

## Estimasi Potensi Air di Daerah Aliran Sungai (DAS) Wosi Berdasarkan Analisis Curah Hujan dan Sistem Informasi Geografis (SIG)

### *An Estimation of Water Availability in the Wosi Watershed Based on Rainfall Analysis and Geographical Information System (GIS)*

Arif Faisal<sup>1\*</sup>, Muflih Indaryanto<sup>2</sup>, Bertha Ollin Paga<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Program Studi Teknik Pertanian dan Biosistem, Universitas Papua, Jl. Gunung Salju amban, Manokwari 98314.

\*Email korespondensi: arif.unipa@gmail.com

#### **Abstract**

*Fresh water availability is one of the problems in Manokwari. In 2021 the availability of fresh water in Manokwari Regency is around 86.20%, consequently, some action is required, i.e. utilising the water availability in the Wosi Watershed. This study aims to analyze the water availability in the Wosi watershed using Geographical Information System (GIS) and Rational Methods. This research consists of 4 (four) main stages, i.e. data inventory, data analysis, delineation of Wosi watershed boundaries, and estimation of water availability. The research showed that the water availability in the Wosi watershed based on the analysis of rainfall data recording from 2010 to 2023 is 0.00128 m<sup>3</sup>/s or 110,280 liters/day at 99% probability and 0.00346 m<sup>3</sup>/s or 298,801 liters/day at 80% probability. Therefore the water availability in the Wosi watershed can supply the domestic water demand of 919 – 2,490 the population of Manokwari.*

**Keywords:** Water availability, Rational methods, fresh water, watershed

#### **Abstrak**

Ketersediaan air bersih merupakan salah masalah di Kabupaten Manokwari. Pada tahun 2021 ketersediaan air bersih di Kabupaten Manokwari sekitar 86,20 %, sehingga dibutuhkan upaya-upaya agar penyediaan air bersih di Manokwari mencapai 100%, diantaranya dengan memanfaatkan potensi air di Daerah Aliran Sungai (DAS) Wosi. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis potensi air di DAS Wosi menggunakan Sistem Informasi Geografis dan metode Rasional. Penelitian ini terdiri atas 4 (empat) tahapan utama, yaitu; inventarisasi data, analisa data, deliniasi batas DAS, dan estimasi potensi air. Hasil penelitian menunjukkan bahwa potensi air di DAS Wosi berdasarkan analisis data hujan pencatatan tahun 2010 – 2023 sebesar 0,00128 m<sup>3</sup>/detik atau 110.280 liter/hari pada peluang kejadian 99% dan 0,00346 m<sup>3</sup>/detik atau 298.801 liter/hari pada peluang kejadian 80%. Sehingga potensi air pada DAS Wosi mampu memasok kebutuhan air domestik sebanyak 919 – 2.490 jiwa penduduk Kabupaten Manokwari.

**Kata kunci:** Ketersediaan air, metode Rasional, air bersih, DAS

#### **PENDAHULUAN**

Air merupakan salah satu kebutuhan utama bagi manusia. Oleh sebab itu ketersediaan air yang bersih serta aman bagi kesehatan mutlak dibutuhkan agar dapat diakses oleh seluruh masyarakat untuk mendapatkan kehidupan yang sehat. Pemerintah terus berupaya

menjamin ketersediaan air yang bersih dan aman bagi masyarakat. Upaya ini tertuang dalam sejumlah regulasi, diantaranya UU Nomor 17 Tahun 2019 tentang Sumber Daya Air, Peraturan Pemerintah Nomor 30 Tahun 2024 tentang Pengelolaan Sumber Daya Air, dan Peraturan Presiden Nomor 37 Tahun 2023

Tentang Kebijakan Nasional Sumber Daya Air.

Pada tahun 2023 akses penduduk Kabupaten Manokwari terhadap layanan sumber air bersih sekitar 83,27% (BPS Provinsi Papua Barat, 2024) masih dibawah akses air bersih nasional yang mencapai 91,72% (BPS Indonesia, 2024). Oleh sebab itu perlu dilakukan upaya-upaya untuk mendukung pencapaian target 100% akses air bersih, diantaranya melalui penyediaan air bersih (Prihatin et al., 2015; Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2019; Tamim & Tumpu, 2021).

Dalam penyediaan air bersih, terdapat 2 (dua) faktor utama yang perlu diperhatikan yaitu kualitas dan kuantitas air (Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2019; Departemen Pekerjaan Umum, 2002; Poedjiastoeti et al., 2022). Kualitas air menyangkut mutu air standard yang harus dipenuhi agar aman bagi masyarakat dan lingkungan (Rasidi et al., 2023; Poedjiastoeti et al., 2022). Sedangkan kuantitas air berhubungan dengan ketersediaan air untuk memenuhi kebutuhan masyarakat dan lingkungan dalam jangka waktu tertentu (Rasidi et al., 2023).

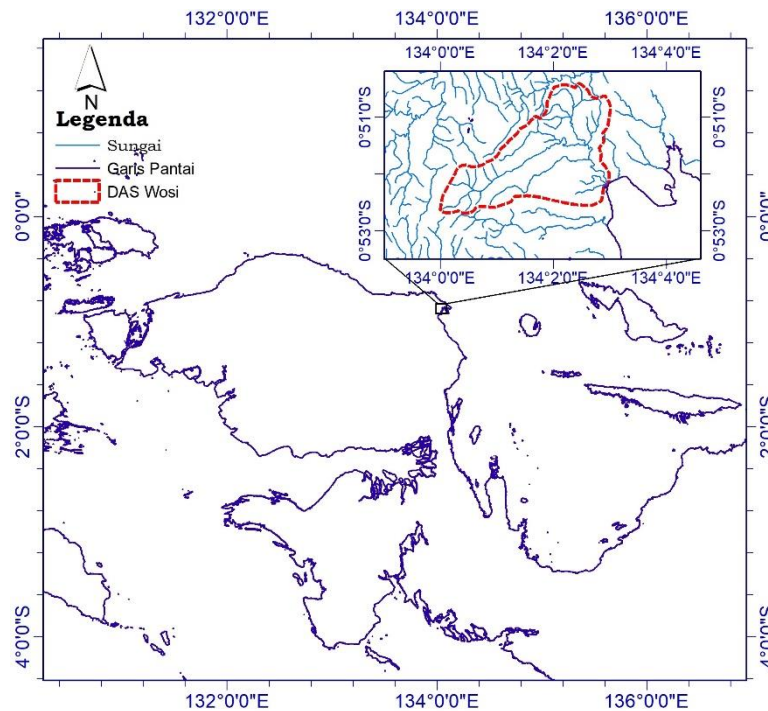
Sampai saat ini belum tersedia informasi potensi dan ketersediaan air di Kabupaten Manokwari. Hal ini disebabkan tidak ada pemantauan debit secara berkala pada sungai-sungai yang ada di Kabupaten Manokwari. Sejumlah penelitian mengungkapkan bahwa terdapat korelasi antara curah hujan dan debit

sungai (Ramasastri & Seth, 1985; Amir, 2014; Sayd et al., 2020). Handayani dan Indraja (2011) melakukan kajian hubungan antara curah hujan dan debit Sungai di sub sub Daerah Aliran Sungai (DAS) Ngatabaru Sulawesi Tengah. Amir (2014) melakukan kajian tentang pemanfaatan data hujan untuk estimasi debit sungai di Daerah Pengaliran Sungai (DPS) Maros Kabupaten Maros Sulawesi Selatan. Wiliya dan Lasminto (2022) melakukan penelitian tentang hubungan antara curah hujan dan debit Sungai di DAS Bengawan Solo Hulu.

Sistem informasi geografis (SIG) telah digunakan secara luas sebagai alat bantu untuk menganalisis potensi air. Kpiebaya et al. (2022) memanfaatkan SIG untuk analisis potensi air di Ghana – Afrika Barat. Hariyanto et al. (2018) memanfaatkan SIG untuk analisis potensi air di Kabupaten Lumajang dan Probolinggo Jawa Timur. Wopari et al. (2022) menganalisis potensi air di Kabupaten Keerom Papua. Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini bertujuan melakukan analisis potensi air di Kabupaten Manokwari menggunakan pendekatan curah hujan untuk memenuhi kebutuhan air domestik.

## **METODE**

Penelitian ini dilakukan di DAS Wosi Kabupaten Manokwari Provinsi Papua Barat pada bulan Desember 2023 sampai Februari 2024. Lokasi penelitian disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Lokasi penelitian

### Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan pada penelitian ini antara lain; data curah hujan harian, peta topografi dalam format Digital Elevation Model (DEM), peta jaringan sungai, peta tutupan lahan, peta tekstur tanah, dan data penduduk. Data curah hujan diperoleh dari Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) Rendani Kabupaten Manokwari, peta topografi dan jaringan sungai diperoleh dari Badan Informasi Geospasial (BIG), peta tutupan lahan tahun 2020 yang diperoleh dari Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK), dan peta tekstur tanah diperoleh dari ISRIC. Sedangkan alat yang digunakan pada penelitian ini antara lain; laptop, perangkat lunak microsoft office, dan perangkat lunak GIS *open source* (QGIS).

### Analisis Data

Potensi air di DAS Wosi dihitung menggunakan metode rasional dengan persamaan berikut (Mimikou et al., 2016; Bedient et al., 2013; Eslamian, 2014; Ebissa, 2017):

$$Q = \frac{C_f C I A}{360} \quad (1)$$

Keterangan:

- Q : Potensi air (m<sup>3</sup>/detik)
- C<sub>f</sub> : Faktor penyesuaian (koreksi) dari koefisien runoff
- C : Koefisien limpasan air hujan (*run off*)
- I : Intensitas curah hujan pada waktu konsentrasi (mm/jam)
- A : Luas DAS (Ha)

Faktor penyesuaian koefisien runoff (C<sub>f</sub>) pada setiap periode ulang disajikan pada Tabel 1, dan Koefisien limpasan air hujan (C) pada setiap tutupan lahan disajikan pada Tabel 2 dan Tabel 3.

Tabel 1. Faktor penyesuaian ( $C_f$ ) dari koefisien *runoff* (Eslamian, 2014; Mimikou et al., 2016)

Periode ulang (T) tahun	Faktor Penyesuaian ( $C_f$ )	Periode ulang (T) tahun	Faktor Penyesuaian ( $C_f$ )
1	1,00	25	1,10
2	1,00	50	1,20
5	1,00	100	1,25
10	1,00		

Tabel 2. Koefisien limpasan air hujan (*run off*) pada berbagai tutupan lahan dan tektur tanah (Badan Standardisasi Nasional, 2016)

Karakteristik tanah	Tutupan lahan	Koefisien limpasan (C)
Campuran pasir dan atau campuran kerikil	Pertanian	0,20
	Padang rumput	0,15
	Hutan	0,10
Geluh dan sejenisnya	Pertanian	0,40
	Padang rumput	0,35
	Hutan	0,30
Lempung dan sejenisnya	Pertanian	0,50
	Padang rumput	0,45
	Hutan	0,40

Tabel 3. Koefisien limpasan air hujan (*run off*) pada kawasan pemukiman (Badan Standardisasi Nasional, 2016)

Pemukiman	Karakteristik	Koefisien limpasan (C)
Pusat perbelanjaan dan perkantoran		0,9
Industri	Bangunan penuh	0,80
Pemukiman (kepadatan menengah – tinggi)	20 rumah/Ha	0,48
	30 rumah/Ha	0,55
	40 rumah/Ha	0,65
	60 rumah/Ha	0,75
Pemukiman (kepadatan rendah)	10 rumah/Ha	0,40

Jika suatu DAS terdiri dari berbagai macam penggunaan lahan, nilai koefisien limpasan komposit di hitung menggunakan persamaan berikut (Badan Standardisasi Nasional, 2016):

$$C_{DAS} = \frac{\sum_{i=1}^n C_i A_i}{\sum_{i=1}^n A_i} \quad (2)$$

Keterangan:

$C_{DAS}$  : Koefisien limpasan pada DAS

$C_i$  : Koefisien limpasan tutupan lahan ke- $i$ ,

$A_i$  : Luas lahan tutupan lahan ke- $i$

$n$  : Jumlah (banyaknya) jenis tutupan lahan

Intensitas curah hujan ( $I$ ) dihitung menggunakan persamaan Monobe berikut

(Kamiana, 2011; Badan Standardisasi Nasional, 2016; Saputra et al., 2018; Sofia & Nursila, 2019):

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left( \frac{24}{t_c} \right)^{\frac{2}{3}} \quad (3)$$

Keterangan:

$I$  : Intensitas curah hujan pada waktu konsentrasi (mm/jam)

$R_{24}$  : Curah hujan rancangan (mm)

$t_c$  : Waktu konsentrasi (jam)

Curah hujan rancangan ( $R_{24}$ ) dianalisis menggunakan distribusi normal yang dihitung dengan persamaan berikut (Faisol, 2020):

$$R_{24} = \mu + K_t \sigma \quad (4)$$

Keterangan:

$R_{24}$  : Curah hujan rancangan pada periode ulang  $t$  – tahun

$\sigma$  : Nilai standard deviasi (simpangan baku) curah hujan harian

$\mu$  : Nilai curah hujan harian rata-rata

$K_t$  : Variabel reduksi distribusi normal

Variabel reduksi ( $K_t$ ) pada setiap periode ulang disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Variabel reduksi pada Distribusi Normal

Periode ulang (T) Tahun	Peluang (P)	Variabel Reduksi ( $K_T$ )	Periode ulang (T) Tahun	Peluang (P)	Variabel Reduksi ( $K_T$ )
1,00	0,99	-3,05	5	0,20	0,84
1,25	0,80	-0,84	10	0,10	1,28
1,67	0,60	-0,25	20	0,05	1,64
2,00	0,50	0	50	0,02	2,05
2,50	0,40	0,25	100	0,01	2,33

Waktu konsentrasi ( $t_c$ ) merupakan waktu yang dibutuhkan oleh air untuk mencapai outlet dari titik terjauh sungai. Waktu konsentrasi dapat dihitung menggunakan persamaan Kirpich berikut (Badan Standardisasi Nasional, 2016; Thompson, 2006; Hingray et al., 2015; Mimikou et al., 2016):

$$t_c = 0,01947 L^{0,77} S^{-0,385} \quad (5)$$

Keterangan:

$t_c$  : Waktu konsentrasi (menit)

$L$  : Panjang sungai utama (m)

$S$  : Kelerengan sungai utama

Kelerengan sungai utama ( $S$ ) dihitung menggunakan persamaan berikut (Mimikou et al., 2016):

$$S = \frac{H}{L} \quad (6)$$

Keterangan:

$S$  : Kelerengan pada sungai utama

$L$  : Panjang sungai utama (m)

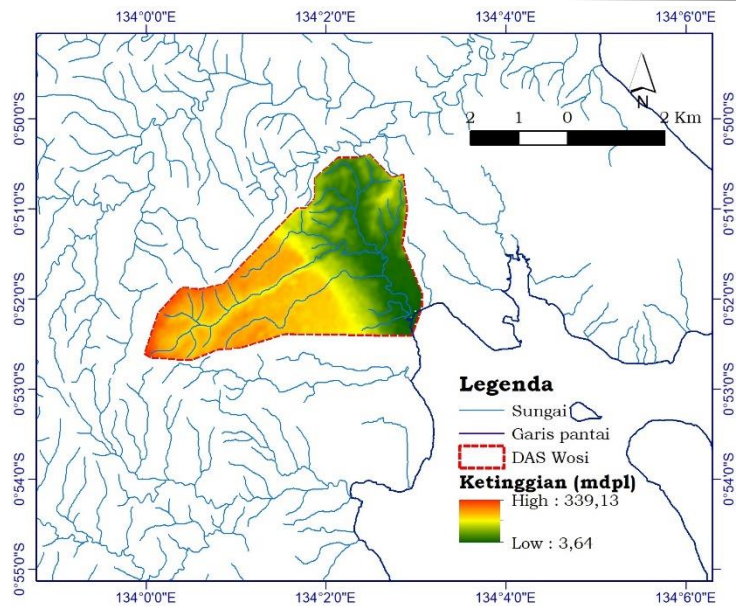
$H$  : Perbedaan elevasi (ketinggian) pada sungai utama yaitu perbedaan elevasi antara titik terjauh dengan outlet (m)

## HASIL DAN PEMBAHASAN

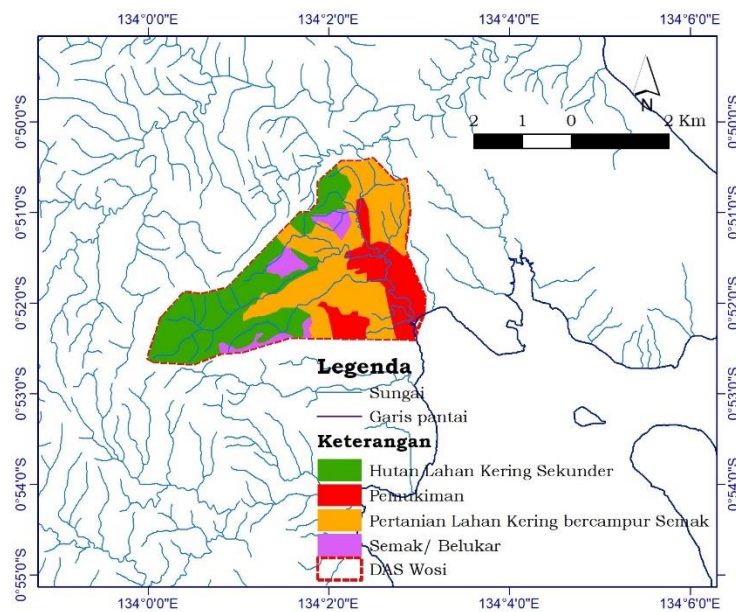
Berdasarkan hasil deliniasi batas DAS menggunakan DEMNAS dan peta jaringan sungai, DAS Wosi memiliki luas  $\pm 12,46 \text{ km}^2$  dengan panjang sungai utama  $\pm 8,44 \text{ km}$  dan kelerengan 0,0374. DAS Wosi didominasi oleh hutan berbukit serta memiliki ketinggian 325,44 mdpl pada bagian hulu sungai utama dan 9,74 mdpl pada bagian hilir. Kondisi topografi dan tutupan lahan DAS Wosi disajikan pada Gambar 2.

Tutupan lahan di Kabupaten Manokwari didominasi oleh hutan lahan kering primer dan pertanian lahan kering. Sebaran tutupan lahan di DAS Wosi berdasarkan interpretasi peta tutupan lahan yang dirilis oleh KLHK disajikan pada Gambar 3 dan Tabel 5.

DAS Wosi didominasi oleh tekstur tanah pasir berlempung dan tanah lempung. Sebaran tekstur tanah pada DAS Wosi berdasarkan interpretasi peta tekstur tanah yang dirilis oleh ISRIC disajikan pada Gambar 4.



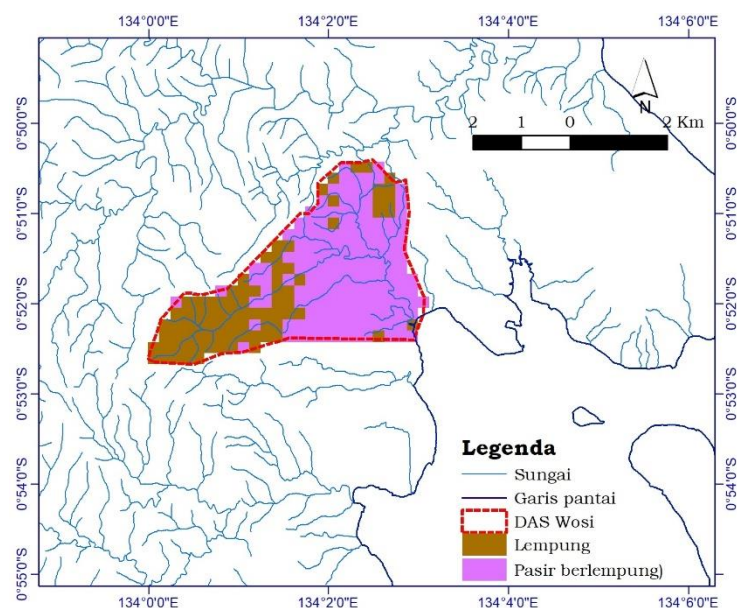
Gambar 2. Topografi DAS Wosi



Gambar 3. Tutupan lahan DAS Wosi

Tabel 5. Tutupan lahan DAS Wosi

No	Tutupan lahan	Luas (Ha)
1	Hutan Lahan Kering Sekunder	448,99
2	Semak/ Belukar	78,65
3	Pemukiman	223,19
4	Pertanian Lahan Kering bercampur Semak	495,59
	Total	1.246,43



Gambar 4. Tekstur tanah pada DAS Wosi

Berdasarkan hasil analisis superposisi (*overlay*) antara peta tutupan lahan dan tekstur tanah, koefisien limpasan air hujan pada DAS Wosi  $\pm 0,33$ . Sebaran koefisien limpasan air

hujan pada DAS Wosi berdasarkan interpretasi superposisi (*overlay*) antara peta tutupan lahan dan tekstur tanah disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Koefisien limpasan air hujan (*run off*) pada DAS Wosi

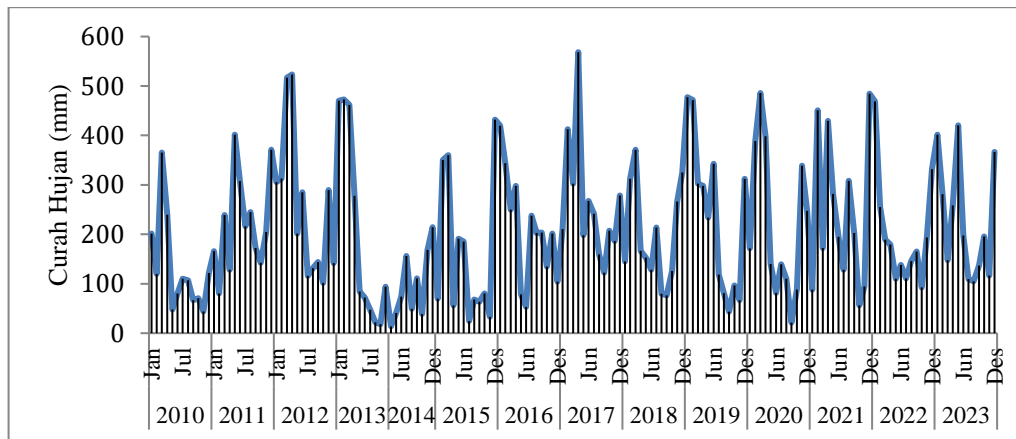
No	Tutupan lahan	Karakteristik tanah	Koefisien		Koefisien limpasan x luas
			limpasan (C)	Luas (%)	
1	Hutan Lahan Sekunder	Kering Lempung	0,40	26,40	0,11
		Pasir berlempung	0,10	9,63	0,01
2	Semak/ Belukar	Lempung	0,45	2,83	0,01
		Pasir berlempung	0,15	3,48	0,01
3	Pemukiman		0,55	17,92	0,10
4	Pertanian Lahan Kering bercampur Semak	Lempung	0,50	6,46	0,03
		Pasir berlempung	0,20	33,30	0,07
				Total	0,33

Berdasarkan hasil analisis curah hujan bulanan periode 2010 – 2023, curah hujan bulanan tertinggi di Kabupaten Manokwari sebesar 568 mm dan curah hujan bulanan terendah sebesar 14 mm. Sedangkan curah hujan andalan dengan peluang kejadian 99% di Kabupaten Manokwari sebesar 11 mm/bulan atau 0,37 mm/hari dan 44

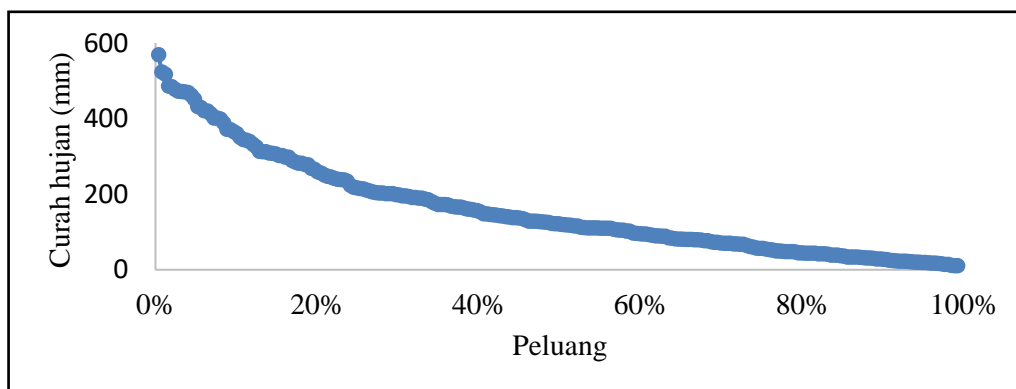
mm/bulan atau 1,47 mm/hari pada peluang kejadian 80%. Sehingga intensitas curah hujan pada DAS Wosi sebesar 0,11 mm/jam pada peluang 99% dan sebesar 0,45 mm/jam pada peluang kejadian 80% dengan waktu konsentrasi mencapai 1,21 jam. Distribusi curah hujan bulanan di Kabupaten Manokwari berdasarkan pencatatan pada stasiun iklim

Rendani Manokwari tahun 2010 – 2023 disajikan pada Gambar 5, dan distribusi probabilitas curah hujan bulanan di Kabupaten Manokwari berdasarkan hasil

analisis curah hujan pencatatan pada stasiun iklim tahun 2010 – 2023 disajikan pada Gambar 6.



Gambar 5. Grafik curah hujan bulanan di Kabupaten Manokwari



Gambar 6. Probabilitas curah hujan bulanan di Kabupaten Manokwari

Berdasarkan hasil analisis menggunakan metode rasional, potensi air di DAS Wosi sebesar  $0,00128 \text{ m}^3/\text{detik}$  atau 110.280 liter/hari pada peluang kejadian 99% dan  $0,00346 \text{ m}^3/\text{detik}$  atau 298.801 liter/hari pada peluang kejadian 80% . Jika merujuk pada SNI nomor 03-7065-2005 tentang Tata Cara Perencanaan Sistem Plambing bahwa kebutuhan air minimum setiap orang sebesar 120 liter/hari, maka potensi ketersediaan air pada DAS Wosi dapat memenuhi kebutuhan

air Masyarakat Kabupaten Manokwari sebanyak 919 orang pada peluang kejadian 99% dan 2.490 orang pada peluang kejadian 80%.

#### **KESIMPULAN**

DAS Wosi memiliki potensi air yang cukup tinggi, yaitu 110.280 liter/hari - 298.801 liter/hari sehingga dapat meningkatkan akses penduduk Kabupaten Manokwari terhadap layanan sumber air bersih.



## DAFTAR PUSTAKA

- Amir. (2014). Uji Karakteristik Curah Hujan dan Debit Pengaliran Sungai Maros Kab. Maros Sulawesi Selatan. *Jurnal Forum Bangunan*, 12(2), 47–55.
- Badan Standardisasi Nasional. (2016). *SNI 2415: 2016 - Tata Cara Perhitungan Debit Banjir Rencana*.
- Bedient, P. B., Huber, W. C., & Vieux, B. E. (2013). *Hydrology and Floodplain Analysis* (5th ed.). Pearson Education.
- BPS Indonesia. (2024). *Statistik Indonesia 2024* (BPS (ed.); 1st ed., Vol. 52). BPS.
- BPS Provinsi Papua Barat. (2024). *Provinsi Papua Barat Dalam Angka 2024* (BPS Provinsi Papua Barat (ed.); 1st ed., Vol. 18, Issue 1). BPS Provinsi Papua Barat.
- Departemen Pekerjaan Umum. (2002). *Petunjuk Praktis Perencanaan Pembangunan Sistem Penyediaan Air Bersih Perdesaan* (1st ed.). Departemen Pekerjaan Umum.
- Ebissa, G. K. (2017). Hydrological Analysis and Peak Discharge Determination. *Journal of Mechanical and Civil Engineering*, 14(3), 33–48. <https://doi.org/10.9790/1684-1403053348>
- Eslamian, S. (Ed.). (2014). *Engineering Hydrology* (1st ed.). CRC Press.
- Faisol, A. (2020). *Modul Analisis Data Hidrologi* (1st ed., Issue 1). Deepublish.
- Handayani, W., & Indrajaya, Y. (2011). Analisis Hubungan Curah Hujan dan Debit Sub Sub Das Ngatabaru , Sulawesi Tengah Sub Sub Das Ngatabaru , Sulawesi Tengah. *Jurnal Penelitian Hutan Dan Konservasi Alam*, 8(2), 143–153. <https://doi.org/10.20886/jphka.2011.8.2.143-153>
- Hariyanto, T., Ekaprathama, S. A., & Kurniawan, A. (2018). Analisis Potensi Mata Air Menggunakan Sistem Informasi Geografis (Studi Kasus : Wilayah Perbatasan Kabupaten Lumajang Dan Kabupaten Probolinggo). *Geoid*, 12(2), 158–162. <http://iptek.its.ac.id/index.php/geoid/article/view/3614>
- Hingray, B., Picouet, C. P., & Musy, A. (2015). *Hydrology: a Science for Engineers* (1st ed.). CRC Press.
- Kamiana, I. M. (2011). *Teknik Perhitungan Debit Rencana Bangunan Air* (1st ed.). Graha Ilmu.
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. (2019). *Gambaran Umum Sistem Penyediaan Air Minum (SPAM)* (Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (Ed.); 1st ed.).
- Kpiebaya, P., Amuah, E. E. Y., Shaibu, A. G., Baatuuwie, B. N., Avorny, V. K., & Dekongmen, B. W. (2022). Spatial assessment of groundwater potential using Quantum GIS and multi-criteria decision analysis (QGIS-AHP) in the Sawla-Tuna-Kalba district of Ghana. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, 43(August), 101197. <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2022.101197>
- Mimikou, M. A., Baltas, E. A., & Tsihrintzis, V. A. (2016). *Hydrology and Water Resource System Analysis* (1st ed.). CRC Press.
- Poedjiastoeti, H., Syahputra, B., & Soedarsono. (2022). Penyediaan Air Minum. In *Universitas Islam Sultan Agung* (1st ed., Issue August). Universitas Islam Sultan Agung.
- Prihatin, R. B., Suryani, A. S., Qodriyatun, S. N., Prasetiawan, T., Winurini, S., & Prayitno, U. S. (2015). *Penyediaan Air Bersih Di Indonesia : Peran Pemerintah, Pemerintah Daerah, Swasta, dan Masyarakat* (S. N. Qodriyatun (Ed.); 1st ed., Vol. 1, Issue 1). Pusat Pengkajian, Pengolahan Data dan Informasi (P3DI) Sekretariat Jenderal DPR RI.
- Ramasastri, K. S., & Seth, S. M. (1985). *Rainfall - Runoff Relationships*.
- Rasidi, H., Mulyanda, D., Karimuna, S. R., Hamka, M. S., Sumarlin, Ningtyas, R., Paharuddin, Kartina, D., Qomaliyah, E. N., Aini, Gaffar, S., & Kasmi, M. (2023). Air Bersih Gratis. In R. A. W. Mustakim (Ed.), *Widina Media Utama* (1st ed., Issue Mi). Widina Media Utama.
- Saputra, M., Fatimah, E., & Azmeri. (2018). Analisis Kapasitas Tampung dan Penentuan Kerusakan Sungai Aih Tripe Kabupaten Gayo Lues. *Jurnal Teknik Sipil*, 1(4), 915–928.

Sayd, D., Yonnana, E., & Mubi, A. (2020). An Analysis of Rainfall and Discharge Relationship at the River Kilange Catchment, Adamawa State, Nigeria. *Jordan Journal of Earth and Environmental Sciences*, 11(4), 248–252.

Sofia, D. A., & Nursila, N. (2019). Analisis Intensitas, Durasi, dan Frekuensi Kejadian Hujan di Wilayah Sukabumi. *Jurnal Teknologi Rekayasa*, 4(1), 85–92. <https://doi.org/10.31544/jtera.v4.i1.2019.85-92>

Tamim, T., & Tumpu, M. (2021). *Sistem Penyediaan Air Minum* (S. Gusty & Mansyur (Eds.); 1st ed.). Tohar Media.

Thompson, D. B. (2006). *The Rational Method, Regional Regression Equations, and Site-Specific Flood-Frequency Relations*.

Wiliya, & Lasminto, U. (2022). Pemodelan Hujan-Debit Menggunakan Model Hec-HMS Di DAS Bengawan Solo Hulu. *Jurnal Aplikasi Teknik Sipil*, 20(2), 193–198.

Wopari, A. H. E., Rumbiak, R., & Sudiro. (2022). Pemanfaatan Analisis SIG Untuk Pemetaan Potensi Air Tanah Di Kabupaten Keerom. *Jurnal Wilayah, Kota Dan Lingkungan Berkelanjutan*, 1(2), 30–38.