

ANALISIS PERKIRAAN DEBIT ALIRAN PADA DAERAH ALIRAN SUNGAI UNDA BERBASIS SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS (SIG)

Made Widya Jayantari¹ dan I Gusti Agung Putu Eryani²

¹ Program Studi Teknik Sipil, Universitas Udayana, Jl. Raya Kampus Unud, Jimbaran, Kecamatan Kuta Selatan Kabupaten Badung, Bali 80361, Indonesia

² Program Studi Teknik Sipil, Universitas Warmadewa, Jl. Terompong No.24, Sumerta Kelod, Kecamatan Denpasar Timur, Kota Denpasar, Bali 80239, Indonesia

Email: widyajayantari13@gmail.com

ABSTRAK: Keterbatasan data aliran merupakan kendala yang sering terjadi di dalam analisis ketersediaan air. Untuk mendapatkan data tersebut dewasa ini sudah banyak model-model prediksi debit aliran. Teknologi penginderaan jauh (*remote sensing technology*) dapat meningkatkan pengembangan studi model hubungan curah hujan–limpasan secara konvensional. Dengan teknologi ini dapat membantu dalam memprediksi debit limpasan untuk tiap Sub-DAS. DAS Unda merupakan salah satu DAS Potensial di Provinsi Bali. Analisis debit aliran ini dilakukan dengan metode overlay dengan mengoverlay peta tata guna lahan dan peta jenis tanah di DAS Unda sehingga mendapatkan nilai CN kemudian dilanjutkan dengan menghitung debit aliran prediksi menggunakan metode SSCN. Dari analisis dalam sepuluh tahun terakhir terjadi fluktuasi debit, dimana debit terbesar yang pernah terjadi adalah 10.569 m³/detik pada tahun 2013 di subdas Telagawaja dan terendah sebesar 0,079 m³/detik di subdas Tanah pada tahun 2010. Untuk subdas Telagawaja dalam sepuluh tahun terakhir debit rata-ratanya sebesar 8,068 m³/detik, subdas Masin sebesar 0,963 m³/detik, subdas Tanah sebesar 0,163 m³/detik, subdas Nyuling sebesar 0,705 m³/detik, subdas Kaun sebesar 1,653 m³/detik, subdas Yeh Batah sebesar 0,564 m³/detik, subdas Unda sebesar 1,722 m³/detik, dan subdas Sangsang sebesar 0,764 m³/detik.

Kata kunci: prediksi debit, GIS, Overlay

ESTIMATION ANALYSIS OF DISCHARGE DATA IN THE UNDA WATERSHED BASED ON GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM (GIS)

ABSTRACT: The limited flow data is an obstacle that often occurs in the analysis of water availability. To obtain this data, nowadays there are many prediction models for flow discharge. Remote sensing technology can improve the development of conventional rainfall–runoff relationship model studies. With this technology, it can help predict the runoff discharge for each Sub-watershed. The Unda watershed is one of the potential watersheds in the province of Bali. The flow discharge analysis was carried out using the overlay method by overlaying the land use map and the soil type map in the Unda watershed so as to obtain the CN value, then proceed with calculating the predicted flow rate using the SSCN method. From the analysis in the last ten years there have been fluctuations in discharge, where the largest discharge ever occurred was 10,569 m³/s in 2013 in the Telagawaja sub-watershed and the lowest was 0.079 m³/s in the Tanah sub-watershed in 2010. For the Telagawaja sub-watershed in the last ten years the average discharge -the average is 8.068 m³/s, Masin sub-watershed 0.963 m³/s, Tanah sub-watershed 0.163 m³/s, Nyuling sub-watershed 0.705 m³/s, Kaun sub-watershed 1.653 m³/s, Yeh Batah sub-watershed 0.564 m³/s Unda is 1.722 m³/s, and Sangsang sub-basin is 0.764 m³/s.

Keywords: discharge prediction, GIS, Overlay

PENDAHULUAN

Air merupakan kebutuhan yang sangat penting bagi kehidupan di muka bumi ini. Utamanya bagi manusia air memegang peranan penting dalam pemenuhan kebutuhan seperti kegiatan domestik, pertanian, industri dan lain sebagainya (Thenkabail et al., 2004)(Eryani, 2015).

Kebutuhan air tiap tahunnya meningkat akan tetapi ketersediaannya yang cenderung tetap dan tidak merata mengharuskan adanya pengelolaan sumber daya air yang terpadu (Eryani et al., 2022).

Dalam pengoperasian sistem tatanan air untuk keperluan penyediaan air perkotaan, domestik dan industri, irigasi maupun listrik tenaga air yang memerlukan suatu analisa hidrologi yang membahas tentang ketersediaan air. Untuk menganalisa ketersediaan air secara ideal diperlukan data aliran yang cukup panjang (minimum 15 tahun), sehingga hasil analisis tersebut ideal (Pusat Pendidikan dan Pelatihan Sumber Daya Air dan Konstruksi, 2017).

Keterbatasan pencatatan data debit di beberapa Daerah Aliran Sungai (DAS) menjadi kendala pada analisis ketersediaan air pada DAS tersebut. Beberapa DAS di Indonesia hanya memiliki ketersediaan data berkisar 2 sampai 4 tahun, hal ini dikarenakan oleh faktor-faktor penyebab seperti kerusakan alat pencatatan karena usia, rusak karena bencana banjir atau longsor serta ada juga faktor manusia yang merusak secara sengaja (Utami, 2016). Dewasa ini, ada beberapa model prediksi debit yang dapat digunakan untuk mendapatkan data debit untuk time series yang lebih panjang.

Data hidrologi dan meteorologi adalah parameter-parameter utama yang harus dipertimbangkan dalam penggunaan model konvensional untuk perhitungan debit limpasan. Sedangkan pengaduan data tersebut membutuhkan biaya tinggi serta waktu yang intensif dikarenakan sulitnya proses pengumpulan data. Saat ini teknologi penginderaan jauh (*remote sensing technology*) dapat dijadikan salah satu alternative pengembangan model hubungan curah hujan–limpasan secara konvensional (Hamdan et al., 2021)

Sistem Informasi Geografis (SIG) adalah sebuah sistem untuk pengelolaan, penyimpanan, pemrosesan atau manipulasi, analisis, dan penayangan data, dimana data

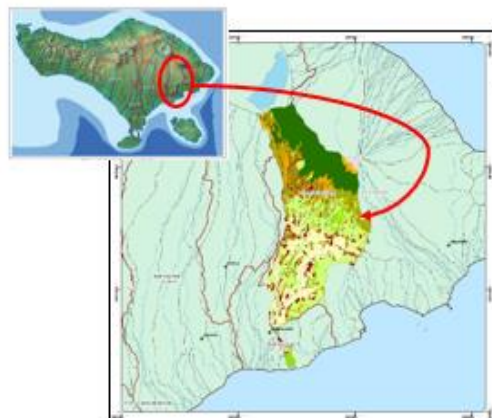
tersebut secara spasial (keruangan) terkait dengan muka bumi. Dengan SIG ini dapat membantu dalam memprediksi debit limpasan untuk tiap Sub-DAS. Dalam SIG ada teknologi overlay yang dapat membantu dalam analisis debit limpasan di Sub-DAS yang nantinya dapat dimanfaatkan untuk mengetahui hubungan antara curah hujan dengan debit limpasan terjadi (Hutauruk et al., 2020).

DAS Unda merupakan salah satu DAS Potensial di Provinsi Bali yang dimanfaatkan sebagai sumber air untuk kebutuhan air irigasi dan domestik di Kabupaten Karangasem dan Klungkung (BWS Bali-Penida, 2012). Teknologi SIG dapat membantu untuk memprediksi debit limpasan di DAS Unda. Hal ini nantinya dapat memprediksi debit limpasan yang terjadi berdasarkan data curah hujan yang terjadi yang kemudian dapat digunakan sebagai memprediksi debit di daerah yang tidak memiliki data pengukuran debit yang dapat digunakan sebagai informasi debit di daerah tersebut.

METODE

Lokasi Penelitian

Daerah Aliran Sungai Unda mencakup 3 wilayah kabupaten yaitu Kabupaten Karangasem (208,092 km²), serta sebagian di wilayah Kabupaten Klungkung (11,701 km²) dan Kabupaten Bangli (11,122 km²) (BWS Bali-Penida, 2012). Lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. DAS Unda

Aliran air dari Sungai Unda banyak dimanfaatkan terutama untuk air baku dan pemenuhan kebutuhan air irigasi dengan luas lahan pertanian sebesar 4542,3 Ha yang

sebagian besar terdapat di wilayah Kabupaten Karangasem.

Alat dan Bahan Penelitian

a) Alat

Alat yang digunakan dalam pengolahan data dalam penelitian ini adalah Ms. Excel 2013 dan QGIS 3.10.

b) Bahan

Data yang diperlukan dalam peta prediksi debit aliran ini berupa tiga buah peta digital berbentuk vector yaitu peta digital jenis tanah di DAS Unda, peta tata guna lahan di DAS Unda dan peta hujan tahunan DAS Unda untuk tiap catchment dengan georeference WGS_1984_UTM_Zone_50S. Data penelitian dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Data – Data yang Diperlukan Dalam Penelitian

No	Jenis Data	Sumber Data
1.	Peta sub catchment Unda	Software WEAP
2.	Peta Batas DAS	BWS Bali-Penida
3.	Data Shapefile Jenis Tanah	BAPPEDA Bali
4.	Data Shapefile Tata Guna Lahan	BWS Bali-Penida
5.	Curah Hujan Tahunan 2009-2018	Princeton Climate Data

Metode Penelitian

Prediksi Debit Limpasan (Direct Run Off) Dengan Metode SCS-CN

Untuk melakukan pengukuran debit aliran dapat dilakukan dengan pengukuran secara langsung dilapangan dengan menggunakan alat pengukuran, atau dapat dilakukan dengan melakukan analisis pendugaan debit.

Pendekatan secara matematis dapat dilakukan untuk analisis pendugaan debit limpasan permukaan (DRO). Hal ini dapat dilakukan dengan ketersediaan data kuantitatif tentang kuantitas dan waktu aliran tidak diketahui. Karakteristik hujan dan karakteristik DAS dapat digunakan sebagai parameter pendugaan debit implan permukaan (DRO).

Salah satu metode numerik yang digunakan adalah metode SCS-CN yang dikembangkan oleh United States Soil Conservation Services (Hamdan et al., 2021)

Metode ini mengasumsikan bahwa curah hujan total dialokasikan untuk (JHS et al., 2019):

- Initial Abstraction (Ia), yaitu total infiltrasi awal yang jumlah sebelum adanya aliran pada simulasi;

- Retensi (S), yaitu total hujan yang jatuh setelah initial abstraction terpenuhi tetapi tidak menambah aliran yang terjadi;
- Direct Run Off (DRO).

Estimasi Nilai Curve Number (CN)

Kombinasi nilai klasifikasi penggunaan lahan, jenis tanah dan kelembaban awal dapat digunakan dalam menghitung nilai curve number (CN).

Pendugaan nilai CN dapat diawali dengan menentukan jenis kelompok tanah. SCS mengembangkan sistem klasifikasi tanah berdasarkan sifat-sifat tanah, peta tanah detail, atau laju infiltrasi tanah (Arsyad, 2010). Klasifikasi kelompok tanah pada Tabel 2.

Tabel 2. Klasifikasi Kelompok Tanah

Kelas Tanah	Karakteristik Tanah	Laju Infiltrasi (cm/jam)
A	Pasir dalam, loess dalam, debu yang beragregat	0.78-1.14
B	Loess dangkal, lempung berpasir	0.38-0.78
C	Lempung berlian, lempung berpasir dangkal, tanah kadar bahan organik rendah dan tanah berkadar liat tinggi	0.13-0.38
D	Tanah-tanah yang mengembang secara nyata, jika basah liat berat, dan tanah-tanah saline tertentu	< 0.13

Sumber: (JHS et al., 2019)

Pendugaan Aliran Permukaan

Pendugaan aliran permukaan DAS menggunakan model hubungan hujan-limpasan menggunakan CN sebagaimana disajikan dalam persamaan dibawah ini (USACE, 2000).

$$S = (25400/CN) - 254 \tag{1}$$

$$Q = (P - 0,2S)^2 / (P + 0,8S) \tag{2}$$

Keterangan:

S : retensi air potensial maksimum (mm/thn)

CN : curve number (Bilang Kurva)

Q : jumlah aliran permukaan (mm/thn)

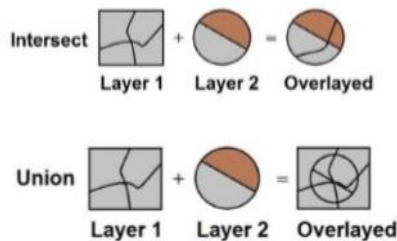
P : curah hujan (mm/thn)

Sistem Informasi Geografis (SIG)

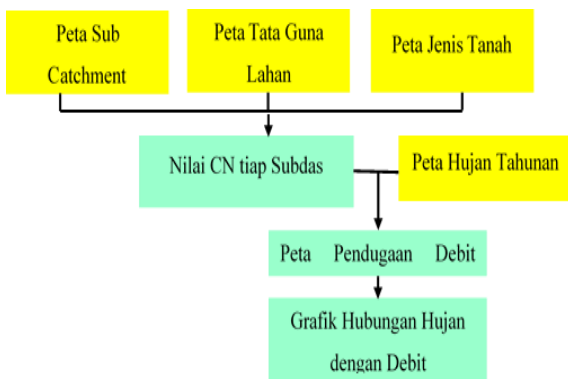
Sistem Informasi Geografis (SIG) adalah sistem berbasis komputer yang digunakan untuk menyimpan, memanipulasi dan menganalisis informasi spasial. Teknologi ini berkembang pesat sejalan dengan perkembangan teknologi informatika atau teknologi komputer (Prahasta, 2009)

Overlay

Overlay adalah analisis spasial esensial yang mengombinasikan dua layer/tematik yang menjadi masukannya. Secara umum teknis, mengenai analisis ini terbagi ke dalam format datanya raster atau vector



Gambar 2. Contoh Tampilan Skema Analisis Spasial Overlay Vektor
Sumber: (Prahasta, 2009)



Gambar 3. Tahapan Analisis Data

HASIL DAN PEMBAHASAN

Klasifikasi Jenis Tanah Das Unda

DAS Unda didominasi dengan tanah regosol kelabu sebesar 57,84% dari luas DAS Unda, diikuti dengan regosol coklat kekuningan 15,31%, latosol coklat kemerahan dan litosol 14,76%, serta regosol berhumus 12,09%.

Klasifikasi Parameter Tata Guna Lahan

Untuk parameter tata guna lahan, tata guna lahan dibedakan menjadi air tawar, hutan, kebun/ perkebunan, permukiman, rumput/tanah kosong, sawah irigasi, semak/belukar, tanah berbatu, gedung serta tegalan/ladang.

Secara keseluruhan tata guna lahan DAS Unda di dominasi dengan tutupan lahan berupa kebun/perkebunan sebesar 30.71%, kemudian hutan sebesar 21.38% serta tegalan/ladang sebesar 16.40% dan sawah irigasi sebesar 16.16%.

Perhitungan Nilai CN Untuk Setiap Sub Catchment

Setelah diinput nilai CN untuk tiap jenis tanah dan tata guna lahan kemudian dihitung nilai CNcomposite untuk tiap subcatchmentnya.

Tabel 3. Hasil Perhitungan CNcomposite untuk tiap Sub Catchment

Sub Catchment	CNcomp
C. Kaun	51.76
C. Masin	51.27
C. Nyuling	51.48
C. Sangsang	51.85
C. Tanah	52.57
C. Telagawaja	47.69
C. Unda	56.47
C. Yeh Batah	52.47

Sumber: Hasil Analisis (2022)

CNcomposite yang berasal dari nilai CN tiap tata guna lahan dan jenis tanah di kalikan dengan luasannya masing-masing kemudian dirata-ratakan. Dari perhitungan didapat nilai CNcomposite untuk subdas Kaun sebesar 51.76, subdas Masin 51.27 subdas Nyuling 51.48, subdas Sangsang sebesar 51.85, subdas Tanah sebesar 52.57, subdas Telagawaja sebesar 47.69, subdas Unda sebesar 56.47, dan subdas Yeh batah 52.47.

Nilai terbesar terdapat pada subdas Unda dan terkecil pada Subdas Telagawaja. Semakin kecil nilai CNcomposite mengindikasikan kondisi hidrologi yang semakin baik. Sehingga dari peta hasil overlay tata guna lahan dan jenis tanah di DAS Unda kondisi hidrologi terbaik ada di subdas Telagawaja dan yang kurang baik ada di subdas Unda. Nilai 47.69 dapat diartikan bahwa ketika ada hujan yang jatuh ke wilayah tersebut maka 47.69% air tersebut mengalir dan 52.31% meresap dan tertahan di dalam tanah. Jadi semakin besar nilai CNcompositenya maka air permukaan yang mengalir secara langsung (surface runoff) akan semakin besar. Dengan semakin besarnya aliran permukaan secara langsung (surface runoff) maka kemungkinan untuk terjadi banjir pada saat musim hujan dan kekeringan pada musim kemarau akan meningkat.

Curah Hujan Tahunan DAS Unda

Untuk data hujan yang akan digunakan dalam analisis ini didapat dari data hujan satelit dari

Princeton climate data yang diakses melalui software WEAP untuk tiap sub catchmentnya. Water Evaluation and Planning (WEAP) merupakan model Integrated Water Resources Management (IWRM) yang memungkinkan untuk analisis berbagai skenario perubahan keadaan supply dan demand dari suatu sumber air.

Tabel 4. Curah Hujan Tahunan 2009-2018 (mm/tahun)

Subdas/ Tahun	Telagawaja	Masin	Tanah	Nyuling	Kaun	Yeh Batah	Unda	Sangsang
2009	2245	2203	2251	2248	2247	2177	2248	2154
2010	1307	1285	1310	1308	1308	1268	1308	1255
2011	2868	2802	2877	2871	2871	2751	2872	2712
2012	2943	2880	2952	2946	2946	2835	2947	2799
2013	3111	3039	3123	3104	3103	2717	3118	2592
2014	2161	2118	2168	2163	2162	2066	2164	2035
2015	1718	1688	1722	1720	1720	1683	1719	1672
2016	2422	2368	2430	2425	2425	2324	2426	2291
2017	3196	3123	3208	3195	3195	2947	3202	2866
2018	2435	2379	2442	2440	2440	2405	2438	2394

Sumber: (United States of America, 2019)

Prediksi Debit Aliran DAS Unda

Dalam sepuluh tahun terakhir terjadi fluktuasi debit, dimana debit terbesar yang pernah terjadi adalah 10.569 m³/detik pada tahun 2013 di subdas Telagawaja dan terendah sebesar 0,079 m³/detik di subdas Tanah pada tahun 2010. Untuk subdas Telagawaja dalam sepuluh tahun terakhir debit rata-ratanya sebesar 8,068 m³/detik, subdas Masin sebesar 0,963 m³/detik, subdas Tanah sebesar 0,163 m³/detik, subdas Nyuling sebesar 0,705 m³/detik, subdas Kaun sebesar 1,653 m³/detik, subdas Yeh Batah sebesar 0,564 m³/detik, subdas Unda sebesar 1,722 m³/detik, dan subdas Sangsang sebesar 0,764 m³/detik. Kemudian dihitung debit aliran untuk tiap subdas seperti Tabel 5.

Tabel 5. Prediksi Debit Aliran (m³/detik)

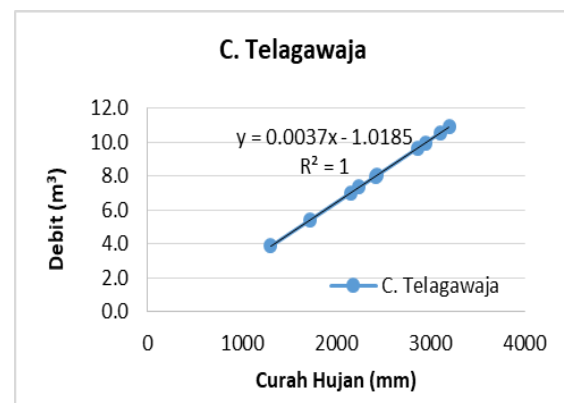
Subdas/ Tahun	Telagawaja	Masin	Tanah	Nyuling	Kaun	Yeh Batah	Unda	Sangsang
2009	7.333	0.879	0.148	0.642	1.506	0.509	1.57	0.718
2010	3.862	0.469	0.079	0.343	0.805	0.272	0.85	0.383
2011	9.659	1.149	0.194	0.842	1.976	0.659	2.05	0.927
2012	9.941	1.184	0.2	0.866	2.032	0.682	2.11	0.96
2013	10.569	1.256	0.213	0.917	2.151	0.651	2.24	0.882
2014	7.02	0.841	0.142	0.615	1.443	0.48	1.51	0.673
2015	5.373	0.649	0.109	0.473	1.111	0.38	1.17	0.537
2016	7.994	0.953	0.161	0.699	1.64	0.547	1.71	0.769
2017	10.891	1.294	0.219	0.946	2.22	0.711	2.31	0.985
2018	8.04	0.958	0.162	0.704	1.651	0.569	1.72	0.808

Sumber: Hasil Analisis (2022)

Hubungan Hujan Debit Untuk Tiap Sub Catchment DAS Unda

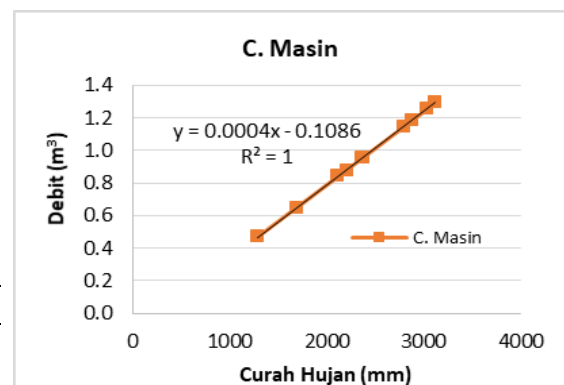
Setelah nilai debit dihitung kemudian dibuat grafik hubungan antara hujan dengan debit yang terjadi untuk tiap subcatchmentnya seperti Gambar 4 sampai 11 dibawah ini.

Untuk sub catchment Telagawaja didapat hubungan antara hujan dengan debit dengan rumus $y = 0.0037x - 1.0185$. Jika terjadi hujan sebesar 1000 mm/tahun maka debit yang akan terjadi adalah 2.68 m³/detik.



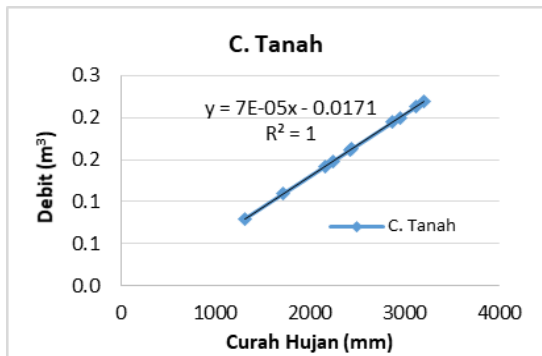
Gambar 4. Grafik Hubungan Hujan dengan Debit di Sub Catchment Telagawaja

Untuk sub catchment Masin didapat hubungan antara hujan dengan debit dengan rumus $y = 0.0004x - 0.1086$. Jika terjadi hujan sebesar 1000 mm/tahun maka debit yang akan terjadi adalah 0.29 m³/detik.

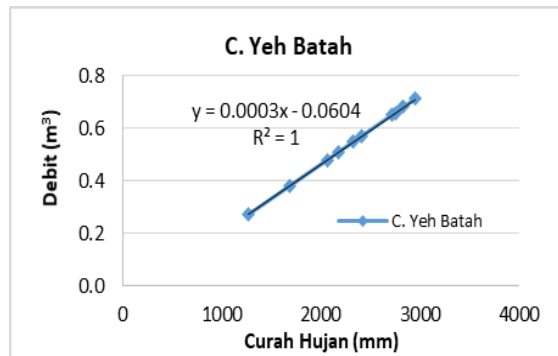


Gambar 5. Grafik Hubungan Hujan dengan Debit di Sub Catchment Masin

Untuk sub catchment Tanah didapat hubungan antara hujan dengan debit dengan rumus $y = 0.00007x - 0.0171$. Jika terjadi hujan sebesar 1000 mm/tahun maka debit yang akan terjadi adalah 0.05 m³/detik.



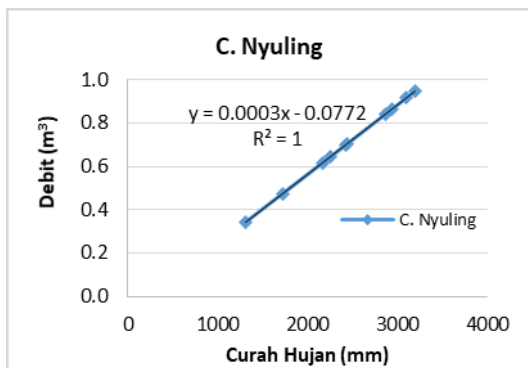
Gambar 6. Grafik Hubungan Hujan dengan Debit di Sub Catchment Tanah



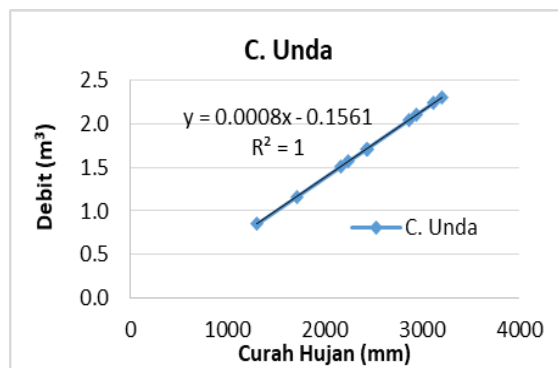
Gambar 9. Grafik Hubungan Hujan dengan Debit di Sub Catchment Yeh Batah

Untuk sub catchment Nyuling didapat hubungan antara hujan dengan debit dengan rumus $y = 0.0003x - 0.0772$. Jika terjadi hujan sebesar 1000 mm/tahun maka debit yang akan terjadi adalah $0.23 \text{ m}^3/\text{detik}$.

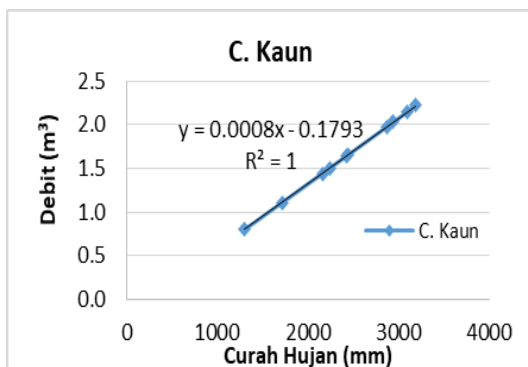
Untuk sub catchment Yeh Batah didapat hubungan antara hujan dengan debit dengan rumus $y = 0.0003x - 0.0604$. Jika terjadi hujan sebesar 1000 mm/tahun maka debit yang akan terjadi adalah $0.24 \text{ m}^3/\text{detik}$.



Gambar 7. Grafik Hubungan Hujan dengan Debit di Sub Catchment Nyuling



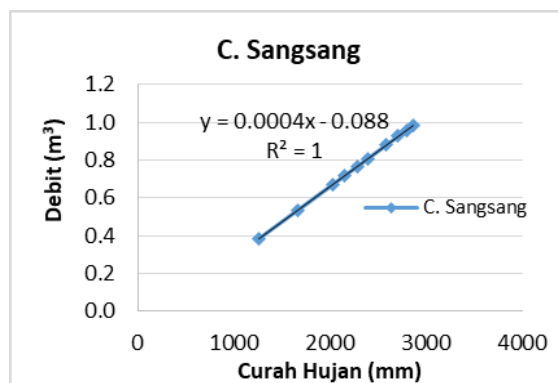
Gambar 10. Grafik Hubungan Hujan dengan Debit di Sub Catchment Unda



Gambar 8. Grafik Hubungan Hujan dengan Debit di Sub Catchment Kaun

Untuk sub catchment Unda didapat hubungan antara hujan dengan debit dengan rumus $y = 0.0008x - 0.1561$. Jika terjadi hujan sebesar 1000 mm/tahun maka debit yang akan terjadi adalah $0.64 \text{ m}^3/\text{detik}$.

Untuk sub catchment Kaun didapat hubungan antara hujan dengan debit dengan rumus $y = 0.0008x - 0.1793$. Jika terjadi hujan sebesar 1000 mm/tahun maka debit yang akan terjadi adalah $0.62 \text{ m}^3/\text{detik}$.



Gambar 11. Grafik Hubungan Hujan dengan Debit di Sub Catchment Sangsang

Untuk sub catchment Sangsang didapat hubungan antara hujan dengan debit dengan rumus $y = 0.0004x - 0.088$. Jika terjadi hujan sebesar 1000 mm/tahun maka debit yang akan terjadi adalah $0.31 \text{ m}^3/\text{detik}$.

SIMPULAN

1. Dari analisis dalam sepuluh tahun terakhir terjadi fluktuasi debit, dimana debit terbesar yang pernah terjadi adalah $10.569 \text{ m}^3/\text{detik}$ pada tahun 2013 di subdas Telagawaja dan terendah sebesar $0,079 \text{ m}^3/\text{detik}$ di subdas Tanah pada tahun 2010. Untuk subdas Telagawaja dalam sepuluh tahun terakhir debit rata-ratanya sebesar $8,068 \text{ m}^3/\text{detik}$, subdas Masin sebesar $0,963 \text{ m}^3/\text{detik}$, subdas Tanah sebesar $0,163 \text{ m}^3/\text{detik}$, subdas Nyuling sebesar $0,705 \text{ m}^3/\text{detik}$, subdas Kaun sebesar $1,653 \text{ m}^3/\text{detik}$, subdas Yeh Batah sebesar $0,564 \text{ m}^3/\text{detik}$, subdas Unda sebesar $1,722 \text{ m}^3/\text{detik}$, dan subdas Sangsang sebesar $0,764 \text{ m}^3/\text{detik}$.
2. Berdasarkan hasil overlay dan menggunakan rumus SSCN, pada sub catchment Telagawaja didapat hubungan antara hujan dengan debit dengan rumus $y = 0.0037x - 1.0185$. Untuk sub catchment Masin didapat hubungan antara hujan dengan debit dengan rumus $y = 0.0004x - 0.1086$. Untuk sub catchment Tanah didapat hubungan antara hujan dengan debit dengan rumus $y = 0.00007x - 0.0171$. Untuk sub catchment Nyuling didapat hubungan antara hujan dengan debit dengan rumus $y = 0.0003x - 0.0772$. Untuk sub catchment Kaun didapat hubungan antara hujan dengan debit dengan rumus $y = 0.0008x - 0.1793$. Untuk sub catchment Yeh Batah didapat hubungan antara hujan dengan debit dengan rumus $y = 0.0003x - 0.0604$. Untuk sub catchment Unda didapat hubungan antara hujan dengan debit dengan rumus $y = 0.0008x - 0.1561$ dan untuk sub catchment Sangsang didapat hubungan antara hujan dengan debit dengan rumus $y = 0.0004x - 0.088$.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terimakasih penulis sampaikan kepada semua pihak yang telah mendukung penyelesaian jurnal ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Arsyad, S. 2010. *Konservasi Tanah & Air*. Bogor: IPB Press.
- BWS Bali-Penida. 2012. *Rencana Pengelolaan Sumber Daya Air untuk Wilayah Sungai Bali - Penida (Tahap I)*. Denpasar.
- Eryani, I. G. A. P. 2015. "Water Potential in the Petanu and Saba Estuaries as a Water Resources Management Model in Bali Province" Udayana University. Udayana University.
- Eryani, I G. A. P, Jayantari, M.W., Wijaya, I.K.M. 2022. Sensitivity Analysis in Parameter Calibration of the WEAP Model for Integrated Water Resources Management in Unda Watershed. *Civil Engineering and Architecture*, 10(2): 455–469.
- Hamdan, A.N.A., Almuktar, S., Scholz, M. 2021. Rainfall-Runoff Modeling Using the Hec-Hms Model for the Al-Adhaim River Catchment, Northern Iraq. *Hydrology*, 8(2).
- Hutauruk, R.C., Alfiandy, S., Nainggolan, H.A., Raharjo, M.H.F.Y. 2020. GIS-Based Flood Susceptibility Mapping Using Overlay Method in Central Sulawesi. *Forum Geografi*, 34(2): 136–145.
- JHS, B., ALT, F., AD, L., LC, A. 2019. The Influence of Spatial Discretization on HEC-HMS Modelling: A Case Study. *International Journal of Hydrology*, 3(5): 442–449.
- Prahasta, E. 2009. *Sistem Informasi Geografis Konsep-Konsep Dasar Perspektif Geodesi & Geomatika*. Bandung: Penerbit Informatika.
- Pusat Pendidikan dan Pelatihan Sumber Daya Air dan Konstruksi. 2017. *Modul perhitungan hidrologi pelatihan perencanaan bendungan tingkat dasar 2017*. Bandung.

- Thenkabail, P.S., Gamage, M.S.D.N., Smakhtin, V.U. 2004. The Use of Remote Sensing Data for Drought Assessment and Monitoring in Southwest Asia. In *IWMI Research Report 085*.
- United States of America. 2019. Princeton Climate Data. [cited Available from: URL: <https://en.climate-data.org/north-america/united-states-of-america/new-jersey/princeton-18816/>]
- USACE. 2000. *Hydrologic Modeling System HEC-HMS Technical Reference Manual*.
- Utami, D.D. 2016. “Analisa Ketersediaan Air Dengan Menggunakan Gabungan Metode Mock Dan Model Tank Di Kali Samin.” Universitas Muhammadiyah Surakarta.