

Analisis Penggunaan Lengkung Durasi Aliran (*Flow Duration Curve*) Untuk Mengetahui Debit Andalan di Sungai Sidoan Kabupaten Parigi Moutong

S.R. Oktavia^{a*}, N. Hidayat^a dan M.M. Marampa^b

^aJurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Tadulako, Palu, Indonesia, 94118

^bAlumni Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Tadulako, Palu, Indonesia, 94118

* Corresponding author's e-mail: sroktavia@gmail.com

Received: 7 Mar 2025; revised: 11 Aug 2025; accepted: 23 Aug 2025

Abstract: Limited hydrological information in the form of discharge data on a river or watershed can hinder the process of developing water resources in the area. Based on discharge data recorded at the Sidoan Weir, site in Parigi Moutong Regency, the river has the potential to be used for various purposes, such as irrigation, micro-hydro power plants, raw water, and thus. This study aims to determine the similarity between measured discharge data and calculated discharge data on the Sidoan River, as well as to determine the reliable discharge on the Sidoan River. The data used in this study are climatological data, rainfall data, and discharge data (2011-2020), including a map of the Sidoan watershed. Evapotranspiration analysis was performed using the Modified Penman Method. Measured discharge data was used to determine the similarity with calculated discharge, which was analyzed using the F.J. Mock Method. The Flow Duration Curve (FDC) method was used to analyze the amount of reliable discharge. The results of the study show that the average evapotranspiration value ranges from 100 to 150 mm/month. The parameters used in the water availability analysis with the F.J. Mock method were watershed parameters optimized with a correlation coefficient between measured and calculated discharge of 0.78. The results of the study show that the RMSE values before and after optimization of the watershed parameters are 4.16 and 2.76, respectively. The calculation validation was performed using Mean Absolute Error (MAE). The FDC results show that the 80% - 90% reliable discharge is 0.251 m³/second - 0.150 m³/second, while the 50% reliable discharge is 0.860 m³/second. These results can provide an overview of water availability that can be used for water resource development and management.

Keywords: *F.J. Mock, optimization, flow duration curve, dependable flow, Sidoan watershed*

Abstrak: Keterbatasan informasi hidrologi berupa data debit pada suatu sungai atau Daerah Aliran Sungai (DAS) dapat menyebabkan terhambatnya proses pengembangan sumber daya air di wilayah tersebut. Berdasarkan rekaman data debit yang diambil dari lokasi pengamatan Bendung Sidoan, di Kabupaten Parigi Moutong, memiliki potensi aliran sungai yang dapat digunakan untuk berbagai macam kebutuhan, seperti Irigasi, PLTMH, Air Baku dan sebagainya. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kemiripan data debit terukur dan data debit terhitung pada Sungai Sidoan, selain itu untuk mengetahui besarnya debit andalan pada Sungai Sidoan. Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data klimatologi, data hujan, serta data debit (2011-2020) termasuk peta DAS Sidoan. Analisis evapotranspirasi menggunakan Metode Penman Modifikasi. Data debit terukur digunakan untuk melihat kemiripan dengan debit hitungan yang dianalisis menggunakan Metode F.J. Mock. Metode Flow Duration Curve (FDC) digunakan untuk menganalisis besaran debit andalan. Hasil penelitian menunjukkan nilai evapotranspirasi rata-rata berkisar antara 100 - 150 mm/bulan. Parameter yang digunakan pada analisis ketersediaan air dengan metode F.J. Mock, merupakan parameter DAS hasil optimasi dengan nilai koefisien korelasi antara debit terukur dengan debit hitungan sebesar 0,78. Hasil penelitian menunjukan bahwa nilai RMSE sebelum dan setelah optimasi parameter DAS berturut-turut 4.16 dan 2.76, Validasi hitungan dilakukan dengan Mean Absolut Error (MAE). Hasil FDC menunjukan debit andalan terpenuhi 80% - 90% sebesar 0,251 m³/detik - 0,150 m³/detik, sedangkan untuk debit andalan 50% sebesar 0,860 m³/detik. Hasil ini dapat memberikan gambaran umum ketersediaan air yang dapat dimanfaatkan untuk pengembangan dan pengelolaan sumber daya air.

Kata kunci: *F.J. Mock, optimasi parameter, flow duration curve, debit andalan, DAS Sidoan*

1. Pendahuluan

Analisis terhadap data debit menjadi hal yang sangat penting untuk dapat memahami karakteristik hidrologi suatu sungai. Namun adanya keterbatasan data debit, menyebabkan usaha untuk memahami karakteristik hidrologi pada suatu sungai menjadi kurang optimal. Minimnya data debit pada suatu sungai atau Daerah Aliran Sungai (DAS) juga dapat menyebabkan terhambatnya proses pengembangan sumber daya air di wilayah tersebut.

Kebutuhan akan energi untuk menunjang kehidupan menyebabkan penggunaan energi saat ini masih didominasi dari hasil pembakaran fosil yang secara terus menerus mengakibatkan peningkatan jumlah karbon dioksida, suhu

bumi dan permukaan air laut serta perubahan iklim [1]. Penggunaan energi alternatif dengan cara menggunakan energi terbarukan, yaitu energi non-fosil yang berasal dari alam dan dapat diperbaharui secara berkesinambungan menjadi hal yang penting. Beberapa energi non-fosil yang dapat digunakan untuk menghasilkan tenaga listrik adalah energi surya, energi angin, energi biogas, energi nuklir dan energi air [2].

Berkaitan dengan energi terbarukan, potensi air sungai yang sering dimanfaatkan untuk pengairan daerah irigasi, dapat pula dikembangkan sebagai sumber energi listrik berupa Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH). PLTMH menghasilkan energi dari adanya perbedaan elevasi dan debit yang menghasilkan tenaga listrik dalam

skala yang tidak terlalu besar [3]. Studi tentang Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro yang di desain di sungai dan di sekitar bangunan dan saluran irigasi telah banyak dilakukan, diantaranya Zukhrufiyati (2019), Hanggara (2017), Ratnata (2017) dan Fuhii et.al (2017). Tahun 2019, Zukhrufiyati melakukan studi pemanfaatan aliran air irigasi pada jaringan irigasi di saluran primer D.I. Tajum, analisis debit pada saluran primer dengan memanfaatkan tinggi jatuh pada bangunan terjun dan pada bendung. Debit andalan ditentukan dengan analisis FDC berdasarkan data histori debit di saluran dan di Bendung D.I Tajum, probabilitas terpenuhi sebesar 50% (Q50) berturut-turut sebesar 0,035 m³/detik dan 2,60 m³/detik [3].

Penelitian yang dilakukan oleh Hanggara (2017) pada beberapa desa di Kabupaten Malang untuk mengetahui potensi PLTMH dengan melakukan pengukuran langsung di lapangan, baik untuk tinggi jatuh maupun untuk debit [2]. Di tahun 2015, Fujii melaksanakan penelitian pada sungai-sungai di Kota Beppu Jepang untuk mendapatkan potensi pembangunan microhydro power di Kota Beppu. Disebabkan karena tidak tersedianya data historis debit (Q) maka untuk memperoleh data debit dilakukan beberapa cara sebagai berikut: (1) Estimasi debit berdasarkan luas daerah aliran sungai, curah hujan, dan koefisien debit, setiap pola penggunaan lahan dengan menggunakan SIG. (2) Estimasi debit berdasarkan ketinggian air (H) menggunakan kurva rating, yang juga dikenal sebagai kurva Tinggi–Kuantitas (H–Q). (3) Estimasi debit sebagai hasil perkalian kecepatan rata-rata penampang melintang dan luas debit masing-masing sungai [4]. Ratnata (2017) melakukan penelitian yang menunjukkan bahwa Sungai Cibatarua memiliki kualitas dan kuantitas air yang layak menjadi sumber energi hidroelektrik karena debit airnya stabil dan konstan mencapai 5.100 liter/detik, Sungai Cibatarua memiliki air terjun yang memiliki tinggi muka air yang cukup tinggi yaitu Air Terjun Panyairan dengan tinggi muka air mencapai 63 meter. Daya hidrolik yang dapat dibangkitkan mencapai 3.248 kW [5]. Beragam metode yang digunakan dalam melakukan analisis debit yang dapat diandalkan berkaitan dengan pengembangan sumber daya air, diantaranya adalah *Flow Duration Curve* (FDC). FDC merupakan grafik yang memperlihatkan hubungan debit sungai dalam jangka waktu tertentu yang dapat dijadikan cara untuk mempelajari karakteristik aliran sungai dan dapat dijadikan metode untuk membandingkan DAS yang satu dengan DAS yang lainnya [6]. Pada daerah yang memiliki informasi data debit, maka data histori tersebut dapat langsung dianalisis dengan metode FDC, namun jika tidak tersedia data debit yang cukup, maka diperlukan analisis pengalihragaman hujan menjadi limpasan sebelum analisis FDC [6]. Metode ini tidak saja digunakan untuk menentukan debit andalan, tetapi juga dapat menggambarkan karakteristik DAS dan kondisi cuaca, kondisi cuaca yang berbeda menyebabkan FDC yang berbeda untuk DAS yang sama [7].

Penelitian ini dilatarbelakangi dari studi literatur data histori debit Sungai Sidoan, berdasarkan dari data AWLR Bendung Sidoan, memiliki potensi aliran sungai yang cukup konstan sepanjang tahun dan dapat digunakan untuk berbagai macam kebutuhan selain irigasi, seperti PLTMH dan air baku. Tersedianya data hidrologi pada DAS Sidoan

memungkinkan DAS Sidoan menjadi DAS acuan untuk penelitian-penelitian selanjutnya. Kajian awal ini menjadi penting untuk bisa digunakan sebagai dasar pengembangan sumber daya air di Kabupaten Parigi Moutong, mengingat sebagian daerah aliran sungai di Kabupaten Parigi Moutong merupakan DAS yang memiliki potensi sumber daya air yang cukup besar namun masih dalam kategori DAS yang tidak terukur (*ungauged basin*). DAS yang tidak terukur adalah DAS yang tidak memiliki informasi yang berkaitan dengan data tinggi muka air/data debit pada sungai di DAS tersebut, termasuk juga tidak tersedianya informasi tentang besaran hujan pada DAS tersebut [8]. Berdasarkan tujuan penelitian, mengetahui kemiripan data debit terukur dengan data debit terhitung pada Sungai Sidoan dan mengetahui besar debit andalan di Sungai Sidoan berdasarkan Metode FDC, diharapkan hasil penelitian menjadi informasi yang bermanfaat untuk penelitian-penelitian selanjutnya dalam usaha pengembangan sumberdaya air pada DAS penelitian

2. Metode Penelitian

2.1. Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di DAS Sidoan, (Gambar 1), yang terletak di Kecamatan Sidoan Kabupaten Parigi Moutong Provinsi Sulawesi Tengah. Terletak pada koordinat 0°13'26" LS dan 120°8'20" BT dan berjarak kurang lebih 193 km dari Kota Palu. Luas daerah pengaliran kurang lebih 126.2 km² dengan titik kontrol Pos hidrometri (AWLR) pada Bendung Sidoan.

2.2. Data

Data penelitian yang digunakan pada penelitian meliputi peta lokasi penelitian dan peta jaringan sungai, data stasiun hidrometri (AWLR) pada Bendung Sidoan, serta data hujan harian yang berasal dari pos hujan pengamatan stasiun hujan Sidoan, data klimatologi berupa data suhu, kecepatan angin, penyinaran matahari dan kelembaban relatif yang diambil dari Stasiun Klimatologi Kayu Agung. Data-data yang dikumpulkan tersebut berasal dari Kantor UPT PSDA Wilayah I Dinas CIKASDA Provinsi Sulawesi Tengah. Data hujan harian, data AWLR, dan data klimatologi untuk periode pengamatan tahun 2011 - 2020. Data Pos AWLR Bendung Sidoan digunakan untuk keperluan kalibrasi dengan data terhitung yang dianalisis dengan Metode FJ. Mock.

2.3. Metode dan Tahapan Penelitian

Penelitian ini diawali dengan pengumpulan data hujan harian bulanan dan jumlah hari hujan pada rentang waktu tahun pengamatan 2011-2020. Data hujan dan jumlah hari hujan merupakan masukan pada analisis debit aliran rendah pada DAS dengan Metode FJ. Mock. Selanjutnya data klimatologi berupa data penyinaran matahari, data kelembaban udara relatif, data kecepatan angin, dan data temperatur rata-rata bulanan digunakan dalam analisis Evapotranspirasi potensial dengan Metode Penman Modifikasi. Persamaan yang digunakan sebagai berikut [9]:

$$Eto = c \times Eto \quad (1)$$

$$Eto * = W \times (0,75.Rs - Rn1) + (1 - W) \times f(u) \times (ea - ed) \quad (2)$$

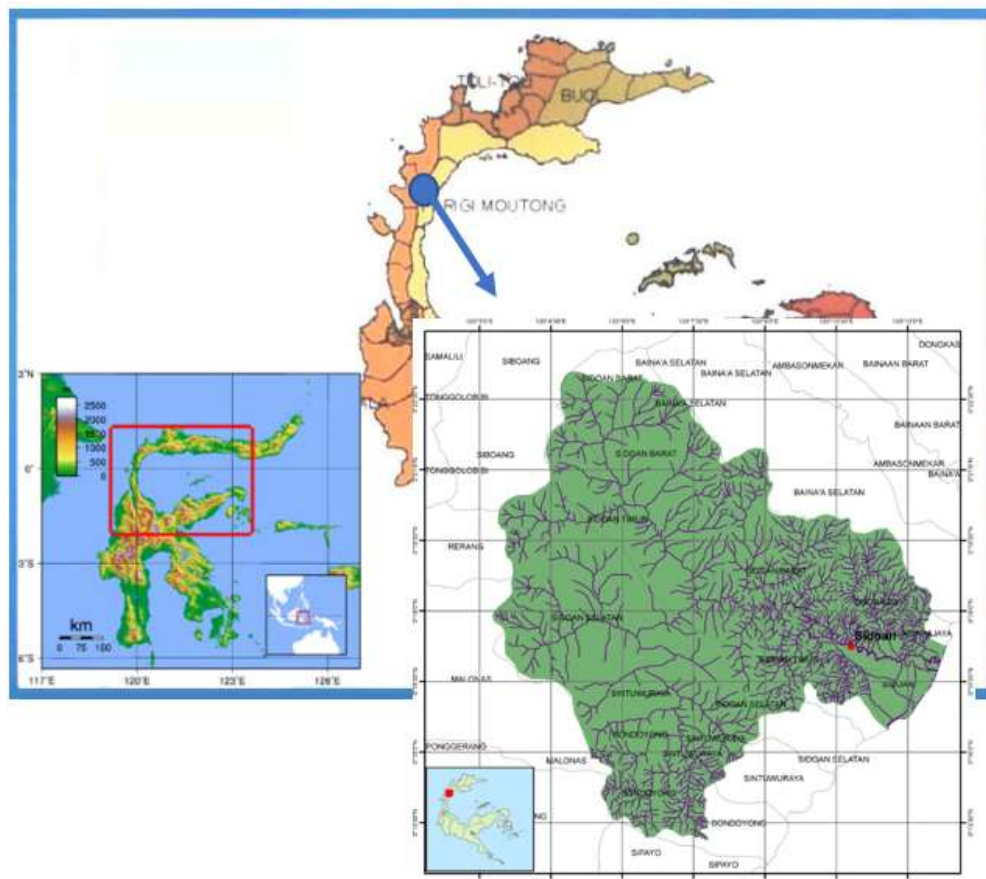
dengan:

- Eto = Evapotranspirasi Pontensial
 Eto* = Besarnya Evapotranspirasi potensial sebelum dikoreksi, sering pula dinyatakan sebagai evaporasi muka air bebas, menggunakan notasi (Eo)
 C = Faktor koreksi Penman
 W = Faktor penimbang untuk suhu dan elevasi daerah
 Rs = Radiasi gelombang pendek (mm/hari)
 Rn1 = Radiasi bersih gelombang (mm/hari)
 f(u) = Fungsi kecepatan angin pada ketinggian di atas permukaan tanah (m/s)
 ea-ed = Defisit tekanan uap yaitu selisih antara tekanan uap jenuh (ea) pada (T) rata-rata dalam (m.bar) dan tekanan uap sebenarnya

Hasil analisis Evapotranspirasi selanjutnya digunakan sebagai input data pada perhitungan debit aliran rendah pada DAS dengan input yang lain yaitu luas DAS dan data hujan harian bulanan. Analisis debit aliran rendah

dilakukan pada penelitian ini meskipun tersedia data rekaman debit di Sungai Sidoan dimaksudkan untuk mengetahui kemiripan data terukur dan data hasil hitungan Metode FJ. Mock.

Metoda Mock dikategorikan ke dalam model hujan-aliran, dimana dalam metode ini dijelaskan hubungan antara hujan dan aliran yang merupakan gambaran proses hidrologi. Sehingga Metode Mock dapat digunakan untuk memprediksi ketersediaan debit air pada daerah aliran sungai yang tidak terukur (*ungauged basin*) berdasarkan konsep keseimbangan air [8]. Model yang baik adalah model yang mampu menirukan perilaku DAS sedekat mungkin dan ukuran kedekatan ini akan berbeda untuk setiap tujuan pembuatan model. Dalam sebuah model hidrologi terdapat parameter-parameter model yang tidak diketahui secara pasti sifatnya atau besaran-besaran yang tidak diketahui datanya. Pada kondisi seperti ini dibutuhkan teknik optimasi/kalibrasi yang berfungsi untuk mengetahui besaran atau parameter yang tidak diketahui agar luaran dari model dapat sesuai atau mendekati kondisi di lapangan [10]



Gambar 1. Peta lokasi penelitian

Metode Mock telah banyak dan umum digunakan di Indonesia, beberapa penelitian yang menggunakan Model Mock untuk prediksi debit harian (*low flow*) di Indonesia diantaranya Santosa (2024) [11], Lubis (2022) [12], Nisa (2024) [13], Widyarningsih (2021) [14], Tunas (2007) [10], Anindya (2022) [15]. Model Mock merupakan model hidrologi yang cukup sederhana dalam menghitung ketersediaan air dalam suatu DAS. Dalam penelitian ini

penggunaan Model Mock didasarkan pada hal yang sudah dikemukakan sebelumnya yaitu struktur model yang sederhana dan input data hidrologi-klimatologi yang relatif bisa diperoleh dari BMKG atau instansi terkait saat ini. Lebih lanjut berdasarkan penelitian Tunas (2011) pada DAS Bangga di Sulawesi Tengah, Model Mock menunjukkan hasil yang lebih baik dibandingkan Model NRECA dengan simulasi parameter optimum [16]. Model ini

mengalihragamkan hujan menjadi aliran mengikuti prinsip *water balance*. Model Mock menunjukkan bahwa hujan yang jatuh pada DAS sebagian akan hilang sebagai evapotranspirasi, sebagian yang lain akan menjadi limpasan langsung dan sebagian lagi akan masuk ke dalam tanah sebagai infiltrasi. Jika kapasitas *soil moisture* terlampaui, maka air akan mengalir ke bawah sebagai perkolasi menuju lapisan kedap air sebagai air tanah (*ground water*) yang selanjutnya akan mengalir ke sungai sebagai aliran dasar (*base flow*). Aliran total yang ada di sungai merupakan jumlah aliran langsung di permukaan tanah dan aliran dasar (*base flow*) [16]. Struktur Model Mock dapat dilihat pada Gambar 2.

Prediksi debit (*low flow*) rata-rata harian menggunakan Model Mock, terlebih dahulu menetapkan tahun kalibrasi parameter DAS dengan melakukan teknik optimasi menggunakan bantuan fasilitas solver pada *MS. Excel*. Pada tahap kalibrasi ditetapkan besarnya koefisien korelasi dan besarnya penyimpangan model dengan membandingkan antara debit terukur dan debit hitungan hasil simulasi. Besarnya simpangan (selisih) antara data terukur dan terhitung dihitung dengan *Root Mean Square Errors (RMSE)* berdasarkan persamaan berikut [17]:

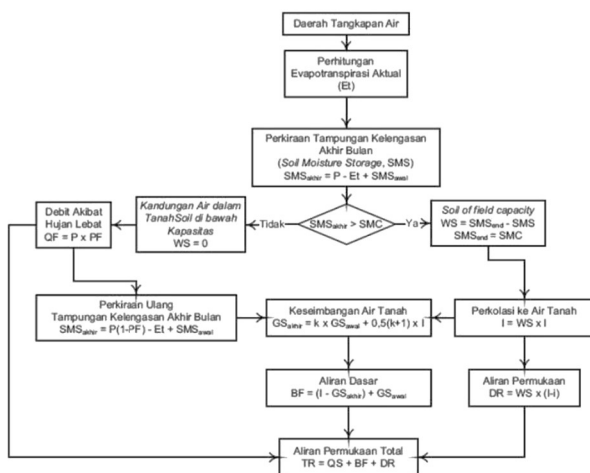
$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{2} \sum_{t=1}^n (Q_{obs} - Q_{cal})^2} \quad (3)$$

dengan:

$RMSE$ = rata-rata kuadrat simpangan antara nilai luaran model dan terhadap nilai pengukuran di lapangan (0 s/d 1)

Q_{obs} = Debit observasi

Q_{sim} = Debit simulasi



Gambar 2. Struktur Model Mock [6]

Hasil parameter optimum dengan penyimpangan terkecil kemudian dipakai untuk menghitung prediksi debit di tahun-tahun penelitian lainnya. Parameter optimum juga dapat digunakan untuk memprediksi debit di DAS sekitar DAS penelitian dengan pertimbangan memiliki kondisi hidrologis yang sama dengan DAS penelitian

Tahap selanjutnya adalah Validasi Model, yaitu proses evaluasi terhadap model untuk mendapatkan gambaran

tentang ketidakpastian yang dimiliki oleh suatu model dalam memprediksi proses hidrologi. Pada umumnya proses validasi dilakukan dengan menggunakan data diluar periode data untuk kalibrasi [17]. Evaluasi ini menggunakan *Mean Absolute Error (MAE)*, berdasarkan persamaan berikut :

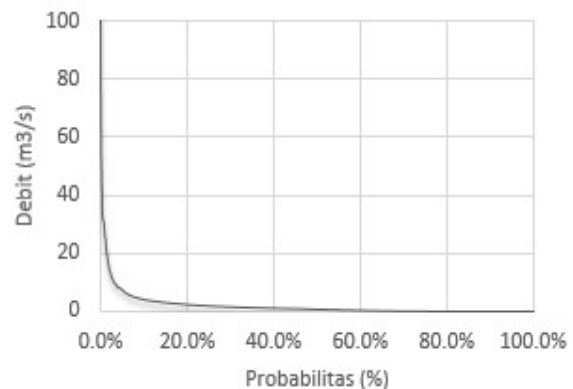
$$MAE = \frac{1}{2} \sum_{t=1}^n |y_i - \hat{y}_i| \quad (3)$$

y_i = Debit observasi

$\hat{y}_i$ = Debit simulasi/hitungan

n = banyaknya data

Debit dari analisis Metode FJ.Mock selanjutnya dianalisa menggunakan Metode FDC untuk menentukan besar debit andalan. *Flow Duration Curves (FDC)* adalah grafik yang memperlihatkan prosentase ketersediaan debit sungai dalam jangka waktu tertentu, selain itu *FDC* juga dapat dijadikan cara untuk mempelajari karakteristik aliran sungai, serta membandingkan suatu DAS dengan DAS yang lainnya [6]. Dalam *FDC*, data debit harian diolah menjadi persentase tertentu sebagai nilai probabilitas kejadian. Grafik *FDC* dibuat dengan mengurutkan semua data debit dari yang terbesar sampai yang terkecil kemudian dicari persentasenya dengan rumus probabilitas *Weibull* yang ada di dalam rentang waktu tersebut dan memplotkannya dengan nilai persentase kemunculannya dari 0% sampai dengan 100%. Selanjutnya menentukan probabilitas keandalan debit yang diinginkan pada grafik *FDC*, dengan demikian debit dengan keandalan tertentu dapat diketahui, ilustrasi gambar *FDC* seperti pada Gambar 3 [7].



Gambar 3. Flow Duration Curve [7]

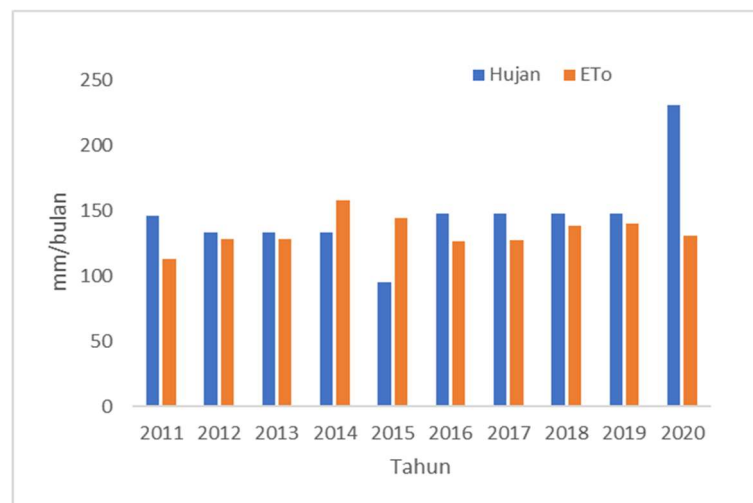
3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Evapotranspirasi Potensial

Evapotranspirasi potensial bulanan menggunakan Data Klimatologi Stasiun Kayu Agung tahun 2011-2020 dengan menggunakan metode Penman Modifikasi. Hasil penelitian menunjukkan nilai evapotranspirasi tertinggi pada Bulan Oktober 2014 dan nilai evapotranspirasi terendah terjadi pada Bulan Agustus 2016, sedangkan nilai rerata berkisar antara 112,522 - 144.127 mm/bulan seperti pada Tabel 1 dan Gambar 4.

Tabel 1. Rekapitulasi Nilai Evapotranspirasi potensial tahun 2011-2022

Tahun	Bulan												Maks	Min	Rata-rata
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nov	Des			
2011	120,2	112,2	109,8	96,7	90,2	101,7	101,7	99,7	142,5	122,1	127,1	127,4	127,4	90,2	112,5
2012	157,0	129,3	119,8	123,8	110,0	112,4	112,4	126,2	151,4	141,5	135,7	130,6	157,0	99,7	128,4
2013	128,3	133,1	114,6	110,1	104,7	98,2	98,2	133,4	172,5	146,1	151,4	153,2	153,9	98,2	127,7
2014	163,4	150,8	162,2	136,4	131,9	136,4	136,4	147,5	165,2	198,4	159,4	192,4	198,4	131,9	157,9
2015	151,2	144,5	147,9	123,3	102,5	135,2	135,2	85,7	137,4	178,5	133,2	168,4	178,5	102,5	144,1
2016	147,3	139,2	120,7	113,8	98,9	108,8	108,8	109,7	130,2	142,8	140,6	149,8	149,0	85,7	126,4
2017	141,2	125,5	135,6	111,5	91,8	107,7	107,7	138,2	163,4	140,2	146,2	192,6	154,3	91,8	127,4
2018	140,2	144,2	131,6	121,4	108,2	128,8	128,8	139,4	169,1	148,6	147,2	168,5	163,0	108,2	137,9
2019	148,3	160,1	129,6	127,7	103,2	112,9	112,9	165,2	164,2	142,5	159,3	149,0	165,5	101,4	139,5
2020	132,3	129,3	132,1	112,9	101,4	108,9	108,9	132,2	145,2	139,5	148,2	165,4	153,6	104,3	130,5
Rata2	143,2	136,3	130,4	117,9	104,3	115,1	115,1	127,2	149,2	150,6	144,4	153,2	145,3	114,2	133,2

**Gambar 5.** Rekapitulasi Nilai Evapotranspirasi potensial dan hujan harian tahun 2011-2022

Gambar 5 menunjukkan nilai evapotranspirasi potensial yang terjadi dalam kurun waktu 2011-2020, jika dibandingkan dengan hujan yang terjadi pada DAS Sidoan tidak memiliki perbedaan yang signifikan, kecuali pada tahun 2011 dan 2020 hujan yang terjadi lebih besar daripada nilai evapotranspirasi potensial. Berdasarkan prinsip hitungan parameter Model Mock bisa dikatakan bahwa di tahun-tahun tersebut terjadi *water surplus*, dimana nilai hujan yang lebih besar (dan terinfiltrasi) lebih dari kapasitas kelembaban tanah dan nilai kelembaban tanah awal, sebaliknya tahun 2014 dan 2015 nilai evapotranspirasi lebih besar daripada hujan yang terjadi di tahun tersebut, yang bisa mengindikasikan terjadi defisit air pada DAS, adanya air yang tetap mengalir dalam DAS merupakan sumbangan dari *baseflow* [18].

3.2. Kalibrasi Parameter DAS

Langkah awal dalam menentukan besaran debit dengan metode F.J. Mock ialah dengan menentukan nilai-nilai parameter DAS, nilai ini digunakan sebagai pendekatan dalam simulasi metode F.J. Mock. Pada tahap kalibrasi parameter DAS, dipilih tahun 2020 sebagai tahun kalibrasi, parameter DAS hasil optimasi diperoleh dengan bantuan program Solver pada *Ms. Excel*. Tabel 2 menunjukkan hasil dari simulasi perhitungan nilai kalibrasi parameter DAS.

Adapun parameter DAS yang dikalibrasi pada penelitian ini adalah koefisien infiltrasi musim basah, koefisien infiltrasi musim kering, kelembaban tanah awal, kapasitas kelembaban tanah, tampungan air tanah awal dan koefisien resesi air tanah.

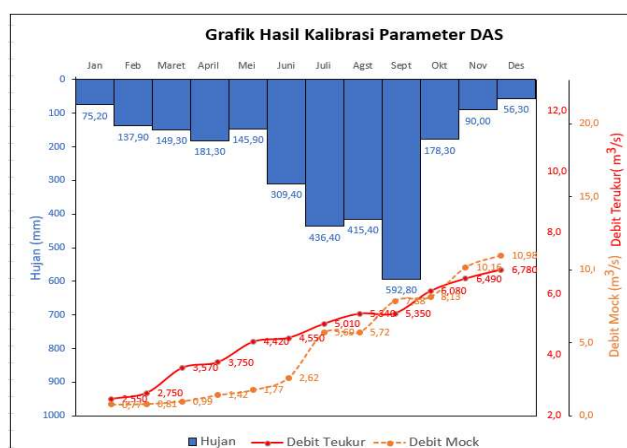
Hasil optimasi menunjukkan angka korelasi (r) sebesar 0.78, menunjukkan kinerja model relatif cukup baik dalam menghitung parameter optimal. Evaluasi nilai debit terhitung (Q_{cal}) dengan debit terukur (Q_{obs}) sebelum optimasi dengan RMSE diperoleh nilai 4,16 sedangkan setelah menggunakan parameter optimum nilai RMSE menjadi 2.76. Hal ini menunjukkan validitas pendekatan kemiripan antara debit terukur dan debit simulasi setelah adanya kalibrasi/optimasi parameter.

Gambar 6 menunjukkan grafik hasil kalibrasi parameter DAS terlihat bahwa dengan bertambahnya curah hujan hujan maka debit hasil perhitungan dan debit Observasi dilapangan bertambah. Pada saat hujan berhenti debit hitungan dan hasil observasi tetap meningkat karena ada input dari limpasan langsung, dimana kelembaban tanah lebih besar dari kelembaban tanah awal dan kapasitas tampungannya. Selain itu masukan ke sungai bisa berasal dari aliran air tanah yang menuju sungai (*baseflow*), hal ini dapat terjadi karena besarnya infiltrasi dari hujan melebihi kapasitas tampungan air tanah air tanah. Hasil optimasi

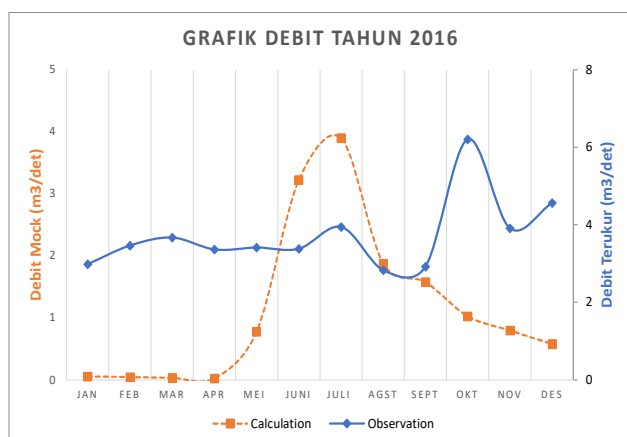
parameter DAS kemudian dijadikan parameter untuk hitungan F.J Mock untuk tahun-tahun lainnya (2011-2019).

Tabel 2. Nilai Kalibrasi parameter DAS

Parameter DAS	Satuan	Simbol	Nilai Maks	Hasil Simulasi	Nilai Min	Nilai Awal
Luas DAS	km ²	A				126,2
Koefisien infiltrasi musim basah		WIC	1	0,61	0,5	0,2
Koefisien infiltrasi musim kemarau		DIC	1	0,98	0,5	0,3
Kelembaban tanah awal	mm	ISM	100	84,64	10	60,29
Kapasitas kelembaban tanah	mm	SMC	300	300,00	200	200
Tampungan air tanah awal	mm	IWGS	1000	150,00	150	150
Konstanta resesi air tanah		K	1	0,75	0,5	0,75



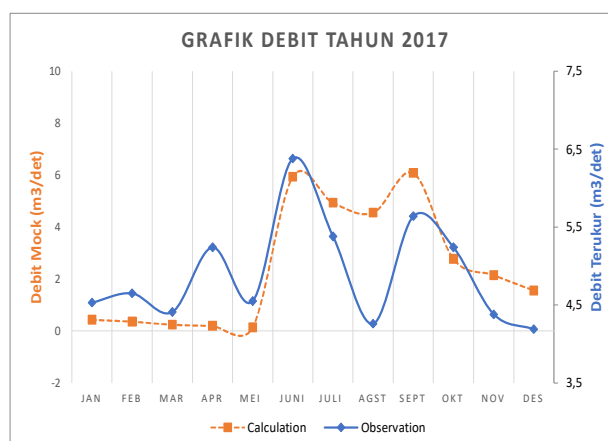
Gambar 6. Grafik hasil kalibrasi parameter DAS



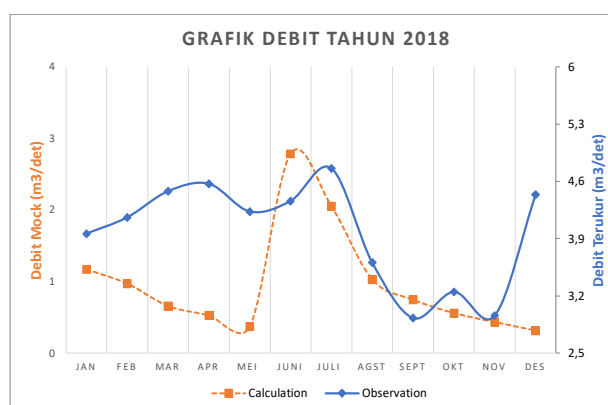
Gambar 7. Grafik debit tahun 2016

Gambar 7, Gambar 8 dan Gambar 9 merupakan gambar yang memperlihatkan grafik debit observasi dan simulasi setelah optimasi, yang memperlihatkan adanya penyimpangan debit simulasi terhadap debit observasi. Pada penelitian ini Analisis statistik untuk Validasi Model dengan menggunakan MAE, dilakukan di tahun 2016, 2017 dan 2018, hasil MAE menunjukkan nilai 2.561, 2.581 dan 3.008. Hal ini menunjukkan terdapat sekitar 2-3 m³/detik perbedaan antara debit terhitung dan debit observasi. Perbedaan yang terjadi bisa disebabkan karena data yang diinput pada model berupa data hujan harian, data evapotranspirasi potensial dan data debit observasi yang tidak valid [10]. Lebih lanjut dapat dijelaskan bahwa, data

hujan yang diambil sebagai data hujan wilayah hanya berasal dari 1 stasiun hujan dengan luasan DAS Sidoan sebesar 126.2 km², kondisi menyebabkan hujan wilayah rata-rata tidak terwakili dengan baik. Data lain yang diperkirakan memberikan pengaruh pada penyimpangan debit simulasi adalah nilai evapotranspirasi aktual yang diperoleh dari nilai evapotranspirasi potensial berdasarkan *crop factor* yang dianggap sama untuk semua DAS. Data debit yang tidak valid dapat dikatakan menjadi penyebab penyimpangan jika persamaan kalibrasi yang digunakan pada perhitungan debit di sungai tidak lagi sesuai dengan kondisi penampang di lapangan, dimana data observasi dihimpun [10].



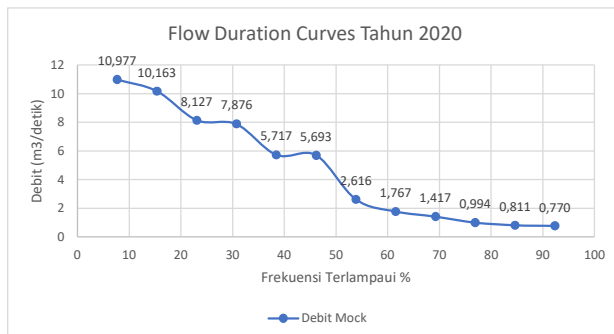
Gambar 8. Grafik debit tahun 2017



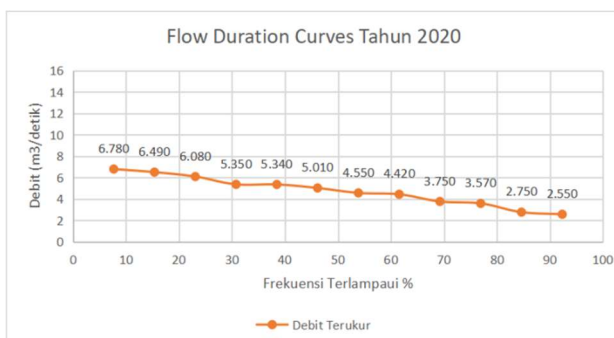
Gambar 9. Grafik debit tahun 2018

3.2. Flow Duration Curve

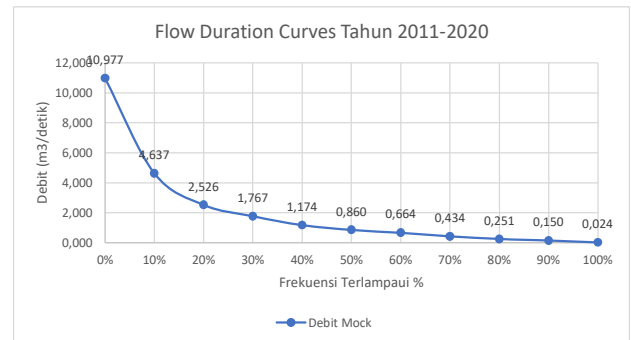
FDC merupakan metode klasik yang banyak digunakan dalam menentukan debit andalan, hal tersebut dikarenakan metode tersebut sederhana dalam aplikasinya. Hasil analisis FDC Sungai Sidoan tahun 2020 dan rentang waktu 2011-2020 dapat dilihat pada Gambar 10 - Gambar 12. Debit maksimum 10,977 m³/detik, debit minimum 0,024 m³/detik, dan debit rata – rata 4,744 m³/detik terlihat di Gambar 10. Sungai Sidoan memiliki debit yang konsisten sepanjang tahun, sebagai ilustrasi dapat dilihat pada Gambar 11 yang bisa dikatakan mewakili tahun-tahun penelitian yang lain, Gambar 11 juga memberikan gambaran probabilitas dari masing-masing besaran debit tersebut. Berkaitan dengan potensi untuk pengembangan PLTMH debit prediksi dengan prosentase terlampaui sebesar 80% (Q₈₀) tersedia sebesar 0.251 m³/detik dapat dilihat pada Gambar 12. Besaran Q₈₀ juga biasa digunakan untuk menilai ketersediaan air Irigasi dan air baku. Untuk ketersediaan air dengan persentase terlampaui 50% diperoleh debit sebesar 0.86 m³/detik. Lebih lanjut, jika dikaitkan dengan analisis statistik MAE, Gambar 10 dan Gambar 11 pada probabilitas 80%, Debit Mock pada nilai sekitar 0.95 m³/detik dan Debit terukur pada nilai sekitar 3 m³/detk. Nilai MAE menyatakan adanya perbedaan antara terukur dan terhitung sebesar 2-3 m³/det. Dengan adanya gambaran ketersediaan air yang ada pada suatu daerah pengaliran sungai maka akan lebih mudah usaha yang dapat dilakukan untuk melakukan pengembangan sumber daya air. Namun, perlu penelitian yang lebih lanjut dan komprehensif terutama berkaitan dengan validasi data sebagai input dalam model, sehingga hasil dari model bisa mendekati data observasi di lapangan.



Gambar 10. Grafik FDC dengan Debit terhitung Metode FJ. Mock tahun 2020



Gambar 11. Grafik FDC dengan Debit terukur tahun 2020



Gambar 12. Grafik FDC 2011 - 2020

4. Kesimpulan

Analisis penggunaan lengkung durasi aliran dilakukan dengan input data hujan harian, data klimatologi dan luasan DAS Sidoan, menunjukkan bahwa kemiripan data debit terukur dan debit terhitung pada Sungai Sidoan berdasarkan optimasi parameter DAS diperoleh nilai koefisien korelasi $r = 0,78$. Nilai RMSE diperoleh sebelum dan setelah optimasi berturut-turut 4,16 dan 2,76. Validasi nilai kemiripan data terukur dengan data terhitung menggunakan MAE dengan hasil berkisar antara 2 - 3 m³/detik. Meskipun nilai Kalibrasi dan Validasi RMSE dan MAE belum menunjukkan hasil yang maksimal dari hasil optimasi parameter DAS, namun demikian parameter optimasi dapat digunakan sebagai acuan untuk memprediksi debit pada DAS-DAS yang tidak terukur di sekitar DAS Sidoan.

Hasil pengolahan data debit tahun 2011 – 2020 dengan Metode FDC untuk debit andalan sebesar 80% diperoleh nilai 0.251 m³/detik, sedangkan untuk debit andalan 50% sebesar 0,860 m³/detik. Informasi data debit yang akurat dapat dijadikan dasar pengaturan pola tanam, pengembangan PLTMH serta bisa digunakan sebagai informasi dalam pengembangan dan pengelolaan sumber daya air lainnya.

Daftar Pustaka

- [1] A.E. Setyono and B.F.T. Kiono, “Dari Energi Fosil Menuju Energi Terbarukan: Potret Kondisi Minyak dan Gas Bumi Indonesia Tahun 2020 – 2050”, *Jurnal Energi Baru dan Terbarukan*, vol. 2, no. 3, p. 154, 2021.
- [2] I. Hanggara and H. Irvani, *Potensi Pltmh (Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro) di Kecamatan Ngantang Kabupaten Malang Jawa Timur*, Malang: LIPI, 2017.
- [3] A. Zukhrufiyati, J. Triyono, S. Ginting, and E.W. Irianto, “Determination of Dependable Flow For Microhydro Power Plant in Irrigation Network”, *World Irrigation Forum*, vol. 3, p. 1, 2019.
- [4] M. Fujii, S. Tanabe, M. Yamada, T. Mishima, T. Sawadate, and S. Ohsawa, “Assessment of the potential for developing mini/micro hydropower: A case study in Beppu City, Japan”, *Journal of Hydrology: Regional Studies*, vol. 11, p. 107–116, 2017.

- [5] I.W. Ratnata, W.S. Saputra, M. Somantri, E. Mulyana, and A. Ardhika, "Preliminary Study of Micro-hydro Power Plant (MHPP) in the Rural Area", in *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, Institute of Physics Publishing, vol. 2018, p. 2018.
- [6] Muhamma and K. Ilmi, "Penentuan Debit Lingkungan di Das Dodokan Berdasarkan Metode Tennant dan Flow Duration Curve (FDC)", *Media Teknik Sipil*, vol. 16, no. 3, p. 1, 2022.
- [7] E. Ridolfi, H. Kumar, and A. Bárdossy, "A Methodology to Estimate Flow Duration Curves at Partially Ungauged Basins", *Hydrology and Earth System Sciences*, vol. 24, no. 4, p. 2043, 2020.
- [8] B. Santosa, N. Yasin, G. Rakhmawati, T. Handayani, and A. Wulan, "Analisis Debit Aliran Rendah Pada Daerah Aliran Tidak Terukur Menggunakan Metode Mock", *Jurnal Ilmiah Desain & Konstruksi*, vol. 23, no. 1, p. 46, 2024.
- [9] A. Wilnaldo, Y. Satria Putra, R. Adriat and J.H. Nawawi, "Perbandingan Metode Perhitungan Evapotranspirasi Potensial di Paloh Kabupaten Sambas Kalimantan Barat", *Prisma Fisika*, vol. 8, no. 3, p. 165, 2020.
- [10] I.G. Tunas, "Optimasi Parameter Model Mock Untuk Menghitung Debit Andalan Sungai Miu", *SMARTek*, vol. 5, no. 2, p. 1, 2017.
- [11] B. Santosa, N. Yasin, G. Rakhmawati, T. Handayani, and A. Wulan, "Analisis Debit Aliran Rendah Pada Daerah Aliran Tidak Terukur Menggunakan Metode Mock", *Jurnal Ilmiah Desain & Konstruksi*, vol. 23, no. 1, p. 46, 2024.
- [12] R. Imroatun and S. Lubis, "Penggunaan Model Mock dalam Menghitung Ketersediaan Air di Daerah Aliran Sungai (DAS) Krueng Aceh", *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian*, vol. 7, no. 3, p. 1, 2022.
- [13] Z. Nisa, E. Suhartanto, and S. Wahyuni, "Penerapan Algoritma Genetik dalam Alih Ragam Hujan menjadi Debit Menggunakan Metode FJ. Mock di DAS Rejoso", *Jurnal Teknologi dan Rekayasa Sumber Daya Air*, vol. 4, no. 2, p. 1508, 2024.
- [14] K. Waasiu Widyarningsih, D. Harisuseno, W. Soetopo, and J. Haryono, "Perbandingan Metode FJ. Mock dan NRECA untuk Transformasi Hujan Menjadi Debit pada DAS Metro Kabupaten Malang, Jawa Timur", *Jurnal Teknik*, vol. 4, no. 2, p. 1, 2021.
- [15] D.P. Anindya, E. Suhartanto, and J.S. Fidari, "Perbandingan Metode Alih Ragam Hujan Menjadi Debit dengan FJ.Mock dan NRECA di DAS Welang Kabupaten Pasuruan", *Jurnal Teknologi dan Rekayasa Sumber Daya Air*, vol. 2, no. 2, p. 286, 2022.
- [16] I.G. Tunas and S.B. Lesmana, "Deviation Analysis of Discharge Prediction Using Mock and NRECA Models". *Infrastruktur*, vol 1, no. 1, p. 1, 2011.
- [17] Indarto, *Hidrologi – Dasar Teori dan Contoh Aplikasi Model Hidrologi*, Jakarta: Media, 2012.
- [18] B.P.R. Sagita, A. Pracoyo, and S. Soekarno, "Analisis Perhitungan Besaran Debit Ketersediaan Air Dengan Metode Mock Pada Das-Das Yang Terukur AWLR di Wilayah Sungai Lombok, Jurnal Rekayasa, vol. 6, no. 3, p. 1, 2017