

PENGGUNAAN SWAT DALAM PREDIKSI KETERSEDIAAN AIR UNTUK PENINGKATAN PRODUKTIVITAS PANGAN DI WILAYAH DAS WARSANSOM PAPUA BARAT

*Predicting Water Availability To Increase Food Productivity In The Warsansom Watershed Area
Of West Papua*

^{1*}Suryansyah Surahman, ¹Ardi Manggala Putra, ¹Nur Hardina, ¹Andriyana Gustam, Husnul Hatimah¹,
Rizki Aristyarin, Prihatin Prihatin¹, ¹Fitrawaty Orista Evar, ²Irwan, ²Eka Setiawan, ³Hadija Sukri,
⁴Priyadi

¹Prodi Teknologi Pangan, Jurusan Teknologi Produksi dan Industri, Institut Teknologi Bacharuddin Jusuf Habibie

²Teknologi Produksi Tanaman Pangan, Fakultas Vokasi, Universitas Hasanuddin

³Jurusan Kehutanan, Fakultas Pertanian Peternakan dan Kehutanan, Universitas Muslim Maros

⁴Jurusan Budidaya Tanaman Pangan, Politeknik Negeri Lampung

ABSTRACT

The availability of adequate water is one of the key factors in supporting increased food productivity, especially in areas that have large agricultural potential such as the Warsansom Watershed (DAS), West Papua. This research aims to predict water availability in the Warsansom watershed using the Soil and Water Assessment Tool (SWAT) model. The SWAT model was chosen because of its ability to simulate hydrological processes, erosion and land use dynamics in a spatial-temporal manner. The data used includes rainfall, temperature, topography, soil type and land use patterns. The analysis results show that the average annual rainfall is 322 mm/year, with an annual average temperature of 26.49°C. The Warsansom watershed area is dominated by secondary dryland forest (78.69%) which contributes significantly to groundwater infiltration and recharge. Regional delineation resulted in 33 sub-watersheds with a total area of 144,280 ha, as well as 273 hydrological response units (HRU) which became the basis for identifying critical areas in water management. SWAT simulations reveal potential risks of surface runoff in areas with steep slopes (36.53%) that require conservation interventions to reduce erosion and sedimentation. This research recommends data-based strategies for optimizing water resource management, including improving irrigation infrastructure, developing cropping patterns that are adaptive to water availability, and mitigating the impacts of climate change. By utilizing SWAT simulations, it is hoped that food productivity in the Warsansom watershed can increase sustainably, supporting food security in the West Papua region.

Keywords: SWAT, water availability, food productivity, Warsansom Watershed, West Papua

ABSTRAK

Ketersediaan air yang memadai merupakan faktor kunci dalam mendukung peningkatan produktivitas pangan, terutama di wilayah yang memiliki potensi pertanian besar seperti Daerah Aliran Sungai (DAS) Warsansom, Papua Barat. Penelitian ini bertujuan untuk

memprediksi ketersediaan air di DAS Warsansom dengan menggunakan model *Soil and Water Assessment Tool (SWAT)*. Model SWAT dipilih karena kemampuannya dalam mensimulasikan proses hidrologi, erosi, dan dinamika penggunaan lahan secara spasial-temporal. Data yang digunakan meliputi data curah hujan, suhu, topografi, jenis tanah, serta pola penggunaan lahan. Hasil analisis menunjukkan bahwa rata-rata curah hujan tahunan sebesar 322 mm/tahun, dengan suhu rata-rata tahunan sebesar 26,49°C. Wilayah DAS Warsansom didominasi oleh hutan lahan kering sekunder (78,69%) yang berkontribusi signifikan terhadap infiltrasi dan pengisian air tanah. Delineasi wilayah menghasilkan 33 sub-DAS dengan total luas 144.280 ha, serta 273 unit respons hidrologi (HRU) yang menjadi dasar identifikasi daerah-daerah kritis dalam pengelolaan air. Simulasi SWAT mengungkap potensi risiko limpasan permukaan di wilayah dengan lereng terjal (36,53%) yang memerlukan intervensi konservasi untuk mengurangi erosi dan sedimentasi. Penelitian ini merekomendasikan strategi berbasis data untuk optimalisasi pengelolaan sumber daya air, termasuk peningkatan infrastruktur irigasi, pengembangan pola tanam yang adaptif terhadap ketersediaan air, serta mitigasi dampak perubahan iklim. Dengan memanfaatkan simulasi SWAT, diharapkan produktivitas pangan di DAS Warsansom dapat meningkat secara berkelanjutan, mendukung ketahanan pangan di wilayah Papua Barat.

Keywords: SWAT, ketersediaan air, produktivitas pangan, DAS Warsansom, Papua Barat

PENDAHULUAN

Ketersediaan air merupakan salah satu faktor utama yang memengaruhi keberlanjutan produksi pangan, khususnya di wilayah dengan potensi sumber daya alam yang tinggi seperti Daerah Aliran Sungai (DAS) Warsansom, Papua Barat. Ketidakseimbangan antara kebutuhan air untuk kegiatan pertanian dan ketersediaan air yang dapat diakses seringkali menjadi tantangan signifikan dalam meningkatkan produktivitas pangan. Penelitian oleh (Mekonnen et al., 2016) menunjukkan bahwa lebih dari 70% konsumsi air global digunakan untuk sektor pertanian, dengan tekanan terbesar terjadi di daerah tropis dan subtropis. Selain itu, kajian oleh (Liu et al., 2021) mengungkapkan bahwa distribusi air yang tidak merata menjadi salah satu penyebab utama penurunan hasil panen di daerah dengan curah hujan tinggi. Oleh karena itu, pengelolaan sumber daya air yang efektif sangat diperlukan untuk menjamin keberlanjutan sistem pertanian di wilayah tersebut.

Salah satu alat yang telah banyak digunakan untuk memprediksi ketersediaan air di DAS adalah *Soil and*

Water Assessment Tool (SWAT). SWAT merupakan model hidrologi berbasis fisik yang mampu mensimulasikan berbagai proses hidrologi, termasuk aliran air permukaan, perkolasi, evapotranspirasi, dan pengisian air tanah. Model ini telah diterapkan di berbagai negara untuk mendukung pengelolaan sumber daya air dan perencanaan wilayah yang berkelanjutan. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa SWAT dapat memberikan hasil yang akurat dalam memprediksi aliran air di DAS dengan karakteristik yang kompleks (Arnold et al., 2012; Eitsch, Rnold, Iniry, Illiams, & Ing, 2002)

Penelitian terbaru juga menunjukkan keunggulan SWAT dalam berbagai konteks. Sebagai contoh, (Setti et al., 2024) menunjukkan bahwa SWAT mampu memberikan hasil yang andal untuk memprediksi ketersediaan air dan dampak perubahan penggunaan lahan di wilayah semi-arid. Demikian pula, penelitian oleh (Abbaspour et al., 2018) menggarisbawahi akurasi SWAT dalam mengukur aliran sungai dan kualitas air di DAS besar dengan tantangan data yang terbatas. Lebih lanjut, (Muhury et al.,

2024) berhasil menggunakan SWAT untuk mengevaluasi pengelolaan air di DAS tropis dengan tekanan antropogenik yang tinggi. Hasil penelitian ini menegaskan bahwa SWAT dapat menjadi alat yang berguna dalam mendukung pengelolaan sumber daya air di berbagai konteks geografis dan lingkungan.

DAS Warsansom memiliki karakteristik unik dengan keragaman ekosistem, kondisi geomorfologi yang dinamis, serta potensi sumber daya air yang melimpah. Namun, ketersediaan data dan keterbatasan kapasitas pengelolaan sering menjadi kendala dalam memanfaatkan potensi ini secara optimal. Mengintegrasikan teknologi prediktif seperti SWAT dapat memberikan solusi berbasis data untuk mendukung pengelolaan air dan meningkatkan produktivitas pangan di kawasan ini.

Papua Barat memiliki curah hujan yang tinggi sepanjang tahun, namun distribusi spasial dan temporalnya yang tidak merata sering menjadi tantangan dalam pengelolaan sumber daya air. Sebagai daerah dengan ekosistem tropis yang sensitif, kerusakan lingkungan seperti deforestasi dan erosi tanah juga dapat memengaruhi ketersediaan air di DAS Warsansom. Penelitian yang menggabungkan pemodelan hidrologi dengan analisis spasial menjadi krusial untuk memahami dinamika sumber daya air di wilayah ini secara lebih mendalam.

Selain itu, penerapan SWAT dapat membantu mengidentifikasi daerah-daerah kritis yang memerlukan intervensi pengelolaan, seperti reboisasi atau pembangunan infrastruktur konservasi tanah dan air. Informasi ini akan sangat berguna bagi para pengambil kebijakan dalam merumuskan strategi pengelolaan yang efektif dan berbasis bukti ilmiah.

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji penggunaan model SWAT dalam memprediksi ketersediaan air di DAS Warsansom dan mengevaluasi potensinya dalam mendukung peningkatan

produktivitas pangan. Dengan menggunakan pendekatan ini, diharapkan dapat diidentifikasi langkah-langkah strategis untuk pengelolaan sumber daya air secara berkelanjutan. Selain itu, penelitian ini juga akan menambahkan kontribusi literatur pada penggunaan SWAT di wilayah tropis yang masih relatif kurang dibandingkan dengan wilayah lainnya (Gassman et al., 2007).

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan menerapkan pemodelan hidrologi untuk menganalisis pengelolaan sumber daya air di Daerah Aliran Sungai (DAS) Warsansom. Studi kasus berfokus pada interaksi antara pengelolaan sumber daya air dan penerapan teknologi pertanian berkelanjutan, terutama pada lahan pertanian. DAS Warsansom di Provinsi Papua Barat dipilih sebagai lokasi penelitian karena memiliki signifikansi strategis dalam konteks pertanian sekaligus menghadapi tantangan dalam pengelolaan sumber daya air guna mendukung ketahanan pangan yang berkelanjutan. Data sekunder yang digunakan meliputi data curah hujan selama 10 tahun terakhir (2014–2023) yang diperoleh dari Climate Hazards Group Infrared Precipitation with Stations (CHIRPS), data jenis tanah dari RePPPProT Badan Informasi Geospasial tahun 2022, data penggunaan lahan dari Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) tahun 2022 (Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia, 2022), serta data kemiringan lereng yang dianalisis dari model elevasi digital (DEM) wilayah DAS Warsansom.

Analisis hidrologi dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak pemodelan hidrologi SWAT (Soil and Water Assessment Tool). Tahapan analisis meliputi beberapa langkah utama, yaitu: (1) pengumpulan data sekunder, (2)

pengambilan dan analisis sampel tanah untuk keperluan input data SWAT, (3) menjalankan model SWAT yang melibatkan tahapan deliniasi DAS, analisis Unit Respon Hidrologi (HRU), input data iklim, pembuatan data iklim, menjalankan model, kalibrasi dan validasi, serta simulasi parameter hidrologi (Surahman et al., 2021).

Data yang dikumpulkan pada tahap awal kemudian dimasukkan ke dalam file input SWAT (SWAT Input Files). Terdapat 17 file input yang diperlukan untuk analisis hidrologi, meliputi file curah hujan (PCP), suhu (TMP), radiasi matahari (SLR), kelembaban relatif (HMD), dan tanah (SOL), yang diisi berdasarkan data iklim dan tanah. Selain itu, file konfigurasi (FIG), manajemen file (CIO), permintaan oksigen kimia (COD), cekungan (BSN), subcekungan berbasis topografi (SUB), unit respon hidrologi (HRU), pengelolaan nomor (MGT), air tanah (GW), serta data rute input (RTE), akan terbentuk setelah prosedur analisis selesai. Data penutup lahan dan pemukiman menggunakan data bawaan SWAT yang tersedia dalam file CROP dan URBAN. Data iklim harian, seperti curah hujan (mm), suhu maksimum dan minimum ($^{\circ}\text{C}$), radiasi matahari ($\text{MJ}/\text{m}^2/\text{hari}$), kecepatan angin, dan kelembaban udara (%), disiapkan dalam file PCP, TMP, SLR, HMD, dan WGN. Persiapan data iklim juga mencakup metode perhitungan evapotranspirasi.

Karena banyaknya data yang diperlukan untuk model ini, penting untuk memperhatikan beberapa faktor selama proses input data. Beberapa hal yang harus diperhatikan meliputi penentuan nilai bilangan kurva, kandungan air tanah sebelumnya, serta klasifikasi kelompok hidrologi yang akurat. Selain itu, keakuratan peta penggunaan lahan dan resolusi DEM yang digunakan untuk deliniasi batas DAS juga harus dijamin agar simulasi berjalan dengan optimal.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil

3.1.1. Iklim

Berdasarkan data curah hujan periode 10 tahun (2014 – 2023) yang bersumber dari data *Climate Hazards Group Infrared Precipitation with Stations* (CHIRPS) diperoleh menunjukkan bahwa rata-rata curah hujan tahunan di wilayah wilayah DAS Warsamson adalah sebesar 322 mm/tahun. Rata-rata curah hujan bulanan tertinggi tercatat sebesar 525 mm/bulan yang terjadi pada bulan Juni dan terendah 163 mm/bulan yang terjadi pada bulan Februari. data suhu periode 10 tahun (2014 – 2023) yang bersumber dari data *NASA Prediction of Worldwide Energy Resources* (POWER) diperoleh menunjukkan bahwa rata-rata suhu tahunan di wilayah DAS Warsamson adalah sebesar $26,49^{\circ}\text{C}$. Rata-rata suhu bulanan tertinggi tercatat sebesar $29,1^{\circ}\text{C}$ yang terjadi pada bulan November dan terendah $24,6^{\circ}\text{C}$ yang terjadi pada bulan Agustus.

3.1.2 Jenis Tanah

Alfisols menjadi jenis tanah dengan luas tertinggi, mencapai 32% dari total lahan dengan luas 50.006,6 ha. Diikuti oleh Inceptisols, yang menyumbang 31% dari total lahan dengan luas 51.183,8 ha. Mollisols merupakan jenis tanah berikutnya yang memiliki persentase sebesar 18%, melibatkan lahan seluas 28.947,6 ha. Ultisols menyusul dengan persentase 12%, mencakup area seluas 19.153,9 ha. Entisols memiliki persentase yang lebih rendah, yaitu 6%, tetapi masih memberikan kontribusi signifikan dengan luas lahan 8.965,9 ha. Sementara itu, Histosols merupakan jenis tanah dengan persentase terendah, hanya 1% dari total lahan dengan luas 1.065,8 ha.

3.1.3 Penggunaan Lahan

Penggunaan lahan yang mendominasi di wilayah studi adalah hutan lahan kering sekunder, mencakup

sekitar 78,69% dari total lahan dengan luas 125.375,4 ha, Diikuti oleh hutan lahan kering primer yang menyumbang sekitar 14,97% dari total luas lahan, mencapai 23.843,9 ha, Kemudian, penggunaan lahan yang signifikan adalah semak/belukar dengan persentase sebesar 2,48%, meliputi luas lahan 3.957,9 ha, Hutan rawa primer menduduki persentase sebesar 1,16% (1.852,8 ha), sementara pertanian lahan kering bersama semak menyumbang sekitar 0,63% (1000,1 ha), Hutan mangrove sekunder mencakup persentase 0,19% (304,5 ha), diikuti oleh permukiman dengan persentase 0,11% (176,1 ha), Penggunaan lahan yang memiliki kontribusi persentase terendah melibatkan tanah terbuka (0,07%) dan tubuh air (0,04%), masing-masing dengan luas 106,4 ha dan 64,9 ha.

Table 1. Penggunaan lahan di wilayah DAS Warsamson.

Jenis Penggunaan Lahan	Luas (ha)	%
Belukar Rawa	65,6	0,04
Hutan Lahan Kering Primer	23.843,9	14,97
Hutan Lahan Kering Sekunder	125.375,4	78,69
Hutan Mangrove Sekunder	304,5	0,19
Hutan Rawa Primer	1.852,8	1,16
Hutan Rawa Sekunder	1.287,0	0,81
Permukiman	176,1	0,11
Pertanian Lahan Kering + Semak	1.000,1	0,63
Savana/Padang Rumput	1.289,1	0,81
Semak/Belukar	3.957,9	2,48
Tanah Terbuka	106,4	0,07
Tubuh Air	64,9	0,04
Total	159.323,6	100

Sumber: Penggunaan Lahan KLHK, 2022.

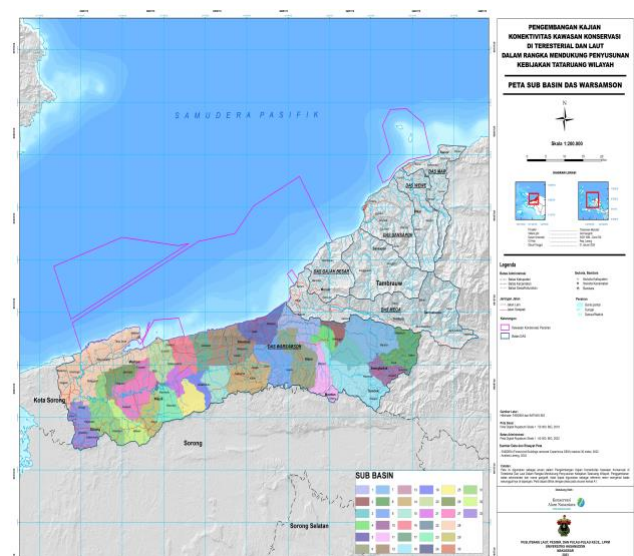
3.1.4 Lereng

Analisis geomorfologi wilayah di wilayah DAS Warsamson dilakukan dengan pendekatan spasial, Klasifikasi lereng dapat dibagi kedalam 5 (lima) kelas yaitu (0-8) % adalah datar, (8-15) % landai, (15-25) % agak curam, 25-45 %

(curam) dan >45 % (sangat curam), Kelas lereng dengan persentase terendah, yaitu kelas 0-8% (Datar), mencakup luas sekitar 767.87,0 ha, yang menyumbang sekitar 19,80% dari total luas lahan, Sementara itu, kelas 8-15% (Agak Datar) memiliki luas 13.294,9 ha, dengan persentase sekitar 5,03%, Kelas 15-25% (Landai) mencakup luas 20.900,4 ha dan memiliki persentase 18,03%, Kategori selanjutnya, 25-45% (Terjal), menunjukkan luas yang lebih besar yaitu 34,417,8 ha, dan persentasenya mencapai 36,53%, Terakhir, kelas lereng >45% (Sangat Terjal) memiliki luas 13.923,4 ha, dengan persentase 20,61%.

3.1.5 Deliniasi DAS

Delineasi DAS pada model SWAT dilakukan secara otomatis melalui proses deliniasi DEM. Proses deliniasi tersebut menghasilkan batas DAS dan jaringan sungai. Delineasi DAS dilakukan dengan ambang batas (*threshold*) sebesar 100 ha dengan tujuan agar mencakup seluruh jaringan sungai di wilayah DAS Warsansom. Berdasarkan hasil deliniasi diperoleh luas sub basin DAS Warsansom sebesar 144280 ha (Gambar 1) dengan jumlah sub basin sebanyak 33 dan total HRU sebanyak 273.



Gambar 1. Batas sub basin DAS Warsamson hasil model SWAT.

3.2 Pembahasan

3.2.1 Implikasi untuk Peningkatan Produktivitas Pangan

Daerah Aliran Sungai (DAS) Warsansom di Papua Barat memiliki karakteristik lingkungan yang kompleks, dengan curah hujan tinggi namun distribusi spasial dan temporal yang tidak merata. Keberagaman jenis tanah, pola penggunaan lahan, serta variasi topografi di DAS ini menjadi tantangan sekaligus peluang untuk mengoptimalkan sumber daya air dalam mendukung produktivitas pertanian berkelanjutan. Dalam konteks ini, penggunaan model hidrologi seperti SWAT (*Soil and Water Assessment Tool*) menjadi penting untuk memahami dinamika hidrologi DAS dan memberikan solusi berbasis data untuk pengelolaan sumber daya air dalam mendukung peningkatan produktivitas pangan.

3.2.2. Prediksi Ketersediaan Air dengan SWAT

Model SWAT telah diakui secara luas sebagai alat yang andal untuk memodelkan siklus hidrologi di DAS dengan berbagai karakteristik lingkungan. Penelitian terbaru oleh Abbaspour et al. (2018) menunjukkan bahwa SWAT mampu memprediksi aliran sungai dan dinamika kualitas air di DAS besar dengan ketersediaan data yang terbatas. Aplikasi SWAT pada DAS Warsansom melibatkan pengintegrasian data curah hujan, suhu, topografi, penggunaan lahan, dan jenis tanah untuk mensimulasikan parameter hidrologi seperti aliran permukaan, evapotranspirasi, dan perkolasi. Berdasarkan data curah hujan tahunan rata-rata sebesar 322 mm/tahun yang diperoleh dari CHIRPS, model ini memungkinkan analisis rinci terhadap ketersediaan air pada tingkat sub-DAS, yang penting untuk perencanaan sumber daya air pertanian. Studi terbaru oleh Funk et al. (2015) menunjukkan bahwa CHIRPS

menjadi alat penting dalam mengidentifikasi pola anomali cuaca seperti kekeringan, yang berkontribusi pada perencanaan adaptasi perubahan iklim dan pengelolaan risiko di sektor pertanian

3.2.3 Integrasi Dinamika Hidrologi dan Produktivitas Pangan

Studi oleh Mekonnen dan Hoekstra (2016) menyebutkan bahwa lebih dari 70% konsumsi air global digunakan dalam sektor pertanian, menjadikannya sektor yang paling bergantung pada pengelolaan air yang efektif. Wilayah DAS Warsansom, sebagian besar lahan digunakan sebagai hutan lahan kering sekunder (78,69%) yang memberikan kontribusi signifikan terhadap infiltrasi dan pengisian air tanah. Namun, perluasan pertanian lahan kering (0,63% dari total luas) membutuhkan pendekatan berbasis data untuk menjaga keseimbangan antara kebutuhan air pertanian dan ketersediaan air di DAS. Dengan kalibrasi dan validasi model SWAT, parameter seperti curah hujan, evapotranspirasi, dan limpasan permukaan dapat diestimasi secara akurat, sebagaimana ditunjukkan oleh penelitian Misghi et al. (2017) di DAS tropis.

3.2.4 Identifikasi Daerah Kritis dan Strategi Pengelolaan

DAS Warsansom memiliki variasi topografi yang signifikan, dengan kelas lereng curam (25-45%) mencakup 36,53% dari total area. Kondisi ini meningkatkan risiko erosi tanah dan sedimentasi yang dapat memengaruhi kapasitas aliran sungai. Model SWAT memungkinkan identifikasi daerah-daerah kritis yang memerlukan intervensi pengelolaan seperti reboisasi atau pembangunan infrastruktur konservasi tanah. Studi oleh Yacoub et al. (2021) menekankan bahwa model SWAT efektif dalam mengidentifikasi dampak perubahan penggunaan lahan terhadap ketersediaan air di wilayah semi-arid, yang

relevan juga untuk DAS Warsansom dengan distribusi curah hujan yang tidak merata.

3.2.5. Peran SWAT dalam Mendukung Keberlanjutan Pertanian

Produktivitas pangan di DAS Warsansom sangat bergantung pada ketersediaan air yang stabil sepanjang musim. Wilayah studi didominasi tanaman umbi umbian yang merupakan tanaman pokok masyarakat setempat. Curah hujan yang dibutuhkan untuk tanaman umbi-umbian berkisar 250 – 500 mm (Hidayat et al., 2015). Penelitian Liu et al. (2020) menunjukkan bahwa distribusi air yang tidak merata dapat menyebabkan penurunan hasil panen, terutama di daerah tropis. Dengan menggunakan simulasi parameter hidrologi dari SWAT, potensi kekeringan musiman dapat diidentifikasi lebih awal, memungkinkan pengambilan keputusan yang lebih baik dalam pengelolaan air irigasi. Selain itu, hasil simulasi juga dapat digunakan untuk mengembangkan strategi rotasi tanaman atau pilihan tanaman yang lebih tahan terhadap variabilitas air, sebagaimana direkomendasikan oleh Gassman et al. (2007).

Potensi Pengelolaan Air di DAS Warsansom

Delineasi DAS Warsansom menghasilkan batas DAS seluas 144.280 ha dengan 33 sub-DAS dan 273 unit respons hidrologi (HRU). Data ini memberikan dasar penting untuk merancang skenario pengelolaan sumber daya air berbasis bukti. Melalui integrasi data iklim dari NASA POWER dan penggunaan lahan dari KLHK, SWAT dapat menghasilkan proyeksi ketersediaan air yang lebih presisi. Penelitian oleh Arnold et al. (2012) juga menunjukkan bahwa model SWAT mampu memberikan rekomendasi berbasis data untuk mendukung pengambilan kebijakan,

termasuk optimalisasi sistem irigasi dan mitigasi dampak perubahan iklim pada sektor pertanian.

KESIMPULAN

Penggunaan model SWAT dalam prediksi ketersediaan air di DAS Warsansom memberikan peluang besar untuk meningkatkan produktivitas pangan melalui pengelolaan sumber daya air yang lebih efektif. Dengan mempertimbangkan karakteristik unik DAS ini, seperti curah hujan tinggi, variasi jenis tanah, dan distribusi lereng, SWAT mampu menyediakan alat analitis yang kuat untuk mengatasi tantangan pengelolaan air. Pendekatan ini diharapkan tidak hanya mendukung peningkatan ketahanan pangan di Papua Barat tetapi juga memberikan kontribusi signifikan terhadap literatur pengelolaan sumber daya air di wilayah tropis.

DAFTAR PUSTAKA

- Abbaspour, K. C., Vaghefi, S. A., & Srinivasan, R. (2018). A Guideline for Successful Calibration and Uncertainty Analysis for Soil and Water Assessment : A Review of Papers from the 2016 International SWAT Conference. *Water*, ii. <https://doi.org/10.3390/w10010006>
- Arnold, J. G., Kiniry, J. R., Srinivasan, R., Williams, J. R., Haney, E. B., & Neitsch, S. L. (2012). Soil & Water Assessment Tool. *Texas Water Resources Institute*.
- Eitsch, S. L. N., Rnold, J. G. A., Iniry, J. R. K., Illiams, J. R. W., & Ing, K. W. K. (2002). *Soil and Water Assessment Tool Theoretical Documentation*.
- Funk, C., Peterson, P., Landsfeld, M., Pedreros, D., Verdin, J., Shukla, S., ... & Michaelsen, J. (2015). The climate hazards infrared precipitation with stations—a new environmental record for monitoring extremes. *Scientific Data*, 2, 150066.

- Gassman, P. W., Reyes, M. R., Green, C. H., & Arnold, J. G. (2007). THE SOIL AND WATER ASSESSMENT TOOL: HISTORICAL DEVELOPMENT, APPLICATIONS, AND FUTURE RESEARCH DIRECTIONS. *American Society of Agricultural and Biological Engineers*, 50(4), 1211–1250.
- Hidayat, S., & Rostini, N. (2015). Pengelolaan air pada budidaya umbi-umbian. *Jurnal Tanaman Tropika*, 12(2), 76–84
- Junguo Liu, Hong Yang, Simon N. Gosling, Matti Kummu, Martina Flörke, Stephan Pfister, Naota Hanasaki, Yoshihide Wada, Xinxin Zhang, Chunmiao Zheng, Joseph Alcamo, T. O. (2021). Water scarcity assessments in the past, present and future. *Pubmed*.
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia. (2022). *Status Hutan dan Kehutanan Indonesia 2022*.
- Mekonnen, M. M., & Hoekstra, A. Y. (2016). Four billion people facing severe water scarcity. *Sustainability*, February, 1–7.
- Muhury, N., Apan, A., & Maraseni, T. (2024). Modelling Floodplain Vegetation Response to Climate Change , Using the Soil and Water Assessment Tool (SWAT) Model Simulated LAI , Applying Different GCM ' s Future Climate Data and MODIS LAI Data. *Remote Sensing*.
- Setti, S., Barik, K. K., & Maheswaran, R. (2024). *A Review of Attribution of Land Use and Climate change on river hydrology*. 12(2).
- Surahman, S., Zubair, H., Munir, A., & Achmad, M. (2021). Impact of land use change on groundwater flow using SWAT model, study case: Tanralili Sub Watershed. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 807(3), 032056. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/807/3/032056>