

Analisis Kekritisan Air Berdasarkan *Water Stress Index* di Kabupaten Sabu Raijua, Nusa Tenggara Timur

Agustinus Haryanto Pattiraja ^{[1]*}, Maria Yosefina Sako ^[1], Hamdan Nurdin ^[2], Paulus Sianto ^[1], Sri Santi LMF Seran ^[1]

^[1] Program Studi Teknik Sipil, Universitas Katolik Widya Mandira, Kupang, 85211, Indonesia

^[2] Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) Nusa Tenggara Timur, Kupang, 85227, Indonesia

Email: gustiwire@gmail.com*

*) Correspondent Author

Received: 03 May 2025; Revised: 22 April 2026; Accepted: 24 Juni 2026

How to cited this article:

Pattiraja, A.H., Sako, M.Y., Nurdin, H., Sianto, P., Seran, S.S., (2026). Analisis Kekritisan Air Berdasarkan *Water Stress Index* di Kabupaten Sabu Raijua, Nusa Tenggara Timur. Jurnal Teknik Sipil, 22(1), 201–217. <https://doi.org/10.28932/jts.v22i2.11926>

ABSTRAK

Pulau Sabu di Kabupaten Sabu Raijua, Provinsi Nusa Tenggara Timur merupakan wilayah semi-arid yang menghadapi tantangan signifikan dalam pengelolaan air bersih akibat keterbatasan sumber daya air dan distribusi permukiman yang tersebar. Studi ini bertujuan menganalisis tingkat tekanan air (*water stress*) melalui pendekatan *Water Stress Index* (WSI) berbasis spasial-temporal pada lima kecamatan di Pulau Sabu. Ketersediaan air dianalisis menggunakan metode FJ Mock yang dikombinasikan dengan pengukuran langsung debit mata air, kebutuhan air dihitung berdasarkan data penduduk, cakupan layanan perpipaan, serta populasi ternak. Proyeksi kondisi tahun 2033 menggunakan metode geometri untuk pertumbuhan penduduk, dengan asumsi ketersediaan air relatif tetap. Hasil analisis tahun 2023 menunjukkan bahwa Kecamatan Sabu Tengah dan Sabu Liae memiliki nilai WSI > 1 yang mengindikasikan kondisi defisit air kronis, sedangkan Hawu Mehara dalam kondisi aman. Pada tahun 2033, tekanan air diproyeksikan meningkat di seluruh wilayah dan meningkat secara signifikan seiring pertumbuhan jumlah penduduk dan stagnasi pasokan air, dengan kondisi paling kritis tetap di Kecamatan Sabu Tengah. Penelitian ini menegaskan pentingnya strategi pengelolaan air berbasis wilayah yang mempertimbangkan kondisi geografis, iklim, dan distribusi permukiman. Model WSI yang dikembangkan dalam studi memberikan dasar ilmiah untuk pengambilan kebijakan pengelolaan sumber daya air secara adaptif dan berkelanjutan.

Kata kunci: FJ Mock, Kebutuhan Air, Ketersediaan Air, Sabu Raijua, Semi-Arid, *Water Stress Index*.

ABSTRACT. *Analysis of Water Scarcity Using the Water Stress Index in Sabu Raijua Regency, East Nusa Tenggara.* Due to scarce water supplies and dispersed settlement, Sabu Island in Sabu Raijua Regency, East Nusa Tenggara Province, is a semi-arid area that has substantial issues in managing clean water. The purpose of this study is to assess the degree of water stress in five subdistricts of Sabu Island using a spatial-temporal *Water Stress Index* (WSI) technique. Water demand was determined using population data, piped service coverage, and livestock population, whereas water availability was investigated using the FJ Mock method in conjunction with actual spring discharge observations. The geometric technique for population growth was employed in the 2033 projections, which assumed relatively constant water availability. According to the analysis results for 2023, Hawu Mehara is safe, but Sabu Tengah and Sabu Liae sub-districts have WSI values > 1, indicating a persistent water shortage. Due to an increase in population and stagnating water supplies, it is anticipated that water stress will worsen throughout the region by 2033, with Sabu Tengah sub-district still experiencing the worst situation. The significance of area-based water management systems that take into account settlement distribution, climate, and geographic factors is highlighted by this study. The WSI model developed in this study provides a scientific basis for adaptive and sustainable water resource management policymaking.

Keywords: FJ Mock, Sabu Raijua, Water Availability, Water Demand, *Water Stress Index*, Semi-Arid.

1. PENDAHULUAN

Akses terhadap air minum yang layak merupakan hak dasar manusia dan aspek penting dalam pembangunan sosial-ekonomi yang berkelanjutan. Hal ini ditegaskan dalam Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 17 Tahun 2019 tentang Sumber Daya Air, yang menempatkan negara sebagai penanggung jawab utama dalam perlindungan dan pengelolaan sumber daya air (PRESIDEN REPUBLIK INDONESIA, 2019). Dalam Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional (RPJMN) 2019–2024, pemerintah menargetkan pencapaian 100% akses air minum layak, termasuk 15% akses air minum aman (PRESIDEN REPUBLIK INDONESIA, 2020). Namun, tantangan besar masih dihadapi oleh wilayah-wilayah kepulauan dan semi-arid, seperti Provinsi Nusa Tenggara Timur (NTT) yang secara struktural mengalami kekeringan berkepanjangan, keterbatasan infrastruktur layanan air, dan ketimpangan spasial antar wilayah.

Kabupaten Sabu Raijua merupakan salah satu wilayah dengan tingkat kerentanan air yang tinggi. Hingga tahun 2022, cakupan layanan air minum baru mencapai 44,54%, menunjukkan ketimpangan signifikan terhadap target nasional (Pemerintah Kabupaten Sabu Raijua, 2022). Ketidakseimbangan antara ketersediaan dan kebutuhan air menyebabkan tekanan air (*water stress*), yang dalam studi literatur diukur menggunakan pendekatan *Water Stress Index* (WSI) yang merupakan perbandingan antara kebutuhan air (*water demand*) dengan ketersediaan air (*water availability*) (Santikayasa & Okhy Wiranta, 2022). Pendekatan *Water Stress Index* (WSI) pada dasarnya sejalan dengan konsep neraca air yang membandingkan antara ketersediaan dan kebutuhan air untuk menilai keseimbangan sumber daya air pada suatu wilayah (Zefri & Isrami, 2023). Meskipun WSI telah banyak digunakan dalam analisis kerentanan air pada wilayah daratan besar seperti Jawa dan Sumatera, penerapannya di wilayah kepulauan kecil dengan iklim sabana kering masih sangat terbatas. Kondisi geografis yang khas, dan tidak meratanya distribusi sumber air, serta ketergantungan pada sumber-sumber air alternatif seperti mata air musiman dan air hujan menjadikan karakteristik wilayah seperti Sabu Raijua perlu dikaji lebih lanjut.

Penelitian ini bertujuan untuk mengisi kesenjangan penelitian terdahulu yang belum banyak berbicara tentang wilayah dengan karakteristik seperti Kabupaten Sabu Raijua dengan membangun model spasial-temporal WSI pada wilayah Kabupaten ini terutama di Pulau Sabu (tidak termasuk Pulau Raijua), yang mempertimbangkan aspek ketersediaan air (melalui pemodelan debit menggunakan metode FJ Mock dan pengukuran debit mata air) serta kebutuhan air domestik dan non-domestik berbasis data permukiman dan populasi. Temuan dari studi ini diharapkan tidak hanya menggambarkan tingkat tekanan air secara empiris untuk tahun 2023 dan proyeksi tahun 2033, tetapi juga memberikan kontribusi dalam menyusun strategi kebijakan air berbasis wilayah (*place-based water governance*) yang lebih adaptif terhadap perubahan iklim

dan pertumbuhan penduduk di daerah kepulauan semi-arid. Wilayah semi-arid dicirikan oleh curah hujan rendah (<1000 mm/tahun), variabilitas hujan tinggi dan musim kemarau panjang yang menyebabkan keterbatasan ketersediaan air. Perkembangan jumlah penduduk pada suatu wilayah tentu akan berpengaruh terhadap peningkatan jumlah kebutuhan air bersih (Harmans et al., 2022), sehingga studi ini juga memperkuat relevansi pendekatan WSI untuk pengelolaan air berbasis DAS di wilayah dengan keterbatasan data dan infrastruktur, agar layak dijadikan rujukan kebijakan dalam perencanaan pembangunan sumber daya air yang berkelanjutan.

Penelitian ini menawarkan pendekatan baru dalam mengkaji kerentanan air di wilayah kepulauan sabana kering, dengan mengintegrasikan pemodelan ketersediaan air berbasis metode FJ Mock dan pengukuran debit mata air aktual ke dalam *framework Water Stress Index* (WSI). Pendekatan kerentanan air yang telah dilakukan oleh beberapa peneliti sebelumnya dengan berbagai pendekatan indeks yang mengintegrasikan aspek fisik, sosial, ekonomi dan lingkungan (Brown & Matlock, 2011; Giné & Agustí Pérez-Foguet, 2002; Sullivan, 2002). Sementara WSI umumnya menitikberatkan pada perbandingan antara kebutuhan dan ketersediaan air (Gheewala et al., 2018; Samsudin et al., 2020). Penelitian sebelumnya juga cenderung menilai tekanan air secara parsial tanpa mempertimbangkan kompleksitas faktor penggerak yang berbeda pada setiap wilayah (Jiang et al., 2020). Studi-studi yang telah dilakukan masih berbasis data sekunder atau permodelan tanpa verifikasi lapangan secara langsung serta lebih banyak dilakukan pada wilayah daratan dengan ketersediaan data yang memadai. Pada penelitian ini menyoroti karakteristik unik wilayah pulau kecil yaitu Sabu yang memiliki ketergantungan tinggi pada sumber air musiman, sehingga integrasi antar pemodelan hidrologi dan data debit aktual menjadi penting untuk menghasilkan estimasi yang lebih representatif terhadap kondisi lapangan dan mengurangi ketidakpastian hasil analisis.

Penelitian ini berusaha memberikan kontribusi berupa pengembangan model spasial-temporal WSI berbasis data *real demand* dan debit aktual untuk konteks daerah kering kepulauan, yang sebelumnya belum banyak dikaji dalam literatur nasional maupun internasional. Pemanfaatan pendekatan konservatif berbasis cakupan layanan perpipaan aktual sambungan rumah (SR), hidran umum atau keran umum (HU/KU) untuk proyeksi kebutuhan air, yang menghasilkan estimasi lebih realistis dalam perencanaan infrastruktur SPAM di wilayah minim data. Lebih lanjut untuk dapat mengidentifikasi spasial wilayah rawan air berbasis WSI tahun dasar (2023) dan proyeksi (2033) yang dapat menjadi dasar rekomendasi kebijakan tata kelola air berbasis DAS dan perencanaan adaptif terhadap perubahan iklim serta pertumbuhan penduduk.

2. METODOLOGI

Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif kuantitatif untuk menganalisis tingkat tekanan air (*Water Stress*) di wilayah Pulau Sabu, Kabupaten Sabu Raijua. Pendekatan ini dipilih untuk menggambarkan kondisi aktual keseimbangan antara ketersediaan dan kebutuhan air bersih secara spasial dan temporal (Sullivan, 2002). Analisis difokuskan pada lima kecamatan di Pulau Sabu, dengan mengecualikan wilayah Kecamatan Raijua karena keterbatasan data sumber daya air yang memadai. Pengecualian wilayah ini berpotensi menyebabkan hasil tidak sepenuhnya merepresentasikan kondisi kerentanan air secara keseluruhan di Kabupaten Sabu Raijua, khususnya pada skala regional. Namun demikian, fokus penelitian pada Pulau Sabu tetap dianggap representatif untuk menggambarkan pola tekanan air pada wilayah kepulauan sabana kering dengan karakteristik serupa. Oleh karena itu, hasil penelitian ini perlu dipahami dalam batasan ruang lingkup wilayah studi yang dianalisis.

Tahapan metodologi terdiri dari pengumpulan data hidrologi dan kependudukan, estimasi ketersediaan air menggunakan metode FJ Mock, perhitungan kebutuhan air berdasarkan kategori domestik dan non-domestik, hingga penghitungan nilai *Water Stress Index* (WSI) berdasarkan formulasi yang diadaptasi dari Samsudin et al. (2015) (Samsudin et al., 2020). Setiap tahapan dilakukan secara sistematis guna memperoleh pemetaan kerentanan air dan memberikan dasar ilmiah untuk perencanaan pengelolaan sumber daya air berkelanjutan di wilayah sabana kering seperti Sabu Raijua.

Penelitian ini dilakukan di wilayah Pulau Sabu, Kabupaten Sabu Raijua, Provinsi Nusa Tenggara Timur, tanpa mencakup wilayah Pulau Raijua. Fokus utama penelitian adalah mengukur tingkat tekanan air (*water stress*) menggunakan pendekatan *Water Stress Index* (WSI) berdasarkan data ketersediaan dan kebutuhan air.

Data yang digunakan dalam penelitian ini:

- Data klimatologi: curah hujan, suhu, kelembaban, dan evapotranspirasi (sumber: BMKG, 2011–2021).
- Data hidrologi: debit mata air dan debit andalan sungai (pengukuran lapangan dan hasil simulasi).
- Data demografi: jumlah penduduk dan rumah tangga dari BPS Kabupaten Sabu Raijua (BPS Kabupaten Sabu Raijua, 2024).
- Data ternak: populasi sapi, kambing, babi, dan unggas.

Pendekatan menghitung ketersediaan air:

- Pengukuran debit mata air langsung.

Dilakukan survei lapangan untuk mengukur debit aktual mata air (L/dt) pada lima kecamatan.

- b. Simulasi debit andalan dengan metode FJ Mock
- Metode F.J. Mock digunakan untuk menghitung debit sungai bulanan berdasarkan pendekatan neraca air, dengan parameter utama meliputi curah hujan, evapotranspirasi, serta karakteristik DAS seperti kapasitas kelembaban tanah (*soil moisture capacity*) dan koefisien infiltrasi (Muhardiono & Arthamefia, 2024).
- c. Pertumbuhan Penduduk
- Proyeksi jumlah penduduk dilakukan menggunakan metode pertumbuhan geometri berdasarkan data historis tahun 2010–2022. Metode ini dipilih karena berdasarkan hasil evaluasi antara metode aritmatika dan geometri didapatkan metode geometri memiliki nilai standar deviasi terkecil.
- d. Kebutuhan Domestik
- Kebutuhan air domestik merupakan kebutuhan air yang digunakan untuk keperluan rumah tangga seperti minum, masak, dan sanitasi. Untuk konsumsi per orang pada wilayah Kabupaten Sabu Raijua yaitu 70 L/orang/hari (SR) dan 40 L/orang/hari (HU/KU), sesuai dengan cakupan jaringan eksisting (43,96%) dan proyeksi 2033 (70% SR, 30% HU).
- e. Kebutuhan Non-Domestik
- Kebutuhan non-domestik mencakup penggunaan air diluar rumah tangga seperti peternakan, pertanian, dan kegiatan ekonomi lainnya. Nilai diperoleh dari populasi ternak dengan asumsi konsumsi air sesuai modul pelatihan alokasi air yang diterbitkan pusat pendidikan dan pelatihan sumber daya air dan konstruksi (Pusat Pendidikan dan Pelatihan Sumber Daya Air Konstruksi, 2017).

Untuk analisis WSI menggunakan Persamaan (1) dan Persamaan (2).

Water To Availability (WTA)

$$WTA = \frac{\sum_j WU_{ij}}{WA_i} \quad (1)$$

Keterangan:

WU : kebutuhan air.

WA : ketersediaan air.

Water Stress Index (WSI)

$$WSI = \frac{1}{1 + e^{-6.4 \cdot WTA \cdot \left(\frac{1}{0.01} - 1\right)}} \quad (2)$$

Klasifikasi WSI mengikuti kategori dari Samsudin et al. (2015) (Samsudin et al., 2020) pada Tabel 1.

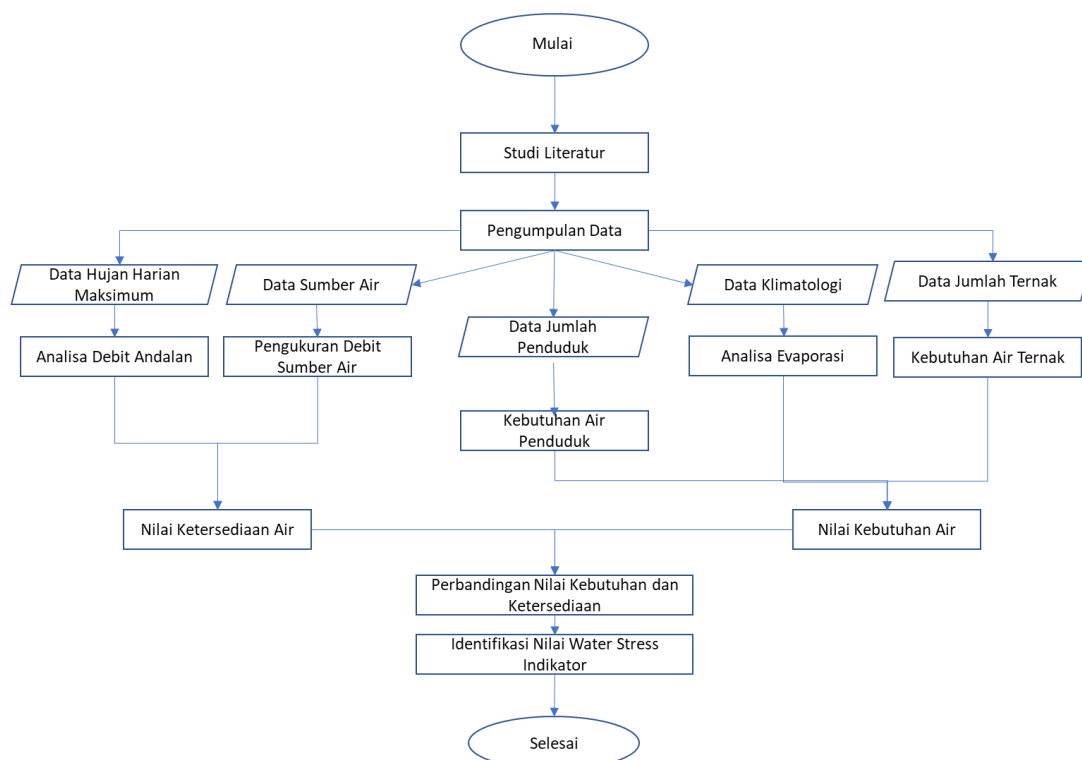
Tabel 1. Kategori WSI

WSI	Level
< 0,02	low
0,02 - 0,04	
0,05 - 0,09	
0,10 - 0,19	medium
0,20 - 0,49	moderate
0,50 - 0,79	high
0,80 - 0,89	extreme high
0,90 - 0,95	
> 0,95	

Asumsi untuk proyeksi untuk tahun 2033:

- Pertumbuhan penduduk konstan sesuai tren 2010–2022.
- Penambahan cakupan jaringan perpipaan mengikuti target RPJMN 100% akses, dengan pendekatan konservatif (70% SR, 30% HU).
- Tidak ada peningkatan signifikan dari debit mata air, menyesuaikan kondisi perubahan iklim dan kapasitas DAS.

Untuk memperjelas tahapan dan alur analisis, Gambar 1 adalah diagram alir yang menjelaskan proses mulai dari pengumpulan data hingga perhitungan *Water Stress Index* (WSI).

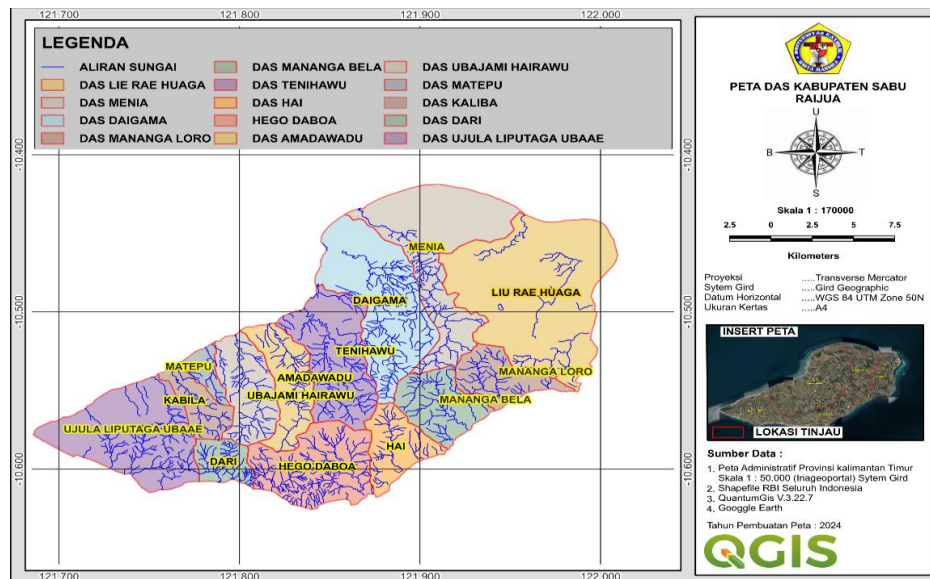


Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

3. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

3.1. Analisis Debit Andalan

Wilayah Kabupaten Sabu Raijua secara hidrologis terbagi menjadi 14 Daerah Aliran Sungai (DAS) yang tersebar di seluruh kawasan Pulau Sabu. Setiap DAS memiliki karakteristik topografi, luas tangkapan, dan respon hidrologi yang berbeda-beda. Gambar 2 adalah sebaran setiap DAS di wilayah Kabupaten Sabu Raijua.

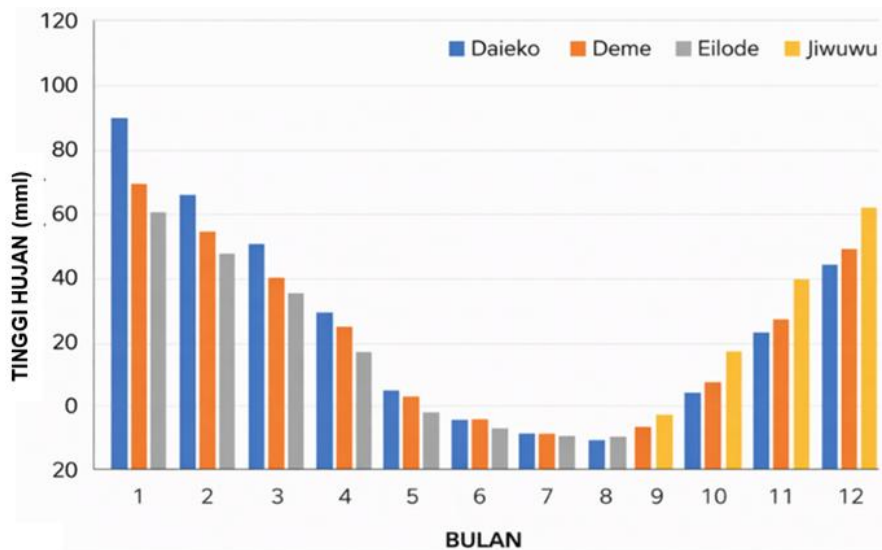


Gambar 2. DAS Wilayah Kabupaten Sabu Raijua

Dalam studi ini, analisis debit andalan dilakukan terhadap masing-masing DAS secara individu untuk memperoleh gambaran spasial ketersediaan air secara menyeluruh. Hasil debit andalan tiap DAS selanjutnya menjadi estimasi ketersediaan air pada tingkat wilayah administratif, yang berfungsi sebagai dasar dalam menghitung neraca air dan indeks kerawanan air (WSI) per kecamatan.

Variabel utama sebagai input dalam analisis debit andalan adalah data hujan dan data klimatologi wilayah kajian. Wilayah Kabupaten Sabu Raijua memiliki pola hujan tipe monsun dengan satu puncak musim hujan yang jelas dan periode kemarau panjang, sebagaimana ditunjukkan oleh data rata-rata curah hujan dari empat stasiun (Daieko, Deme, Eilode, dan Jiwuwu) selama 10 tahun pada Gambar 3. Berdasarkan data hujan yang tersebar di wilayah kajian menunjukkan bahwa Sabu Raijua mengalami musim hujan yang sangat singkat dan musim kemarau yang dominan. Rata-rata curah hujan Sabu Raijua (~720 mm/tahun) menempatkan wilayah ini dalam kategori “sangat rendah”, serupa dengan daerah-daerah semi-arid di NTT. Kondisi ini sangat berpengaruh terhadap ketersediaan air permukaan tahunan dan membutuhkan

strategi pengelolaan air yang adaptif, termasuk optimalisasi penampungan air di musim hujan dan efisiensi pemakaian air di musim kering.

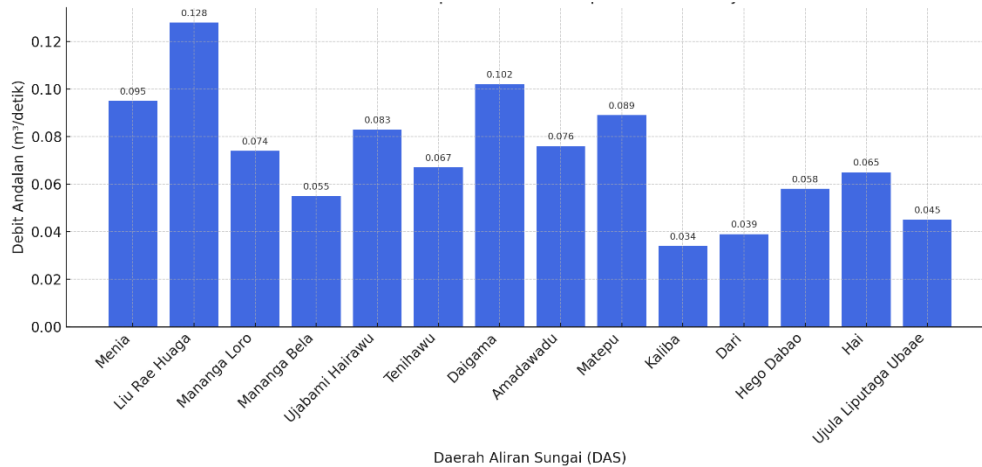


Gambar 3. Hujan Rata-Rata Selama 10 Tahun di Wilayah Sabu Raijua

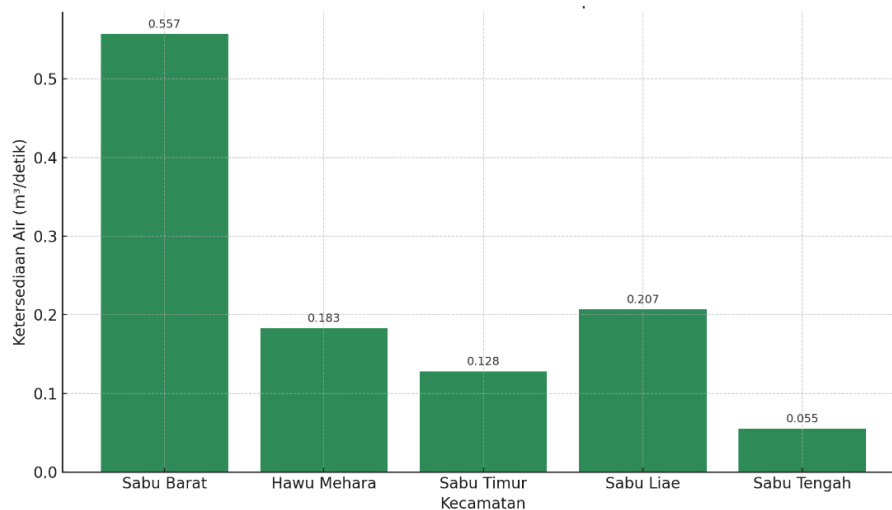
Hasil analisis debit andalan menggunakan metode FJ Mock pada Gambar 4 menunjukkan bahwa terdapat variasi signifikan dalam ketersediaan air antar kecamatan di Kabupaten Sabu Raijua. Kecamatan dengan total ketersediaan air tertinggi adalah Sabu Barat, yaitu sebesar 0,557 m³/detik, yang mengindikasikan keberadaan potensi sumber daya air permukaan yang relatif lebih baik dibandingkan kecamatan lainnya. Hal ini dapat dikaitkan dengan luas daerah tangkapan hujan yang lebih besar dan intensitas hujan yang lebih tinggi di wilayah tersebut. Sebaliknya, kecamatan Sabu Timur dan Sabu Liae masing-masing hanya memiliki total debit andalan sebesar 0,128 m³/detik dan 0,207 m³/detik, menunjukkan keterbatasan signifikan dalam suplai air.

Kecamatan Sabu Tengah mencatatkan total ketersediaan air terendah, yaitu 0,0549 m³/detik, yang menunjukkan kondisi sangat kritis dalam hal suplai air permukaan. Debit per bulan yang sangat kecil, bahkan mencapai di bawah 0,001 m³/detik pada musim kemarau, menandakan tingginya tingkat ketergantungan masyarakat terhadap sumber air alternatif seperti air tanah atau distribusi air tangki. Sementara itu, Kecamatan Hawu Mehara memiliki debit total sebesar 0,183 m³/detik, yang walaupun tidak tinggi, namun relatif lebih stabil dari bulan ke bulan.

Selanjutnya untuk mempermudah analisis WSI maka debit andalan dipisahkan sesuai kecamatan seperti pada Gambar 5. Berdasarkan Gambar 5 terlihat distribusi ketersediaan air antar kecamatan, di mana Kecamatan Sabu Barat memiliki nilai tertinggi sedangkan Sabu tengah menunjukkan ketersediaan air terendah.



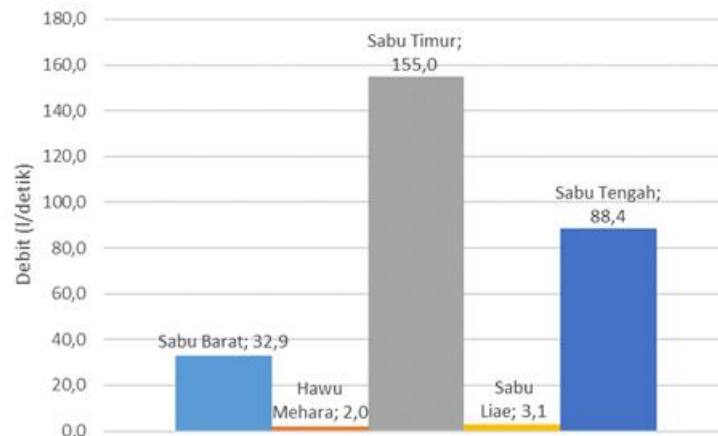
Gambar 4. Grafik Debit Andalan Setiap DAS



Gambar 5. Grafik Debit Andalan Setiap Kecamatan di Kabupaten Sabu Raijua

3.2. Ketersediaan Air Berdasarkan Pengukuran Mata Air.

Sebagai bagian dari analisis ketersediaan air di Kabupaten Sabu Raijua, dilakukan pengukuran debit mata air pada setiap kecamatan. Pengukuran ini bertujuan untuk memperoleh data riil mengenai kapasitas sumber air permukaan non-sungai yang selama ini digunakan oleh masyarakat sebagai sumber air bersih utama, terutama di daerah yang tidak dilalui aliran sungai permanen. Pengumpulan data dilakukan secara langsung di lapangan pada mata air yang aktif dan dapat diakses, dengan satuan pengukuran dalam liter per detik (liter/detik). Hasil pengukuran ini menjadi komponen penting dalam menghitung total ketersediaan air wilayah, dan akan digunakan dalam perbandingan terhadap kebutuhan air untuk perhitungan indeks kerawanan air (*Water Stress Index*). Rekapitulasi debit mata air berdasarkan hasil pengukuran di lima kecamatan di Kabupaten Sabu Raijua terdapat pada Gambar 6.



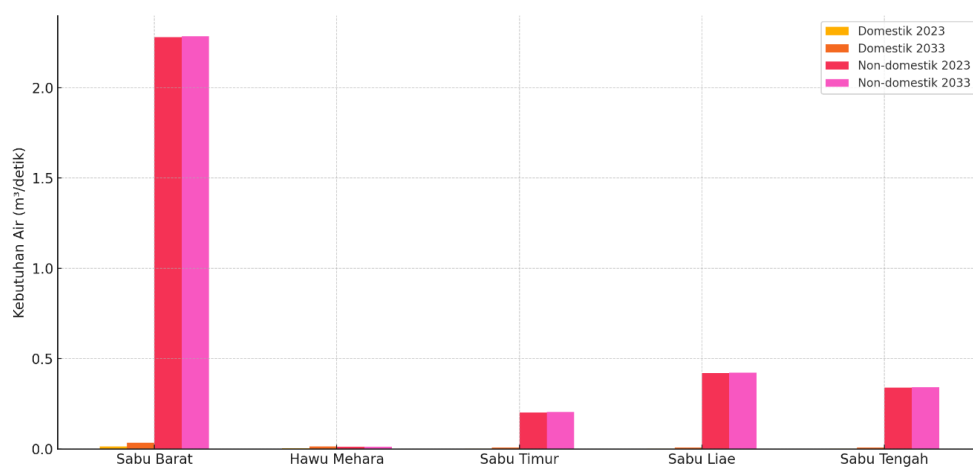
Gambar 6. Grafik Hasil Pengukuran Debit Mata Air Di Kabupaten Sabu Raijua

3.3. Kebutuhan Air.

Dalam studi ini, asumsi kebutuhan air domestik sebesar 70 liter per orang per hari digunakan sebagai pendekatan yang lebih realistis dan kontekstual terhadap kondisi wilayah Kabupaten Sabu Raijua. Meskipun standar nasional untuk sambungan rumah (SR) di wilayah kota kecil umumnya berada pada kisaran 80–120 liter per orang per hari, karakteristik pedesaan Sabu Raijua dengan cakupan layanan perpipaan yang terbatas serta infrastruktur SPAM yang belum merata menjadikan nilai 70 liter lebih representatif. Angka ini masih berada dalam rentang standar nasional untuk daerah perdesaan (60–80 L/orang/hari) sebagaimana tercantum dalam dokumen RISPAM dan peraturan teknis Kementerian PUPR. Penggunaan asumsi ini juga bertujuan untuk menghasilkan estimasi kebutuhan air yang lebih konservatif namun tetap valid, sehingga dapat digunakan secara akurat dalam analisis neraca air dan perhitungan *Water Stress Index* (WSI) antar wilayah kecamatan.

Berdasarkan hasil koreksi dan estimasi ulang, cakupan layanan jaringan perpipaan (SR dan HU/KU) di Kabupaten Sabu Raijua diperkirakan mencapai $\pm 43,96\%$ dari total rumah tangga, yang sejalan dengan angka dalam dokumen RISPAM Kabupaten Sabu Raijua (2022). Untuk pemodelan kebutuhan air tahun proyeksi 2033, digunakan pendekatan target konservatif yaitu sebesar 70% penduduk diasumsikan dilayani melalui SR dan 30% melalui HU/KU, mengikuti tren peningkatan akses layanan air minum yang terus berkembang dan mendekati target nasional 100% akses air minum layak. Rasionalisasi pembagian ini mempertimbangkan kemampuan infrastruktur, ketersediaan sumber air, dan distribusi permukiman yang masih tersebar di wilayah perdesaan. Ketimpangan antar kecamatan juga tampak signifikan, terutama di wilayah seperti Sabu Liae yang secara geografis tidak memiliki sumber mata air tetap sehingga sangat mengandalkan air hujan. Oleh karena itu, hasil analisis ini memberikan dasar yang sah dan relevan dalam menyusun strategi pengelolaan air, baik dari sisi peningkatan layanan perpipaan

maupun konservasi sumber daya air lokal. Dalam pemodelan kebutuhan air domestik tahun 2023, digunakan pendekatan berbasis cakupan layanan aktual yang tercantum dalam dokumen RISPAM, yaitu sebesar 43,96% dari total penduduk Kabupaten Sabu Raijua yang telah dilayani oleh jaringan perpipaan. Dari total populasi yang terlayani ini, diasumsikan bahwa 70% memperoleh akses air melalui sambungan rumah (SR) dengan konsumsi rata-rata 70 liter per orang per hari, sedangkan 30% lainnya melalui hidran umum atau keran umum (HU/KU) dengan konsumsi sebesar 40 liter per orang per hari. Dengan demikian, proporsi kebutuhan air dihitung berdasarkan $\pm 30,77\%$ penduduk dengan pola SR dan $\pm 13,19\%$ penduduk dengan pola HU/KU, sedangkan sisanya yang belum terlayani jaringan perpipaan dianggap bergantung pada sumber alternatif non-perpipaan seperti PAH, sumur gali, atau air tangki, yang tidak termasuk dalam skema perhitungan kebutuhan air terstandar. Pendekatan ini bertujuan memberikan gambaran kebutuhan aktual berdasarkan kondisi infrastruktur eksisting, serta menjadi dasar proyeksi realistis terhadap peningkatan layanan di masa depan. Perbandingan kebutuhan air baik domestik dan non-domestik tahun 2023 dan 2033 terlihat dalam pada Gambar 7. Terlihat kebutuhan tertinggi pada Kecamatan Sabu Barat sebagai pusat perkotaan dan terendah pada Kecamatan Hawu Mehara.



Gambar 7. Grafik Kebutuhan Air Domestik dan Non-Domestik Di Pulau Sabu

3.4. Analisis *Water Stress Index* (WSI)

Analisis *Water Stress Index* (WSI) merupakan tahap penting dalam mengevaluasi tingkat keseimbangan antara ketersediaan air dan kebutuhan air di suatu wilayah. Indeks ini mencerminkan sejauh mana sumber daya air yang tersedia mampu memenuhi permintaan air domestik dan non-domestik, serta menjadi indikator awal terhadap potensi kerentanan air (*water vulnerability*) di tingkat spasial. Dalam konteks Kabupaten Sabu Raijua yang memiliki karakteristik geografis kering, distribusi permukiman tersebar, dan keterbatasan sumber air

permukaan yang stabil, pendekatan WSI menjadi sangat relevan untuk mengidentifikasi wilayah-wilayah prioritas dalam pengelolaan air. Perhitungan WSI dalam studi ini dilakukan dengan membandingkan total kebutuhan air (domestik dan non-domestik) terhadap debit andalan yang diperoleh dari analisis neraca air dan simulasi debit pada masing-masing Daerah Aliran Sungai (DAS). Nilai WSI yang lebih besar dari 1 menunjukkan kondisi defisit air (*water stressed*), sedangkan nilai di bawah 1 mengindikasikan ketersediaan air yang masih mencukupi. Dengan memanfaatkan hasil analisis kebutuhan air tahun 2023 dan proyeksi tahun 2033, serta data ketersediaan air berdasarkan hasil pemodelan debit andalan dan pengukuran mata air, analisis ini bertujuan untuk menyajikan gambaran menyeluruh tentang potensi tekanan air di masing-masing kecamatan dan DAS. Hasil ini akan menjadi dasar rekomendasi kebijakan pengelolaan air yang adaptif dan berkelanjutan di wilayah Sabu Raijua.

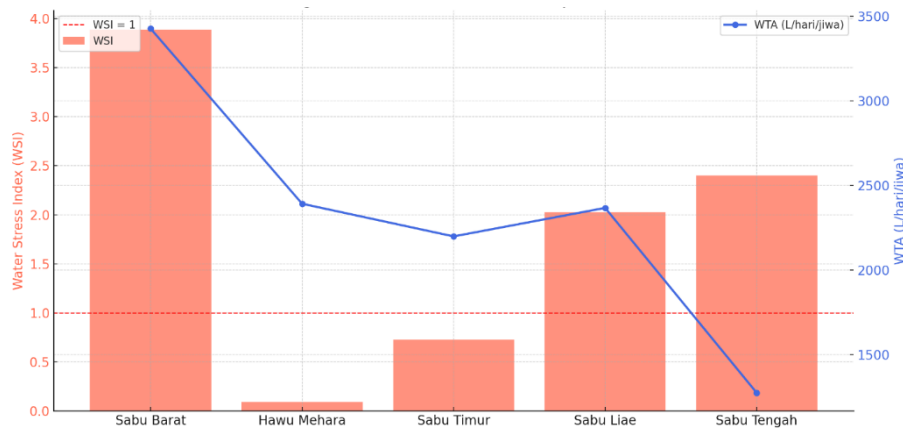
Hasil analisis WTA dan WSI Kabupaten Sabu Raijua tahun 2023 terdapat pada Tabel 2. Wilayah dengan nilai WSI tertinggi adalah Sabu Barat (3,89) dan Sabu Tengah (2,40), yang menunjukkan tekanan air yang sangat tinggi akibat tingginya kebutuhan non-domestik atau terbatasnya pasokan air. Sementara itu, Hawu Mehara memiliki nilai WSI yang sangat rendah (0,09) yang menandakan wilayah tersebut memiliki surplus ketersediaan air relatif terhadap kebutuhannya. Meski WTA (ketersediaan air per jiwa per hari) cukup tinggi di sebagian besar kecamatan, kondisi tekanan tetap tinggi karena kebutuhan air yang besar dan distribusi layanan yang belum merata.

Tabel 2. Nilai WTA dan WSI Kabupaten Sabu Raijua Tahun 2023

Kebutuhan		Total		Jumlah		WTA	
Domestik	Non Domestik	Kebutuhan Air	Ketersediaan Air	Penduduk 2023	WSI	(m³/detik/jiwa)	(L/hari/jiwa)
Kecamatan: Sabu Barat							
0,013	2,280	2,294	0,590	14879	3,888	3,97E-05	3426,04
Kecamatan: Hawu Mehara							
0,006	0,011	0,017	0,185	6684	0,092	2,77E-05	2391,38
Kecamatan: Sabu Timur							
0,003	0,203	0,206	0,283	11122	0,728	2,54E-05	2198,45
Kecamatan: Sabu Liae							
0,003	0,421	0,425	0,210	7666	2,024	2,74E-05	2366,81
Kecamatan: Sabu Tengah							
0,003	0,341	0,343	0,143	9693	2,399	1,48E-05	1274,65

Grafik pada Gambar 8 menunjukkan kontras antara WSI dan WTA di tiap kecamatan. Meskipun beberapa wilayah seperti Sabu Barat dan Sabu Liae memiliki WTA tinggi, WSI tetap tinggi karena kebutuhan air non-domestik yang besar atau distribusi sumber yang tidak merata. Sabu Tengah berada dalam kondisi paling kritis dengan nilai WSI 2,40 dan WTA terendah, menunjukkan defisit air signifikan. Sebaliknya, Hawu Mehara menunjukkan kondisi ideal dimana

tekanan air rendah dan ketersediaan air per jiwa tinggi, menjadi contoh wilayah dengan keseimbangan air yang baik.



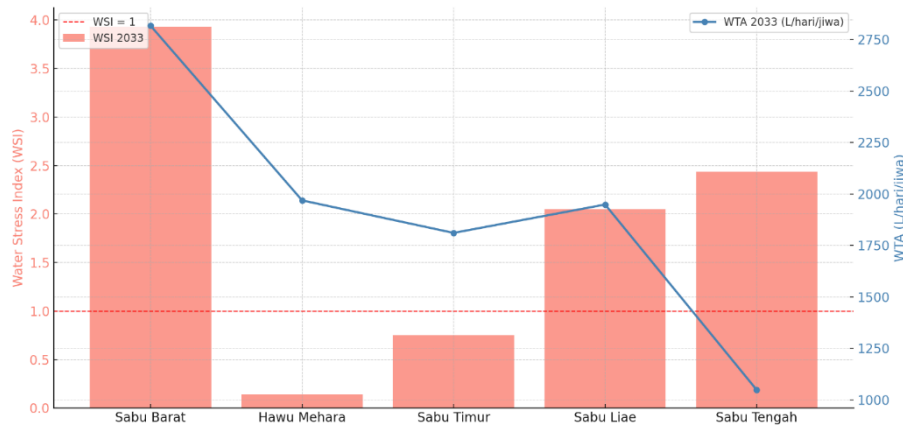
Gambar 8. Grafik WSI dan WTA Kabupaten Sabu Raijua Tahun 2023

Prediksi WTA dan WSI pada tahun 2033 terdapat pada Tabel 3. Semua kecamatan menunjukkan peningkatan kebutuhan air seiring pertumbuhan penduduk. Sabu Barat tetap menjadi wilayah dengan beban kebutuhan air terbesar, terutama akibat sektor non-domestik, namun WTA masih relatif tinggi (2.816 liter/jiwa/hari). Sabu Tengah menunjukkan kondisi paling kritis, dengan WSI sebesar 2,43 dan WTA terendah, hanya 1.048 liter/jiwa/hari, yang menandakan kapasitas pasokan air tidak sebanding dengan beban kebutuhan. Sementara itu, Hawu Mehara masih menunjukkan kondisi aman, dengan WSI < 0,2 dan ketersediaan air per kapita tinggi. Secara umum, tren WSI di sebagian besar kecamatan mengindikasikan perlunya penguatan sistem pengelolaan air berbasis DAS, optimalisasi pemanfaatan sumber air, dan efisiensi distribusi.

Tabel 3. Nilai WTA dan WSI Kabupaten Sabu Raijua Tahun 2033

Kebutuhan		Total		Jumlah		WTA	
Domestik	Non Domestik	Kebutuhan Air	Ketersediaan Air	Penduduk 2033	WSI	(m³/detik/jiwa)	(L/hari/jiwa)
Kecamatan: Sabu Barat							
0,035	2,285	2,320	0,590	18100	3,932	3,26E-05	2816,35
Kecamatan: Hawu Mehara							
0,014	0,012	0,026	0,185	8120	0,141	2,28E-05	1968,47
Kecamatan: Sabu Timur							
0,008	0,204	0,212	0,283	13505	0,749	2,10E-05	1810,53
Kecamatan: Sabu Liae							
0,008	0,422	0,430	0,210	9313	2,048	2,25E-05	1948,24
Kecamatan: Sabu Tengah							
0,007	0,341	0,348	0,143	11781	2,434	1,21E-05	1048,74

Grafik pada Gambar 9 menunjukkan perbandingan *Water Stress Index* (WSI) dan *Water Availability per Capita* (WTA) tahun 2033 yang menunjukkan bahwa sebagian besar kecamatan di Kabupaten Sabu Raijua mengalami peningkatan tekanan terhadap sumber daya air. Nilai WSI tertinggi dicapai oleh Kecamatan Sabu Barat (3,93), didorong oleh dominasi kebutuhan air non-domestik yang sangat tinggi, meskipun WTA masih relatif besar (2.816 liter/jiwa/hari).

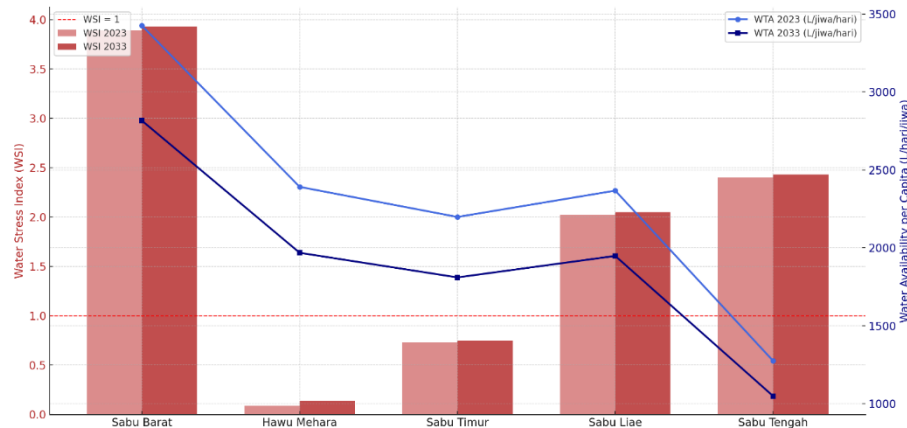


Gambar 9. Grafik WSI dan WTA Kabupaten Sabu Raijua Tahun 2033

Di sisi lain, Kecamatan Sabu Tengah mengalami kondisi paling kritis secara keseluruhan, dengan nilai WSI sebesar 2,43 dan WTA terendah sebesar 1.049 liter/jiwa/hari. Hal ini mencerminkan keterbatasan nyata dalam pasokan air per individu, serta risiko defisit air yang lebih tinggi apabila tidak dilakukan intervensi pengelolaan yang tepat. Kecamatan Hawu Mehara tetap berada dalam kondisi aman dengan nilai WSI sangat rendah (0,14) dan WTA yang masih tinggi (1.968 liter/jiwa/hari), yang menunjukkan keseimbangan antara ketersediaan dan kebutuhan air. Sabu Timur dan Sabu Liae dengan kondisi menengah, Sabu Timur berada pada ambang tekanan dengan WSI 0,75, sedangkan Sabu Liae sudah masuk kategori rawan dengan WSI 2,05. Meskipun WTA pada kedua wilayah ini masih di atas 1.800 liter/jiwa/hari, tren kenaikan kebutuhan dan stagnansi pasokan air perlu diantisipasi dengan kebijakan efisiensi, pemanfaatan alternatif sumber air, serta pembangunan infrastruktur yang adaptif terhadap pertumbuhan penduduk dan perubahan iklim. Grafik pada Gambar 9 menjadi dasar kuat untuk menetapkan prioritas wilayah dalam perencanaan pengelolaan sumber daya air yang berkelanjutan.

Kondisi WSI untuk tahun 2023 dan 2033 dalam satu grafik seperti pada Gambar 10. Terlihat tren peningkatan nilai WSI 2023 ke 2033 di hampir seluruh kecamatan, yang mengindikasikan peningkatan tekanan terhadap sumber daya air. Penyebab utama tingginya nilai WSI adalah ketidakseimbangan antara kebutuhan dan ketersediaan air. Di beberapa kecamatan seperti Sabu Barat meskipun nilai WTA masih tergolong tinggi, kebutuhan air sangat besar

terutama dari sektor non-domestik seperti pertanian dan peternakan, sehingga menyebabkan nilai WSI tetap tinggi. Sebaliknya, di kecamatan seperti Sabu Tengah, nilai WSI tinggi bukan hanya karena kebutuhan air yang meningkat, tetapi juga karena ketersediaan air per kapita yang sangat rendah. Faktor-faktor geografis seperti minimnya sumber mata air permanen, infrastruktur SPAM yang belum merata, serta pola hujan monsun dengan musim kemarau panjang turut memperparah tekanan air dan meningkatkan nilai WSI di tahun-tahun mendatang.



Gambar 10. Grafik WSI dan WTA Kabupaten Sabu Raijua Tahun 2023 dan 2033

4. KESIMPULAN

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis tingkat tekanan air di wilayah Pulau Sabu, Kabupaten Sabu Raijua, menggunakan pendekatan *Water Stress Index* (WSI) berbasis spasial-temporal dengan mempertimbangkan aspek ketersediaan dan kebutuhan air. Ketersediaan air dihitung melalui simulasi debit andalan menggunakan metode FJ Mock yang dikombinasikan dengan pengukuran langsung debit mata air, sedangkan kebutuhan air dihitung berdasarkan kebutuhan domestik dan non-domestik. Analisis dilakukan untuk kondisi tahun dasar 2023 serta proyeksi tahun 2033 untuk menggambarkan dinamika tekanan di masa datang.

Hasil penelitian menunjukkan wilayah Pulau Sabu di Kabupaten Sabu Raijua mengalami tekanan air yang tinggi dan tidak merata antar wilayah kecamatan. Dengan menggunakan pendekatan *Water Stress Index* (WSI) yang dihitung berdasarkan perbandingan kebutuhan dan ketersediaan air, diperoleh gambaran spasial-temporal tingkat kerawanan air baik untuk tahun dasar 2023 maupun proyeksi tahun 2033. Simulasi debit andalan menggunakan metode FJ Mock yang dikombinasikan dengan hasil pengukuran lapangan terhadap mata air memberikan estimasi ketersediaan air yang realistis, terutama di wilayah dengan keterbatasan data hidrologi.

Hasil analisis menunjukkan bahwa Kecamatan Sabu Tengah dan Sabu Liae mengalami kondisi WSI di atas 1, baik pada tahun 2023 maupun 2033, menandakan kondisi defisit air yang kronis. Sementara itu, Kecamatan Hawu Mehara tetap berada dalam kondisi surplus dengan WSI

< 1. Nilai WTA (ketersediaan air per kapita) secara umum menurun pada tahun 2033 akibat peningkatan kebutuhan domestik dan non-domestik, sejalan dengan proyeksi pertumbuhan penduduk dan cakupan layanan air minum. Penurunan ini memperparah tekanan air, khususnya pada wilayah yang tidak memiliki sumber air tetap dan hanya mengandalkan hujan musiman. Analisis evaporasi dan simulasi neraca air juga menunjukkan bahwa nilai *Available Water Content* (AWC) hanya tersedia dalam periode musim hujan, sementara pada musim kemarau AWC mendekati nol, sehingga memperkuat bukti tingginya tingkat kerentanan air.

Secara keseluruhan, temuan ini mengonfirmasi bahwa pengelolaan air di Sabu Raijua memerlukan pendekatan berbasis wilayah (*place-based*), yang mempertimbangkan kondisi iklim sabana kering, distribusi penduduk yang tersebar, dan keterbatasan infrastruktur SPAM. Rekomendasi kebijakan mencakup pengembangan sistem penyimpanan air di musim hujan, peningkatan cakupan jaringan perpipaan secara bertahap, dan integrasi pemetaan WSI ke dalam perencanaan tata ruang wilayah. Model analisis spasial-temporal berbasis WSI ini juga dapat direplikasi untuk wilayah kepulauan lainnya yang menghadapi tantangan serupa, sehingga berkontribusi terhadap pengembangan sistem pengelolaan air yang adaptif dan berkelanjutan di Indonesia.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi atas dukungan pendanaan melalui Skema Penelitian Dosen Pemula (PDP) yang telah memungkinkan penelitian ini terlaksana dengan baik. Penghargaan yang setinggi-tingginya juga disampaikan kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LPPM) Universitas Katolik Widya Mandira atas pendampingan dan fasilitasi selama proses penelitian. Ucapan terima kasih ditujukan kepada rekan-rekan dosen Program Studi Teknik Sipil UNWIRA yang telah memberikan masukan akademik dan dukungan teknis dalam penyusunan penelitian ini.

6. DAFTAR PUSTAKA

- BPS Kabupaten Sabu Raijua, & Rakyat, K. (2024). *Kabupaten Sabu Raijua Dalam Angka 2024*.
- Brown, A., & Matlock, M. D. (2011). *A Review of Water Scarcity Indices and Methodologies Food, Beverage & Agriculture*.
- Gheewala, S. H., Silalertruksa, T., Nilsalab, P., Lecksiwilai, N., Sawaengsak, W., Mungkung, R., & Ganasut, J. (2018). Water Stress Index and Its Implication for Agricultural Land-Use Policy in Thailand. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 15(4), 833–846. <https://doi.org/10.1007/s13762-017-1444-6>

- Giné, R., & Agustí Pérez-Foguet, G. (2002). *Enhancing the Water Poverty Index: Towards A Meaningful Indicator*.
- Harmans, F. C. N., Pattiraja, A. H., & Semiun, O. E. (2022). Domestic Demand Analysis for The Availability of Clean Water at Maulafa District. *Jurnal Teknik Sipil*, 18(2), 202–215. <https://doi.org/10.28932/jts.v18i2.3911>
- Jiang, L., Guli·Jiapaer, Bao, A., Yuan, Y., Zheng, G., Guo, H., Yu, T., & De Maeyer, P. (2020). The Effects of Water Stress on Croplands in the Aral Sea Basin. *Journal of Cleaner Production*, 254. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120114>
- Muhardiono, I., & Arthamefia, D. (2024). Analisis Luas Potensi Lahan Irigasi Berdasarkan Neraca Air Embung Kembangan. *Jurnal Sumber Daya Air*, 20(1), 51–60. <https://doi.org/10.32679/jsda.v20i1.891>
- Pemerintah Kabupaten Sabu Raijua. (2022). *Rencana Induk SPAM Kabupaten Sabu Raijua*.
- Presiden Republik Indonesia. (2019). *Undang-undang Republik Indonesia Nomor 17 Tahun 2019 Tentang Sumber Daya Air*.
- Presiden Republik Indonesia. (2020). *Peraturan Presiden Republik Indonesia*.
- Pusat Pendidikan dan Pelatihan Sumber Daya Air Konstruksi. (2017). *Modul Hidrologi, Kebutuhan dan Ketersediaan Air (Modul 5)*.
- Samsudin, M. F., Mohd Amin, M. F., Syed Omar, S. A., Mat Rasat, M. S., & Salam, M. A. (2020). Analysis of Water Stress Index (WSI) for District Surrounding Ulu Sat Forest Reserve, Kelantan, Malaysia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 549(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/549/1/012015>
- Santikayasa, I. P., & Okhy Wiranta, D. (2022). Pendekatan *Supply-Demand* Untuk Identifikasi Indeks Kekritisan Air di Pulau Jawa, Indonesia. *Jurnal Sumber Daya Air*, 18(1), 1–12. <https://doi.org/10.32679/jsda.v18i1.735>
- Sullivan, C. (2002). *Calculating a Water Poverty Index*. www.elsevier.com/locate/worlddev
- Zefri, R., & Isrami, F. (2023). Pengaruh Pembangunan Bendungan Paselloreng terhadap Pemenuhan Kebutuhan Air Irigasi pada Daerah Irigasi Gilireng. *Jurnal Teknik Sipil*, 19(1), 38–53. <https://doi.org/10.28932/jts.v19i1.5230>