

Kajian Sensitivitas Parameter Model F.J. Mock untuk Analisis Ketersediaan Air

Budi Santosa¹, Maria Wahyuni²

¹⁾²⁾ Program Profesi Insinyur, Soegijapranata Catholic University

Email : 24b50024@student.unika.ac.id

Abstract

One of the things that needs to be considered in the application of the Code of Ethics in Engineering Practice is the need for data verification to ensure that the model results are as similar as possible to the observations in the field. This paper analyzes the sensitivity of model parameters that are part of the data that need to be verified in the F.J. Mock model. The F.J. Mock model is widely used to estimate reliable discharge and water availability in watersheds. This analysis examines key parameters, including infiltration coefficient (i) and groundwater recession factor (k), through a change-based sensitivity approach. The results revealed that these parameters significantly affect the minimum reliable discharge (Q_{min}) and the variability of stream discharge in the wet and dry seasons. Specifically, a 20% increase in the groundwater recession factor and infiltration coefficient increased Q_{min} by 4.93% and 4.50%, respectively, while reducing the maximum-minimum flow ratio (Q_{max}/Q_{min}) by 8.20% and 6.98%. These findings underscore the need for sustainable land use management and groundwater conservation strategies to optimize water resource management.

Keywords: *sensitivity, model parameter, water availability, F.J. Mock*

Abstrak

Salah satu hal yang perlu diperhatikan dalam penerapan Kode Etik dalam Praktik Keinsinyuran adalah perlunya verifikasi data untuk menjamin bahwa hasil model semirip mungkin dengan hasil pengamatan di lapangan. Kajian ini menganalisis sensitivitas parameter model yang merupakan bagian dari data yang perlu diverifikasi dalam model F.J. Mock. Model F.J. Mock banyak digunakan untuk memperkirakan debit andalan dan ketersediaan air di daerah aliran sungai. Analisis ini mengkaji parameter utama, mencakup koefisien infiltrasi (i) dan faktor resesi air tanah (k), melalui pendekatan sensitivitas berbasis perubahan. Hasil penelitian mengungkapkan bahwa parameter ini secara signifikan memengaruhi debit andalan minimum (Q_{min}) dan variabilitas debit aliran pada musim hujan dan musim kemarau. Secara khusus, peningkatan 20% dalam faktor resesi air tanah dan koefisien infiltrasi meningkatkan Q_{min} masing-masing sebesar 4,93% dan 4,50%, sekaligus mengurangi rasio aliran maksimum-minimum (Q_{max}/Q_{min}) sebesar 8,20% dan 6,98%. Temuan ini menggarisbawahi perlunya pengelolaan penggunaan lahan berkelanjutan dan strategi konservasi air tanah untuk mengoptimalkan pengelolaan sumber daya air.

Kata kunci: *sensitivitas, parameter model, ketersediaan air, F.J. Mock*

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Ketersediaan air merupakan isu penting yang semakin mendesak untuk diselesaikan oleh berbagai negara, termasuk Indonesia. Peningkatan jumlah penduduk serta dampak nyata dari perubahan iklim menjadikan pengelolaan sumber daya air semakin menantang. Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik, laju pertumbuhan penduduk di Indonesia mencapai 1,07% per tahun. Kondisi ini menyebabkan meningkatnya kebutuhan air untuk berbagai sektor, seperti kebutuhan rumah tangga, pertanian, dan industri (Taufik et al., 2022). Dalam situasi ini, tersedianya air yang cukup menjadi sangat vital untuk menunjang kehidupan manusia dan menjaga keberlanjutan ekosistem (Kummu et al., 2016).

Perubahan iklim juga memiliki pengaruh besar terhadap pola curah hujan dan ketersediaan air. Studi menunjukkan bahwa perubahan iklim dapat meningkatkan frekuensi dan intensitas fenomena cuaca ekstrem, seperti banjir dan kekeringan, yang secara langsung memengaruhi ketersediaan air (Hoan et al., 2020). Sebagai contoh, penelitian yang dilakukan oleh Melsen dan Guse mengungkapkan bahwa perubahan pola curah hujan dapat mengubah parameter dalam model prediksi ketersediaan air, sehingga diperlukan penyesuaian dalam pengelolaan sumber daya air (Melsen & Guse, 2021). Oleh karena itu, sangat penting untuk memanfaatkan model hidrologi guna menganalisis dan memprediksi ketersediaan air di masa depan (Shah, 2019).

Dalam konteks pemodelan hidrologi, kode etik insinyur memberikan kerangka kerja yang jelas tentang bagaimana data harus dikumpulkan, dianalisis, dan digunakan dalam pemodelan. Salah satu hal yang perlu

diperhatikan dalam penerapan Kode Etik dalam Praktik Keinsinyuran adalah perlunya verifikasi data untuk menjamin bahwa hasil model sama atau mendekati sama dengan hasil pengamatan di lapangan. Proses demikian dilakukan melalui sebuah proses yang disebut dengan kalibrasi model, yaitu mengatur nilai parameter model sebagai bagian dari data yang dimasukkan ke dalam model agar hasil model semirip mungkin dengan hasil pengamatan di lapangan. Pemahaman tentang sensitivitas parameter model diperlukan agar proses kalibrasi dapat dilakukan secara cepat dan cermat.

Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi sensitivitas parameter pada model F.J. Mock dalam kaitannya dengan ketersediaan air. Model F.J. Mock merupakan salah satu metode yang sering digunakan untuk menghitung debit andalan serta mengestimasi ketersediaan air di suatu Daerah Aliran Sungai (DAS). Melalui analisis sensitivitas parameter dalam model ini, diharapkan diperoleh pemahaman yang lebih mendalam tentang faktor-faktor yang memengaruhi ketersediaan air, sekaligus mengoptimalkan model agar menghasilkan prediksi yang lebih presisi.

Analisis sensitivitas parameter menjadi krusial untuk menentukan parameter mana yang paling berpengaruh terhadap keluaran model. Hal ini sejalan dengan penelitian Ballinas-González et al., yang menyatakan bahwa memahami sensitivitas parameter dapat mendukung proses kalibrasi model dan meningkatkan akurasi hasil prediksi (Ballinas-González et al., 2020). Oleh karena itu, penelitian ini tidak hanya berfokus pada implementasi model F.J. Mock, tetapi juga mengembangkan pendekatan metodologis yang kemudian dapat digunakan untuk

mengoptimalkan pengelolaan sumber daya air di Indonesia.

Signifikansi Penelitian

Penelitian ini memiliki signifikansi penting dalam mendukung pengelolaan sumber daya air yang berkelanjutan. Seiring dengan meningkatnya tekanan terhadap sumber daya air akibat pertumbuhan populasi dan dampak perubahan iklim, keberadaan alat dan metode yang efektif untuk memprediksi ketersediaan air menjadi sangat diperlukan. Model F.J. Mock, yang telah menunjukkan kehandalannya dalam berbagai penelitian sebelumnya, dapat menjadi instrumen penting dalam analisis ini.

Penelitian ini juga bertujuan untuk memberikan pemahaman yang lebih mendalam mengenai interaksi antara parameter-parameter dalam model F.J. Mock dan pengaruhnya terhadap hasil prediksi. Dengan mengetahui sensitivitas parameter tersebut, pengelola sumber daya air dapat membuat keputusan yang lebih tepat dalam merencanakan dan mengelola sumber daya air, serta memitigasi dampak perubahan iklim di masa mendatang. Selain itu, temuan penelitian ini dapat menjadi acuan untuk studi-studi lanjutan terkait model hidrologi dan pengelolaan sumber daya air di Indonesia.

Dalam cakupan yang lebih luas, penelitian ini turut berkontribusi pada upaya global dalam mencapai tujuan pembangunan berkelanjutan (Sustainable Development Goals - SDGs), khususnya tujuan ke-6 yang berfokus pada akses dan pengelolaan air secara berkelanjutan untuk semua. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya memiliki relevansi lokal tetapi juga memberikan dampak signifikan dalam konteks pengelolaan sumber daya air di tingkat global.

TINJAUAN PUSTAKA

Model F.J. Mock dan Aplikasinya dalam Analisis Ketersediaan Air

Model F.J. Mock merupakan salah satu pendekatan yang sering digunakan dalam analisis hidrologi untuk mengestimasi debit andalan dan ketersediaan air di wilayah daerah aliran sungai (DAS). Model ini menggunakan data curah hujan serta karakteristik hidrologi suatu wilayah untuk memproyeksikan jumlah aliran air yang tersedia. Sebagaimana dijelaskan oleh Sudinda (2020), model ini telah diterapkan di DAS Cisadane untuk menghitung debit andalan, dengan hasil yang menunjukkan bahwa estimasi debit dari model F.J. Mock cukup akurat jika dibandingkan dengan data curah hujan yang tercatat (Sudinda, 2020). Hal ini menegaskan efektivitas model tersebut dalam konteks lokal serta fleksibilitasnya untuk disesuaikan dengan berbagai kondisi geografis.

Penelitian lain oleh Nisa (2024) membahas penerapan model F.J. Mock dalam mengubah pola curah hujan menjadi debit menggunakan algoritma genetik di DAS Rejoso. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa pengoptimalan parameter model dapat menghasilkan prediksi yang lebih akurat dan sesuai dengan kondisi lapangan (Nisa et al., 2024). Selain itu, Lubis et al. (2022) menyoroti kegunaan model F.J. Mock dalam memperkirakan ketersediaan air di DAS Krueng Aceh. Penelitian ini menunjukkan bahwa model tersebut mampu memberikan prediksi debit bulanan berdasarkan data curah hujan dan evapotranspirasi secara andal (Lubis et al., 2022). Dengan demikian, model F.J. Mock telah terbukti memiliki cakupan penerapan yang luas untuk analisis ketersediaan air di berbagai DAS di Indonesia.

Studi Sebelumnya tentang Sensitivitas Parameter dalam Model Hidrologi

Analisis sensitivitas parameter menjadi langkah krusial dalam pemodelan

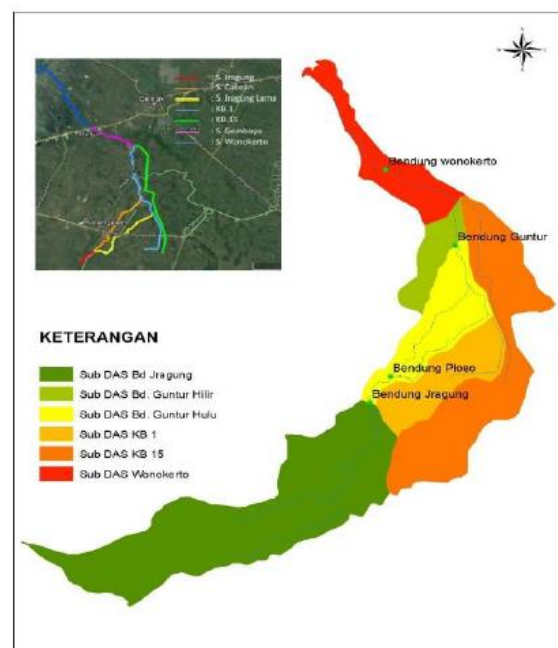
hidrologi, karena memberikan pemahaman tentang bagaimana perubahan pada parameter tertentu dapat memengaruhi keluaran model. Wang et al. (2014) menjelaskan bahwa metode ini dilakukan dengan memodifikasi nilai satu parameter sementara parameter lainnya tetap konstan, sehingga dapat mengidentifikasi parameter yang memiliki pengaruh terbesar terhadap hasil model (Wang et al., 2014). Pendekatan ini sangat relevan untuk model F.J. Mock, di mana pemahaman sensitivitas parameter dapat meningkatkan ketepatan prediksi ketersediaan air.

Melsen dan Guse (2020) menyoroti pentingnya analisis sensitivitas dalam konteks perubahan iklim, yang menyebabkan parameter model dapat berubah seiring dengan perubahan lingkungan (Melsen & Guse, 2020). Penelitian Batas (2023) menunjukkan bahwa analisis sensitivitas pada model F.J. Mock memberikan wawasan lebih mendalam mengenai faktor-faktor yang memengaruhi ketersediaan air di kawasan pertanian, sehingga dapat mendukung perencanaan dan pengelolaan sumber daya air yang lebih efektif (Batas et al., 2023). Selain itu, Ballinas-González et al. (2020) menemukan bahwa parameter terkait permukaan kedap air memiliki sensitivitas tinggi dalam model hidrologi, yang menunjukkan bahwa perubahan tata guna lahan dapat secara signifikan memengaruhi aliran air (Ballinas-González et al., 2020). Dengan demikian, berbagai penelitian ini menegaskan bahwa analisis sensitivitas parameter adalah elemen penting dalam pemodelan hidrologi yang dapat memperdalam pemahaman mengenai dinamika ketersediaan air.

METODE PENELITIAN

Deskripsi Lokasi Studi dan Pemilihan Parameter yang Dianalisis

Penelitian ini dilakukan di Daerah Aliran Sungai (DAS) Bendung Jragung, yang terletak di Jawa Tengah. DAS ini merupakan bagian dari DAS Jragung dengan potensi sumber daya air yang besar di Pulau Jawa. Pemilihan lokasi tersebut didasarkan pada tingginya variasi curah hujan serta perannya sebagai daerah pertanian yang sangat bergantung pada ketersediaan air untuk keperluan irigasi. Selain itu, karakteristik hidrologi DAS Bendung Jragung yang kompleks menghadirkan tantangan tersendiri dalam analisis ketersediaan air.



Gambar 1

DAS Bendung Jragung

Sumber: Lestari S.P, et al, 2019

Penelitian ini menganalisis beberapa parameter model, yaitu:

- Koefisien Infiltrasi (i),
- Faktor Resesi (k),
- Faktor bukaan lahan (m), dan
- Kapasitas kelembaban tanah (SMC)

Parameter-parameter tersebut ditentukan melalui asumsi berdasarkan referensi.

Metode Pengumpulan Data

Proses pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan melalui beberapa metode berikut:

- a. Data Luas DAS. Data luas DAS diperoleh berdasarkan batas DAS Bendung Jragung dengan menggunakan alat bantu ArcGIS.
- b. Data Curah Hujan. Data curah hujan diperoleh dari stasiun hujan terdekat yang dioperasikan oleh Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG). Stasiun hujan tersebut adalah Stasiun Hujan Jragung, Bawen, dan Ambarawa. Data hujan yang digunakan adalah data hujan bulanan dan jumlah hari hujan selama 10 tahun terakhir, yang bertujuan untuk memberikan gambaran pola curah hujan di DAS secara representatif.
- c. Data Evapotranspirasi (ET). Data ET dihitung menggunakan metode Penman-Monteith, yang membutuhkan data klimatologi, seperti suhu, kelembapan, kecepatan angin, dan radiasi matahari..

Prosedur Analisis Sensitivitas Parameter Model

Analisis sensitivitas parameter dilakukan untuk mengevaluasi pengaruh perubahan pada parameter tertentu terhadap hasil yang dihasilkan oleh model. Langkah-langkah dalam analisis sensitivitas menggunakan model F.J. Mock meliputi:

- a. Penentuan Parameter Awal. Parameter awal seperti koefisien infiltrasi dan faktor resesi ditetapkan berdasarkan kajian literatur dan data yang telah dikumpulkan. Nilai-nilai ini kemudian dimasukkan sebagai input awal dalam

model F.J. Mock (Syaakiroh et al., 2024).

- b. Penerapan Model F.J. Mock. Model F.J. Mock diterapkan dengan memanfaatkan data curah hujan dan parameter yang telah ditetapkan sebelumnya. Perhitungan debit andalan dilakukan menggunakan rumus yang telah dirumuskan sebelumnya, dengan mempertimbangkan data curah hujan dan evapotranspirasi (Sudinda, 2020).
- c. Analisis Sensitivitas. Tahap analisis sensitivitas dilakukan dengan memodifikasi satu parameter pada suatu waktu dan mengamati dampaknya terhadap hasil model. Metode yang digunakan adalah metode perturbasi, di mana parameter diubah dalam rentang tertentu (contohnya, $\pm 10\%$ dari nilai awal) (Ballinas-González et al., 2020). Hasil simulasi dibandingkan untuk mengidentifikasi parameter yang memiliki pengaruh paling besar terhadap hasil model.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Analisis Sensitivitas Parameter Model

Analisis sensitivitas parameter pada model F.J. Mock mengungkapkan bahwa beberapa parameter memiliki pengaruh yang signifikan terhadap ketersediaan air di Daerah Aliran Sungai (DAS) Jragung. Parameter yang ditinjau meliputi koefisien infiltrasi (i), faktor resesi (k), tampungan awal (IS), faktor bukaan lahan (m), dan kapasitas kelembaban tanah (SMC). Simulasi dilakukan dengan melihat debit andalan minimum (Q_{min}) dan Perbandingan antara debit andalan maksimum dan minimum (Q_{maks}/Q_{min}). Debit andalan minimum (Q_{min}) menunjukkan debit aliran air yang tersedia pada musim kemarau. Idealnya debit andalan minimum semakin besar semakin baik, karena menunjukkan bahwa pada musim kemarau masih

terdapat jumlah air yang cukup. Hasil simulasi sensitivitas parameter Model FJ. Mock dapat dilihat pada Tabel 1 dan Tabel 2 di bawah ini. Perbandingan antara debit andalan maksimum dan minimum (Q_{maks}/Q_{min}) menunjukkan variasi besaran debit pada musim hujan dan musim kemarau. Idealnya perbedaan debit pada musim hujan dan musim kemarau kecil. Artinya bahwa Q_{maks}/Q_{min} semakin kecil semakin baik

Tabel 1
Perubahan Debit Andalan Minimum (Q_{min})

Δ	l	k	m	SMC
-60,0%	-8,28%	-8,78%	-5,82%	0,0013%
-40,0%	-6,48%	-6,57%	-3,93%	0,0009%
-20,0%	-3,70%	-3,74%	-1,99%	0,0004%
0,0%	0,00%	0,00%	0,00%	0,0000%
20,0%	4,50%	4,93%	2,00%	-0,0004%
40,0%	9,70%	10,89%	4,06%	-0,0009%
60,0%	15,48%	16,31%	6,11%	-0,0013%

Tabel 2
Perubahan Perbandingan Antara Q_{maks} dan Q_{min}

Δ	l	k	m	SMC
-60,0%	18,97%	18,74%	5,46%	-0,0253%
-40,0%	13,31%	13,37%	3,67%	-0,0170%
-20,0%	6,87%	7,18%	1,88%	-0,0086%
0,0%	0,00%	0,00%	0,00%	0,0000%
20,0%	-6,98%	-8,20%	-1,81%	0,0087%
40,0%	-13,79%	-16,99%	-3,61%	0,0176%
60,0%	-20,25%	-25,19%	-5,33%	0,0267%

Jika dilihat dari debit andalan minimum (Q_{min}), faktor resesi aliran air tanah (k) dan koefisien infiltrasi (i) memiliki pengaruh positif yang besar terhadap ketersediaan air. Hal ini berarti bahwa peningkatan atau penambahan nilai faktor resesi aliran air tanah dan koefisien infiltrasi akan berdampak positif meningkatkan ketersediaan air di musim kemarau. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Ballinas-González, et al (2020). Berdasarkan Tabel 1 di atas, peningkatan nilai faktor resesi aliran air

tanah sebesar 20% menyebabkan peningkatan debit andalan minimum 4,93%. Peningkatan nilai koefisien infiltrasi 20% berdampak pada peningkatan debit andalan minimum 4,50%.

Jika dilihat dari perbandingan antara Q_{maks} dan Q_{min} (Q_{maks}/Q_{min}), faktor resesi aliran air tanah (k) dan koefisien infiltrasi (i) memiliki pengaruh negatif terhadap nilai Q_{maks}/Q_{min} . Hal ini berarti bahwa peningkatan atau penambahan nilai faktor resesi aliran air tanah dan koefisien infiltrasi akan berdampak negatif menurunkan variabilitas ketersediaan air pada musim hujan dan musim kemarau. Hal ini juga menunjukkan bahwa ketersediaan air pada musim kemarau semakin baik. Berdasarkan Tabel 2 di atas menunjukkan peningkatan nilai faktor resesi aliran air tanah sebesar 20% menyebabkan penurunan Q_{maks}/Q_{min} sebesar 8,20%. Peningkatan nilai koefisien infiltrasi 20% berdampak pada penurunan Q_{maks}/Q_{min} sebesar 6,98%.

Pembahasan

Dalam analisis ini, faktor resesi aliran air tanah (k) dan koefisien infiltrasi (i) muncul sebagai parameter dengan tingkat sensitivitas tertinggi. Hal ini mengindikasikan bahwa perubahan penggunaan lahan, seperti alih fungsi lahan pertanian menjadi kawasan permukiman, dapat memberikan dampak yang signifikan terhadap ketersediaan air. Studi oleh Basri (2023) mengungkapkan bahwa pengelolaan lahan yang baik mampu mengurangi limpasan permukaan dan meningkatkan infiltrasi, sehingga mendukung ketersediaan air untuk irigasi dan kebutuhan domestik (Basri et al., 2023).

Temuan ini menegaskan pentingnya strategi pengelolaan sumber daya air yang memperhatikan dinamika

perubahan penggunaan lahan. Pendekatan berkelanjutan, seperti penerapan teknik konservasi tanah dan air, dapat berkontribusi dalam meningkatkan infiltrasi serta mengurangi limpasan. Selain itu, kebijakan yang mendukung perlindungan lahan pertanian dan pengelolaan kawasan hutan juga berperan penting dalam menjaga keseimbangan hidrologi di wilayah DAS (Taufik et al., 2022).

Perbandingan Hasil dengan Studi Sebelumnya

Perbandingan hasil analisis ini dengan penelitian sebelumnya menunjukkan adanya perbedaan yang cukup signifikan. Sebagai contoh, studi yang dilakukan oleh Batas di wilayah Jetis menemukan bahwa faktor resesi memiliki pengaruh lebih dominan dibandingkan koefisien infiltrasi dalam menentukan ketersediaan air (Batas et al., 2023).

Selain itu, penelitian yang dilakukan oleh Anindya (2022) membandingkan metode alih ragam hujan menjadi debit antara model F.J. Mock dan NRECA. Hasilnya menunjukkan bahwa model F.J. Mock cenderung menghasilkan estimasi yang lebih akurat, terutama di wilayah dengan curah hujan tinggi (Anindya et al., 2022). Temuan ini menggarisbawahi pentingnya memilih model dan parameter yang sesuai untuk memastikan estimasi ketersediaan air yang tepat..

KESIMPULAN

Ringkasan Temuan Utama dan Rekomendasi untuk Penelitian Lebih Lanjut

Penelitian ini berhasil mengevaluasi sensitivitas parameter pada model F.J. Mock terkait ketersediaan air di Daerah Aliran Sungai (DAS) Jragung.

Hasil utama menunjukkan bahwa faktor aliran air tanah (k) dan koefisien infiltrasi (i) merupakan parameter yang paling berpengaruh terhadap ketersediaan air. Temuan ini menekankan pentingnya pengelolaan tata guna lahan dan penerapan langkah-langkah konservasi tanah untuk mendukung ketersediaan air yang optimal.

Rekomendasi untuk penelitian selanjutnya mencakup perlunya eksplorasi lebih mendalam terkait dampak perubahan iklim terhadap parameter-parameter dalam model, serta penggabungan analisis sensitivitas dengan kebijakan pengelolaan sumber daya air yang berkelanjutan. Studi yang lebih menyeluruh dapat memberikan dasar yang lebih kuat untuk merumuskan strategi adaptasi yang efektif dalam menghadapi tantangan akibat perubahan iklim dan pertumbuhan populasi.

Penekanan pada Pentingnya Pemodelan yang Akurat dalam Pengelolaan Sumber Daya Air

Pemodelan yang akurat memegang peranan penting dalam pengelolaan sumber daya air di Indonesia. Seiring dengan meningkatnya tekanan terhadap sumber daya air akibat pertumbuhan populasi dan dampak perubahan iklim, penggunaan model yang tepat menjadi kunci dalam merencanakan dan mengelola ketersediaan air secara efektif. Model F.J. Mock, dilengkapi dengan analisis sensitivitas yang menyeluruh, mampu memberikan wawasan yang diperlukan untuk mendukung pengambilan keputusan yang lebih baik dalam pengelolaan sumber daya air.

Mustopa (2024) menegaskan bahwa pemodelan yang akurat memungkinkan pengelola untuk merespons perubahan lingkungan dengan lebih cepat dan efisien (Mustopa et al., 2024). Selanjutnya, Joleha (2022) mengungkapkan bahwa pemodelan yang

baik dapat digunakan untuk memproyeksikan kebutuhan air di masa mendatang, sehingga pengelolaan sumber daya air dapat dilakukan secara berkelanjutan (Joleha et al., 2022).

Oleh karena itu, penelitian ini tidak hanya memberikan kontribusi akademis tetapi juga menawarkan solusi praktis untuk menghadapi tantangan dalam pengelolaan sumber daya air di Indonesia. Keberhasilan dalam memastikan ketersediaan air yang optimal akan memberikan dampak positif bagi ketahanan pangan, kesehatan masyarakat, serta keberlanjutan lingkungan di masa depan.

DAFTAR PUSTAKA

- Anindya, D. P., Suhartanto, E., & Fidari, J. S. (2022). Perbandingan Metode Alih Ragam Hujan Menjadi Debit dengan FJ. Mock dan NRECA di DAS Welang Kabupaten Pasuruan. *Jurnal Teknologi Dan Rekayasa Sumber Daya Air*, 2(2), 299. <https://doi.org/10.21776/ub.jtresda.2022.002.02.24>
- Ballinas-González, H. A., Alcocer-Yamanaka, V. H., Canto-Rios, J. J., & Simuta-Champo, R. (2020). Sensitivity Analysis of the Rainfall–Runoff Modeling Parameters in Data-Scarce Urban Catchment. *Hydrology*, 7(4), 73. <https://doi.org/10.3390/hydrology7040073>
- Basri, H., Sufardi, S., Helmi, H., Syakur, S., Sugianto, S., Azmeri, A., & Helmi, H. (2023). Drought And Water Availability Analysis For Irrigation And Household Water Needs In The Krueng Jrue Sub-Watershed. *PeerJ*, 11, e14830. <https://doi.org/10.7717/peerj.14830>
- Batas, E. S., Wijayanti, Y., & Kesuma, L. M. (2023). Assessing Agricultural Water Reliability in Jetis Irrigation Area Using the F.J. Mock Hydrological Model. *E3S Web of Conferences*, 426, 01023. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202342601023>
- Hoan, N. X., Khoi, D. N., & Nhi, P. T. T. (2020). Uncertainty Assessment Of Streamflow Projection Under The Impact Of Climate Change In The Lower Mekong Basin: A Case Study Of The Srepok River Basin, Vietnam. *Water and Environment Journal*, 34(1), 131–142. <https://doi.org/10.1111/wej.12447>
- Joleha, J., Suprayogi, I., Bochari, B., & Limbong, V. S. (2022). Analisa Ketersediaan Air DAS Siak Untuk Kebutuhan Air PDAM Tirta Siak Pekanbaru. *Jurnal Zona*, 6(1), 1–9. <https://doi.org/10.52364/zona.v6i1.56>
- Kummu, M., Guillaume, J. H. A., De Moel, H., Eisner, S., Flörke, M., Porkka, M., Siebert, S., Veldkamp, T. I. E., & Ward, P. J. (2016). The World's Road To Water Scarcity: Shortage And Stress In The 20th Century And Pathways Towards Sustainability. *Scientific Reports*, 6(1), 38495. <https://doi.org/10.1038/srep38495>
- Lestari, S. P., Istiarto, & Triatmodjo, B. (2019). Identifikasi Waktu Peringatan Dini Banjir Sistem Sungai Jragung. *Prosiding Seminar Nasional Pascasarjana, Departemen Teknik Sipil FT-UI, Depok*, 4 Juli 2019, 444–453. <https://civil.ui.ac.id/wp-content/uploads/2023/05/444-453.pdf>
- Lubis, R. I. S., Syahrul, S., & Devianti, D. (2022). Penggunaan Model Mock dalam Menghitung Ketersediaan Air di Daerah Aliran Sungai (DAS) Krueng Aceh. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian*, 7(3), 322–331. <https://doi.org/10.17969/>

- jimfp.v7i3.20803
- Melsen, L. A., & Guse, B. (2020). Climate Change Impacts Model Parameter Sensitivity – What Does This Mean For Calibration? <https://doi.org/10.5194/hess-2020-179>
- Melsen, L. A., & Guse, B. (2021). Climate Change Impacts Model Parameter Sensitivity – Implications For Calibration Strategy And Model Diagnostic Evaluation. *Hydrology and Earth System Sciences*, 25(3), 1307–1332. <https://doi.org/10.5194/hess-25-1307-2021>
- Mustopa, A., Hartono, H., & Robial, S. M. (2024). Evaluation of Water Availability in Batukarut to Fulfill Irrigation Water Needs in Batukarut and Clean Water PDAM Sukabumi City. *Jurnal Teknik Sipil Dan Perencanaan*, 26(1), 30–41. <https://doi.org/10.15294/jtsp.v26i1.48876>
- Nisa, Z., Suhartanto, E., & Wahyuni, S. (2024). Penerapan Algoritma Genetik dalam Alih Ragam Hujan menjadi Debit Menggunakan Metode FJ. Mock di DAS Rejoso. *Jurnal Teknologi Dan Rekayasa Sumber Daya Air*, 4(02), 1508–1517. <https://doi.org/10.21776/ub.jtresda.2024.004.02.150>
- Shah, M. I. (2019). Hydrological Modeling with Soil and Water Assessment Tool (SWAT): An Overview. *International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology*, 8(1), 175–179. <https://doi.org/10.22214/ijraset.2020.1030>
- Sudinda, T. W. (2020). Penentuan Debit Andalan Dengan Metoda FJ Mock Di Daerah Aliran Sungai Cisadane. *Jurnal Air Indonesia*, 11(1). <https://doi.org/10.29122/jai.v11i1.3933>
- Syaakiroh, S., Ery Suhartanto, & Sri Wahyuni. (2024). Aplikasi Metode FJ. Mock untuk Alih Ragam Hujan Menjadi Debit Menggunakan Algoritma Genetik di DAS Welang Kabupaten Pasuruan. *Jurnal Teknologi Dan Rekayasa Sumber Daya Air*, 4(02), 1567–1577. <https://doi.org/10.21776/ub.jtresda.2024.004.02.155>
- Taufik, M., Khairina, E., Hidayat, R., Kalalinggi, R., & Fadhlurrohman, M. I. (2022). Study of Government's Strategy on Clean Water Availability in Indonesia. *Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia*, 21(1), 111–121. <https://doi.org/10.14710/jkli.21.1.111-121>
- Wang, Y., Wei, W. X., Han, H. L., & Wang, Y. (2014). Groundwater Migration Modeling and Parameter Sensitivity Analysis on Contaminated Site. *Advanced Materials Research*, 878, 775–781. <https://doi.org/10.4028>