaan sumber daya air selain memiliki manfaat juga memiliki daya rusak. Daerah perkotaan yang padat penduduk saat musim hujan sering mengalami salah satu daya rusak air tersebut, yaitu banjir. Kapasitas drainase perkotaan yang tidak mampu menampung curah hujan, merupakan salah satu penyebab terjadinya banjir. Penurunan kapasitas saluran sering disebabkan oleh penyempitan atau pendangkalan penampang saluran.

Pada musim penghujan, banjir menjadi hal biasa di Kota Denpasar yang memiliki 3 sungai utama, yaitu Tukad Ayung, Tukad Badung, dan Tukad Mati. Dalam master plan sistem drainase kota ketiga sungai tersebut menjadi saluran utama (Norken et al., 2005). Tukad Mati menjadi salah satunya kerap mengalami banjir pada bagian hilirnya karena merupakan daerah pemukiman. Banjir yang terjadi pada Sub Sistem III di Tukad Mati mencapai ketinggian 0,2 - 0,9 meter dengan luas 44 hektar (BAPPEDA, 2015). Sub Sistem III (Tukad Mati) terdiri dari 4 (empat) sub sistem saluran yang melayani Desa Ubung, Desa Padang Sambian dan sekitarnya serta Jalan Imam Bonjol, dan di Kota Denpasar sendiri terdapat 11 titik banjir yang sampai Februari 2018 belum dapat ditangani.

Mayoritas letak titik banjir dari kesebelas titik tersebut, berada pada Desa Padang Sambian dan sekitarnya yang merupakan daerah layanan saluran Pangkung Lebak Muding. Kondisi topografi yang cekung menyebabkan besarnya debit air yang masuk ke saluran sehingga menjadi titik banjir sampai sekarang, seperti pada Jalan Tangkuban Perahu, Perum Padang Asri, dan Perum Padang Indah. Banjir juga disebabkan oleh saluran yang terdesak permukiman dan penyumbatan oleh sampah karena padatnya penduduk di Desa Padang Sambian

Penanganan yang direncanakan diharapkan tepat sasaran pada titik yang memang rawan berpotensi banjir. Survey dan evaluasi lokasi titik banjir pada Sub Sistem III (Tukad Mati) dalam penelitian ini dilakukan untuk mempermudah informasi terhadap penanganan pada area tersebut. Informasi titik banjir pada Sub Sistem III tersebut didapat menggunakan alat bantu *Geographic Information System (GIS)*.

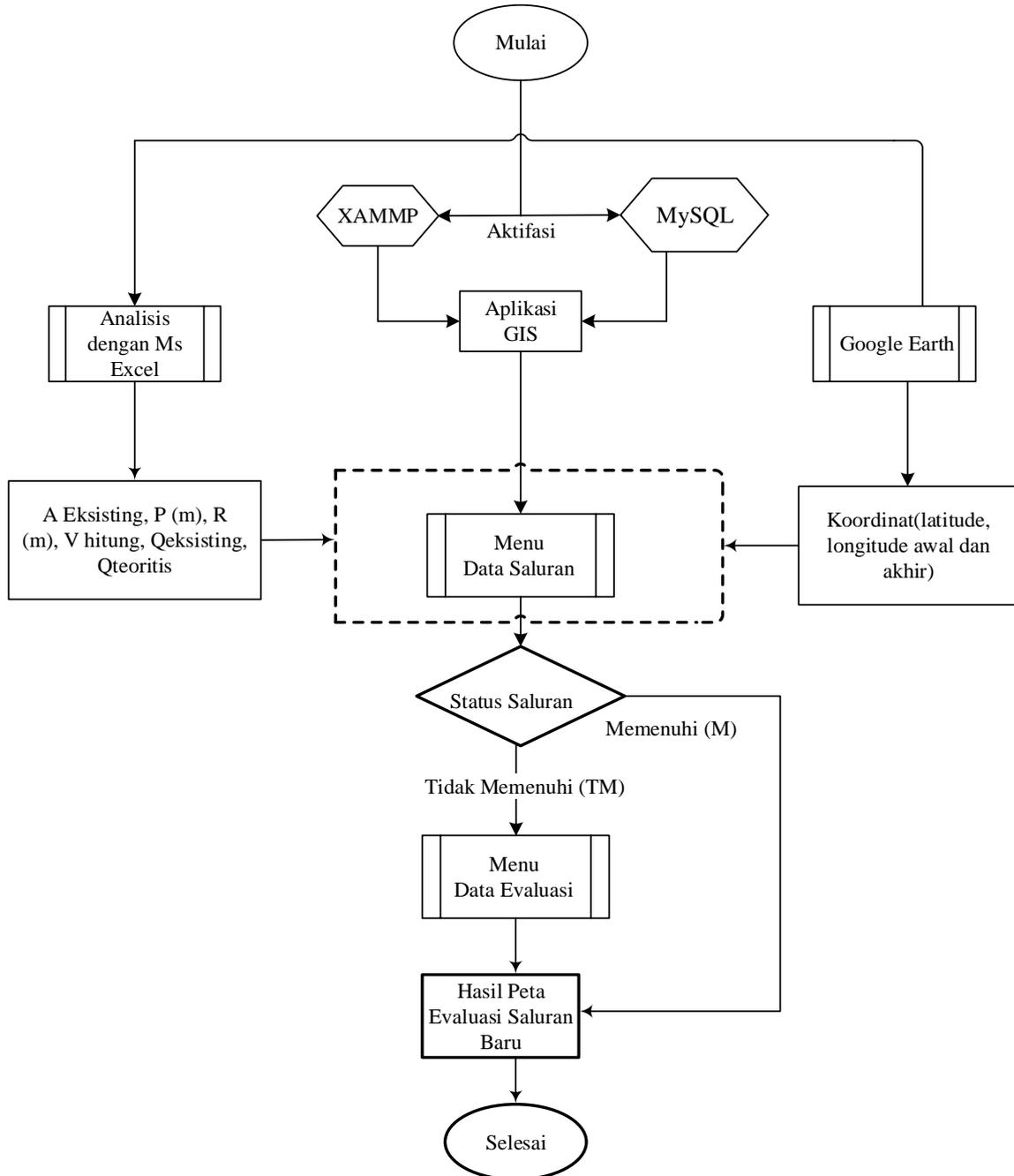
Sementara itu kemajuan teknologi di bidang teknologi informasi seperti GIS telah dikembangkan untuk membantu di dalam beberapa studi yang berkaitan dengan kondisi fisik wilayah (Asep & Sugeng, 1996; Darmawan, et al., 2019). Variasi fisik wilayah dapat dikembangkan sesuai keperluannya, dan pada Sub Sistem III (Tukad Mati) diperlukan evaluasi terhadap titik yang berbasis GIS, sehingga nantinya gambaran secara virtual dan informatif tentang saluran, debit saluran eksisting terpenuhi dan tidak terpenuhi, debit banjir teoritis dari titik banjir pada Sub Sistem III Kota Denpasar dapat ditampilkan.

## **METODE PENELITIAN**

### **Analisis Hidrologi**

Analisis hidrologi merupakan bidang yang sangat rumit dan kompleks. Hal ini disebabkan oleh ketidak pastian siklus hidrologi, rekaman data dan kualitas data. Analisis hidrologi pada dasarnya adalah suatu proses yang menangani data curah hujan, data luas dan bentuk daerah aliran sungai (DAS) data perbedaan kemiringan/ketinggian, dan data penggunaan lahan, semuanya mempunyai arah untuk menentukan curah hujan rata-rata, koefisien aliran, waktu konsentrasi, intensitas hujan dan perkiraan debit banjir (Suryaman & Kusnan, 2013).

Dalam melakukan perhitungan untuk menentukan besarnya debit banjir rencana terlebih dahulu harus dilakukan analisis terhadap data curah hujan yang diperoleh dari stasiun curah hujan terdekat yang ada disekitar daerah Sub Sistem III yaitu Stasiun Sanglah. Data curah hujan yang akan diolah adalah data curah hujan maksimum harian selama 10 tahun yaitu dari tahun 2009 sampai 2018 yang diperoleh dari Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika.



Gambar 1. Diagram alir metode penelitian

### ***Data Catchment Area***

Data catchment area adalah daerah yang ditinjau yaitu Sub Sistem III, Desa Padang Sambian, Desa Padang Sambian Kelod, Jalan Imam Bonjol, Desa Ubung dan sekitarnya.

### ***Analisis Hujan Rancangan dan Periode Ulangnya***

Hujan adalah proses kondensasi uap air di atmosfer menjadi titik air yang cukup berat untuk jatuh dan sering mencapai permukaan. Hujan biasanya terjadi karena suhu udara mendingin atau uap air ditambahkan ke udara. Hal ini tidak lepas dari kemungkinan terjadi secara bersamaan (Wibowo, 2008).

Curah hujan (mm) adalah tinggi air hujan yang terakumulasi pada alat penakar hujan pada suatu bidang datar, kedap air dan tidak mengalir. Faktor hujan 1 (satu) milimeter berarti bahwa pada luas satu meter persegi pada suatu tempat datar dapat menampung satu milimeter air hujan atau dapat menampung satu liter air hujan (BMKG Wilayah III, 2015 dalam Bidang et al., 2017)

### ***Menghitung Intensity Duration Frequency (IDF)***

Dalam menghitung IDF data yang dicari terlebih dahulu adalah intensitas curah hujan maksimum yang terjadi dengan menggunakan Gumbel dan distribusi Log Pearson Tipe III.

### ***Koefisien Aliran Permukaan (C)***

Koefisien limpasan (C) adalah angka yang menunjukkan perbandingan antara air permukaan dan curah hujan. Informasi tingkat aliran sangat penting dalam pengelolaan DAS (Wahyuningrum & Pramono, 2007). Koefisien aliran ini merupakan indikator untuk menentukan apakah suatu DAS terganggu secara fisik. Nilai C yang tinggi menunjukkan bahwa semakin banyak air hujan yang mengalir di atas permukaan, maka semakin besar pula risiko terjadinya erosi dan banjir. Nilai C berkisar antara 0 sampai 1 (Sugiharta, 2008; Ridwan, et al., 2018).

Koefisien aliran permukaan diperoleh dengan membandingkan laju aliran permukaan dalam milimeter (mm) dengan curah hujan dalam milimeter (mm). Tata guna lahan, kemiringan lereng, dan elevasi berperan dalam mempengaruhi besar kecilnya aliran permukaan yang terjadi saat hujan (Putrinda, 2012).

### ***Waktu Konsentrasi (Tc)***

Waktu konsentrasi  $T_c$  adalah waktu perjalanan yang diperlukan oleh air dari tempat paling jauh (hulu DAS) sampai ke titik pengamatan aliran air (*outlet*) (Asdak, 2013). Hal ini terjadi ketika tanah di sepanjang dua titik ini jenuh dan semua reservoir dan genangan air lainnya telah diisi dengan air hujan. Jika lama hujan sama dengan  $T_c$ , maka diasumsikan terjadinya limpasan (flow) ke titik pengamatan berasal dari seluruh bagian DAS.

### ***Analisis Banjir dan Hidraulika***

Genangan adalah limpasan permukaan yang disebabkan oleh curah hujan yang tinggi sehingga meningkatkan limpasan hingga limpasan puncak, kemudian menurun pada saat hujan berhenti dan limpasan permukaan kembali ke aliran dasar (Hall, 1984; Norcken et al., 2005).

Kerentanan banjir tergantung pada intensitas banjir, seperti kedalaman, kecepatan dan durasi banjir. Kerentanan didefinisikan sebagai suatu kondisi yang ditentukan oleh faktor fisik, sosial, ekonomi dan lingkungan yang meningkatkan kerentanan masyarakat terhadap efek bahaya (Tingsanchali, 2012)

Kota Denpasar menghadapi situasi penyebab banjir seperti diuraikan oleh Sugiharta, 2008 yaitu permasalahannya mencakup diantaranya topografi sangat landau, perubahan tata guna lahan, antara lain: pemukiman padat, sempadan sungai semakin sempit, dwifungsi saluran drainase juga sebagai saluran irigasi, lingkungan sosial budaya seperti: kebiasaan membuang sampah pada saluran, genangan air karena belum ada saluran pembuangan disertai ada pasang surut air laut, dan pembangunan yang belum menyeluruh, serta pemeliharaan saluran yang masih terbatas.

### ***Debit Banjir Rencana***

Debit banjir rencana adalah debit banjir tahunan yang diperkirakan melalui beberapa proses berulang. Debit banjir yang diramalkan juga menjadi dasar untuk menghitung struktur air yang akan diramalkan dan merupakan debit maksimum yang dapat muncul pada suatu daerah dengan peluang terjadinya tertentu (Rachmawati, 2010)

### ***Saluran Utama Drainase Kota Denpasar***

Drainase berarti mengalirkan, menguras, membuang, atau mengalihkan air. Secara umum, drainase didefinisikan sebagai rangkaian struktur hidraulik yang mengurangi dan membuang kelebihan air dari suatu area atau lahan, sehingga lahan tersebut dapat dimanfaatkan secara optimal. Sistem drainase juga didefinisikan sebagai sarana untuk membuang kelebihan air yang tidak diinginkan dari suatu daerah, serta sarana untuk menangani konsekuensi yang disebabkan oleh kelebihan air (Suripin, 2004).

Berdasarkan masterplan saluran drainase Kota Denpasar dibagi menjadi 5 (lima) sistem utama yaitu: Sistem I (Sistem Tukad Badung); Sistem II (Sistem Tukad Ayung); Sistem III (Sistem Tukad Mati); Sistem IV (Sistem Niti Mandala – Suwung); Sistem V (Sistem Pemogan)

Tukad Mati memiliki panjang 12,50 km dan luas *catchment* area 25,40 km<sup>2</sup> dengan slope rata-rata 1/500. Hulu Tukad Mati terletak di daerah Mertagangga Badung Utara dengan hilir di Benoa. Tukad Mati memiliki 5 anak sungai antara lain: Tukad Tebe, Pangkung Kedampang, Tukad Lebak Muding, Pangkung Subak Srogsogan, Pangkung Danu.

### ***Kapasitas Saluran Drainase***

Kapasitas saluran adalah besarnya volume air yang dapat dialirkan dalam waktu tertentu yang juga disebut debit aliran. Secara hidraulik ada dua aspek yang dapat menentukan besarnya debit aliran, yaitu: kecepatan aliran dan luas penampang basah saluran (Chow, 1959).

Kapasitas saluran sangat ditentukan oleh bentuk dan dimensi penampang saluran (A), besarnya radius hidrolis (R) dan kemiringan dasar saluran serta kemiringan memanjang dasar saluran (I) yang mampu mengalirkan air ke saluran pembuang selanjutnya.

### ***Menghitung Debit Teoritis ( $Q_t$ ) dan Kapasitas Saluran Eksisting ( $Q_{sal}$ )***

Debit teoritis adalah debit yang dihitung menggunakan rumus yang digunakan pertama kali oleh Mulvaney (1874) dalam Supirin (2004).

### ***Perbandingan***

Kegiatan ini dilakukan dengan membandingkan besar dari debit teoritis ( $Q_t$ ) dan kapasitas saluran ( $Q_{sal}$ ), jika  $Q_t > Q_{sal}$  dikategorikan banjir karena debit saluran tidak dapat menampung debit hujan yang terjadi dan jika  $Q_t < Q_{sal}$  dikategorikan aman banjir karena debit saluran dapat menampung debit hujan yang terjadi.

### ***Evaluasi***

Kegiatan ini dilakukan dengan membandingkan besar dari debit teoritis ( $Q_t$ ) dan kapasitas saluran rencana ( $Q_{sal}$ ) pada daerah yang rawan banjir, jika  $Q_t > Q_{sal}$  dikategorikan banjir karena debit saluran tidak dapat menampung debit hujan yang terjadi dan jika  $Q_t < Q_{sal}$  dikategorikan aman banjir karena debit saluran dapat menampung debit hujan yang terjadi.

### ***Analisis Geographic Information System (GIS)***

Secara definisi *Geographic Information System* (GIS) ialah suatu perangkat lunak untuk mengumpulkan, menyimpan, menampilkan dan mengkorelasikan data spasial (bereferensi keruangan) dari fenomena geografis untuk dianalisis dan hasilnya dikomunikasikan kepada pemakai data bagi keperluan pengambilan keputusan (Asep & Sugeng, 1996).

GIS memiliki kemampuan untuk memanipulasi data spasial dan atribut serta integrasi beberapa tipe data dalam suatu analisis tunggal yang cepat yang tidak dapat dicapai jika menggunakan metode manual (Aronoff, 1989).

Berdasarkan definisi di atas maka dapat ditarik suatu manfaat tentang GIS (*Geographic Information System*) antara lain (Indrasmoro, 2013): manajemen tata guna lahan; inventarisasi sumber daya alam; untuk pengawasan daerah bencana alam; dan untuk perencanaan wilayah dan kota.

### ***Aplikasi GIS pada studi ini***

Aplikasi GIS memiliki fungsi sebagai visualisasi peta dengan informasi profil saluran berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan pada excel. Lokasi banjir dipetakan secara geografis dengan aplikasi GIS berbasis web, menggunakan data peta dari Google Map. Aplikasi ini beroperasi menggunakan dua software yaitu Xampp dan MySQL. Xampp berfungsi sebagai *control panel* untuk mengaktifkan MySQL. Pada MySQL terdapat kode dan data dari aplikasi. *Running* aplikasi masih bersifat localhost karena belum memiliki domain sehingga penyimpanan data di MySQL disimpan juga di *localhost/localhost* dalam bentuk folder. Aplikasi dibuka menggunakan dengan web browser dengan mengetik *localhost/(nama folder)*. Menu yang terdapat pada aplikasi ini antara lain menu input: data saluran dan data evaluasi, dan menu output: peta dan dashboard.

### ***Identifikasi Potensi Titik Banjir***

Dari hasil analisis menggunakan *Geographic Information System* diperoleh data-data potensi titik banjir yang digunakan sebagai acuan dalam perhitungan hidrologi selanjutnya. Untuk perhitungan hidrologi dari titik tersebut dilakukan di luar *Geographic Information*

System, angka-angka numerik hasil perhitungan tersebut selanjutnya dimasukkan ke dalam data atribut GIS.

### ***Analisis Potensi Titik Banjir dalam GIS***

Pengumpulan data dilakukan dari instansi terkait, maka data spasial berupa peta dan data atribut dalam bentuk table dikumpulkan, diperiksa kelengkapan informasi yang ditampilkan dan diurutkan sesuai dengan tema masing aspek. Pemasukan data dalam bentuk digital, data spasial dan atribut harus dalam bentuk digital.

Data digital spasial dan atribut dikonversikan ke dalam GIS dengan menggunakan perangkat lunak ArcInfo. Peta digital dari AutoCAD dikonversikan ke GIS. Setelah itu data tersebut didefinisikan dulu bentuk spasialnya. Analisis tumpang tindih merupakan kegiatan awal di dalam mengidentifikasi lokasi yang potensi sebagai titik rawan banjir.

Data digital merupakan data masukan yang digunakan dalam kegiatan analisis tumpang tindih. Untuk kegiatan analisis ini digunakan teknik overlay antara dua coverage yaitu menyatukan antara dua coverage yang berbeda sesuai dengan kriteria dimasukkan sehinggamenhasilkan suatu coverage dan informasi yang baru.

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

### **Hasil Analisis Curah Hujan Rencana**

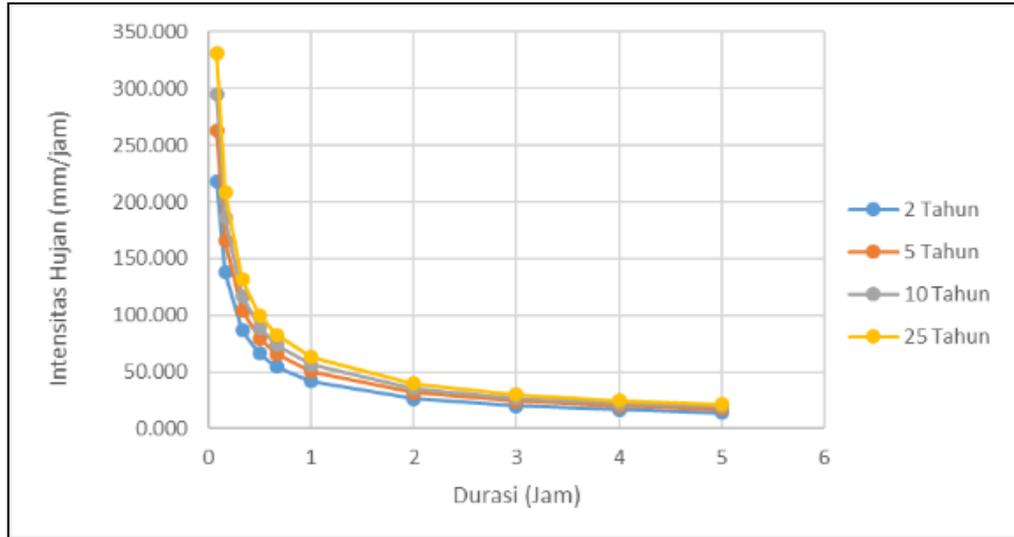
Analisis yang dilakukan pertama adalah analisis terhadap data curah hujan sebelum menentukan debit banjir. Data curah hujan didapatkan dari Stasiun Ngurah Rai dan Stasiun Sanglah. Hasil analisis curah hujan rencana menggunakan dua metode yaitu Gumber dan Log Pearson Tipe III seperti tabel berikut.

**Tabel 1.** Perbandingan Curah Hujan Harian Maksimum Metode Gumbel dan Log Pearson Tipe III

<b>Periode Ulang</b>	<b>Metode Gumbel mm/hari</b>	<b>Log Pearson Tipe III mm/hari</b>	<b>Curah Hujan Harian Maksimum Rencana (RT) (mm/hari)</b>
2	110.83	113	113
5	135.49	132	136
10	151.82	144	152
25	182.58	168	183

### **Perhitungan Intensity Duration Frequency (IDF)**

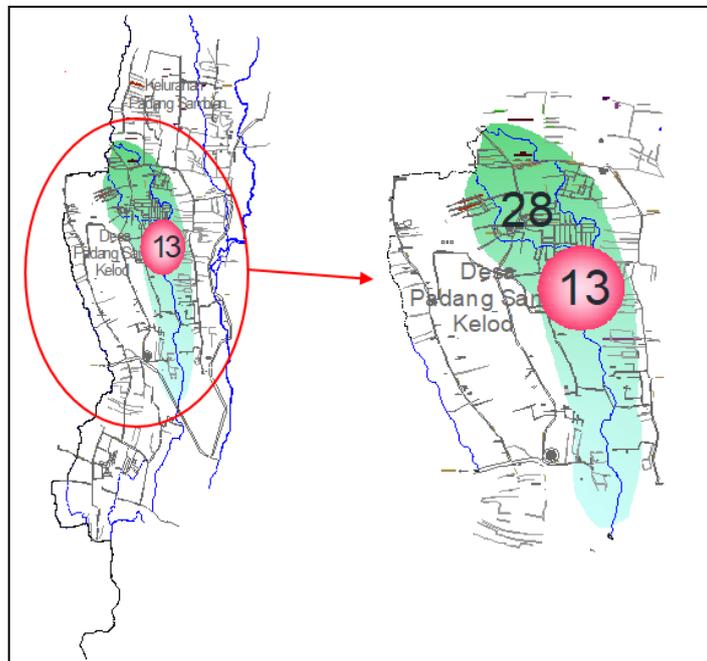
Data yang diperlukan dalam pembuatan kurva IDF adalah data hujan jangka pendek yaitu menit hingga jam berasal dari analisis curah hujan rencana dengan berbagai kala ulang. Pada penelitian kali ini hanya tersedia curah hujan harian maka digunakan rumus pendekatan yaitu rumus Mononobe. Mencari persamaan lengkung kurva IDF dapat menggunakan rumus Talbot, Sherman dan Ishiguro. Hasil dari ketiga rumus tersebut kemudian dibandingkan untuk dicari deviasi terendah. Rumus dengan deviasi terendah yang akan digunakan intensitas curah hujannya. Intensitas yang digunakan adalah intensitas dari hasil perhitungan dengan rumus Sherman.



**Gambar 2.** Kurva *Intensity Duration Frequency* (IDF) berbagai kala ulang

### Identifikasi Titik Banjir

Daerah yang diidentifikasi adalah pada area Desa Padangsambian Kelod. Titik tersebut didapatkan dari data Dinas PUPR Kota Denpasar tahun 2019.

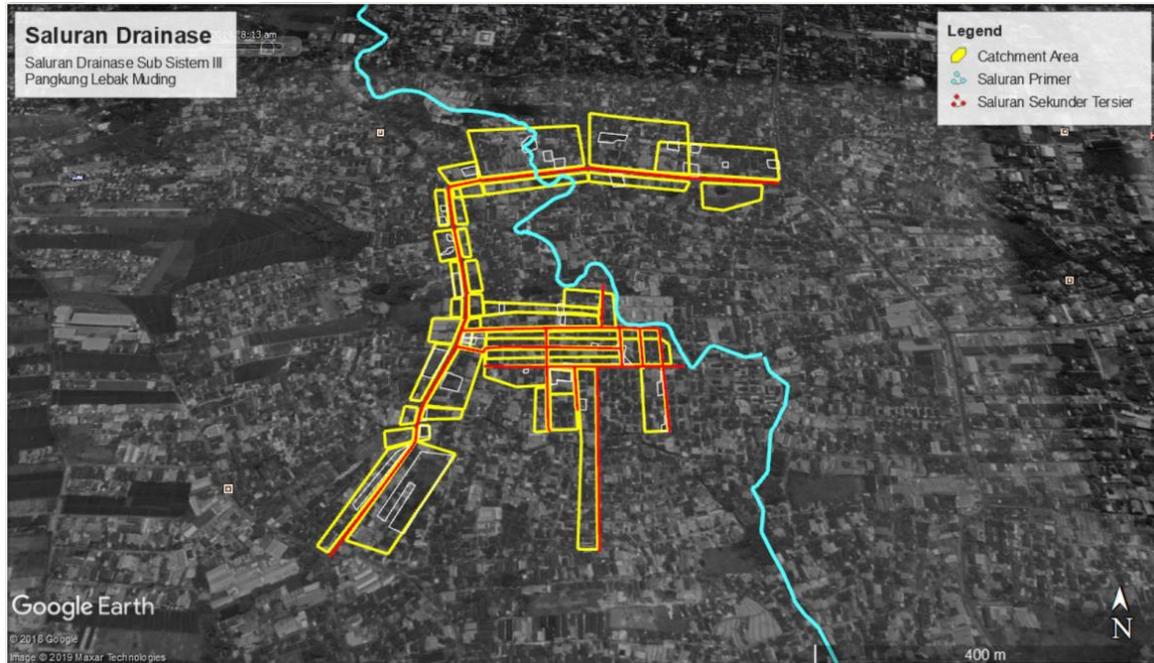


**Gambar 3.** Lokasi Titik Banjir

Sumber : Dinas PUPR Kota Denpasar (2019)

Banjir pada saluran sekunder dan tersier daerah tersebut dikarenakan oleh beberapa faktor yang sama yaitu: memiliki elevasi rendah (dekat dengan pangkung); merupakan daerah padat penduduk (saluran terdesak pemukiman); drainase mengalami sedimentasi yang tinggi; dan penumpukan sampah, sehingga saluran sekunder tidak dapat mengalirkan air ke saluran primer dan menyebabkan terjadi banjir.

Titik yang sudah teridentifikasi akan dievaluasi berdasarkan parameter-parameter yang berpengaruh yaitu: (1) luas genangan dan tinggi genangan banjir dan *catchment area* yang mempengaruhi, disertai identifikasi elevasi titik-titik banjir yang akan dievaluasi, (2) pola dan arah aliran berdasarkan titik banjir yang sudah teridentifikasi, (3) koefisien aliran (C), dan (4) Intensitas hujan dari analisis hidrologi data terbaru.



**Gambar 4.** Pemetaan saluran menggunakan Google Earth

### **Hasil Perbandingan Kapasitas Saluran dengan Debit Rencana**

Kapasitas saluran yang telah dihitung kemudian di bandingkan dengan debit rencana untuk menentukan saluran yang banjir dengan ketentuan  $Q_t > Q_{sal}$  adalah banjir. Dari hasil perbandingan menunjukkan terdapat 9 titik banjir untuk kala ulang 2 tahun dan 10 titik banjir untuk kala ulang 5 sampai 10 tahun pada saluran sekunder.

Saluran primer dibagi menjadi 3 bagian yaitu hulu (daerah sebelum studi kasus), daerah studi kasus, dan hilir (daerah setelah studi kasus). Saluran primer hulu tidak mengalami banjir sampai pada kala ulang 25 tahun, sedangkan untuk daerah studi kasus dan hilir mengalami banjir dari kala ulang 2 tahun sampai 25 tahun (Gambar 5 hingga Gambar 8).

### **Hasil Identifikasi dan Evaluasi Titik Banjir Menggunakan GIS**

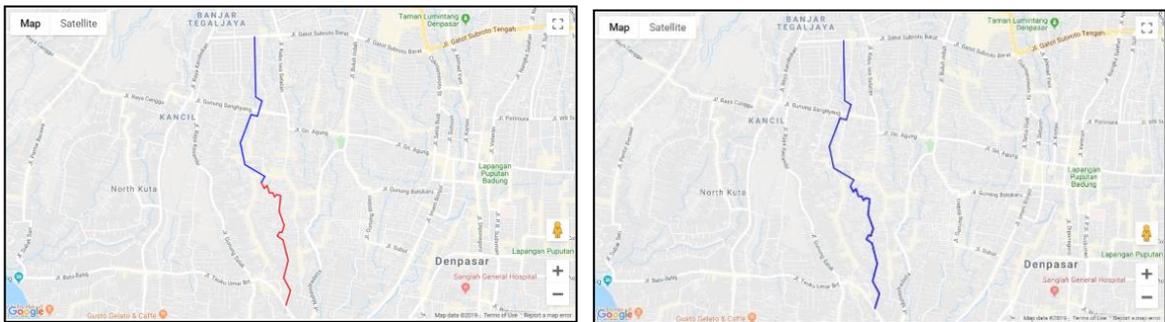
Titik teridentifikasi berdasarkan perbandingan kapasitas saluran eksisting ( $Q_{eks}$ ) dengan debit teoritis ( $Q_{teoritis}$ ) dipetakan pada aplikasi GIS, kemudian titik tersebut dievaluasi untuk direhabilitasi. Hasil evaluasi kemudian dipetakan kembali pada GIS untuk melihat perbandingan sebelum dengan sesudah dilakukan evaluasi

Berdasarkan identifikasi berbasis GIS, saluran primer dan sekunder yang berwarna merah mengindikasikan saluran banjir/tidak mampu menampung debit banjir dan warna biru mengindikasikan sebaliknya.

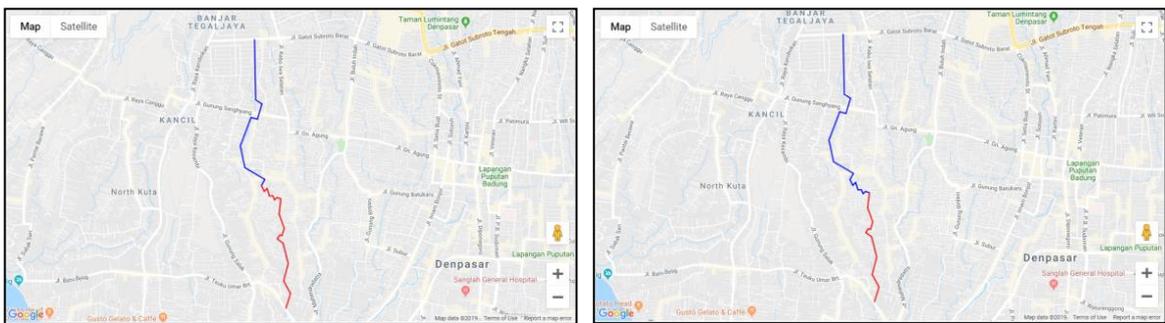
Setelah dilakukan evaluasi dengan menggunakan GIS, saluran primer dan sekunder yang berubah dari warna merah menjadi biru mengindikasikan saluran yang awalnya banjir/tidak

mampu menampung debit banjir menjadi tidak banjir/mampu menampung debit banjir (Gambar 5 hingga Gambar 11).

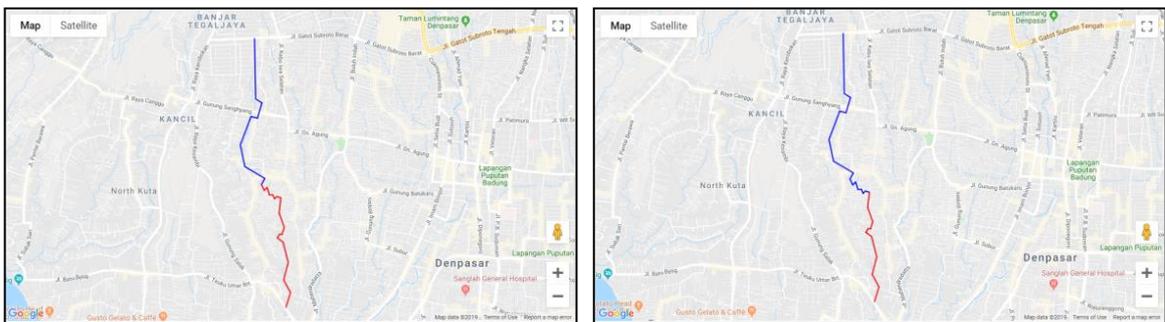
Saluran yang sudah dievaluasi akan direhabilitasi dengan mengubah dimensi penampang yaitu memperbesar nilai H (tinggi saluran) dengan pengerukan sedalam 1 m untuk saluran primer dan 0,46 m untuk sekunder. Pengerukan yang dilakukan dapat mengatasi 1 titik banjir pada saluran primer yang berada pada daerah studi kasus untuk dapat menampung debit rencana sampai pada kala ulang 10 tahun, sedangkan pada hilir hanya dapat sampai pada kala ulang 2 tahun. Seluruh titik banjir pada saluran sekunder berhasil diatasi sampai pada kala ulang 10 tahun. Saluran drainase ini berada di sepanjang jalan Tangkuban Perahu kota Denpasar.



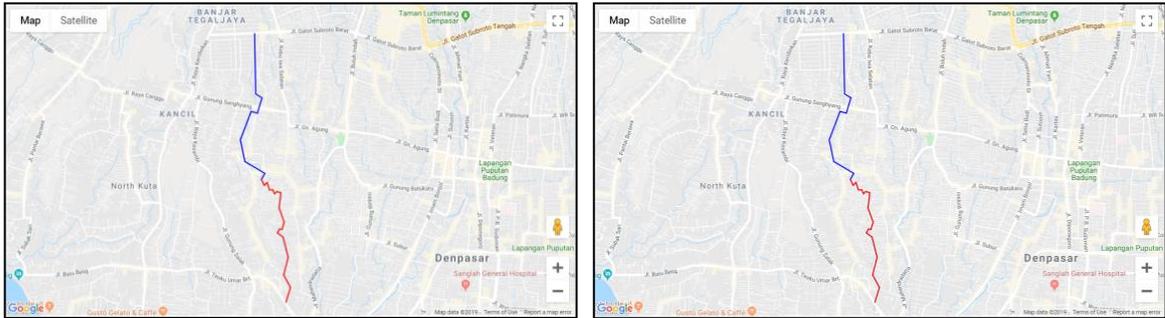
**Gambar 5.** Hasil identifikasi (kiri) dan evaluasi (kanan) titik banjir saluran primer kala ulang 2 tahun



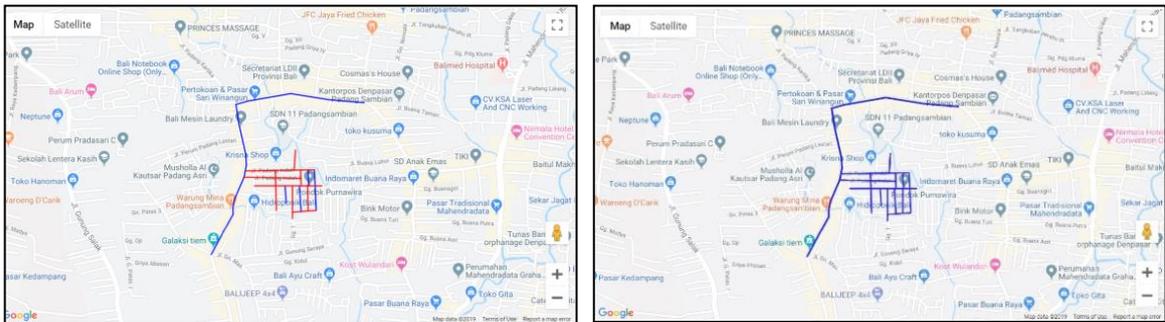
**Gambar 6.** Hasil identifikasi (kiri) dan evaluasi (kanan) titik banjir saluran primer kala ulang 5 tahun



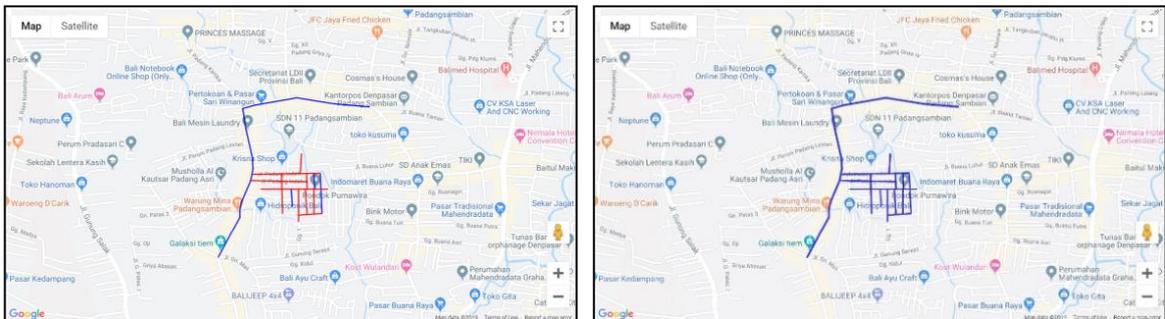
**Gambar 7.** Hasil identifikasi (kiri) dan evaluasi (kanan) titik banjir saluran primer kala ulang 10 tahun



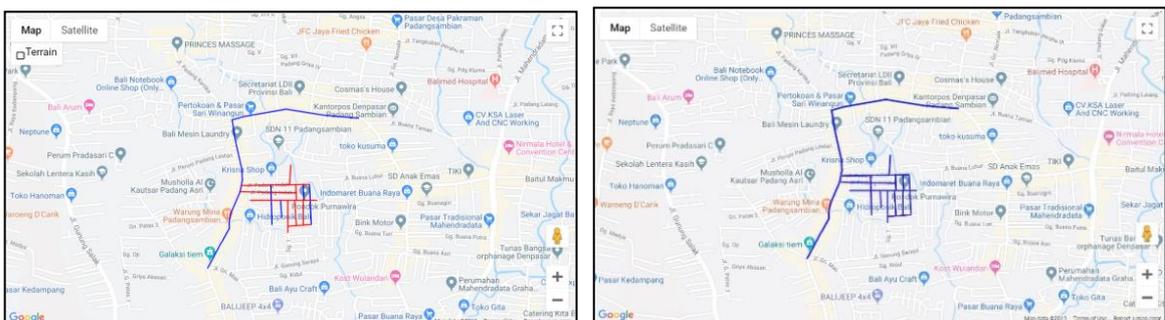
**Gambar 8.** Hasil identifikasi (kiri) dan evaluasi (kanan) titik banjir saluran primer kala ulang 25 tahun



**Gambar 9.** Hasil identifikasi (kiri) dan evaluasi (kanan) titik banjir saluran sekunder kala ulang 2 tahun



**Gambar 10.** Hasil identifikasi (kiri) dan evaluasi (kanan) titik banjir saluran sekunder kala ulang 5 tahun



**Gambar 11.** Hasil identifikasi (kiri) dan evaluasi (kanan) titik banjir saluran sekunder kala ulang 10 tahun

## **KESIMPULAN**

Pada penelitian ini dapat ditarik kesimpulan bahwa daerah yang menjadi titik banjir yaitu sepanjang saluran drainase jalan Tangkuban Perahu kota Denpasar pada Sub Sistem III Saluran Lebak Muding adalah 10 saluran terdiri atas sekunder dan tersier dan 2 saluran primer. Titik banjir tidak mampu menampung debit curah hujan dari kala ulang 2 tahun sampai 10 tahun. Jumlah titik banjir mengalami peningkatan dari kala ulang 2 tahun ke kala ulang 5 tahun dan tetap sama sampai kala ulang 10 tahun. Pada kala ulang 2 tahun terdapat 9 titik banjir sedangkan pada kala ulang 5 tahun sampai 10 tahun terdapat 10 titik banjir.

Debit ( $Q$ ) pada lokasi titik-titik banjir di Sub Sistem III Saluran Pangkung Lebak Muding memiliki kondisi  $Q$  saluran lebih kecil daripada Debit teoritis ( $Q_t$ ) sampai pada kala ulang 10 tahun untuk saluran sekunder dan sampai pada kala ulang 25 tahun untuk saluran primer.

Hasil evaluasi pada saluran Sub Sistem III Saluran Pangkung Lebak Muding adalah perlunya normalisasi berupa pengerukan pada saluran yang menjadi titik banjir untuk menambah nilai  $H$  sehingga luas penampang lebih besar. Seluruh saluran sekunder dan tersier yang awalnya tergenang, pengerukan sedalam 0,46 m mampu menampung Debit teoritis ( $Q_t$ ) sampai kala ulang 10 tahun sedangkan untuk seluruh saluran primer yang tergenang, pengerukan sedalam 1 m mampu menampung Debit teoritis ( $Q_t$ ) sampai kala ulang 2 tahun dan untuk kala ulang 5, dan 10 tahun hanya 1 saluran saja yaitu SLM 2 sedangkan pada kala ulang 25 tahun kedua saluran masih TM (tidak memenuhi).

## **DAFTAR PUSTAKA**

- Aronoff, S. (1989). Geographic information systems: a management perspective. *Geographic Information Systems: A Management Perspective*. [https://doi.org/10.1016/0167-5877\(95\)90035-7](https://doi.org/10.1016/0167-5877(95)90035-7)
- Asdak, C. (2013). Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai Barito. In *Journal of Chemical Information and Modeling*.
- Asep, K., & Sugeng, R. (1996). Sistem Informasi Geografis. *Makalah Pelatihan*.
- BAPPEDA. (2015). Review Masterplan Drainase Kota Denpasar. *Review Masterplan Drainase Kota Denpasar*, 1(201310200311137), 78–79.
- Bidangan, J., Purnamasari, I., Hayati, M. N., Rudy Ariyanto, Dwi Puspitasari, F. E., & Ana Hisbiana Al Farikhi, M. Y. D. (2017). Perbandingan Autoregressive Integrated Moving Average ( Arima ) dan Double Exponential Smoothing pada Peramalan Curah Hujan di Provinsi Aceh. *Statistika*, 4(1), 471–478.
- Chow, V. Te. (1959). *Open Channel Hydraulics* McGraw-Hill. *New York*.
- Darmawan, A., Saputra, D. K., & Sambah, A. B. (2019). Visualisasi 3D Profil Pantai Jolosutro, Blitar Dengan Quantum GIS Untuk Perencanaan Wilayah Pesisir. *JFMR (Journal of Fisheries and Marine Research)*, 3(1), 98-104.
- Indrasmoro, G. P. (2013). Geographic Information System (GIS) Untuk Deteksi Daerah Rawan Longsor Studi Kasus Di Kelurahan Karang Anyar Gunung Semarang. *Jurnal GIS Deteksi Rawan Longsor*, 1–11.
- Norken, N., Yekti, M., Arsana, K., Purbawijaya, I., & Suputra, K. (2005). *Identifikasi Banjir Dan Efektifitas Sistem Drainase Di Kota Denpasar*.
- Putrinda, A. C. (2012). Koefisien Aliran Permukaan Di Das Sekampung , Provinsi Lampung Tahun 1995 - 2010.

- Rachmawati, A. (2010). Aplikasi SIG (Sistem Informasi Geografis) untuk evaluasi sistem jaringan drainase di sub DAS Lowokwaru Kota Malang. *Jurnal Rekayasa Sipil*, 4(2), 111–123.
- Ridwan, R., Asmara, S., Amin, M., & Danesta, A. S. (2018). Analisis Koefisien Aliran Permukaan Pada Berbagai Bentuk Penggunaan Lahan dengan Menggunakan Model SWAT. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung*, 7(1), 1-8.
- Sugiharta, I. A. (2008). Identifikasi Lokasi Titik-Titik Banjir di Kota Denpasar Dengan Menggunakan GIS (Kasus Sub Sistem Tukad Rangda). *Tugas Akhir Universitas Udayana*.
- Suripin. (2004). Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan. ANDI.
- Suryaman, H., & Kusnan, H. (2013). Evaluasi Sistem Drainase Kecamatan Ponorogo Kabupaten Ponorogo. *Evaluasi Sistem Drainase Kecamatan Ponorogo Kabupaten Ponorogo*, 02, 0–07.
- Tingsanchali, T. (2012). Urban flood disaster management. *Procedia Engineering*, 32, 25–37. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2012.01.1233>
- Wahyuningrum, N., & Pramono, I. B. (2007). Aplikasi Sistem Informasi Geografis Untuk Perhitungan Koefisien Aliran Permukaan Di Sub Das Ngunut I, Jawa Tengah. *Jurnal Penelitian Hutan Dan Konservasi Alam*, 4(6), 561–571. <https://doi.org/10.20886/jphka.2007.4.6.561-571>
- Wibowo, H. (2008). Aplikasi Debit Aliran Menggunakan Koefisien Dasar. 1–9.