

ANALISIS BASEFLOW DAS SETAIL MENGGUNAKAN METODE GRAFIS

(Baseflow Analysis of Setail Watershed Using Graphical Method)

Mohamad Wawan Sujarwo¹, Gigik Nurbaskoro², Indarto Indarto^{1*}, Audia Chairani¹, Diana Nurhayati³

¹ Prodi Teknik Pertanian, Universitas Jember, Jl. Kalimantan Tegalboto No.37, 68121, Indonesia

² BMKG Meteorologi Klas III Banyuwangi, Jl. Jaksa Agung Suprpto No.152, Kabupaten Banyuwangi, Indonesia

³ Prodi Teknologi Industri Pertanian, Universitas Jember, Jl. Kalimantan Tegalboto No.37, 68121, Indonesia

* indarto.ftp@unej.ac.id

Diterima: 18 Juni 2025, Direvisi 13 Oktober 2025: , Disetujui : 24 Oktober 2025

ABSTRACT

Baseflow separation methods are widely applied in hydrological studies; however, they are rarely implemented in small- to medium-scale catchments in tropical monsoonal climates. Understanding baseflow dynamics in this area is essential for sustainable watershed management, especially under increasing hydrometeorological stress. This study evaluates the performance of three graphical HYSEP algorithms (Fixed Interval, Sliding Interval, and Local Minimum) applied to the Setail Watershed in Banyuwangi Regency, Indonesia. This area experiences recurrent downstream flooding and seasonal drought. Daily streamflow data from Automatic Water Level Recorders (AWLR) in Jambewangi (upstream) and Kradenan (downstream) were used as input. Calibration was performed using a trial-and-error approach in the BFI+ software to obtain the optimal parameters that best fit the observed and estimated baseflow. Model performance was assessed using coefficient of determination (R^2), Root Mean Square Error (RMSE), and Flow Duration Curve (FDC) analysis. The Local Minimum algorithm demonstrated the highest R^2 value (up to 0.98) and the lowest RMSE (0.38) during both the calibration and validation periods, performing best overall. A high Baseflow Index (BFI) indicates that baseflow significantly contributes to total streamflow. This reflects the permeable characteristics of the watershed and its capacity to maintain discharge during the dry seasons. These findings confirm the applicability of the HYSEP method for tropical watersheds and emphasize the importance of local-scale calibration to improve model reliability and support adaptive water resource management under monsoonal climate variability.

Keywords: *Baseflow; Graphical; HYSEP; Watershed; Setail*

ABSTRAK

Berbagai metode pemisahan aliran dasar telah banyak diterapkan secara luas dalam studi hidrologi; namun penerapannya pada DAS skala kecil hingga menengah di iklim tropis masih terbatas. Pemahaman mengenai dinamika aliran dasar di areal ini sangat penting pada pengelolaan daerah aliran sungai yang berkelanjutan, terutama menghadapi tekanan hidrometeorologi yang semakin meningkat. Penelitian ini mengkaji kinerja tiga algoritma HYSEP (*Fixed Interval, Sliding Interval, dan Local Minimum*) pada DAS Setail Kabupaten Banyuwangi. DAS Setail mengalami tekanan hidrologis akibat banjir di hilir dan kekeringan musiman di wilayah tropis dengan iklim monsun. Data debit harian dari AWLR Jambewangi (hulu) dan Kradenan (hilir) digunakan sebagai *input* utama. Kalibrasi dilakukan melalui pendekatan *trial-and-error* menggunakan perangkat lunak BFI+ untuk memperoleh parameter optimal yang menghasilkan kesesuaian antara *baseflow* terukur dan terhitung. Evaluasi kinerja dilakukan menggunakan koefisien determinasi (R^2), *Root Mean Square Error* (RMSE), serta analisis *Flow Duration Curve* (FDC). Hasil menunjukkan bahwa algoritma *Local Minimum* memberikan kinerja terbaik dengan nilai R^2 tertinggi (hingga 0,98) dan RMSE terendah (0,38) pada periode kalibrasi maupun validasi. Nilai *Baseflow Index* (BFI) yang tinggi menunjukkan dominasi aliran dasar terhadap total debit sungai dan mencerminkan karakteristik DAS yang permeabel dan mampu mempertahankan aliran pada musim kering. Temuan ini menegaskan relevansi metode HYSEP pada DAS tropis serta pentingnya kalibrasi skala lokal untuk mendukung pengelolaan sumber daya air secara adaptif terhadap variabilitas iklim.

Kata kunci: Aliran dasar; Grafis; HYSEP; DAS; Setail

I. PENDAHULUAN

Aliran dasar (*baseflow*) adalah komponen penting dalam siklus hidrologi yang berfungsi untuk menjaga kelangsungan aliran sungai di daerah aliran sungai (DAS) terutama di musim kemarau (Chen, Li, *et al.*, 2024; Yang *et al.*, 2020). Aliran dasar terbentuk dari proses infiltrasi air hujan yang tersimpan di dalam tanah dan kemudian mengalir perlahan menuju sungai (Helfer *et al.*, 2025; Lei *et al.*, 2021). Berbeda dengan limpasan permukaan langsung (*direct runoff*) yang berasal dari aliran air hujan di permukaan tanah dan mengalir langsung menuju sungai (*quick flow*) (Guo *et al.*, 2019). Kontribusi keduanya (*baseflow dan quick flow*) akan

membentuk total aliran (debit sungai) yang menunjukkan interaksi kompleks yang secara kuantitatif sulit untuk dipisahkan pada pengukuran debit di lapangan (Cao *et al.*, 2024; Mao *et al.*, 2024). Oleh karena itu, metode pemisahan aliran dasar sangat dibutuhkan guna mengetahui besaran kontribusi aliran dasar terutama saat musim hujan sebagai salah satu indikator yang menunjukkan kondisi kesehatan suatu DAS.

Umumnya terdapat dua macam metode pemisahan aliran dasar yaitu metode grafis dan digital filter. Metode grafis seperti UKIH (Institute of Hydrology, 1980) dan HYSEP (*local, Fixed, sliding*) (Sloto & Crouse, 1996) menggunakan prinsip

identifikasi titik minimum pada hidrograf untuk menghasilkan interpolasi linier pada kurva aliran dasar. Metode Digital filter seperti Lyne-Hollick (Lyne & Hollick, 1979; Nathan & McMahon, 1990), Chapman (Chapman, 1999), Chapman and Maxwell (Chapman & Maxwell, 1996), Boughton-Chapman (Chapman, 1999), dan Eckhardt filtering (Eckhardt, 2005) menggunakan prinsip menyaring sinyal debit sungai berdasarkan frekuensinya. Keandalan metode yang digunakan bergantung pada morfologi DAS yang dimodelkan dan ketersediaan data. Studi menunjukkan bahwa kedua teknik ini dapat memodelkan aliran dasar dengan baik. Mao *et al.*, (2024) mengatakan bahwa metode grafis UKIH dan HYSEP memiliki kinerja terbaik dibandingkan metode digital filter di beberapa DAS yang diteliti. Sebaliknya Duncan, (2019) dan Xie *et al.*, (2020) mengatakan bahwa metode digital filter Lyne-Hollick dan Eckhardt memiliki kinerja terbaik dibandingkan metode grafis.

Penelitian ini menggunakan metode grafis HYSEP untuk melakukan pemisahan aliran dasar. Metode ini memiliki keunggulan seperti mudah penerapan dan cukup dapat diandalkan untuk memodelkan aliran dasar. Beberapa penelitian yang menggunakan metode ini seperti Xie *et al.*, (2020) di DAS Tizinafu China; Poernomo *et al.*, (2020) mengkombinasikan metode UKIH dan HYSEP; (Chen & Teegavarapu, 2020) membandingkan berbagai metode grafis di DAS Atlantik Teluk Selatan benua Amerika Serikat; (Kang & Lee, 2021) di DAS Nakdong Korea Selatan; dan (Indarto & Herlinda, 2020) di DAS Brantas Indonesia dengan

kinerja paling baik dengan algoritma *local minimum*.

Metode pemisahan aliran dasar secara grafis digital dikembangkan oleh Pettyjohn & Henning (1979) dan dimasukkan ke dalam program *HYSEP (Hydrologi Separation)* oleh (Sloto & Crouse, 1996), dengan tiga algoritma pemisahan aliran dasar yaitu: *Fixed Interval*, *Sliding Interval*, dan *Local Minimum* (Chen *et al.*, 2024). Ketiga algoritma ini menggunakan hidrograf aliran untuk menemukan titik aliran rendah sebagai acuan garis aliran dasar, perbedaannya terletak pada formulasi dalam memilih titik aliran rendah. Algoritma *Fixed Interval* (FI) bekerja dengan menentukan debit terendah pada setiap interval (N) di semua hari di setiap interval waktu dengan rumus $[(2N * \text{Hari}); N = A^{0,2} \text{an mil}^2]$ (Sloto & Crouse, 1996). Cara kerja algoritma ini dengan memberikan tarikan vertikal ke atas sampai bersinggungan dengan debit terendah di setiap interval pada diagram batang (Narimani *et al.*, 2023). Algoritma *Sliding Interval* (SI) bekerja dengan menentukan debit terendah dalam setengah interval dengan pengurangan satu hari $[0,5(2N-1) \text{ hari}]$ yang dihitung dengan persamaan $[0,5(2N^*-1) \text{ hari}]$ (Sloto & Crouse, 1996). Algoritma *Local Minimum* (LM) bekerja dengan mengamati debit per hari untuk menentukan debit tersebut debit terendah dalam interval waktu (Narimani *et al.*, 2023) dengan persamaan $[0,5(2N^*-1) \text{ hari}]$ (Sloto & Crouse, 1996).

Proses pemisahan aliran dasar perlu dilakukan kalibrasi dan validasi untuk menentukan nilai parameter dari suatu algoritma yang paling optimal. Optimal ini

diartikan bahwa nilai tersebut dapat digunakan sepanjang waktu dengan tingkat kesalahan prediksi (perhitungan) yang dapat ditoleransi (Indarto, 2016). Parameter yang terdapat pada metode grafis yaitu parameter N dan f. Parameter tersebut sensitif terhadap perubahan debit. Parameter N adalah banyak hari setelah *runoff* terhenti. Parameter f adalah penentuan mulai hari dan berakhirnya aliran dasar yang berkontribusi terhadap debit (Gregor, 2010; Sloto & Crouse, 1996). Nilai *baseflow* dinyatakan dalam *Baseflow Index* (BFI). *Baseflow Index* merupakan perbandingan antara aliran dasar dengan debit terukur yang dapat digunakan sebagai indikator kinerja DAS (Gregor, 2010). Nilai BFI yang tinggi merupakan sinyal debit sungai terdistribusi dari cadangan air bawah tanah, sehingga metode ini mudah digunakan untuk menganalisis kondisi ketersediaan air di DAS.

Setail merupakan salah satu DAS penting di yang memiliki peran utama dalam sistem hidrologi dan pengelolaan sumber daya air di Kabupaten Banyuwangi. DAS Setail berfungsi sebagai sumber air bersih dan kegiatan domestik di sekitar aliran sungai, serta pemenuhan kebutuhan air irigasi. Di sisi lain, DAS Setail memiliki potensi bencana banjir (Arifki & Erwanto, 2023) dan kekeringan di beberapa wilayah seperti Kecamatan Cluring, Bangorejo, Purwoharjo, dan Tegaldlimo (Kominfo Jatim, 2024; Nuryadi & Agustiarini, 2018; Sari, 2023) yang sebagian wilayahnya masuk di DAS Setail. Bencana kekeringan membuat warga kesulitan untuk mendapat akses air bersih dan pemenuhan air irigasi terutama musim kemarau. Adanya analisis

aliran dasar dapat digunakan untuk evaluasi suplai air sungai pada periode kemarau dan acuan dalam perencanaan sumberdaya air mendatang.

Berbagai metode pemisahan aliran dasar telah banyak diaplikasikan di berbagai DAS di dunia. Mayoritas studi dilakukan di wilayah beriklim subtropis, sementara karakteristik DAS tropis dengan pola hujan monsun seperti di Indonesia masih terbatas pada DAS skala kecil hingga menengah. Secara prinsip, metode HYSEP mudah diterapkan di berbagai kondisi DAS, namun keandalannya sangat bergantung pada karakteristik fisik dan hidrologis serta teknik kalibrasi dan validasi masing-masing DAS. Oleh karena itu, hasil yang diperoleh dari DAS Setail sebagai representasi DAS tropis beriklim monsun tidak dapat secara langsung digeneralisasikan untuk DAS lain dengan kondisi iklim yang serupa. Dengan demikian, setiap penerapan metode ini memerlukan proses kalibrasi ulang guna menyesuaikan parameter algoritma dengan karakteristik hidrologis DAS setempat.

Penelitian ini mengkaji terkait: (1) kalibrasi dan validasi tiga algoritma pemisahan aliran dasar, (2) analisis BFI, dan (3) menentukan kinerja terbaik dari tiga algoritma metode grafis tersebut menggunakan data debit Jambewangi (bagian hulu) dan Kradenan (bagian hilir) DAS Setail.

II. BAHAN DAN METODE

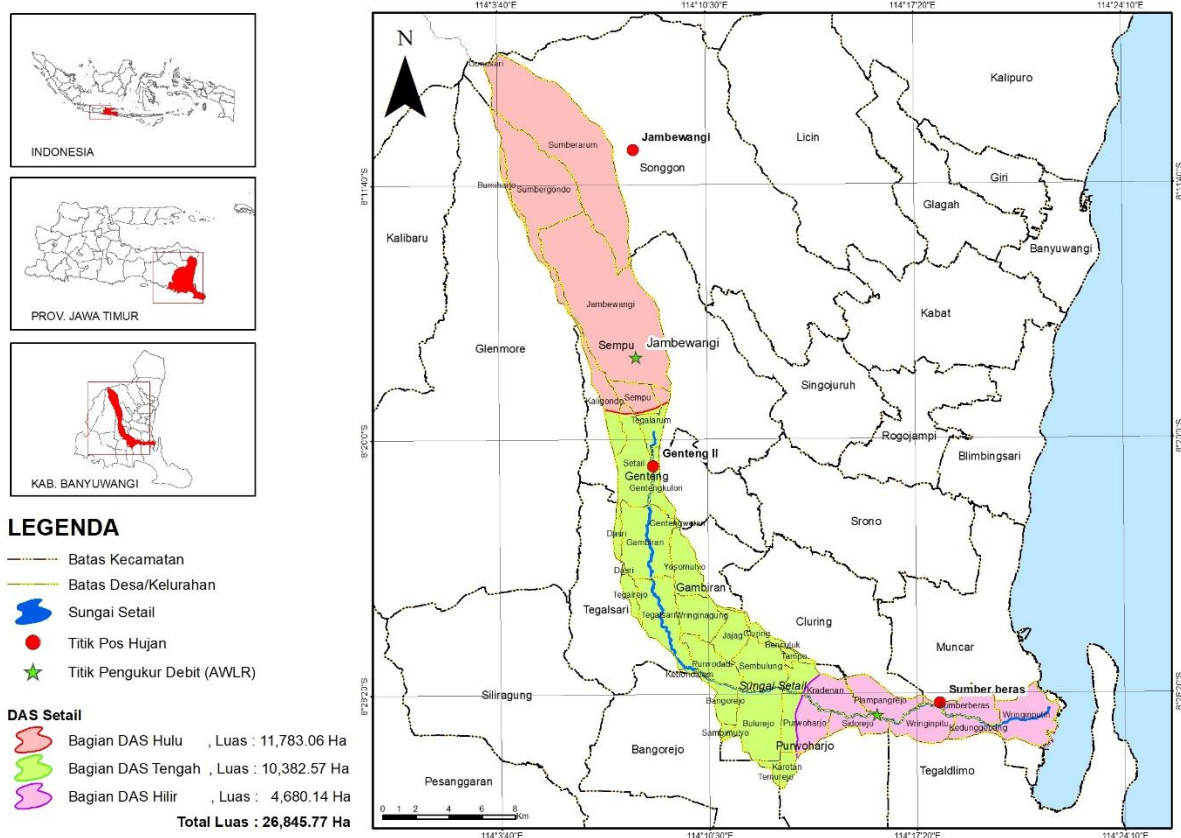
A. Waktu dan Lokasi

Lokasi pengamatan dilakukan di DAS Setail Kabupaten Banyuwangi. DAS Setail memiliki luas sebesar 284,89 km², mencakup 10 kecamatan meliputi:

Songgon, Glenmore, Sempu, Genteng, Gambiran, Cluring, Bangorejo, Purwoharjo, Muncar, dan Tegaldimo (Gambar 1). Hulu DAS Setail berada di Kecamatan Songgon, dengan tutupan lahan hulu DAS Setail didominasi oleh vegetasi dan sedikit ladang. Hilir DAS Setail berada di Kecamatan Muncar, dengan tutupan lahan hilir DAS Setail didominasi oleh sawah dan terbangun (Mandala *et al.*, 2024).

B. Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan yaitu data debit harian pada 2 pos AWLR (*Automatic Water Level Recorder*) yang berada di Jambewangi (hulu) dan Kradenan (hilir) (Tabel 1). Data pendukung dalam penelitian ini yaitu data hujan (Tabel 2), data fisik DAS (lokasi stasiun hujan dan AWLR, batas DAS, dan jaringan sungai).



Gambar (Figure) 1. Lokasi penelitian (Study site)
Sumber (Source): Pengolahan data 2025 (Data analysis 2025)

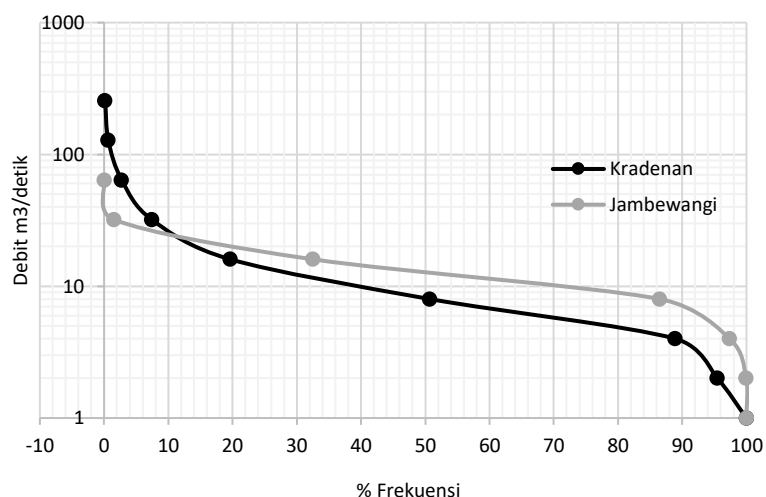
Tabel (Table) 1. Data debit (Streamflow data)

	Kradenan	Jambewangi
Mulai (Start)	2005	1996
Akhir (end)	2023	2023
Panjang Data (tahun) [Data Length (years)]	18	27
Data Hilang (Data Lost)	01/01/2011 - 31/12/2011 01/12/2012 - 31/12/2012 01/01/2017 - 31/05/2017 01/01/2020 - 31/12/2020	01/01/2010 - 31/12/2011 01/11/2012 - 31/12/2012 01/01/2020 - 31/12/2020

Sumber (Source): Pengolahan data 2025 (Data analysis 2025)

Pada pengolahan data hidrologi DAS Setail, data debit dan hujan yang hilang diestimasi menggunakan perangkat lunak River Analysis Package (RAP). Proses dimulai dengan identifikasi nilai yang tidak tercatat melalui input data hidrologi, lalu sistem menunjukkan periode dengan data kosong. Selanjutnya pola kehilangan data dianalisis (acak atau terstruktur) menggunakan fitur grafik dan statistik dalam RAP. Estimasi nilai hilang dilakukan

dengan metode interpolasi linier, yaitu pengisian berdasarkan tren antara data sebelum dan sesudahnya. Dataset hasil estimasi kemudian disimpan sebagai basis data lengkap untuk analisis hidrologi lanjutan. Metode interpolasi linier sering digunakan dalam hidrologi untuk gap filling karena sederhana dan kinerja yang cukup baik, terutama untuk celah data pendek (Niedzielski & Halicki, 2023).



Gambar (Figure) 2. FDC debit di 2 AWLR (FDC streamflow at 2 AWLR)

Sumber (Source): Pengolahan data 2025 (Data analysis 2025)

Tabel (Table) 2. Data hujan harian (Daily rainfall data)

Pos Hujan (Rainfall Station)	Mulai (Start)	Akhir (End)	Panjang Data (tahun) [Data Length (years)]	Data Hilang (Data Lost)
Sumber Beras	1993	2023	30	1993, 1994, 1995, 1998, 2011
Kaliploso Plosorejo	1993	2023	30	1993, 1994, 1995, 1998, 2001, 2003, 2011
Purwoharjo	1993	2023	30	1993, 1994, 1998
Cluring	1993	2023	30	1993, 1994, 1995, 1998, 2011, 2012
Kp Genteng	1993	2023	30	1993-2012
Genteng I	1993	2023	30	1993, 1994, 1995, 2005, 2011
Genteng II	1993	2023	30	1993, 1994, 1995, 2003, 2004, 2005
Jambewangi	1993	2023	30	1993-1994

Sumber (Source): Pengolahan data 2025 (Data analysis 2025)

Karakteristik hidrologi suatu DAS dapat dianalisa berdasarkan pola dan bentuk dari FDC (*Flow Duration Curve*). Diketahui bahwa 90% kejadian debit DAS Setail nilainya ≥ 1 m³/detik (Gambar 2). Menandakan 90% debit tersedia minimal adalah 1 m³/detik di sungai Setail. Debit Jambewangi (hulu) menunjukkan FDC yang lebih landai menandakan ketersediaan debit air yang memadai dan kontribusi air tanah cukup baik. Sebaliknya, debit Kradenan (hilir) merupakan akumulasi aliran di hulu yang berdampak pada debit puncak lebih tinggi (banjir) saat terjadi hujan dan debit *baseflow* lebih rendah yang menandakan kontribusi air tanah berkurang.

Peralatan penelitian ini mencakup: (1) Seperangkat PC (*Personal Computer*) digunakan untuk mengolah data, (2) *Microsoft Excel* digunakan untuk mengolah data serta menampilkan grafik, (3) *Software BFI+* digunakan untuk mengolah data debit menghasilkan nilai *baseflow* dan *baseflow index* (BFI) dari metode grafis, (4) *Software RAP* digunakan untuk menghitung data yang hilang.

C. Prosedur Penelitian

1. Menentukan musim kemarau

Penentuan musim kemarau dilakukan dengan menghitung rata-rata bulanan curah hujan setiap tahun mulai tahun 1993 hingga tahun 2023 kemudian dibuat plot dalam diagram batang (Gambar 3). Musim kemarau ditandai dengan penurunan curah hujan kurang dari 50 mm dalam tiga dasarian secara berturut-turut (Qothrunada & Risnayah, 2020), sehingga

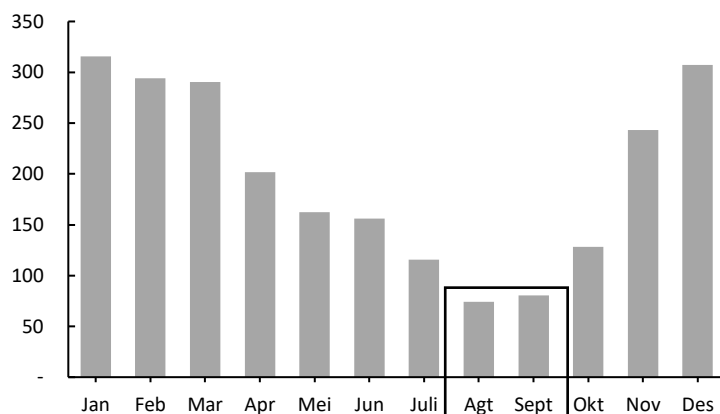
ditentukan periode kalibrasi DAS Setail pada bulan Agustus dan September dimasa bulan paling kering, dengan asumsi sedikit turun hujan dan air sungai berasal dari *baseflow*. Metode bisa dianggap efektif dalam memisahkan aliran dasar jika menghasilkan *baseflow* yang hampir setara dengan debit yang diukur pada periode paling kering (Oktavia *et al.*, 2021).

2. Pembagian periode kalibrasi dan validasi

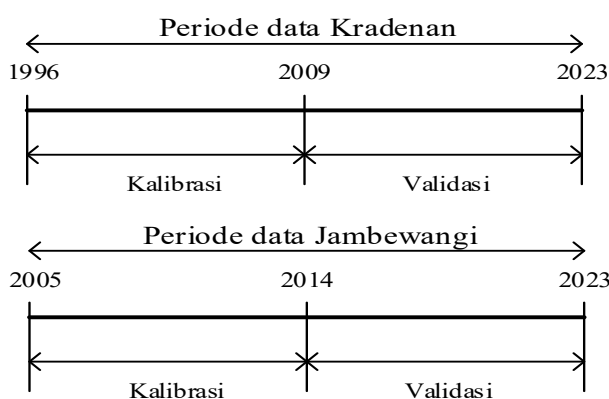
Data debit dipisahkan berdasarkan tahun seperti pada Gambar 4. Penentuan periode kalibrasi dan validasi yaitu dengan membagi dua panjang data yang dimiliki. Pada AWLR Kradenan memiliki panjang data selama 27 tahun, kemudian pada 13 tahun pertama masuk pada periode kalibrasi dan untuk 14 tahun setelahnya masuk pada periode validasi. Sama seperti pada AWLR Kradenan, pada AWLR Jambewangi panjang data juga dibagi menjadi 2 periode (Gambar 4).

3. Kalibrasi

- a. Menentukan parameter optimal
Nilai parameter optimal ditentukan berdasarkan teknik *trial and error* hingga grafik debit terukur dan debit terhitung berhimpitan menggunakan *tool parameter calibration* yang ada pada *software BFI+* (Gregor, 2010). Nilai parameter optimal yang diperoleh dari kalibrasi digunakan untuk proses pemisahan aliran dasar di periode validasi.



Gambar (Figure) 3. Hujan bulanan stasiun Jambewangi (Monthly rainfall at Jambewangi station)
 Sumber (Source): Pengolahan data 2025 (Data analysis 2025)



Gambar (Figure) 4. Periode kalibrasi dan validasi (Calibration and validation period)
 Sumber (Source): Pengolahan data 2025 (Data analysis 2025)

b. Menghitung nilai BFI+ dari data kalibrasi

Parameter optimal yang telah diperoleh digunakan untuk menjalankan metode perhitungan nilai BFI periode kalibrasi. Nilai BFI dihitung dengan memasukkan debit pada *software* BFI+ dan mengatur filter perhitungan dengan 3 algoritma metode grafis yaitu *Local Minimum* (LM), *Fixed Interval* (FI), dan *Sliding Interval* (SI) (Gregor, 2010; Sloto & Crouse, 1996). Berikut merupakan persamaan

untuk menghitung interval hari setiap algoritma.

$$\text{Algoritma FI} = (2N \times \text{Hari}) \dots\dots\dots(1)$$

$$\text{Algoritma SI} = 0,5(2N - 1) \text{ hari} \dots\dots\dots(2)$$

$$\text{Algoritma LM} = 0,5(2N - 1) \text{ hari} \dots\dots\dots(3)$$

Keterangan (Remarks) :

$$N = A^{0,2}$$

A = luas DAS dengan satuan mil² (Gregor, 2010)

4. Validasi

Validasi adalah menguji performa 3 algoritma setelah dilakukan proses kalibrasi guna mengetahui apakah algoritma model akan bekerja dengan baik

pada data baru (Mai, 2023). Langkah ini menjadi kunci untuk memastikan keandalan dan generalisasi metode sebelum diterapkan ke berbagai data di DAS Setail.

5. Uji Kinerja

Performa ketiga algoritma model diuji menggunakan *Root Mean Square Error* Dan *R square* berikut:

a. *Root Mean Square Error* (RMSE)

RMSE berfungsi mengetahui besaran nilai *error* setiap algoritma metode grafis (Indarto, 2010). Semakin kecil RMSE (mendekati 0) maka prediksinya lebih akurat (Hodson, 2022) dan algoritma tersebut semakin baik untuk digunakan. RMSE merupakan rasio antara debit terukur dengan debit terhitung. Berikut ini adalah persamaan RMSE:

$$RMSE = \frac{\sqrt{\sum(Q_0 - Q_m)^2}}{n} \dots\dots\dots(4)$$

Keterangan (*Remarks*) :

Q_m = baseflow terhitung

Q_0 = baseflow terukur

n = jumlah sampel (Indarto & Herlinda, 2020)

Nilai *Normalized Root Mean Square Error* (NRMSE) diperoleh dengan mengekspresikan RMSE sebagai persentase terhadap rentang data debit hasil pengamatan. Kinerja model kemudian dievaluasi menggunakan kriteria tertentu berdasarkan nilai NRMSE (Tabel 3).

$$NRMSE = \frac{RMSE}{Q_0 \max - Q_0 \min} \dots\dots\dots(5)$$

Q_{max} = baseflow maksimum terukur

Q_{min} = baseflow minimum terukur

Tabel 3. Kriteria keandalan model berdasarkan nilai NRMSE (*Model reliability criteria based on NRMSE values*)

Nilai NRMSE (<i>NRMSE Value</i>)	performa model (<i>Model performance</i>)
< 10 %	Sangat Baik (<i>Excellent</i>)
10-20 %	Baik (<i>Good</i>)
> 20%	Buruk (<i>Poor</i>)

Sumber (*Source*): (Chowdhury et al., 2025)

b. *R square* (R^2)

R square menunjukkan tingkat hubungan kesesuaian antara nilai terukur dan hasil perhitungan (Indarto, 2010). Selain RMSE, analisa ini berguna untuk menilai kesesuaian algoritma pada saat proses kalibrasi maupun validasi terhadap suatu data setelah melalui proses perhitungan (Reis et al., 2022). Kinerja metode dikatakan meningkat jika nilai *R square* mendekati 1 (Tabel 4). Rincian persamaan *R square* dijelaskan berikut:

$$R^2 = 1 - \frac{\sum(Y - \hat{Y})}{\sum(Y - \bar{Y})} \dots\dots\dots(6)$$

Keterangan:

R^2 = tingkat kesesuaian debit terukur dan debit terhitung

Y = observasi respon ke-i

\bar{Y} = rata-rata

\hat{Y} = ramalan respon ke I (Indarto & Herlinda, 2020)

Tabel 4. Karakterisasi intensitas korelasi berdasarkan nilai R^2 (*Characterization of correlation intensity based on R^2 value*)

Nilai R^2 (R^2 Value)	Intensitas Korelasi (Correlation Intensity)
0,00	Tidak ada korelasi
0,00 – 0,09	Lemah
0,09 – 0,36	Sedang
0,36 – 0,81	Kuat
0,81 – 0,98	Sangat kuat
1,00	Sempurna

Sumber (Source): (de Matos *et al.*, 2016)

6. Visualisasi *Flow Duration Curve* (FDC)

Dalam menentukan FDC hal yang pertama dilakukan yaitu menghitung frekuensi kejadian debit. Dari frekuensi debit kemudian dihitung hari kejadian dengan menghitung selisih dari banyak data debit dan frekuensi debit. Kemudian dihitung persentase kejadian debit dengan perbandingan antara hari kejadian debit dengan banyaknya data debit dan dikali seratus. Karakteristik Aliran DAS akan tergambar dari pola FDC. Kemiringan FDC yang cukup curam mengindikasikan terdapat lebih banyak aliran dengan debit besar (banjir), sehingga berpengaruh terhadap rerata serta tingginya nilai *skewness* (Indarto, 2016).

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Parameter optimal

Nilai parameter optimal dari tiga algoritma metode grafis ditunjukkan pada Tabel 5. Pada proses trial and error, metode grafis digunakan untuk memvisualisasikan hubungan antar titik minimum pada hidrograf aliran sungai guna memisahkan komponen aliran dasar. Pada DAS Setail yang memiliki debit rerata

relatif rendah, penggunaan parameter dengan nilai yang tidak terlalu tinggi terbukti mampu menghasilkan parameter optimal dalam pemodelan besarnya aliran dasar (*baseflow*). Temuan ini konsisten dengan hasil penelitian sebelumnya yang menunjukkan bahwa metode HYSEP memberikan kinerja yang baik pada berbagai kondisi pengamatan, termasuk pada DAS berskala kecil dengan pola aliran yang relatif sederhana (Cheng *et al.*, 2022; Mao *et al.*, 2024). Lebih lanjut, hasil analisis sensitivitas pada model lain dengan parameter serupa juga mengindikasikan bahwa pada DAS dengan karakteristik aliran sederhana (misalnya *low-flow dominated* atau berukuran kecil), penggunaan parameter moderat umumnya sudah menghasilkan estimasi baseflow yang memadai tanpa memerlukan kalibrasi yang intensif (Abbas *et al.*, 2024; Mei *et al.*, 2024).

B. R square (R^2)

R square digunakan untuk menunjukkan kecocokan antara debit terhitung dan debit terukur, ditunjukkan pada Tabel 6.

Tabel (Table) 5. Nilai parameter optimal (Optimal parameter values)

Algortima (Algorithm)	LM		FI	SI
Parameter	N	f	N	N
KD	2	0,9	3	3
JW	5	0,9	5	4

Sumber (Source): Pengolahan data 2025 (Data analysis 2025)

Keterangan (Remarks): LM= Local Minimum, FI= Fixed Interval, SI= Sliding Interval, JW= Jambewangi, KD=Kradenan

Tabel (Table) 6. Nilai R² periode kalibrasi dan validasi (R² value of the calibration and validation period)

Algortima (Algorithm)	R Square (Periode Kalibrasi) [R Square (Calibration Period)]		R Square (Periode Validasi) [R Square (Validation Period)]	
	JW	KD	JW	KD
LM	0,85	0,98	0,93	0,79
FI	0,73	0,94	0,85	0,68
SI	0,64	0,86	0,80	0,66

Sumber (Source): Pengolahan data 2025 (Data analysis 2025)

Keterangan (Remarks): LM= Local Minimum, FI= Fixed Interval, SI= Sliding Interval, JW= Jambewangi, KD=Kradenan

Algortima LM menghasilkan nilai R² yang menunjukkan korelasi yang sangat kuat hingga kuat sesuai nilai karakterisasi intensitas korelasi (Tabel 4), hal ini menunjukkan jika algortima LM dapat memodelkan debit *baseflow* terhitung dengan mengikuti pola nilai debit *baseflow* aktual. Pada periode kalibrasi, nilai R² di Jambewangi sebesar 0,85 dan Kradenan sebesar 0,98. Pada periode validasi yaitu 0,93 (mendekati 1) pada Jambewangi dan Kradenan sebesar 0,79. Debit terhitung DAS Setail dapat merepresentasikan debit aktual di lapangan, serta membuktikan jika algortima tersebut dapat bekerja dengan baik dalam memperkirakan besarnya *baseflow*.

C. Nilai Root Mean Square (RMSE)

Hasil pengujian menunjukkan bahwa algoritma Local Minimum (LM) memberikan nilai RMSE yang relatif kecil (mendekati nol) dibandingkan dengan algoritma Fixed Interval (FI) dan Sliding Interval (SI). Pada periode kalibrasi, nilai RMSE algoritma LM di Stasiun

Jamberwangi tercatat sebesar 1,48 dan di Kradenan sebesar 0,38, sedangkan pada periode validasi diperoleh masing-masing sebesar 0,55 dan 0,57.

Selain itu, jika dilihat dari kriteria NRMSE, algoritma LM juga menunjukkan performa terbaik dengan nilai 10% (Jamberwangi) dan 2% (Kradenan) pada periode kalibrasi, serta 7% (Jamberwangi) dan 4% (Kradenan) pada periode validasi. Nilai yang relatif kecil ini mengindikasikan bahwa algoritma LM mampu menghasilkan estimasi *baseflow* dengan kesalahan yang lebih rendah dibandingkan algoritma FI dan SI. Hal ini juga diperkuat oleh hasil grafik yang menunjukkan kesesuaian antara debit aktual dan debit terhitung pada musim kemarau, sehingga memperlihatkan kinerja model yang baik. Suatu model dapat dikatakan memiliki kinerja baik ketika nilai RMSE rendah, karena semakin kecil RMSE maka semakin kecil pula tingkat kesalahannya (Hodson, 2022). Hasil pengujian nilai RMSE dan NRMSE ditampilkan pada Tabel 7.

Tabel (Table) 7. Nilai RMSE periode kalibrasi dan validasi (RMSE value of calibration and validation periods)

Algoritma (Algorithm)	RMSE (Periode Kalibrasi) [RMSE (Calibration Period)]		NRMSE (Periode Kalibrasi) [NRMSE (Calibration Period)]		RMSE (Periode Validasi) [RMSE (Validation Period)]		NRMSE (Periode Kalibrasi) [NRMSE (Calibration Period)]	
	JW	KD	JW	KD	JW	KD	JW	KD
	LM	1,48	0,38	10%	2%	0,55	0,57	7%
FI	1,98	0,68	13%	3%	0,88	0,71	12%	5%
SI	2,59	1,05	17%	5%	1,11	0,73	15%	5%

Sumber (Source): Pengolahan data 2025 (Data analysis 2025)

Keterangan (Remarks): LM= Local Minimum, FI= Fixed Interval, SI= Sliding Interval, JW= Jambewangi, KD=Kradenan

Nilai rerata *baseflow* hasil pemodelan dengan algoritma LM hampir menyerupai dengan debit terukur pada 2 bulan puncak musim kemarau (Tabel 8). Sehingga algoritma LM dapat dinyatakan sangat baik memodelkan *baseflow* di DAS Setail berdasarkan uji NRMSE dan kriteria keandalan model.

Metode HYSEP dengan algoritma LM masih banyak digunakan dalam kajian hidrologi modern karena sederhana serta mudah dalam mengidentifikasi titik minimum lokal pada hidrograf terutama DAS dengan luasan kecil sampai menengah. Penelitian terbaru di wilayah subtropis juga menunjukkan bahwa metode HYSEP dengan algoritma LM memberikan estimasi *baseflow* yang

cenderung konservatif, namun tetap menghasilkan performa yang konsisten dibandingkan algoritma grafis lainnya (Wang *et al.*, 2021). Selain itu, penelitian di mikro DAS ekosistem Andean menunjukkan bahwa pendekatan titik minimum lokal cukup relevan digunakan pada DAS skala kecil dengan karakteristik aliran sederhana, terutama ketika dianalisis bersamaan dengan faktor biofisik yang memengaruhi dinamika aliran dasar (Cuadros *et al.*, 2025).

D. Flow Duration Curve (FDC)

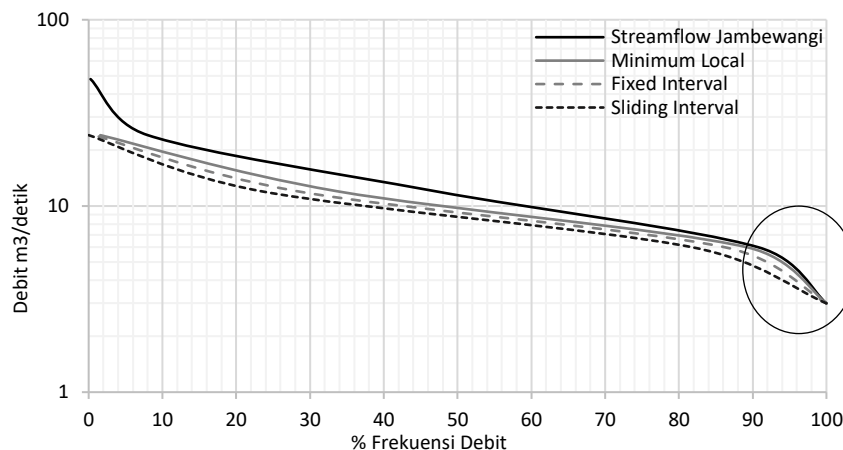
Hasil dari analisis FDC *Baseflow* DAS Setail disajikan dalam grafik pada Gambar 5 dan 6.

Tabel (Table) 8. Perbandingan nilai rerata *baseflow* sebelum dan setelah kalibrasi (Comparison of *baseflow* average before and after calibration)

Bulan (Month)	Debit (Stream Flow)	Jambewangi						Kradenan						
		BF awal (Initial BF)			BF kalibrasi (Calibration BF)			BF awal (Initial BF)			BF kalibrasi (Calibration BF)			
		LM	FI	SI	LM	FI	SI	LM	FI	SI	LM	FI	SI	
Agustus	2,35	2,18	2,24	2,30	2,13	2,11	2,12	2,01	1,51	1,57	1,58	1,62	1,30	1,05
September	2,25	2,04	2,12	2,16	2,02	2,05	1,56	1,25	1,04	1,07	1,12	1,04	1,01	0,96

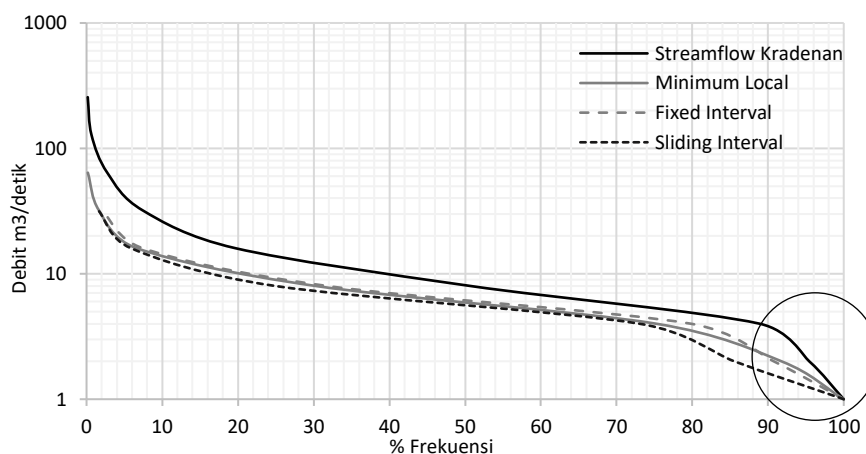
Sumber (Source): Pengolahan data 2025 (Data analysis 2025)

Keterangan (Remarks): LM= Local Minimum, FI= Fixed Interval, SI= Sliding Interval, BF = Baseflow



Gambar (Figure) 5. FDC Baseflow Jambewangi (FDC Baseflow at Jambewangi)

Sumber (Source): Pengolahan data 2025 (Data analysis 2025)



Gambar (Figure) 6. FDC Baseflow Kradenan (FDC Baseflow at Kradenan)

Sumber (Source): Pengolahan data 2025 (Data analysis 2025)

Metode pemisahan aliran dasar yang dapat diandalkan akan menghasilkan bentuk grafik yang berhimpitan antara debit aktual dan debit terhitung pada bagian kanan-bawah (Indarto & Herlinda, 2020). Algoritma LM menunjukkan performa yang baik di Pos AWLR Jambewangi maupun Kradenan. Di antara tiga algoritma, LM memiliki selisih *baseflow* lebih sedikit dengan grafik berhimpitan dengan *streamflow* Jambewangi maupun Kradenan.

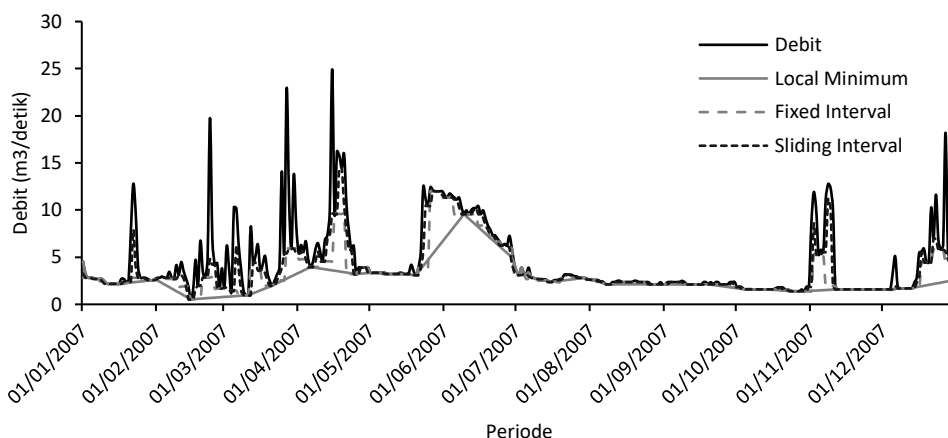
E. Visualisasi Hidrograf

Hasil pemisahan aliran dasar awal sebelum kalibrasi (Gambar 7 dan 9) menunjukkan ketiga algoritma cenderung menunjukkan fluktuasi *baseflow* yang tidak stabil, dimana estimasi *baseflow* terlalu tinggi dan mengikuti pola fluktuasi debit, terutama pada FI dan SI yang tampak terlalu responsif terhadap lonjakan debit.

Setelah dilakukan kalibrasi dengan memasukkan parameter optimal, ketiga algoritma menunjukkan perubahan garis

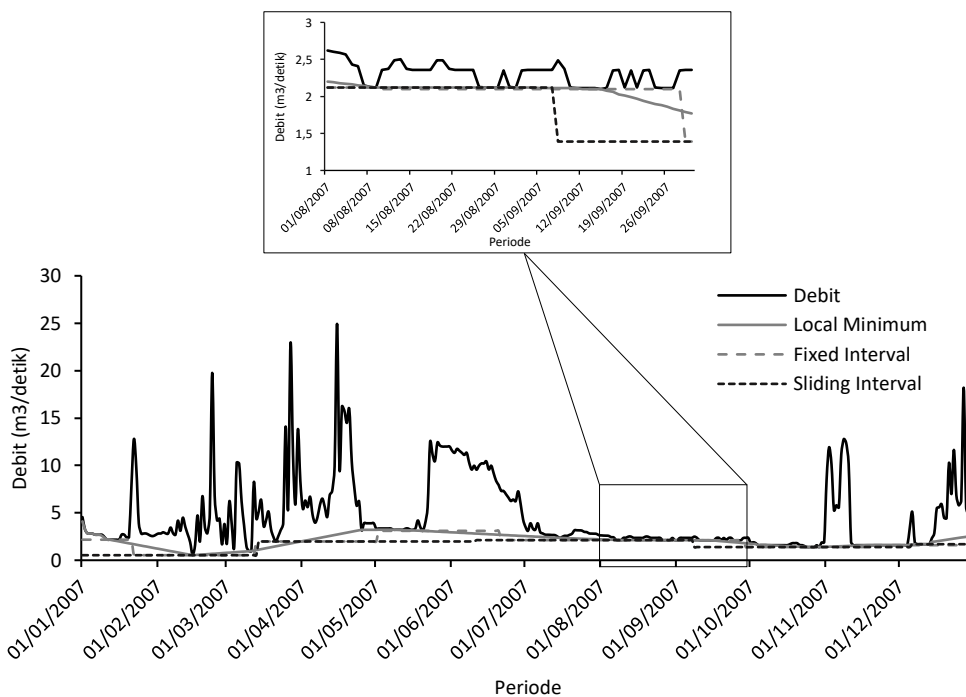
estimasi yang lebih stabil dan mencerminkan aliran dasar di DAS Setail. Algoritma LM menunjukkan konsistensi yang lebih baik di bandingkan algoritma lainnya terhadap nilai batas bawah debit (debit musim kemarau). Metode pemisahan aliran dasar yang efektif menghasilkan garis baseflow berhimpit

dengan debit terukur periode kemarau (Indarto & Herlinda, 2020). Gambar 8 dan 10 merupakan aliran dasar setelah kalibrasi yang menunjukkan grafik debit terukur bersamaan dengan grafik algoritma LM saling bersinggungan pada bulan Agustus dan September.



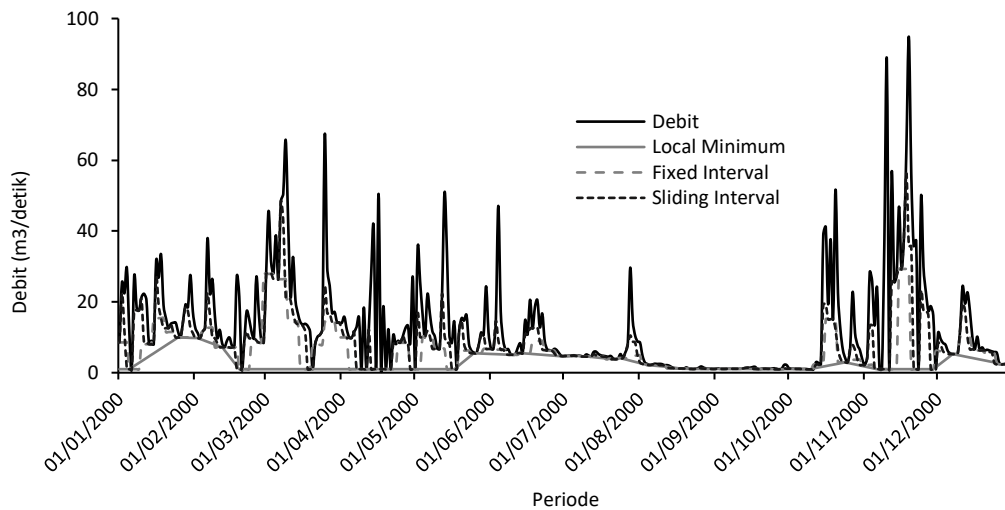
Gambar (Figure) 7. Hasil pemisahan aliran dasar awal di Jambewangi (*Initial baseflow separation results at Jambewangi*)

Sumber (Source): Pengolahan data 2025 (*Data analysis 2025*)



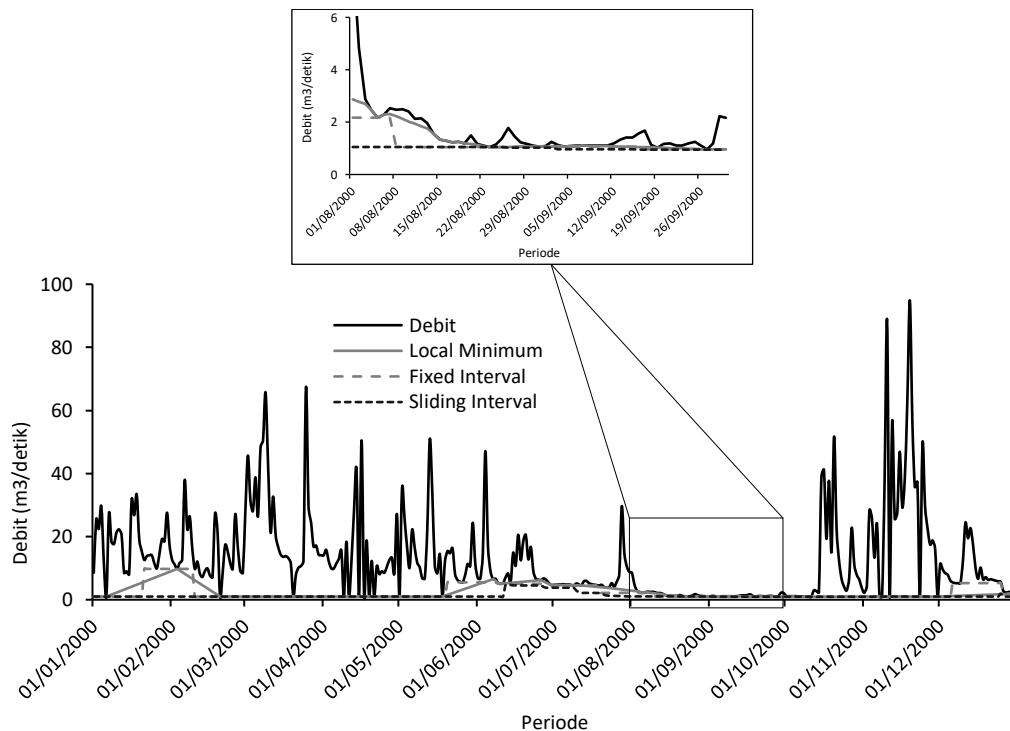
Gambar (Figure) 8. Hasil pemisahan aliran dasar setelah kalibrasi di Jambewangi (*Results of baseflow separation after calibration at Jambewangi*)

Sumber (Source): Pengolahan data 2025 (*Data analysis 2025*)



Gambar (Figure) 9. Hasil pemisahan aliran dasar awal di Kradenan (*Initial baseflow separation results at Kradenan*)

Sumber (Source): Pengolahan data 2025 (*Data analysis 2025*)



Gambar (Figure) 10. Hasil pemisahan aliran dasar setelah kalibrasi di Kradenan (*Results of baseflow separation after calibration at Kradenan*)

Sumber (Source): Pengolahan data 2025 (*Data analysis 2025*)

F. Baseflow Index (BFI)

Baseflow Index (BFI) merupakan laju rata-rata *baseflow* terhadap *streamflow*

dalam jangka waktu yang panjang (Zhao *et al.*, 2022). Nilai BFI dari tiga algoritma tahun 1996-2023 ditampilkan Tabel 9.

Tabel (Table) 9. Hasil perhitungan nilai BFI (*BFI calculation results*)

	<i>LM</i>		<i>FI</i>		<i>SI</i>	
	<i>JW</i>	<i>KD</i>	<i>JW</i>	<i>KD</i>	<i>JW</i>	<i>KD</i>
Min	0,65	0,05	0,47	0,05	0,41	0,05
Maks	1	1	1	1	1	1
Rerata	0,94	0,86	0,90	0,82	0,83	0,74

Sumber (*Source*): Pengolahan data 2025 (*Data analysis 2025*)

Keterangan (*Remarks*): *LM*= *Local Minimum*, *FI*= *Fixed Interval*, *SI*= *Sliding Interval*, *JW*= Jambewangi, *KD*=Kradenan

Estimasi nilai BFI akan menggambarkan ketersediaan air di DAS selama musim kemarau (Zhang *et al.*, 2020). Pada musim kemarau ketersediaan air sungai sebagian besar dipengaruhi oleh nilai *baseflow* (Helfer *et al.*, 2025). Tabel 9 menunjukkan algoritma LM memberikan nilai BFI paling baik dibandingkan dengan algoritma lainnya (Jambewangi = 0,94 dan Kradenan = 0,86) dengan rata-rata 0,9 yang menandakan bahwa 90% debit diperkirakan berasal dari aliran air tanah (*Groundwater*) dan aliran tunda (*Delayed Flow*) (Singh *et al.*, 2019). Selain itu, BFI dengan nilai 0,9 menunjukkan DAS yang permeabel (Tallaksen *et al.*, 2004). Nilai BFI yang tinggi menunjukkan bahwa DAS memiliki aliran yang cukup stabil dan dapat menyuplai air ke sungai selama musim kering. (Indarto & Herlinda, 2020).

IV. KESIMPULAN

Metode grafis algoritma *Local Minimum* (LM) memberikan kinerja terbaik dan dapat digunakan untuk memisahkan aliran dasar (*baseflow*) di DAS Setail berdasarkan uji R square yang tinggi (mendekati 1) dengan intensitas korelasi kuat sampai sangat kuat, nilai RMSE yang rendah (mendekati 0), serta kriteria NRMSE sangat baik (*Excellent*) pada Tahap kalibrasi maupun validasi di AWLR Jambewangi

(hulu) dan Kradenan (hilir). Nilai *baseflow Index* (BFI) juga menunjukkan bahwa DAS Setail memiliki sifat aliran yang cukup konstan dengan rata-rata nilai BFI jambewangi = 0,94 dan Kradenan = 0,86 serta mampu memberikan pasokan air sungai saat musim kering. Oleh karena itu, algoritma LM bisa diterapkan untuk mengevaluasi ketersediaan air di DAS Setail terutama untukantisipasi kekeringan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Pembiayaan penelitian ini melalui Hibah PPS-PTM DPPM Dikti Tahun 2025 an. INDARTO. Judul penelitian "Pemodelan Hidrologi dan Banjir di Kawasan DAS Setail Banyuwangi" dengan Surat Keputusan Nomor 072/C3/DT.05.00/PL/2025 dan Perjanjian / Kontrak Nomor 4596/UN25.3.1/LT/2025.

KONTRIBUSI

Kontribusi Tiap Penulis: Mohamad Wawan Sujarwo mengonsep isi draft artikel, literatur review dan menulis draft artikel. Gigik Nurbaskoro menyediakan data hidrologi, memfasilitasi mahasiswa S1 TEP untuk magang dan penelitian di Kantor BMKG Banyuwangi, serta menulis Draft artikel. Indarto mengarahkan, membimbing, finishing dan pembiayaan penelitian. Audia Chairani mengecek,

memformat dan mengolah data hidrologi menggunakan BFI+3, visualisasi grafik dan menulis draft skripsi. Diana Nurhayati membantu revisi dan perbaikan penulisan artikel.

DAFTAR PUSTAKA

- Abbas, S. A., Bailey, R. T., White, J. T., Arnold, J. G., White, M. J., ÄÄEerkasova, N., & Gao, J. (2024). A framework for parameter estimation, sensitivity analysis, and uncertainty analysis for holistic hydrologic modeling using SWAT+. *Hydrology and Earth System Sciences*, *28*(1), 21–48. <https://doi.org/10.5194/hess-28-21-2024>
- Arifki, I. R., & Erwanto, Z. (2023). Penentuan karakteristik hidraulik sungai detail berdasarkan angka reynold dan angka froude. *Journal of Applied Civil Engineering and Infrastructure Technology*, *4*(2), 01–10. <https://doi.org/10.52158/jaceit.v4i2.433>
- Cao, W., Li, Q., Xu, H., & Zhang, Z. (2024). Vegetation dynamics regulate baseflow seasonal patterns of the Chaohe watershed in North China. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, *53*(April). <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2024.101797>
- Chapman, T. (1999). A comparison of algorithms for streamflow recession and baseflow separation. *Hydrological Processes*, *13*(July 1998), 701–714. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1099-1085\(19990415\)13:5<701::AID-HYP774>3.0.CO;2-2](https://doi.org/10.1002/(SICI)1099-1085(19990415)13:5<701::AID-HYP774>3.0.CO;2-2)
- Chapman, T. G. G., & Maxwell, A. I. (1996). Baseflow separation - comparison of numerical methods with tracer experiments. *23rd Hydrology and Water Resources Symposium, May*, 539–545. <http://search.informit.com.au/documentSummary>
- Chen, H., Huang, S., Xu, Y. P., Teegavarapu, R. S. V., Guo, Y., Nie, H., & Xie, H. (2024). Using baseflow ensembles for hydrologic hysteresis characterization in humid basins of southeastern china. *Water Resources Research*, *60*(4). <https://doi.org/10.1029/2023WR036195>
- Chen, H., Li, Q., Wang, Q., Chai, X., & Wang, Y. (2024). Applying baseflow approach to the environmental flow needs of the Similkameen River Watershed in British Columbia, Canada. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, *57*(November 2024), 102137. <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2024.102137>
- Chen, H., & Teegavarapu, R. S. V. (2020). Comparative analysis of four baseflow separation methods in the South Atlantic-gulf region of the U. S. *Water (Switzerland)*, *12*(1). <https://doi.org/10.3390/w12010120>
- Cheng, S., Tong, X., & Illman, W. A. (2022). Evaluation of baseflow separation methods with real and synthetic streamflow data from a watershed. *Journal of Hydrology*, *613*, 128279. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2022.128279>
- Chowdhury, R. M., Ahn, J., Torlapati, J., & Jahan, K. (2025). Enhancing management of flood forecasting in Southern New Jersey: a HEC-HMS model development for Maurice River and Raccoon Creek Watersheds. *Applied Water Science*, *15*(9), 1–24. <https://doi.org/10.1007/s13201-025-02594-z>
- Cuadros, Q. N., Wei, Y., & Patil, R. J. (2025). Effects of hydrological and catchment biophysical factors on baseflow dynamics in two neighbouring micro-

- catchments of the andean ecosystems. *Hydrological Processes*, 39(7).
<https://doi.org/10.1002/hyp.70196>
- de Matos, E. O., Soares, T. M., Bezerra, U. H., Tostes, M. E. de L., Manito, A. R. A., & Costa, B. C. (2016). Using linear and non-parametric regression models to describe the contribution of non-linear loads on the voltage harmonic distortions in the electrical grid. *IET Generation, Transmission and Distribution*, 10(8), 1825–1832.
<https://doi.org/10.1049/iet-gtd.2015.0948>
- Duncan, H. P. (2019). Baseflow separation – a practical approach. *Journal of Hydrology*, 575(May), 308–313.
<https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2019.05.040>
- Eckhardt, K. (2005). How to construct recursive digital filters for baseflow separation. *Hydrological Processes*, 19(2), 507–515.
<https://doi.org/10.1002/hyp.5675>
- Gregor, M. (2010). User's manual: BFI+ 3.0. *HydroOffice Software Package for Water Sciences*, 21.
- Guo, Y., Zhang, Y., Zhang, T., Wang, K., Ding, J., & Gao, H. (2019). Surface runoff BT - observation and measurement of ecohydrological processes (X. Li & H. Vereecken, Eds.; pp. 241–306). *Springer Berlin Heidelberg*.
https://doi.org/10.1007/978-3-662-48297-1_8
- Helfer, F., Bernardi, F., Alessandra, C., Barros, P. De, Allasia, D. G., Minella, P. G., Tassi, R., & Scariot, N. (2025). Enhanced baseflow separation in rural catchments : event-specific calibration of recursive digital filters with tracer-derived data. *March*, 1–36.
- Hodson, T. O. (2022). Root-mean-square error (RMSE) or mean absolute error (MAE): when to use them or not. *Geoscientific Model Development*, 15(14), 5481–5487.
<https://doi.org/10.5194/gmd-15-5481-2022>
- Indarto, I. (2010). Hidrologi – dasar teori dan contoh aplikasi model hidrologi (ISBN: 978-979-010-579-9). Bumi Aksara.
- Indarto, I. (2016). *Hidrologi: Metode analisis dan tool untuk interpretasi hidrograf aliran sungai* (II, Issue October 2016). Bumi Aksara.
- Indarto, I., & Herlinda, N. D. (2020). Aplikasi metode pemisahan aliran dasar berbasis grafis digital: studi pendahuluan di wilayah DAS Brantas. *Jurnal Sumber Daya Air*, 16(1), 11–22.
<https://doi.org/10.32679/jsda.v16i1.487>
- Institute of Hydrology. (1980). Low Flow Studies (Issue January).
- Kang, T., & Lee, N. (2021). Case study on application of graphical method for baseflow separation. *Journal of Korea Water Resources Association*, 54(4), 217–227.
<https://doi.org/10.3741/JKWRA.2021.54.4.217>
- Kominfo Jatim. (2024). Antisipasi Kekeringan, Pemkab Banyuwangi Terus Distribusikan Air Bersih. Dinas Komunikasi Dan Informatika Provinsi Jawa Timur.
<https://kominfo.jatimprov.go.id/berita/antisipasi-kekeringan-pemkab-banyuwangi-terus-distribusikan-air-bersih>
- Lei, Y., Jiang, X., Geng, W., Zhang, J., Zhao, H., & Ren, L. (2021). The variation characteristics and influencing factors of base flow of the hexi inland rivers. *Atmosphere*, 12(3).

- <https://doi.org/10.3390/atmos12030356>
- Lyne, V. D., & Hollick, M. (1979). Hydrology and Water Resources Symposium: Vol. null (null, Ed.).
- Mai, J. (2023). Ten strategies towards successful calibration of environmental models. *Journal of Hydrology*, 620(PA), 129414. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2023.129414>
- Mandala, M., Indarto, I., Rodhi, N. N., Saputra, A. A., & Hakim, F. L. (2024). Land use and land cover change in East Java from 2015 to 2021 : Use optical imagery and Google Earth engine. 69–80. <https://doi.org/10.2478/envi-2024-0007>
- Mao, B., Wang, X., Jia, S., & Liu, Z. (2024). Multi-methods to investigate the baseflow: Insight from watershed scale spatiotemporal variety perspective. *Ecological Indicators*, 158(February 2023). <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2024.111573>
- Mei, Y., Wang, D., Zhu, J., Tang, G., Cai, C., Shen, X., Hong, Y., & Zhang, X. (2024). Optimal baseflow separation through chemical mass balance: comparing the usages of two tracers, two concentration estimation methods, and four baseflow filters. *Water Resources Research*, 60(7), 1–18. <https://doi.org/10.1029/2023WR036386>
- Narimani, R., Jun, C., Nezhad, S. M., Bateni, S. M., Lee, J., & Baik, J. (2023). The role of climate conditions and groundwater on baseflow separation in Urmia Lake Basin, Iran. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, 47(April), 101383. <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2023.101383>
- Nathan, R. J., & McMahon, T. A. (1990). Evaluation of automated techniques for base flow and recession analyses. *Water Resources Research*, 26(7), 1465–1473. <https://doi.org/10.1029/WR026i007p01465>
- Niedzielski, T., & Halicki, M. (2023). Improving linear interpolation of missing hydrological data by applying integrated autoregressive models. *Water Resources Management*, 37(14), 5707–5724. <https://doi.org/10.1007/s11269-023-03625-7>
- Nuryadi, N., & Agustiarini, S. (2018). Analisis rawan kekeringan lahan padi kabupaten Banyuwangi Jawa Timur. *Jurnal Meteorologi Klimatologi Dan Geofisika*, 5(2), 29–36. <https://doi.org/10.36754/jmkg.v5i2.56>
- Oktavia, S. R., Mantika, O. A., & Rugaiyah, R. (2021). Studi pemisahan aliran dasar metode local minimum method daerah aliran sungai Miu. *REKONSTRUKSI TADULAKO: Civil Engineering Journal on Research and Development*, 143–148. <https://doi.org/10.22487/renstra.v2i2.336>
- Pettyjohn, W. A., & Henning, R. J. (1979). *preliminary estimate of ground-water recharge rates related streamflow and water quality in Ohio*. <https://books.google.co.id/books?id=2iL4zwEACAAJ>
- Poernomo, I., Suripin, & Kodoatie, R. J. (2020). Annual baseflow estimation by combining hydrological models and graphic hydrograph methods. *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering*, 9(7), 426–434. <https://doi.org/10.35940/ijitee.g5129.059720>

- Qothrunada, D. T., & Risnayah, S. (2020). Tinjauan klimatologis kejadian hujan di musim kemarau pada dasarian I september 2020 Di Sulawesi Tenggara. *2(2)*, 38–40.
- Reis, A. A. dos, Weerts, A., Ramos, M. H., Wetterhall, F., & Fernandes, W. dos S. (2022). Hydrological data and modeling to combine and validate precipitation datasets relevant to hydrological applications. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, *44*, 101200. <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2022.101200>
- Sari, Y. A. (2023). Pemetaan sebaran daerah rawan kekeringan menggunakan citra landsat 8 Oli/Tirs Di Kabupaten Banyuwangi. *Jurnal Pendidikan Geografi Undiksha*, *10(3)*, 233–242. <https://doi.org/10.23887/jjpg.v10i3.44750>
- Singh, S. K., Pahlow, M., Booker, D. J., Shankar, U., & Chamorro, A. (2019). Towards baseflow index characterisation at national scale in New Zealand. *Journal of Hydrology*, *568*, 646–657. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2018.11.025>
- Sloto, R. a., & Crouse, M. Y. (1996). Hysep: a computer program for streamflow hydrograph separation and analysis. *U.S. Geological Survey Water-Resources Investigations Report 96-4040*, 54.
- Tallaksen, L.; Lanen, H. A. J. van. (2004). Hydrological drought. Processes and estimation methods for streamflow and groundwater. Elsevier (Developments in water science).
- Wang, S., Li, J., & Russell, H. A. J. (2021). A novel method for cold-region streamflow hydrograph separation using GRACE satellite observations. *Hydrology and Earth System Sciences*, *25(5)*, 2649–2662. <https://doi.org/10.5194/hess-25-2649-2021>
- Xie, J., Liu, X., Wang, K., Yang, T., Liang, K., & Liu, C. (2020). Evaluation of typical methods for baseflow separation in the contiguous United States. *Journal of Hydrology*, *583*(December 2019), 124628. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2020.124628>
- Xie, W., Zeng, X., Gui, D., Wu, J., & Wang, D. (2020). Modeling the snowmelt runoff process of the tizinafu river basin, northwest china, with gldas data and bayesian uncertainty analysis. *Journal of Hydrometeorology*, *22(1)*, 169–182. <https://doi.org/10.1175/JHM-D-20-0162.1>
- Yang, Q., Li, Z., Han, Y., & Gao, H. (2020). Responses of baseflow to ecological construction and climate change in different geomorphological. *Water*, *12(1)*, 1–15. file:///D:/Data D/Semester 7/Skripsi/dapus pendahuluan/water-12-00304.pdf
- Zhang, J., Zhang, Y., Song, J., Cheng, L., Kumar Paul, P., Gan, R., Shi, X., Luo, Z., & Zhao, P. (2020). Large-scale baseflow index prediction using hydrological modelling, linear and multilevel regression approaches. *Journal of Hydrology*, *585*(August 2019), 124780. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2020.124780>
- Zhao, G., Kong, L., Li, Y., Xu, Y., & Li, Z. (2022). Investigating historical baseflow characteristics and variations in the Upper Yellow River Basin, China. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *19(15)*. <https://doi.org/10.3390/ijerph19159267>