

## Evaluasi data curah hujan terukur dan satelit *PERSIANN-CCS* dalam analisis debit banjir rancangan terhadap debit banjir terukur di DAS Tukad Petanu

I Gusti Ngurah Kade Mahesa Adi Wardana<sup>1,\*</sup>, I Gusti Lanang Made Parwita<sup>1</sup>, I Nyoman Anom Purwa Winaya<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknologi Rekayasa Konstruksi Bangunan Air, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Bali, Badung, Bali, Indonesia

\*Corresponding authors: [adiwardana@pnb.ac.id](mailto:adiwardana@pnb.ac.id)

Submitted: 1 October 2024, Revised: 15 December 2024, Accepted: 20 December 2024

**ABSTRACT:** Analysis of design flood discharge is required in waterworks planning, especially to determine the amount of design flood discharge in a watershed. The unit hydrograph method is a commonly used method in the calculation of design flood discharge, where this method requires rainfall data in its analysis. Current technology makes it possible to use satellite data as an alternative to data from rain gauge stations whose distribution is very limited. This research aims to obtain the level of suitability of the utilisation of satellite and measured rainfall data which will be used as a solution in predicting the design flood discharge. The rainfall data used in this study uses measured rainfall data from rain gauge stations and PERSIANN-CCS satellite rainfall data. The calculation results from both data will then be validated with the river flood discharge recorded at the Tukad Petanu Hulu Automatic Water Level Recorder (AWLR) Station and seen the level of conformity. This research shows that the design flood discharge in the Tukad Petanu watershed analysed using the Nakayasu Synthetic Unit Hydrograph based on measured rainfall data for 5, 10, 25, 50, and 100-year return periods is 58.16 m<sup>3</sup>/sec, 67.99 m<sup>3</sup>/sec, 82.76 m<sup>3</sup>/sec, 95.88 m<sup>3</sup>/sec, and 110.81 m<sup>3</sup>/sec, while based on PERSIANN-CCS satellite rainfall data for the same return period of 93.00 m<sup>3</sup>/sec, 101.12 m<sup>3</sup>/sec, 109.42 m<sup>3</sup>/sec, 113.98 m<sup>3</sup>/sec, and 117.65 m<sup>3</sup>/sec, respectively. The design flood discharge in the Tukad Petanu watershed based on measured discharge data at the Tukad Petanu Hulu AWLR Station is 15.75 m<sup>3</sup>/sec, 24.94 m<sup>3</sup>/sec, 42.47 m<sup>3</sup>/sec, 61.28 m<sup>3</sup>/sec, and 86.63 m<sup>3</sup>/sec for the same return period, respectively. The design flood discharge in the Tukad Petanu watershed analysed with the Nakayasu Synthetic Unit Hydrograph Method based on measured rainfall data has a better level of fit than the PERSIANN-CCS satellite rainfall data, where measured rainfall data provides lower  $V_E$ ,  $R_E$ , and  $R_{MSE}$  values when compared to PERSIANN-CCS satellite rainfall data.

**KEYWORDS:** flood; hydrograph; rainfall; satellite.

**ABSTRAK:** Analisis debit banjir rancangan diperlukan dalam perencanaan bangunan air, terutama untuk mengetahui besarnya debit banjir rancangan di suatu Daerah Aliran Sungai (DAS). Metode hidrograf satuan merupakan metode yang umum digunakan pada perhitungan debit banjir rancangan, dimana metode ini membutuhkan data curah hujan dalam analisisnya. Teknologi saat ini memungkinkan untuk menggunakan data satelit sebagai alternatif pengganti data dari stasiun penakar hujan yang sebarannya sangat terbatas. Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh tingkat kesesuaian dari pemanfaatan data hujan satelit dan terukur yang nantinya dijadikan solusi dalam memprediksi debit banjir rancangan. Data curah hujan yang digunakan pada penelitian ini menggunakan data curah hujan terukur dari stasiun penakar hujan dan data curah hujan satelit PERSIANN-CCS. Hasil perhitungan dari kedua data tersebut selanjutnya akan divalidasi dengan debit banjir sungai yang tercatat di Stasiun Automatic Water Level Recorder (AWLR) Tukad Petanu Hulu dan dilihat tingkat kesesuaiannya. Penelitian ini memberikan hasil bahwa debit banjir rancangan di DAS Tukad Petanu yang dianalisis menggunakan HSS Nakayasu berdasarkan data curah hujan terukur untuk kala ulang 5, 10, 25, 50, dan 100 tahun secara berturut-turut adalah sebesar 58.16 m<sup>3</sup>/detik, 67.99 m<sup>3</sup>/detik, 82.76 m<sup>3</sup>/detik, 95.88 m<sup>3</sup>/detik, dan 110.81 m<sup>3</sup>/detik, sedangkan berdasarkan data curah hujan satelit PERSIANN-CCS untuk kala ulang yang sama masing-masing sebesar 93.00 m<sup>3</sup>/detik, 101.12 m<sup>3</sup>/detik, 109.42 m<sup>3</sup>/detik, 113.98 m<sup>3</sup>/detik, dan 117.65 m<sup>3</sup>/detik. Debit banjir rancangan di DAS Tukad Petanu berdasarkan data debit terukur di Stasiun AWLR Tukad Petanu Hulu secara berturut-turut sebesar 15.75 m<sup>3</sup>/detik, 24.94 m<sup>3</sup>/detik, 42.47 m<sup>3</sup>/detik, 61.28 m<sup>3</sup>/detik, dan 86.63 m<sup>3</sup>/detik untuk kala ulang yang sama. Debit banjir rancangan di DAS Tukad Petanu yang dianalisis dengan Metode HSS Nakayasu berdasarkan data curah hujan terukur memiliki tingkat kesesuaian yang lebih baik daripada data curah hujan satelit PERSIANN-CCS, dimana data curah hujan terukur memberikan nilai  $V_E$ ,  $R_E$ , dan  $R_{MSE}$  yang lebih rendah jika dibandingkan dengan data curah hujan satelit PERSIANN-CCS.

**KATA KUNCI:** banjir; hidrograf; curah hujan; satelit.

© The Author(s) 2024. This article is distributed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International license.

## 1. PENDAHULUAN

Analisis debit banjir rancangan dimanfaatkan dalam hal perancangan infrastruktur keairan di suatu Daerah Aliran Sungai (DAS). Debit banjir rancangan merupakan debit perkiraan maksimum rencana di sungai atau saluran alamiah dengan periode ulang tertentu yang dapat dialirkan tanpa membahayakan lingkungan sekitar dan stabilitas sungai (Sarminingsih, 2018). Perkiraan debit banjir perlu dilakukan untuk meminimalisir terjadinya kerusakan pada bangunan keairan yang berada di badan sungai (Mulyandari & Susila, 2020). Oleh karena itu debit banjir rencana perlu dihitung untuk mengantisipasi banjir yang akan terjadi dengan cara melakukan perencanaan pengendalian banjir di suatu sungai (Lestari, 1970).

Tukad Petanu merupakan salah satu sungai yang berada di Kabupaten Gianyar Provinsi Bali memiliki peran penting sebagai sumber air dalam pemenuhan kebutuhan air bersih, irigasi, perikanan, pariwisata dan upacara keagamaan. Air sungai yang ada tidak hanya dimanfaatkan untuk kebutuhan di sekitar Daerah Aliran Sungai (DAS) Tukad Petanu tetapi juga digunakan oleh daerah lain di luar DAS tersebut (Kabupaten Badung dan Kota Denpasar). Kondisi sungai beserta infrastruktur yang ada di dalamnya pada saat ini mulai terancam akibat dari perilaku atau aktivitas manusia seperti perubahan tutupan lahan dan penambangan batu paras yang merusak struktur dinding sungai tersebut (Aryastana, 2015). Untuk menjaga kelestarian ekosistem sungai serta keamanan dari infrastruktur bangunan air yang terbangun di badan sungai tersebut, maka sangat penting untuk dilakukan *review* kembali terhadap analisis debit banjir rencana sesuai dengan karakteristik DAS Tukad Petanu.

Debit banjir rancangan dapat ditentukan dengan memanfaatkan data pencatatan debit sungai yang terdapat pada *Automatic Water Level Recorder (AWLR)* atau dengan menggunakan data curah hujan terukur yang terdapat pada stasiun penakar hujan. Untuk daerah yang memiliki alat pencatat debit, maka debit banjir rancangan dapat langsung ditentukan dengan analisis frekuensi, namun apabila pada daerah tersebut tidak terdapat alat pencatat debit, maka debit banjir rancangan dapat ditentukan dengan menggunakan data curah hujan yang terdapat pada daerah tersebut (Pariartha, 2013). Ada tiga cara untuk memperkirakan debit banjir yaitu dengan cara statistik (probabilitas), cara satuan hidrograf dan cara empiris (Z & Rifa'i, 2018). Metode hidrograf satuan sintesis merupakan suatu metode yang umum digunakan dalam prediksi debit banjir rancangan, dimana metode ini memerlukan data curah hujan dalam analisisnya.

Data curah hujan yang digunakan untuk menentukan debit banjir rancangan pada umumnya berasal dari hasil pengukuran pengamatan cuaca di lapangan atau stasiun penakar hujan. Akan tetapi ketersediaan data curah hujan masih menjadi kendala

di Indonesia, karena sebaran stasiun pengukuran curah hujan di seluruh Indonesia masih belum merata (Misnawati et al., 2018). Dengan perkembangan teknologi saat ini, terdapat banyak cara dalam memperoleh informasi data curah hujan, salah satunya dengan menggunakan teknologi satelit (Wirabuana, 2023). Salah satu data hujan satelit yang dapat digunakan sebagai data awal dalam peramalan hujan daerah adalah data curah hujan satelit *Precipitation Estimation from Remotely Sensed Information using Artificial Neural Networks-Cloud Classification System (PERSIANN-CCS)*.

Berdasarkan penjelasan diatas, maka penulis bermaksud melakukan penelitian lebih lanjut mengenai pemanfaatan dan tingkat akurasi dari data hujan satelit, terutama data satelit *PERSIANN-CCS*. Penelitian dilakukan dengan memanfaatkan data hujan *PERSIANN-CCS* untuk mencari nilai debit banjir rancangan pada DAS Tukad Petanu dan dibandingkan dengan hasil perhitungan debit banjir observasi. Penulis juga menggunakan metode Hidrograf Satuan Sintetis (HSS) *Nakayasu* dalam mencari nilai debit banjir rancangan, karena metode HSS *Nakayasu* banyak digunakan pada penentuan debit puncak banjir dalam perencanaan bangunan air pada wilayah Indonesia (Soemarto, 1999). Dengan adanya data hujan terukur yang berasal dari stasiun penakar hujan yang dikelola oleh Balai Wilayah Sungai Bali-Penida dan data hujan satelit *PERSIANN-CCS*, maka akan dilihat tingkat kesesuaian hasil analisis debit banjir rancangan yang dihasilkan oleh kedua data tersebut terhadap data catatan debit banjir sungai yang bersumber dari data *AWLR* Tukad Petanu. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memperoleh tingkat kesesuaian dari debit banjir rancangan yang dianalisis dengan menggunakan data curah hujan satelit *PERSIANN-CCS* dengan data curah hujan terukur. Melalui penelitian ini diharapkan akan diperoleh temuan/inovasi bahwa data hujan satelit dapat dijadikan solusi dalam memprediksi debit banjir rancangan yang terjadi di DAS Tukad Petanu, dimana perhitungan debit banjir rancangan pada umumnya menggunakan data hujan terukur pada pos penakar hujan yang selama ini masih memiliki keterbatasan baik dari segi sebaran, kuantitas maupun kualitas datanya.

Mulyandari & Susila (2020) dalam penelitiannya menganalisis tentang validasi data curah hujan satelit *TRMM* dan *PERSIANN* dalam mengisi data hujan yang hilang pada analisis debit banjir rencana di DAS Telaga Lebur, dimana hasil penelitian tersebut menyatakan bahwa terdapat hubungan antara *ground data* hujan dengan hujan satelit dimana data hujan satelit *TRMM* memberikan hasil lebih akurat jika dibandingkan dengan data hujan satelit *PERSIANN*. Persamaan metode penelitian yang digunakan yaitu analisis debit banjir rencana dihitung dengan menggunakan metode Hidrograf Satuan Sintetis *Nakayasu*.

Wirabuana (2023) melakukan penelitian tentang pemanfaatan data hujan *Climate Hazards Group*

*Infrared Precipitation with Station Data (CHIRPS)* untuk estimasi banjir di DAS Sidutan, dimana penelitian ini menguji tentang pemanfaatan data satelit *CHIRPS*, selain data hujan pengukuran, dalam menghasilkan debit banjir rancangan dengan menggunakan metode Hidrograf Satuan Sintetis *Nakayasu*. Hasil yang diperoleh kemudian dibandingkan dengan debit banjir rancangan hasil analisis frekuensi menggunakan data debit *AWLR Santong*. Akan tetapi evaluasi yang dilakukan dengan mencari nilai Volume Kesalahan ( $V_E$ ), Kesalahan Relatif ( $R_E$ ), dan *Root Mean Square Error* ( $R_{MSE}$ ). Hasil evaluasi ketelitian debit banjir rancangan yang diperoleh menunjukkan data *CHIRPS* memiliki nilai  $R_E$  sebesar 6.689%, sedangkan untuk data *ARR* sebesar 7.216%. Untuk nilai  $V_E$ , data *CHIRPS* mendapat nilai sebesar 9.051%, sedangkan untuk data *ARR* sebesar 14.358%. Dan untuk nilai  $R_{MSE}$ , data *CHIRPS* menghasilkan nilai 39.735, sedangkan untuk stasiun *ARR* sebesar 38.860.

Misnawati et al. (2018) menguji tentang validasi dan koreksi yang menggunakan data hujan satelit *CHIRPS* dengan menggunakan data hujan terukur hasil observasi. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi metode koreksi bias yang dapat memberikan performa paling baik dalam memperbaiki inkonsistensi data curah hujan satelit *CHIRPS* terhadap data hujan terukur. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode koreksi bias dengan regresi linear berganda memberikan hasil yang terbaik dengan nilai determinasi ( $R^2$ ) terbesar dan jumlah kuadrat tengah sisa (*MSE*) terkecil. Pola curah hujan harian dan bulanan *CHIRPS* terkoreksi metode regresi linear berganda juga menunjukkan konsistensi yang paling baik terhadap curah hujan observasi.

Handayani et al. (2016) telah melakukan penelitian tentang model hidrologi untuk analisis banjir berbasis data satelit sudah dilakukan dengan memanfaatkan alat bantu *software Integrated Flood Analysis System (IFAS)* yang dikembangkan oleh Jepang. Parameter-parameter hidrologi pada model tersebut dapat dikalibrasi untuk memperoleh hasil simulasi yang mendekati keadaan sebenarnya. Hasil simulasi model dievaluasi ketelitiannya dengan data terukur dengan menggunakan indikator *volume error*, *wave shape error*, dan *peak discharge error*. Data-data satelit yang dipakai untuk pemodelan adalah data pada Tahun 2012 yang bersumber dari *GsMaP\_NRT*. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pemodelan hidrologi dengan menggunakan data satelit bisa digunakan sebagai alternatif untuk analisis dan prediksi banjir di lokasi studi. Hasil prediksi debit banjir menunjukkan kesesuaian yang cukup bagus dalam hal besaran debit banjir maupun durasi kejadian banjir.

Ferdian et al. (2017) melakukan penelitian tentang penggunaan data hujan satelit terkoreksi untuk analisis kejadian banjir di DAS Rokan dengan memanfaatkan data hujan satelit yang bersumber dari

*GSMaP\_NRTcorrected* dalam pemodelan hujan-debit (*Rainfall-Runoff*). Parameter yang digunakan untuk menilai akurasi model adalah kesalahan bentuk gelombang ( $E_w$ ), kesalahan volume ( $E_v$ ), dan kesalahan debit puncak ( $E_p$ ). Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada parameter yang sama dengan menggunakan data hujan satelit *GSMaP\_NRTCorrected* pemodelan memberikan hasil yang lebih baik daripada *GSMaP\_NRT Original*. Hal ini dapat dilihat pada hasil *Corrected* 5 nilai  $E_w$ ,  $E_v$  dan  $E_p$  adalah 5.00 %, 7.42 % dan 7.18 %, sedangkan pada hasil *Original* nilai  $E_w$ ,  $E_v$  dan  $E_p$  adalah 8.12 %, 19.71 % dan 7.76 %.

Nabila, (2022) telah melakukan penelitian tentang analisis prediksi hidrograf banjir berdasarkan data hujan terukur dan data hujan satelit. Data curah hujan berbasis satelit yang digunakan dalam penelitian ini adalah *PERSIANN* dengan resolusi  $0.25^\circ \times 0.25^\circ$  dan *GPM* dengan resolusi  $0.1^\circ \times 0.1^\circ$ . Hasil penelitian menunjukkan bahwa durasi curah hujan dominan untuk data terukur ialah 5 jam, *PERSIANN* 12 jam dan *GPM* 9 jam. Hal tersebut berdampak pada pola distribusi hujan rancangan dan hidrograf banjir yang dihasilkan. Hidrograf banjir rancangan berdasarkan data hujan satelit *PERSIANN* dan *GPM* lebih rendah daripada hidrograf banjir rancangan yang dihasilkan dari data curah hujan terukur. Dari kedua data hujan satelit tersebut, hidrograf banjir yang paling mendekati dengan data terukur ialah data *GPM*.

Nguyen et al. (2018) dalam penelitiannya dijelaskan bahwa satelit *PERSIANN* dibagi menjadi 3 yaitu, *PERSIANN*, *PERSIAN CCS*, dan *PERSIAN CDR*. Perbedaan dari ketiganya yaitu dalam hal resolusi daerah tangkapan. *PERSIANN* ( $0.25^\circ \times 0.25^\circ$ ), *PERSIANN-CCS* ( $0.04^\circ \times 0.04^\circ$ ) dan *PERSIANN-CDR* ( $0.25^\circ \times 0.25^\circ$ ). Makin kecil resolusinya maka daerah tangkapan satelit tersebut semakin besar. Dalam perkembangan ilmu pengetahuan, data *PERSIANN* digunakan dalam berbagai penelitian dalam hal, pemantauan kekeringan, analisis kelembaban tanah, pemodelan hidrologi, dan juga analisis banjir.

Zhang et al. (2018) dalam penelitiannya melakukan evaluasi dan perbandingan terhadap data satelit *GPM*, *TRMM*, dan *CMORPH*. Perbedaan satelit ini dengan *PERSIANN* ialah dari resolusi yang digunakannya. Pada *GPM* mempunyai resolusi yaitu  $0.1^\circ \times 0.1^\circ$ . Kedua satelit ini cocok digunakan di area yang memiliki dataran tinggi/pengunungan. Kelebihan dari data satelit *GPM* yaitu memiliki sensor yang sensitif dalam hal menampilkan data hujan yang terjadi pada suatu wilayah tersebut.

Damayanti et al. (2022) melakukan penelitian tentang penggunaan metode Hidrograf Satuan Sintetis (*HSS*) *Nakayasu*, *ITB-1*, dan *Limantara* dalam menganalisis debit banjir rancangan pada DAS Manikin di Kabupaten Kupang. Penelitian tersebut memberikan hasil bahwa metode analisis debit banjir yang paling sesuai adalah *HSS Nakayasu*.

Penelitian ini menggunakan metode Hidograf Satuan Sintetis *Nakayasu* yang diterapkan untuk memprediksi debit banjir rancangan di DAS Tukad Petanu dengan memanfaatkan data curah hujan satelit yang selama ini belum pernah dilakukan di lokasi penelitian. Pemanfaatan data curah hujan satelit *PERSIANN-CCS* digunakan karena data satelit ini memiliki resolusi paling kecil dari data hujan satelit lainnya, sehingga diharapkan akan menghasilkan daerah tangkapan yang semakin besar. Hal ini berdampak pada hasil analisis yang semakin teliti dalam penentuan hujan daerahnya. Belum ada penelitian yang memanfaatkan data curah hujan satelit ini dalam memprediksi debit banjir rancangan di lokasi penelitian.

## 2. METODE

Metode dalam penelitian ini adalah kuantitatif dengan menggunakan metode analisis data primer dan sekunder untuk memecahkan permasalahan. Penelitian ini dimulai dari pengumpulan data primer berdasarkan survei lapangan dan pengumpulan data sekunder yang diperoleh dari instansi terkait. Survei lapangan dilakukan dengan cara mengidentifikasi lokasi pos duga debit banjir di Stasiun *AWLR* Tukad Petanu Hulu serta kondisi ketinggian muka air banjir di lokasi tersebut. Wawancara juga dilakukan terhadap masyarakat sekitar untuk mengetahui karakteristik banjir yang pernah terjadi.

Data sekunder diperoleh dari instansi terkait berupa data curah hujan terukur dan debit banjir terukur di sungai. Data curah hujan satelit dapat diunduh secara langsung melalui internet sesuai dengan satelit yang digunakan. Data-data tersebut digunakan untuk menganalisis secara empiris debit banjir rancangan yang dihitung dengan Metode HSS *Nakayasu*. Metode ini merupakan metode yang dikembangkan untuk model hidrologi satuan sintetis dimana pengembangannya dilakukan di Jepang (Februanto et al., 2021). Data sekunder lainnya adalah data morfologi sungai dan tutupan lahan DAS yang digunakan sebagai data dasar dalam memproyeksikan perubahan tutupan lahan di masa yang akan datang.

Hasil analisis debit banjir rancangan dari kedua data curah hujan tersebut selanjutnya divalidasi dengan hasil pencatatan debit banjir yang terjadi di Stasiun *AWLR*. Selanjutnya dilakukan evaluasi tingkat kesesuaian dari debit banjir yang dihasilkan.

### 2.1 Lokasi Penelitian

Tempat dilakukannya penelitian berada di DAS Tukad Petanu Kabupaten Gianyar, Provinsi Bali. Tukad Petanu merupakan salah satu sungai yang berada di Kabupaten Gianyar Provinsi Bali memiliki peran penting sebagai sumber air dalam pemenuhan kebutuhan air bersih, irigasi, perikanan, pariwisata dan upacara keagamaan. Air sungai yang ada tidak hanya

dimanfaatkan untuk kebutuhan di sekitar Daerah Aliran Sungai (DAS) Tukad Petanu tetapi juga digunakan oleh daerah lain di luar DAS tersebut (Kabupaten Badung dan Kota Denpasar). Berdasarkan data yang diperoleh dari Balai Wilayah Sungai Bali-Penida, Tukad Petanu memiliki luas DAS sebesar 96.89 km<sup>2</sup> dan panjang sungai utama sebesar 46.96 km. Tukad Petanu merupakan sungai dengan tipe *pharennial* atau sungai yang memiliki aliran sungai sepanjang tahun dengan morfologi alur sungai yang berkelok. Berikut disajikan peta DAS Tukad Petanu.

## 2.2 Teknik Pengumpulan Data

### 2.2.1 Pengumpulan data primer

Seluruh data hasil survei atau data primer yang diperlukan dalam penelitian ini dikumpulkan dan selanjutnya dilakukan analisis sebagai acuan dalam perhitungan. Data hasil survei yang diperlukan antara lain meliputi: kunjungan atau *site visite* ke lokasi penelitian; pengamatan kondisi aliran air di sungai; dan pengamatan kondisi alat ukur di Stasiun *Automatic Water Level Recorder (AWLR)*. Dari stasiun *AWLR* akan didapat data tinggi muka air yang diperoleh dengan cara membaca posisi muka air pada papan duga berskala pada saat pengukuran atau dengan membaca grafik fluktuasi muka air hasil perekaman oleh alat *AWLR* (Wiadnyana et al., 2019).

### 2.2.2 Pengumpulan data sekunder

Data sekunder yang diperlukan untuk mendukung penelitian ini berupa peta topografi DAS, data rekaman debit di Stasiun *AWLR*, data curah hujan terukur dan data curah hujan satelit. Data-data tersebut digunakan untuk menganalisis debit banjir rancangan di DAS Tukad Petanu dengan berbagai kala ulang.

Peta topografi DAS Tukad Petanu diperoleh dari Badan Informasi Geospasial (BIG) berupa Peta Rupa Bumi Indonesia (RBI) tahun 2024. Peta ini digunakan untuk mengetahui karakteristik DAS yang terdiri dari luas DAS (A), panjang sungai utama, koefisien limpasan (C) yang diperoleh dari kondisi tutupan lahan yang ada. Berdasarkan hasil digitasi, dapat diketahui bahwa catchment area Stasiun *AWLR* Tukad Petanu Hulu memiliki luas sebesar 58.92 km<sup>2</sup> dan panjang sungai utama sebesar 32.73 km.

Jenis data catatan debit *AWLR* yang digunakan dalam penelitian ini adalah data debit harian dari Stasiun *AWLR* Tukad Petanu Hulu yang dikelola oleh Unit Hidrologi Balai Wilayah Sungai Bali Penida. Ketersediaan data relatif lengkap dengan panjang data pengamatan selama 27 tahun dimulai dari tahun 1992 sampai dengan tahun 2018.

Data curah hujan yang digunakan bersumber dari Stasiun Curah Hujan Tampaksiring, Tegalalang, dan Pengotan. Ketersediaan data yang ada relatif lengkap dan memiliki panjang data lebih dari sepuluh tahun pengamatan. Stasiun Curah Hujan Tampaksiring

memiliki panjang data pengamatan selama 18 tahun dimulai dari tahun 1998 hingga 2015, Stasiun Curah Hujan Tegalalang sepanjang 23 tahun dimulai dari tahun 1992 hingga 2015, dan Stasiun Curah Hujan Pengotan sepanjang 25 tahun dimulai dari tahun 1992 hingga 2017. Kondisi curah hujan di lokasi penelitian dapat diketahui dengan menggunakan Metode Poligon Thiessen dengan cara membuat garis poligon dari stasiun-stasiun pencatat curah hujan yang terdapat di sekitar DAS yang bersangkutan dan membaginya ke dalam beberapa daerah yang dibentuk oleh poligon-poligon dari masing-masing stasiun.

Pada penelitian ini digunakan data curah hujan satelit *PERSIANN-CCS* ( $0.04^\circ \times 0.04^\circ$ ) berupa data curah hujan harian sepanjang 21 tahun dimulai dari tahun 2003 hingga 2023. Data ini dapat diperoleh dengan cara mengakses langsung dari website University of California, Irvine (UCI) (<http://chrsdata.eng.uci.edu/>) dan mengunduhnya dalam bentuk file .csv yang sebelumnya telah diatur lokasi penelitian yang ingin ditinjau pada peta digital secara *realtime*. Data curah hujan yang diperoleh kemudian diinventarisir dan diurut sesuai dengan waktu kejadian hujan sehingga membentuk suatu deret data yang berkesinambungan.

### 2.3 Teknik Analisis Data

Tahapan-tahapan dalam melakukan perhitungan dan analisis data dalam penelitian ini, yaitu:

1. Pengumpulan data curah hujan harian pada titik pos hujan terpilih, baik terukur di lapangan maupun data satelit *PERSIANN-CCS*.
2. Uji kualitas data untuk data curah hujan tahunan terukur di lapangan dan data curah hujan tahunan satelit *PERSIANN-CCS*. Uji kualitas data debit dan data curah hujan yang dilakukan dalam penelitian ini adalah berupa uji konsistensi (*consistency test*), uji homogenitas (uji ketiadaan trend), uji stasioner, dan uji persistensi.
3. Analisis curah hujan rata-rata daerah pada *catchment area* yang ditinjau dengan metode Polygon Thiessen terhadap stasiun hujan yang digunakan.
4. Statistik curah hujan dan proyeksi suhu yang diberikan oleh model iklim dalam periode kontrol biasanya tidak sama persis dengan hasil observasi pada periode yang sama. Kesalahan tersebut dapat mempengaruhi hasil simulasi aliran di periode mendatang. Metode koreksi bias mencoba untuk meningkatkan kecocokan simulasi model iklim dengan observasi pada periode kontrol, untuk meningkatkan keandalan hasil model iklim pada periode mendatang (Soriano et al., 2019). Data curah hujan satelit dikoreksi dengan metode *Bias Correction Linear Scaling*. Metode ini digunakan untuk mengurangi bias antara data curah hujan satelit dengan data curah hujan terukur. Metode ini digunakan dengan cara memberikan koefisien

untuk setiap bulannya, kemudian koefisien tersebut dikalikan dengan data curah hujan satelit yang diperoleh. *Metode Bias Correction Scalling Linear* merupakan metode sederhana yang digunakan untuk menyesuaikan bias rata-rata. Rumus yang digunakan dalam *Bias Correction Scalling Linear* pada Persamaan 1 (Kurnia et al., 2020).

$$P_{cor,m} = P_{raw,m} \times \frac{\mu(P_{obs,m})}{\mu(P_{raw,m})} \quad (1)$$

dimana  $P_{cor,m}$  adalah curah hujan satelit terkoreksi,  $P_{raw,m}$  adalah curah hujan satelit yang dimodelkan,  $\mu(P_{obs,m})$  adalah curah hujan rata-rata yang diukur,  $\mu(P_{raw,m})$  adalah curah hujan satelit rata-rata.

5. Analisis distribusi frekuensi untuk menentukan jenis agihan/distribusi yang digunakan dan setelahnya dilakukan uji kecocokan distribusi frekuensi menggunakan metode *Chi-Kuadrat* dan *Smirnov-Kolmogorov*. Pemilihan distribusi curah hujan dilakukan dengan membandingkan koefisien distribusi dari metode yang akan digunakan (Widyawati et al., 2021).
6. Analisis curah hujan rancangan menggunakan metode berdasarkan persyaratan jenis distribusinya.
7. Analisis debit *AWLR* menggunakan metode serial data *Annual Maximum Series*, kemudian untuk perhitungan debit banjir kala ulang debit terukur menggunakan analisis frekuensi.
8. Analisis perkiraan debit banjir rancangan menggunakan metode *HSS Nakayasu*.
9. Validasi dan evaluasi terhadap hasil debit banjir rancangan *HSS Nakayasu* dengan debit banjir terukur di *AWLR*. Metode yang digunakan dalam melakukan evaluasi pada penelitian ini adalah menggunakan metode analisis statistik dengan mencari nilai Volume Kesalahan ( $V_E$ ), Kesalahan Relative ( $R_E$ ), *Root Mean Square Error* ( $R_{MSE}$ ) untuk masing-masing data curah hujan yang digunakan yaitu data hujan terukur maupun data hujan satelit (Wirabuana, 2023). Adapun persamaan yang digunakan masing-masing adalah Persamaan 2 sampai Persamaan 4.

- a. Selisih Volume Kesalahan:

$$V_E = \left| \frac{\sum_{i=1}^n X_i - \sum_{i=1}^n Y_i}{\sum_{i=1}^n X_i} \right| \times 100\% \quad (2)$$

- b. Kesalahan Relatif:

$$R_E = \frac{1}{n} \times \frac{\sum_{i=1}^n |X_i - Y_i|}{\sum_{i=1}^n X_i} \times 100\% \quad (3)$$

- c. *Root Mean Square Error* ( $R_{MSE}$ ):

$$R_{MSE} = \sqrt{\frac{1}{n} \times \sum_{i=1}^n (Y_i - X_i)^2} \quad (4)$$

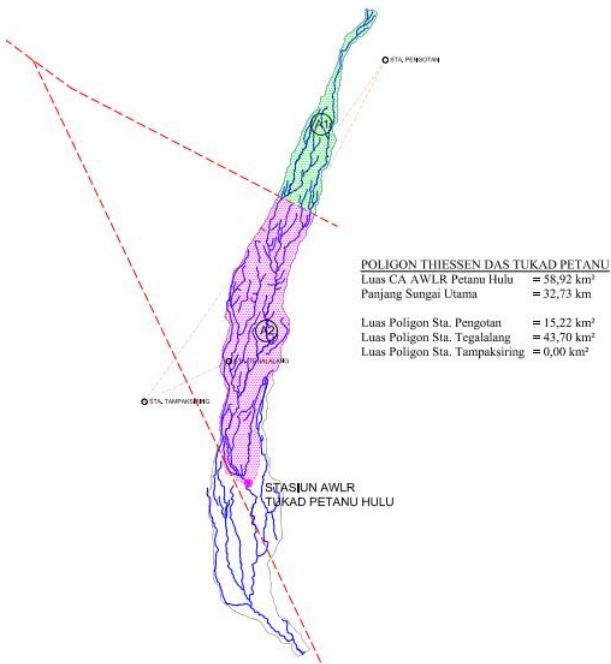
dimana  $n$  adalah jumlah data,  $X_i$  adalah nilai debit observasi ( $m^3/detik$ ), dan  $Y_i$  adalah nilai debit terhitung ( $m^3/detik$ ).

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Peta Topografi DAS Tukad Petanu

Dari hasil survei ke lokasi penelitian diketahui bahwa posisi Stasiun AWLR Tukad Petanu Hulu terletak di Desa Bedulu, Kecamatan Ubud, Kabupaten Gianyar. Secara geografis stasiun ini terletak pada koordinat  $8^{\circ}31'36.54''$  LS dan  $115^{\circ}17'17.10''$  BT. Alat perekam yang terpasang saat ini dalam kondisi baik dan berfungsi normal, dimana pelaporan hasil perekaman dilakukan secara berkala oleh pihak Balai Wilayah Sungai Bali Penida (BWS-BP) selaku pengelola. Koordinat Stasiun AWLR tersebut selanjutnya digunakan sebagai titik *outlet* atau titik tinjau dalam proses digitasi batas DAS.

Daerah Aliran Sungai (DAS) merupakan suatu area daratan yang dibatasi oleh punggung-punggung pegunungan, yang berfungsi untuk menampung dan menyimpan air hujan sebelum mengalirkannya ke laut melalui sungai utama (Cambodia et al., 2023). Proses digitasi batas DAS pada penelitian ini ditentukan dengan memanfaatkan *software AutoCAD*. Penentuan batas DAS dilakukan dengan melakukan digitasi atau menghubungkan kontur punggung bukit yang diberikan oleh Peta Rupa Bumi Indonesia sehingga membentuk suatu poligon daerah tangkapan (*catchment area*). Berdasarkan hasil digitasi tersebut dapat diketahui bahwa *catchment area* Stasiun AWLR Tukad Petanu Hulu memiliki luas sebesar  $58.92 \text{ km}^2$  dan panjang sungai utama sebesar  $32.73 \text{ km}$ . Untuk lebih jelasnya Peta DAS Tukad Petanu dan *Catchment Area* AWLR Tukad Petanu Hulu dapat dilihat pada Gambar 1.



**Gambar 1.** Peta DAS Tukad Petanu dan Poligon Thiessen CA AWLR Tukad Petanu Hulu

Dari Gambar 1 dapat dilihat bahwa stasiun hujan yang berpengaruh terhadap curah hujan yang terjadi di

daerah tangkapan AWLR Tukad Petanu Hulu adalah Stasiun Tegalalang dan Pengotan, sedangkan Stasiun Tampaksiring tidak berpengaruh terhadap daerah tangkapan. Sehingga untuk analisis curah hujan wilayah di daerah tangkapan AWLR Tukad Petanu Hulu akan digunakan data dari kedua stasiun tersebut. Adapun tingkat keterpengaruhannya dari masing-masing stasiun hujan tersebut adalah Stasiun Tegalalang sebesar 74.2%, Stasiun Pengotan sebesar 25.8%, dan Stasiun Tampaksiring sebesar 0%.

#### 3.2 Uji Kualitas Data

Data catatan debit dari Stasiun AWLR dan data curah hujan dari stasiun penakar hujan digunakan sebagai data awal dalam proses analisis. Sebelum data-data tersebut digunakan, maka harus dilakukan validasi secara statistik untuk memastikan data tersebut sesuai dengan kriteria yang ditetapkan (Wardana et al., 2024). Validasi data ini merupakan langkah pemeriksaan awal untuk memastikan bahwa data telah sesuai dengan kondisi yang sebenarnya.

Uji kualitas data yang dilakukan berupa uji konsistensi, uji homogenitas (uji trend), uji stasioner, dan uji presisi. Hasil dari pengujian tersebut menunjukkan bahwa seluruh data memenuhi syarat uji dan dapat digunakan untuk proses analisis selanjutnya.

#### 3.3 Analisis Curah Hujan Daerah

Terdapat tiga macam cara yang umum digunakan dalam melakukan analisis curah hujan daerah diantaranya metode rata – rata aljabar, metode *Poligon Thiessen*, dan metode *isohyet* (Suhartanto et al., 2019). Dalam penelitian ini digunakan Metode *Poligon Thiessen* karena sebaran stasiun curah hujan yang terbatas dan tidak merata. Metode ini digunakan untuk menentukan stasiun yang berpengaruh terhadap besaran curah hujan di lokasi penelitian, sehingga melalui perpotongan garis-garis poligon yang terbentuk akan terlihat stasiun curah hujan yang akan digunakan. Ketiga stasiun hujan yang sudah di gambarkan pada peta DAS selanjutnya dihitung presentase keterpengaruhannya terhadap daerah tangkapan yang ditinjau.

Proses penentuan nilai curah hujan maksimum tahunan dilakukan dengan mengambil nilai curah hujan harian yang tertinggi dari Bulan Januari sampai Desember selama 1 tahun. Nilai tersebut yang akan digunakan sebagai curah hujan harian maksimum tahunan dan tanggal terjadinya hujan maksimum dari kedua stasiun hujan. Selanjutnya dilakukan perhitungan rata-rata hujan harian maksimum tahunan. Perhitungan ini dilakukan dengan memperhitungkan bobot dari tiap-tiap stasiun yang menunjukkan luasan yang berpengaruh di *catchment area* yang ditinjau. Hasil perhitungan curah hujan harian maksimum tahunan dengan menggunakan metode *Poligon Thiessen* dapat dilihat pada Tabel 1.



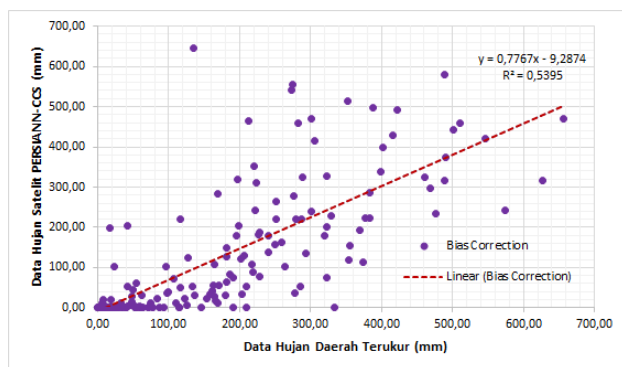
**Tabel 1.** Hasil perhitungan curah hujan harian maksimum tahunan *Catchment Area* Tukad Petanu Hulu (mm)

Tahun	Bulan												HHMT
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nov	Des	
2003	62.78	58.89	39.98	27.44	14.90	23.20	21.31	7.11	54.28	39.81	30.98	78.34	78.34
2004	56.64	73.48	54.28	23.58	48.44	2.97	18.61	23.06	20.64	12.61	57.68	55.03	73.48
2005	74.42	54.03	89.81	74.29	8.19	12.55	57.21	20.52	33.22	59.48	36.91	31.11	89.81
2006	64.55	80.58	63.32	67.06	42.91	41.12	11.81	8.90	7.03	40.38	18.13	83.25	83.25
2007	51.75	45.46	64.49	51.07	51.94	31.44	29.99	21.51	13.35	10.38	28.53	66.96	66.96
2008	52.21	36.87	36.14	22.18	13.33	8.74	1.03	0.00	9.36	16.96	17.61	46.02	52.21
2009	73.97	78.23	60.54	33.97	30.41	19.28	57.85	9.64	54.14	43.02	22.25	74.52	78.23
2010	38.95	48.85	32.49	36.79	16.43	8.85	61.34	12.68	77.28	45.77	53.30	48.58	77.28
2011	64.97	54.00	57.03	65.62	41.52	28.18	22.99	7.42	30.73	14.09	55.83	74.48	74.48
2012	87.77	73.87	64.81	7.23	8.01	2.97	38.93	5.19	6.19	72.94	29.05	52.79	87.77
2013	50.85	56.78	36.58	38.95	42.52	68.38	49.12	8.07	15.68	13.91	51.42	83.52	83.52
2014	51.68	38.78	13.95	44.03	29.13	5.97	40.68	8.16	0.00	14.09	61.70	80.84	80.84
2015	53.45	57.23	50.52	69.29	51.12	27.94	16.24	3.71	2.97	0.74	35.60	57.11	69.29

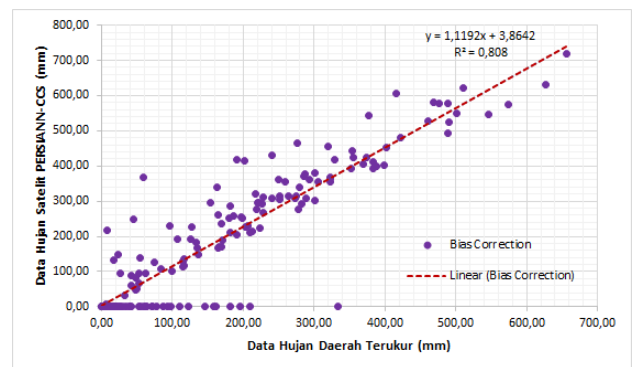
**3.4 Bias Correction Hujan Satelit PERSIANN-CCS**

Data hujan berbasis satelit biasanya tidak sama dengan data hujan di daratan atau data hujan terukur di stasiun pengukur hujan. Untuk itu, guna analisis lebih lanjut data hujan berbasis satelit perlu dilakukan koreksi terlebih dahulu. Koreksi data hujan satelit diperlukan untuk menambah nilai korelasi dengan data hujan terukur. Koreksi bias merupakan *direct post – processing* yang dapat diartikan bahwa curah hujan yang dikoreksi langsung ke curah hujan observasi dalam hal ini tidak melibatkan variable lain seperti, *Sea Surface Temperature (SST)* dan faktor angin (Vernimmen et al., 2012).

Hasil koreksi data hujan bulanan satelit PERSIANN-CCS disajikan pada Gambar 2. Gambar tersebut menunjukkan bahwa nilai korelasi antara data hujan satelit bulanan sebelum dikoreksi dan sesudah dikoreksi yang mengalami peningkatan. Hal ini ditunjukkan oleh nilai  $R^2 = 0.5395$  menjadi  $R^2 = 0.808$ .



(a)



(b)

**Gambar 2.** (a) Sebelum dikoreksi dan (b) setelah dikoreksi data curah hujan bulanan Satelit PERSIANN-CCS

Dengan demikian sebelum melakukan analisis lebih lanjut, maka data curah hujan satelit PERSIANN-CCS harus dikoreksi terlebih dahulu dengan cara menghitung kembali nilai data hujan satelit menggunakan persamaan yang diperoleh yaitu:  $y = 1.1192x + 3.8642$ . Data curah hujan harian maksimum tahunan satelit PERSIANN-CCS setelah dikoreksi dapat dilihat pada Tabel 2.

**3.5 Analisis Frekuensi dan Curah Hujan Rancangan**

Analisis frekuensi merupakan suatu analisis untuk memperkirakan apakah debit aliran sungai tersebut akan melampaui atau menyamai suatu harga tertentu, misalnya untuk 10 tahun, 20 tahun dan seterusnya yang akan datang, jadi bukan untuk menentukan besarnya debit aliran sungai suatu saat. Dalam analisis hidrologi, analisis tersebut digunakan untuk menentukan besarnya hujan rancangan (*design rainfall*) dan debit banjir rancangan (*design flood*)

dengan kala ulang (*return period*) tertentu (Limantara, 2018).

Dalam penelitian ini analisis distribusi frekuensi dilakukan dengan menggunakan metode Gumbel, Log Person Tipe III dan Log Normal, selanjutnya dilakukan perhitungan parameter statistik Cs, Cv, Ck untuk menentukan pemilihan agihan frekuensi sesuai dengan syarat yang ditentukan. Berdasarkan hasil perhitungan, maka digunakan hasil dari distribusi frekuensi metode Log Person Tipe III karena kedua metode lainnya tidak memenuhi syarat parameter statistik.

Setelah diketahui jenis distribusi frekuensi yang dipilih, maka dilakukan pengujian parameter untuk menguji kecocokan (*the goodness of fit test*) distribusi frekuensi sampel data terhadap fungsi distribusi frekuensi yang diperkirakan dapat mewakili distribusi frekuensi tersebut. Pengujian parameter yang digunakan adalah *Chi Square Test* dan *Smirnov Kolmogorov Test*. Berdasarkan dari hasil pengujian kesesuaian distribusi frekuensi, diketahui bahwa hasil analisis dengan Metode *Log Pearson Type III* menghasilkan nilai memenuhi untuk Uji *Smirnov Kolmogorof* dan Uji *Chi Square*, sehingga seluruh data data debit banjir dan data hujan terukur maupun satelit *PERSIANN-CCS* dapat digunakan.

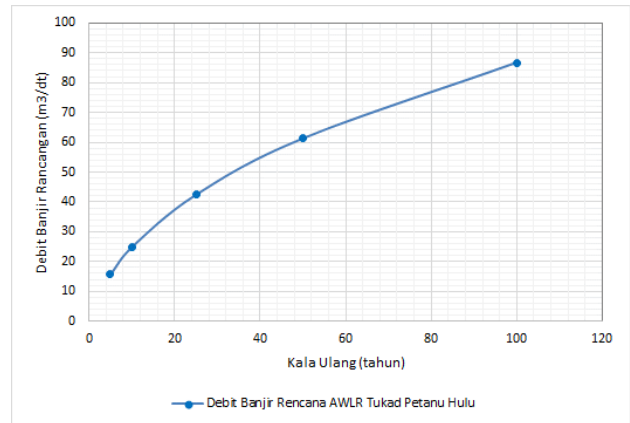
**Tabel 2.** Data curah hujan harian maksimum tahunan Satelit *PERSIANN-CCS* setelah dikoreksi (mm)

No.	Tahun	HHMT	HHMT ( <i>correction</i> )
1	2003	78.00	91.16
2	2004	101.00	116.90
3	2005	98.00	113.55
4	2006	128.00	147.12
5	2007	157.00	179.58
6	2008	95.00	110.19
7	2009	84.00	97.88
8	2010	66.00	77.73
9	2011	68.00	79.97
10	2012	74.00	86.69
11	2013	68.00	79.97
12	2014	99.00	114.67
13	2015	103.00	119.14

**3.6 Analisis Debit Banjir Rancangan Berdasarkan Debit Banjir Terukur**

Selanjutnya perhitungan debit banjir rancangan dengan distribusi frekuensi sesuai dengan kala ulang yang dicari tersaji dalam bentuk grafik seperti pada Gambar 3.

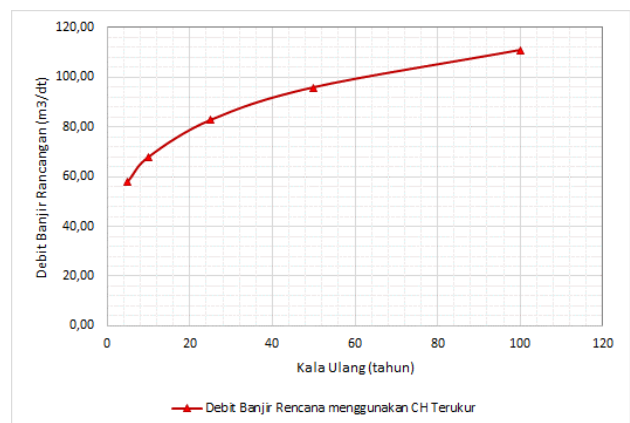
Grafik pada Gambar 3 memberikan hasil bahwa besarnya debit banjir rancangan pada DAS Tukad Petanu berdasarkan data debit terukur Stasiun *AWLR* Tukad Petanu Hulu pada kala ulang 5, 10, 25, 50, dan 100 tahun secara berturut-turut adalah sebesar 15.75 m<sup>3</sup>/detik, 24.94 m<sup>3</sup>/detik, 42.47 m<sup>3</sup>/detik, 61.28 m<sup>3</sup>/detik, dan 86.63 m<sup>3</sup>/detik.



**Gambar 3.** Grafik debit banjir rancangan DAS Tukad Petanu berdasarkan data debit terukur Stasiun *AWLR* Tukad Petanu Hulu

**3.7 Analisis Debit Banjir Rancangan HSS Nakayasu Berdasarkan Data Curah Hujan Terukur dan Satelit *PERSIANN-CCS***

Hidrograf satuan merupakan metode dalam perhitungan banjir rancangan (*design flood*) yang berupa hidrograf satuan terukur. Hidrograf satuan terukur adalah hasil penurunan data curah hujan dan debit. Setelah diketahuinya hidrograf satuan dari *Catchment Area AWLR* Tukad Petanu Hulu, selanjutnya dilakukan perhitungan hidrograf satuan berdasarkan kala ulang yang terjadi untuk mengetahui besarnya debit banjir rancangan pada berbagai kala ulang. Debit banjir rancangan berdasarkan data curah hujan terukur dan Satelit *PERSIANN-CCS* disajikan dalam bentuk grafik seperti pada Gambar 4 dan Gambar 5.

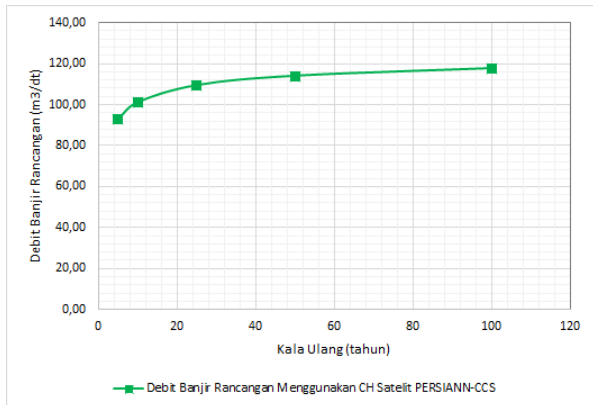


**Gambar 4.** Grafik debit banjir rancangan DAS Tukad Petanu berdasarkan data curah hujan terukur

Grafik pada Gambar 4 memberikan hasil bahwa besarnya debit banjir rancangan di DAS Tukad Petanu dengan menggunakan data curah hujan terukur untuk kala ulang 5, 10, 25, 50, dan 100 tahun secara berturut-turut sebesar 58.16 m<sup>3</sup>/detik, 67.99 m<sup>3</sup>/detik, 82.76 m<sup>3</sup>/detik, 95.88 m<sup>3</sup>/detik, dan 110.81 m<sup>3</sup>/detik. Pada



Gambar 5 menunjukkan hasil bahwa debit banjir rancangan di DAS Tukad Petanu berdasarkan data curah hujan satelit *PERSIANN-CCS* dengan kala ulang yang sama sebesar 93.00 m<sup>3</sup>/detik, 101.12 m<sup>3</sup>/detik, 109.42 m<sup>3</sup>/detik, 113.98 m<sup>3</sup>/detik, dan 117.65 m<sup>3</sup>/detik.



**Gambar 5.** Grafik debit banjir rancangan DAS Tukad Petanu berdasarkan data curah hujan Satelit *PERSIANN-CCS*

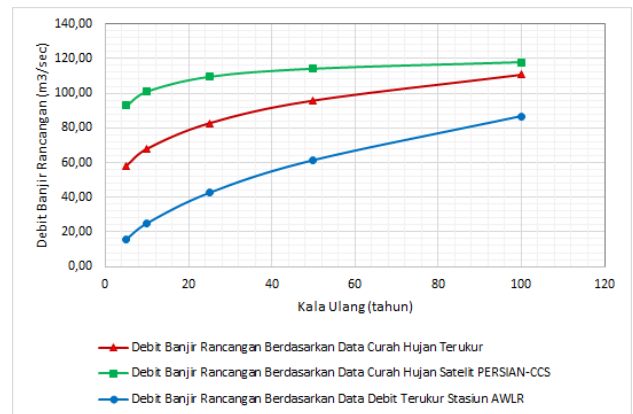
### 3.8 Validasi dan Evaluasi Hasil Analisis Debit Banjir Rancangan

Hasil analisis debit banjir rancangan berdasarkan data curah hujan terukur dan satelit *PERSIANN-CCS* selanjutnya divalidasi dengan hasil analisis debit banjir rancangan berdasarkan data debit banjir terukur di Stasiun *AWLR* Tukad petanu Hulu sebagai kontrol debit. Validasi dilakukan dengan membandingkan seluruh seluruh hasil analisis debit banjir rancangan yang dihasilkan seperti ditunjukkan pada Gambar 6.

Dari Grafik yang diberikan pada Gambar 6 dapat dilihat bahwa debit banjir rancangan di DAS Tukad Petanu berdasarkan data curah hujan satelit *PERSIANN-CCS* menghasilkan nilai yang lebih tinggi daripada data curah hujan terukur untuk seluruh kala ulang. Debit banjir rancangan dari kedua data curah hujan tersebut juga memiliki nilai yang lebih tinggi daripada debit banjir rancangan dengan data debit *AWLR* untuk semua kala ulang.

Hasil tersebut selanjutnya digunakan untuk mengevaluasi tingkat kesesuaian debit banjir rancangan yang dihasilkan Metode *HSS Nakayasu*

berdasarkan data curah hujan terukur dan satelit *PERSIANN-CCS* terhadap debit banjir rancangan berdasarkan data debit terukur di stasiun *AWLR* Tukad Petanu Hulu. Evaluasi dilakukan dengan mencari nilai Volume Kesalahan ( $V_E$ ), Kesalahan Relatif ( $R_E$ ), *Root Mean Square Error* ( $R_{MSE}$ ) untuk masing-masing data curah hujan yang digunakan yaitu data hujan terukur maupun data hujan satelit. Hasil analisis statistik terhadap debit banjir rancangan dengan berbagai kala ulang dapat dilihat pada Tabel 3.



**Gambar 6.** Grafik perbandingan hasil analisis debit banjir rancangan berdasarkan data curah hujan terukur dan Satelit *PERSIANN-CCS* terhadap debit terukur Stasiun *AWLR*

Setelah dilakukan uji statistik dapat dihitung bahwa nilai rata-rata  $V_E$  untuk debit banjir rancangan berdasarkan data curah hujan terukur = 79.86% dan satelit *PERSIANN-CCS* = 92.50%. Nilai  $V_E$  menunjukkan tingkat kesalahan debit banjir rancangan kedua data curah hujan terhadap debit banjir terukur atau observasi. Nilai rata-rata  $R_E$  untuk debit banjir rancangan data curah hujan terukur = 15.97% dan satelit *PERSIANN-CCS* = 26.32%. Nilai  $R_E$  menunjukkan tingkat ketelitian keluaran model perhitungan terhadap data debit terukur. Sedangkan nilai rata-rata  $R_{MSE}$  untuk debit banjir rancangan berdasarkan data curah hujan terukur = 37.57 dan satelit *PERSIANN-CCS* = 63.23. Nilai  $R_{MSE}$  menunjukkan tingkat penyimpangan hasil perhitungan peramalan terhadap data debit terukur.

**Tabel 3.** Analisis statistik terhadap debit banjir rancangan dengan berbagai kala ulang

Kala Ulang (tahun)	Q Kontrol (m <sup>3</sup> /dt)	Data Hujan Terukur (Y)			Data Hujan Satelit <i>PERSIANN-CCS</i> (Y)		
	X	Q (m <sup>3</sup> /dt)	X-Y	(X-Y) <sup>2</sup>	Q (m <sup>3</sup> /dt)	X-Y	(X-Y) <sup>2</sup>
5	15.75	58.16	42.41	1,798.73	93.00	77.25	5,967.07
10	24.94	67.99	43.05	1,853.51	101.12	76.19	5,804.19
25	42.47	82.76	40.29	1,623.61	109.42	66.95	4,482.46
50	61.28	95.88	34.59	1,196.71	113.98	52.70	2,777.10
100	86.63	110.81	24.18	584.70	117.65	31.02	9,62.06
Jumlah	231.07	415.60	184.53	7,057.26	535.17	304.10	19,992.88

Berdasarkan hasil evaluasi diatas, dapat diketahui bahwa data curah hujan terukur memberikan tingkat kesesuaian yang lebih baik daripada data curah hujan satelit *PERSIANN-CCS*. Evaluasi yang dihasilkan dari data curah hujan terukur mendapat nilai  $V_E$  dan  $R_E$ , dan  $R_{MSE}$  yang lebih rendah jika dibandingkan dengan data curah hujan satelit *PERSIANN-CCS*. Hal tersebut dapat disebabkan oleh berbagai faktor, diantaranya yaitu pengujian dilakukan dengan membandingkan data curah hujan dengan data debit dan faktor metode yang digunakan dalam menghitung debit banjir rancangan.

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan, dapat disimpulkan bahwa besarnya debit banjir rancangan di DAS Tukad Petanu yang dianalisis menggunakan HSS *Nakayasu* berdasarkan data curah hujan terukur untuk kala ulang 5, 10, 25, 50, dan 100 tahun adalah 58.16 m<sup>3</sup>/detik, 67.99 m<sup>3</sup>/detik, 82.76 m<sup>3</sup>/detik, 95.88 m<sup>3</sup>/detik, dan 110.81 m<sup>3</sup>/detik, sedangkan berdasarkan data curah hujan satelit *PERSIANN-CCS* untuk kala ulang yang sama secara berurutan adalah 93.00 m<sup>3</sup>/detik, 101.12 m<sup>3</sup>/detik, 109.42 m<sup>3</sup>/detik, 113.98 m<sup>3</sup>/detik, dan 117.65 m<sup>3</sup>/detik. Besarnya debit banjir rancangan di DAS Tukad Petanu berdasarkan data debit terukur Stasiun AWLR Tukad Petanu Hulu untuk kala ulang 5, 10, 25, 50, dan 100 tahun secara berurutan adalah sebesar 15.75 m<sup>3</sup>/detik, 24.94 m<sup>3</sup>/detik, 42.47 m<sup>3</sup>/detik, 61.28 m<sup>3</sup>/detik, dan 86.63 m<sup>3</sup>/detik. Debit banjir rancangan di DAS Tukad Petanu yang dianalisis dengan Metode HSS *Nakayasu* berdasarkan data curah hujan terukur memiliki tingkat kesesuaian yang lebih baik daripada data curah hujan satelit *PERSIANN-CCS*, dimana data curah hujan terukur memberikan nilai  $V_E$ ,  $R_E$ , dan  $R_{MSE}$  yang lebih rendah jika dibandingkan dengan data curah hujan satelit *PERSIANN-CCS*.

Beberapa hal yang perlu dijadikan perhatian untuk penelitian kedepan, serta saran yang ingin disampaikan kepada penelitian selanjutnya adalah perlunya penggunaan data debit dan data curah hujan untuk rentang waktu yang panjang dan terkini serta dilakukan penelitian lebih lanjut tentang pemanfaatan data curah hujan yang bersumber dari satelit lainnya. Penggunaan metode selain HSS *Nakayasu* seperti Metode ITB, *Gama-I*, *Gama-II*, *Snyder*, *Limantara* dan lain-lain perlu untuk dilakukan penelitian lebih lanjut lagi untuk melihat kesesuaian karakteristik DAS dengan metode yang diterapkan.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya diberikan kepada Pusat Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (P3M) Politeknik Negeri Bali serta semua pihak yang terlibat sehingga artikel ini dapat terselesaikan dengan baik.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Aryastana, P. (2015). Identifikasi Pemanfaatan Daerah Sempadan Sungai Tukad Petanu. *PADURAKSA: Jurnal Teknik Sipil Universitas Warmadewa*, 4(2), 1–12. <https://www.ejournal.warmadewa.ac.id/index.php/paduraksa/article/view/245>
- Cambodia, M., Juwita, F., Gunawan, T., Novilyansa, E., & Audina, S. (2023). Analisis Debit Banjir Rancangan Menggunakan Metode Snyder dan Soil Conservation Service (SCS) (Studi Kasus : Daerah Aliran Sungai (DAS) Way Lunik). *JTS Saburai : Jurnal Teknik Sipil Saburai*, 1(01), 19–34. <https://doi.org/10.24967/jts.v1i01.2401>
- Damayanti, A. C., Limantara, L. M., & Haribowo, R. (2022). Analisis Debit Banjir Rancangan dengan Metode HSS Nakayasu, HSS ITB-1, dan HSS Limantara pada DAS Manikin di Kabupaten Kupang. *Jurnal Teknik Sumber Daya Air*, 1(1), 11–20. <https://doi.org/10.56860/jtsda.v1i1.6>
- Februanto, A. J., Limantara, L. M., & Fidari, J. S. (2021). Analisis Curah Hujan Serial Terhadap Debit Maksimum di Sub DAS Lesti, DAS Brantas, Provinsi Jawa Timur. *Jurnal Teknologi Dan Rekayasa Sumber Daya Air*, 1(2), 826–838. <https://doi.org/10.21776/ub.jtresda.2021.001.02.40>
- Ferdian, H., Sutikno, S., & Fauzi, M. (2017). Penggunaan Data Hujan Satelit Terkoreksi Untuk Analisis Kejadian Banjir di DAS Rokan. *Jurnal Rab Construction Research*, 2(2), 233–247.
- Handayani, Y. L., Sutikno, S., F., & Kurnia, A. (2016). Model Hidrologi Untuk Analisis Banjir Berbasis Data Satelit. *Proceedings ACES (Annual Civil Engineering Seminar)*, 1, 289–296. <http://ejournal.unri.ac.id/index.php/ACES/article/view/2982>
- Kurnia, W. G., Muharsyah, R., & Widiyanto, S. (2020). Performa Koreksi Bias Prakiraan Curah Hujan Model European Centre Medium Weather Forecast (ECMWF) di Sulawesi. *Buletin GAW Bariri*, 1(2), 77–86. <https://doi.org/10.31172/bgb.v1i2.28>
- Lestari, U. S. (1970). Kajian Metode Empiris Untuk Menghitung Debit Banjir Sungai Negara di Ruas Kecamatan Sungai Pandan (Alabio). *Poros Teknik*, 8(2), 86. <https://doi.org/10.31961/porosteknik.v8i2.373>
- Limantara, L. M. (2018). *Rekayasa Hidrologi* (R. I. Utami (ed.); Edisi Revi). ANDI.
- Misnawati, Boer, R., June, T., & Faqih, A. (2018). Perbandingan Metodologi Koreksi Bias Data Curah Hujan CHIRPS. *Limnotek*, 25(1), 18–29.
- Mulyandari, E., & Susila, H. (2020). Validasi Data Curah Hujan Satelit TRMM dan PERSIANN Dalam Analisis Debit Banjir Rencana di DAS Telaga Lebur. *Jurnal Teknik Sipil Dan Arsitektur*, 25(2), 16–22. <https://doi.org/10.36728/jtsa.v25i2.1070>
- Nabila, F. (2022). Pengaruh Durasi dan Pola Distribusi Hujan Berdasarkan Data Hujan Terukur dan Data Hujan Satelit Terhadap Hidrograf Banjir Rancangan. In *Yogyakarta*. Universitas Gajah Mada.
- Nguyen, P., Ombadi, M., Sorooshian, S., Hsu, K., AghaKouchak, A., Braithwaite, D., Ashouri, H., & Rose Thorstensen, A. (2018). The PERSIANN family of global satellite precipitation data: A review and evaluation of products. *Hydrology and Earth System Sciences*, 22(11), 5801–5816. <https://doi.org/10.5194/hess-22-5801-2018>
- Pariartha, G. S. (2013). Analisis Debit Banjir Rancangan Dengan Menggunakan Hidrograf Banjir Terukur Pada Daerah Aliran Sungai Progo Bagian Hulu. *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, 17(2), 179–183.

- Sarminingsih, A. (2018). Pemilihan Metode Analisis Debit Banjir Rancangan Embung Coyo Kabupaten Grobogan. *Jurnal Presipitasi: Media Komunikasi Dan Pengembangan Teknik Lingkungan*, 15(1), 53. <https://doi.org/10.14710/presipitasi.v15i1.53-61>
- Soemarto, C. . (1999). *Hidrologi Teknik* (P. W. Indarto (ed.); Ed. 2). Erlangga.
- Soriano, E., Mediero, L., & Garijo, C. (2019). Selection of Bias Correction Methods to Assess The Impact of Climate Change on Flood Frequency Curves. *Water (Switzerland)*, 11(11). <https://doi.org/10.3390/w11112266>
- Suhartanto, E., Limantara, L. M., & Samosir, A. (2019). Analisis Neraca Air Sub DAS Irigasi Wirway Kabupaten Sarmi Provinsi Papua. *Jurnal Irigasi*, 7(2), 74–86. <https://doi.org/10.31028/ji.v7.i2.74-86>
- Vernimmen, R. R. E., Hooijer, A., Mamenun, Aldrian, E., & Van Dijk, A. I. J. M. (2012). Evaluation and bias correction of satellite rainfall data for drought monitoring in Indonesia. *Hydrology and Earth System Sciences*, 16(1), 133–146. <https://doi.org/10.5194/hess-16-133-2012>
- Wardana, I. G. N. K. M. A., Andayani, K. W., & Winaya, I. N. A. P. (2024). Pemanfaatan Mata Air Dukuh Blahkiuh Untuk Sistem Pelayanan Air Terintegrasi. *Jurnal Sumber Daya Air*, 20(1), 1–16. <https://doi.org/10.32679/jsda.v20i1.860>
- Wiadnyana, D. M., Subagiada, K., & Natalisanto, A. I. (2019). Hubungan Tinggi Muka Air Dan Debit Aliran. *Jurnal Geosains Kutai Basin*, 2(2), 1–7.
- Widaywati, W., Yuniarti, D., & Goejantoro, R. (2021). Analisis Distribusi Frekuensi dan Periode Ulang Hujan (Studi Kasus: Curah Hujan Kecamatan Long Iram Kabupaten Kutai Barat Tahun 2013-2017). *Eksponensial*, 11(1), 65. <https://doi.org/10.30872/eksponensial.v11i1.646>
- Wirabuana, L. M. (2023). *Pemafaatan Data Hujan Climate Hazard Group Infrared Precipitation With Sattion Data (CHIRPS) Untuk Estimasi Banjir Di DAS Sidutan*. Universitas Mataram.
- Z, S., & Rifa'i, M. C. (2018). Analisis Curah Hujan Untuk Pendugaan Debit Banjir Pada DAS Batang Arau Padang. *Menara Ilmu*, 7(3), 134–144.
- Zhang, C., Chen, X., Shao, H., Chen, S., Liu, T., Chen, C., Ding, Q., & Du, H. (2018). Evaluation and intercomparison of high-resolution satellite precipitation estimates-GPM, TRMM, and CMORPH in the Tianshan Mountain Area. *Remote Sensing*, 10(10). <https://doi.org/10.3390/rs10101543>