

Studi Pemisahan Aliran Dasar Metode *Local Minimum Method* Daerah Aliran Sungai Miu.

S.R. Oktavia^{a*}, O.A. Mantika^a dan Rugaiyah^a

^aJurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Tadulako, Palu, Indonesia, 94112

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

Received: 12 August 2021; revised: 23 August 2021; accepted: 27 August 2021

Abstract: The two main elements of a river flow hydrograph are direct runoff and baseflow. Base flow is a flow that comes from groundwater and it is available during the rainy and dry seasons. Information of baseflow value of a watershed has an important meaning in efforts to develop and manage water resources, including the provision of clean water, irrigation systems, flood management and others. Miu watershed located in Sigi Regency often experiences natural disasters such as floods and droughts that occur almost every year, which is the research location with an area of 65,452.01 Ha. This study aims to determine the value of baseflow using the Local Minimum Method and to find out whether this method can be used for baseflow modeling in research watersheds. This study was conducted using Hydro Office software with input data in the form of daily discharge data from 2004 to 2013. The average baseflow value obtained was 5.43 m³/s. The process of calibrating the baseflow value by taking flow data in the dry season where there is no rainfall input. It is obtained that BFI have value an average of 0.89. This value indicates that the Miu watershed has high storage permeability characteristics. The Miu watershed has quite stable flow during dry periods, because the greater the BFI value, the better the water supply in a watershed. In the statistical test, the observed discharge is the discharge data from the measurement results for the period 2004-2013, while the calculated discharge is the result of the estimated base flow value obtained using the graphical method. From the results of the statistical test of RMSE and R², the RMSE value was 0.147 and the R² value was 0.751. Both statistical tests show that the local minimum method has a fairly good performance in modeling the base flow in the Miu watershed.

Keywords: baseflow, Miu watershed, *digital graphical method*, *local minimum method*.

Abstrak: Dua unsur pokok penyusun hidrograf aliran di sungai adalah limpasan langsung dan aliran dasar (*baseflow*). Aliran dasar merupakan aliran yang berasal dari air tanah dan tersedia pada musim hujan dan musim kemarau. Pengetahuan mengenai perkiraan nilai *baseflow* suatu DAS memiliki arti penting dalam upaya pengembangan dan pengelolaan sumber daya air, diantaranya penyediaan air bersih, sistem irigasi, pengelolaan banjir dan lain-lain. DAS Miu yang terletak di Kabupaten Sigi sering mengalami bencana alam berupa banjir dan kekeringan yang terjadi hampir setiap tahun, yang merupakan lokasi penelitian dengan luas 65.452,01 Ha. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai aliran dasar dengan menggunakan *Local Minimum Method* serta mengetahui apakah metode ini dapat digunakan untuk pemodelan *baseflow* pada DAS penelitian. Studi ini dilakukan menggunakan perangkat lunak *Hydro Office* dengan *input* data berupa data debit harian Tahun 2004 sampai dengan Tahun 2013. Nilai *baseflow* yang didapatkan rata-rata 5,43 m³/s. Proses kalibrasi nilai *baseflow* dengan mengambil data aliran pada musim kemarau dimana tidak terdapat *input* curah hujan. Nilai BFI yang didapatkan rata-rata 0,89. Nilai ini menunjukkan bahwa DAS Miu memiliki karakteristik permeabilitas *storage* yang tinggi, dimana dapat dikatakan DAS Miu cukup stabil dan mampu mempertahankan aliran selama periode kering, karena semakin besar nilai BFI maka akan semakin baik persediaan air pada suatu DAS. Pada uji statistik debit terukur merupakan data debit hasil pengukuran periode 2004-2013, sedangkan debit terhitung merupakan hasil perkiraan nilai aliran dasar yang diperoleh dengan menggunakan metode grafis. Dari hasil uji Statistik RMSE dan R² didapatkan nilai RMSE 0,147 dan nilai R² 0,751. Kedua uji statistik menunjukkan bahwa metode *local minimum* memiliki performa yang cukup baik dalam memodelkan aliran dasar pada DAS Miu.

Kata kunci: *baseflow*, DAS Miu, *metode grafis digital*, *local minimum method*.

1. Pendahuluan

Hidrograf aliran merupakan gambaran tanggapan dari suatu DAS terhadap masukan tertentu terhadap DAS, yang dapat berubah berdasarkan besaran dan waktu dari masukan tersebut [1]. Dua unsur pokok penyusun hidrograf aliran di sungai adalah limpasan langsung dan aliran dasar (*baseflow*) [2]. *Baseflow* adalah komponen aliran di sungai yang bukan berasal langsung dari peristiwa hujan namun dianggap sebagai aliran air tanah yang mengalir ke sungai selama periode kemarau [3]. *Baseflow* menjadi salah satu hal terpenting dalam studi *low flow hydrology* terutama berkaitan dengan karakteristik DAS. Lebih lanjut, karakteristik *baseflow* pada suatu DAS perlu diketahui

untuk beberapa kepentingan yaitu untuk pengembangan strategi manajemen air khususnya pada kondisi kekeringan, estimasi besar kecilnya suplai air, manajemen salinitas, kualitas air dan *bloom* alga [4]. *Base flow* merupakan komponen yang mempengaruhi ketersediaan air sungai terutama pada musim kemarau. Berkaitan dengan pentingnya nilai *baseflow* tersebut, hingga saat ini telah banyak dikembangkan metode-metode yang berkaitan dengan pemisahan aliran permukaan dan aliran dasar. Pada prinsipnya, aliran dasar (*Baseflow*) dan aliran cepat (*Quick flow*) tidak dapat dibedakan dari data debit yang terukur di sungai, karena debit terukur di sungai merupakan gabungan dari kedua komponen tersebut. Pada saat musim kemarau, relatif tidak ada hujan yang jatuh,

tetapi pada kebanyakan sungai di Jawa Timur masih ada debit air yang mengalir. Aliran ini berasal dari air hujan yang masuk ke dalam tanah menjadi cadangan air tanah dan kemudian akan bergabung dengan aliran sungai [5].

Metode grafis digital merupakan salah satu metode yang cukup mudah dalam penerapan pengoperasiannya. Metode pemisahan aliran dasar secara grafis dikembangkan oleh Sloto dan Crouse, dengan memberikan contoh tiga metode pemisahan aliran dasar yaitu: Metode Interval Tetap (*Fixed Interval Method*), Metode Interval Bergerak (*Sliding Interval Method*) dan Metode Lokal Minimum (*Local Minimum Method*) [6].

Metode pemisahan grafis membagi hidrograf menjadi dua komponen (aliran cepat dan aliran dasar) melalui garis yang menghubungkan antara debit terendah pada sebelum sisi naik dan sesudah sisi turun hidrograf. Garis yang menghubungkan kedua titik tersebut didefinisikan sebagai aliran dasar (*baseflow*) [7].

Untuk kepentingan analisis, nilai *baseflow* kemudian dinyatakan dalam *Baseflow Index (BFI)*. *Baseflow Index* adalah perbandingan antara aliran dasar dengan debit aliran total di sungai selama debit kecil (*low flow*). BFI dihitung dari hidrograf debit aliran harian di sungai yang didahului dengan analisis pemisahan aliran dasar. *Baseflow index* banyak digunakan pada DAS-DAS yang tidak terukur (DAS yang tidak dilengkapi dengan instrumen/stasiun hidrologi) atau *ungauged basin* sebagai indikator *low flow* [8–9].

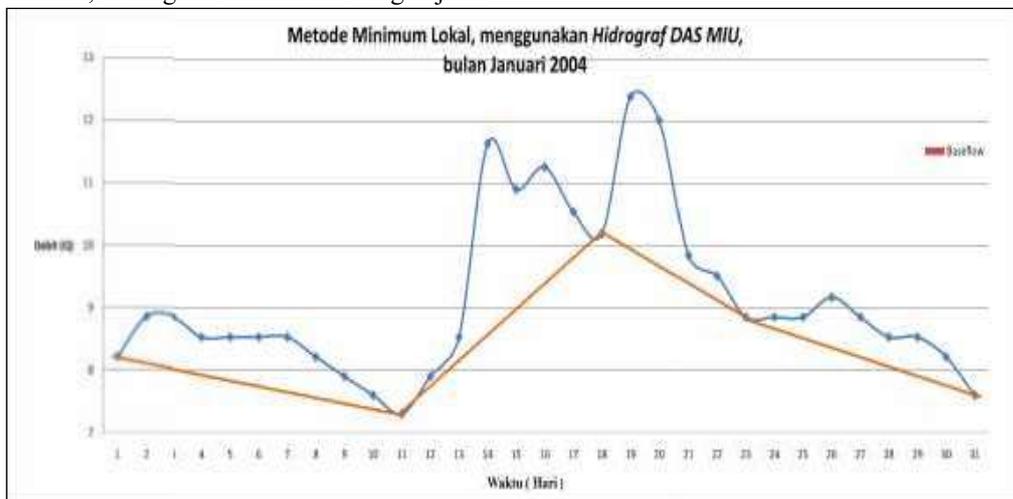
DAS dengan aliran jenis *effluent stream*, yaitu DAS dengan kontribusi *baseflow* tinggi kemungkinan memiliki nilai BFI mendekati 1, sedangkan untuk DAS dengan jenis

aliran ephemeral stream atau influent stream akan memiliki nilai BFI mendekati 0 [10–11].

Saat ini telah banyak dikembangkan instrument-instrumen yang menerapkan metode pemisahan aliran dasar. Salah satu *software* yang dikembangkan adalah *HydroOffice BFI 3.0+* [12]. Hasil-hasil penelitian yang menerapkan metode pemisahan aliran dasar dengan menggunakan perangkat lunak *HydroOffice BFI 3.0* diantaranya: Indarto, dkk., melakukan penelitian pemisahan aliran dasar pada DAS-DAS di Provinsi Jawa Timur [11]. Windatiningsih dan Harlan (2019) melakukan uji validasi data debit untuk deteksi penyimpangan data debit DAS Citarum Hulu [13] dan Wahyuningsih, dkk (2018) melakukan pengujian 9 Algoritma untuk melakukan pemisahan aliran dasar pada lokasi penelitian di wilayah UPT PSDA di Madiun [14].

Prinsip Kerja *Local Minimum Method* adalah sebagai berikut [6]:

- 1) Metode minimum (*Local Minimum Method*) mengevaluasi debit setiap harinya untuk menentukan apakah hari tersebut termasuk debit terendah atau tidak pada interval yang dimaksud menggunakan rumus $[0,5 (2N^* - 1)\text{hari}]$. N merupakan jumlah hari setelah limpasan permukaan berhenti.
- 2) Nilai N didapatkan secara empiris dari rumus $N = A^{0,2}$ dimana A adalah luas DAS dengan satuan mil^2 .
- 3) Selanjutnya ditentukan nilai f (*turning point*) dan debit terendah pada setiap interval dihubungkan dengan garis lurus untuk menentukan *baseflow*, seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. *Local Minimum Method*

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai aliran dasar dengan menggunakan *Local Minimum Method* serta untuk mengetahui apakah metode ini dapat digunakan untuk pemodelan *baseflow* pada DAS penelitian. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan gambaran awal tentang kondisi aliran dasar pada DAS Miu.

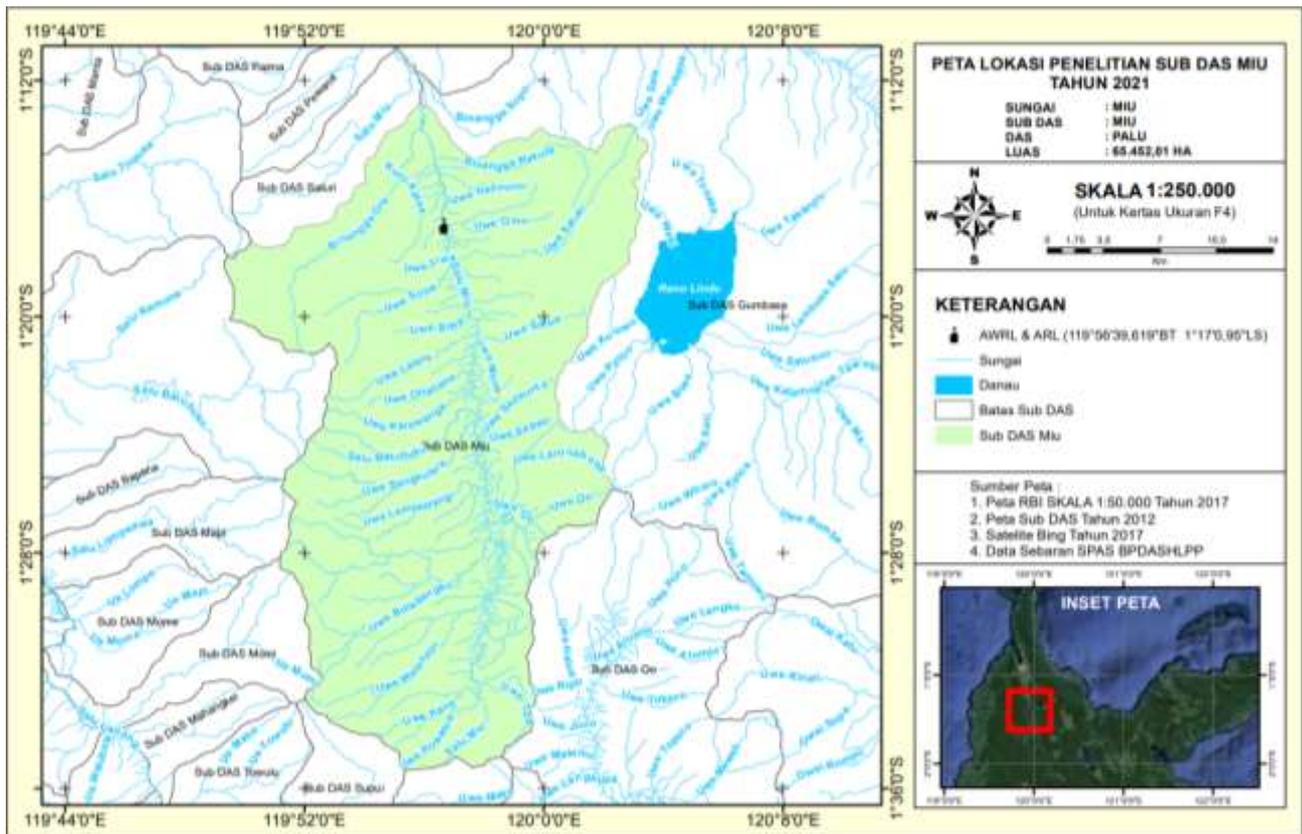
2. Metode Penelitian

2.1. Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan di DAS Miu dengan lokasi pengukuran debit pada SPAS Miu (Desa Omu) yang

terletak Kabupaten Sigi Provinsi Sulawesi Tengah (Gambar 2). DAS Miu merupakan salah satu subDAS pada DAS Palu, dengan luas daerah pengaliran kurang lebih 65.452 Ha. Sungai Miu merupakan Sungai Utama pada DAS Miu termasuk dalam Wilayah Sungai Palu – Lariang, secara geografis terletak di $01^{\circ} 18' 08.8''$ LS dan $119^{\circ} 56' 50.07''$ BT. DAS Miu merupakan daerah hulu yang memiliki topografi pegunungan dengan kemiringan rata-rata 30° . Das Miu memiliki karakteristik yang sangat spesifik, karena termasuk jenis sungai dengan beda tinggi hulu dan

hilir Sungai Miu adalah ± 800 meter dalam kisaran jarak yang hanya 50 km.



Gambar 2. Peta lokasi penelitian

2.2. Data

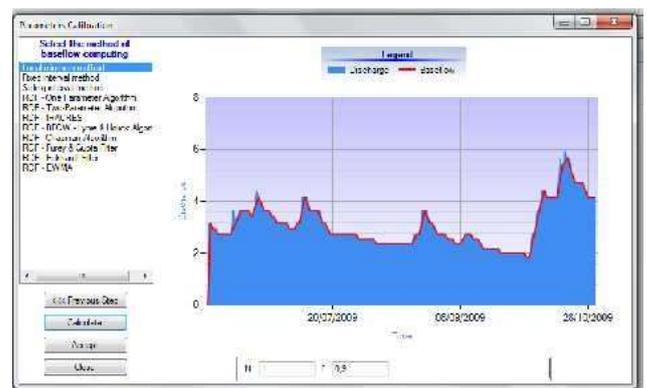
Bahan penelitian yang digunakan pada penelitian meliputi peta digital DAS Miu, data hujan harian dan data debit harian yang bersumber dari Kementerian Kehutanan RI BPDAS Palu-Poso. Pasangan data hujan dan data debit yang digunakan mulai Tahun 2004 – 2013. Data tersebut digunakan karena pada tahun-tahun tersebut data dianggap lengkap sehingga tidak memerlukan analisis awal untuk melengkapi seri data yang hilang. Penelitian ini menggunakan software *BFI 3+* dari *HydroOffice* untuk memisahkan aliran dasar dari seri data debit yang ada.

2.3. Metode dan Tahapan Penelitian

Penelitian ini diawali dengan pengamatan dan penyeleksian debit harian yang kontinyu di masing-masing tahun, serta data hujan untuk menentukan periode musim kering/kemarau sebagai dasar waktu untuk melakukan kalibrasi pada model pemisahan aliran dasar yang digunakan. Pada tahap penelitian ini proses kalibrasi akan jatuh pada bulan-bulan dimana hujan sangat minim atau mendekati 0, sehingga diasumsikan hujan yang terjadi dan yang jatuh ke atas permukaan tanah tidak menghasilkan *runoff*, debit total (debit terukur) di sungai dianggap seluruhnya berasal dari *baseflow*.

Kalibrasi adalah proses untuk menentukan parameter dalam pengujian metode yang digunakan. Proses kalibrasi dilakukan selama periode bulan Juni dan Oktober dengan menggunakan tool “parameter calibration” pada software

BFI 3.0+. Proses kalibrasi dilakukan dengan memasukan nilai parameter secara manual sampai dengan menghasilkan nilai aliran dasar yang sesuai untuk tiap tahunnya. Penentuan nilai parameter jika grafik garis (merah) pada musim kemarau (periode tidak ada hujan) berimpit dengan grafik luasan (biru). Hal ini dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Proses Kalibrasi Paramater DAS Miu

Nilai parameter optimal untuk periode kalibrasi ditentukan dari nilai rata-rata parameter yang di dapat pada tiap-tiap tahun. Pemisahan aliran dasar Metode Lokal minimum menggunakan parameter N dan f.

Tahap selanjutnya adalah validasi nilai Parameter Optimal (nilai N dan f rerata) yang di peroleh dari tahap

kalibrasi yang kemudian digunakan untuk pemisahan aliran dasar untuk Tahun 2004 – 2013.

Tahap akhir adalah evaluasi kinerja model dengan melakukan pengujian statistik menggunakan Metode RMSE dan Koefisien Determinasi.

- a) *Root Mean Square Error (RMSE)* digunakan untuk mengetahui kesalahan yang dihasilkan pada saat pemodelan. *RMSE* merupakan ratio antara debit terukur dan debit terhitung. Persamaan *RMSE* dinyatakan dengan:

$$RMSE = \frac{\sqrt{\sum(Q_m - Q_0)^2}}{n} \quad (1)$$

dimana:

- Q_m = debit total (m³/det)
- Q_0 = debit terhitung (m³/det)
- n = jumlah sampel

- b) Koefisien Determinasi (R^2) diperoleh dari scatter-plot antara debit terukur dan terhitung pada rentang waktu yang sama antara dengan perhitungan *RMSE*.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Parameter Hasil Kalibrasi

Range nilai parameter dan parameter rerata dari hasil kalibrasi yang dilakukan diuji melalui *trial and error* pada tiap tahunnya ditunjukkan pada Tabel 1. Nilai dari rentang parameter tersebut mencakup semua rentang nilai mulai dari terkecil sampai terbesar yang diuji cobakan pada DAS Miu. Untuk Validasi data digunakan data bulan November – Mei.

Tabel 1. Rekapitulasi uji statistik data hujan

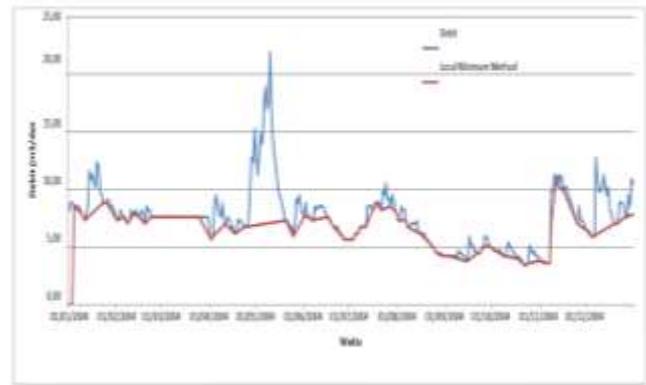
Metode	Parameter	
	N (waktu)	f (turning point)
Lokal Minimum	2 - 4	0,8 – 0,9
Rata-rata	3	0,9

3.2. Hidrograf dan Hasil Pemisahan Aliran Dasar

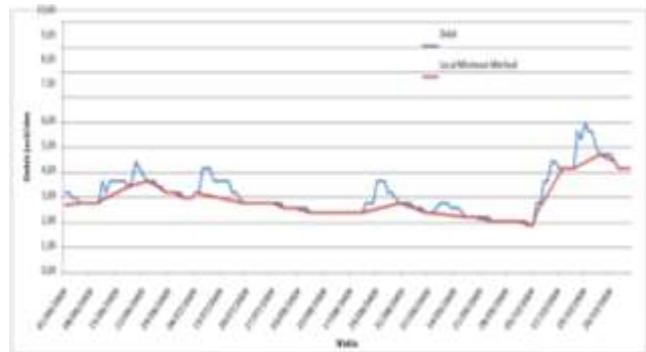
Visualisasi pemisahan aliran dasar menampilkan periode semua tahun dan periode kemarau. Nilai parameter yang digunakan untuk pemisahan aliran dasar metode grafis yaitu dengan menggunakan nilai parameter optimal (rerata) yang didapatkan pada saat periode kalibrasi. Nilai parameter optimal yang didapatkan ketika periode kalibrasi ialah, $N = 3$ dan $f = 0,9$ untuk *Local Minimum Method*.

Gambar 4 memperlihatkan besarnya nilai debit pada bulan Januari – Desember 2004 mengalami naik turun. Namun, pada pertengahan bulan mei terlihat kenaikan debit yang cukup besar. Kenaikan debit ditandai dengan adanya intensitas hujan yang cukup tinggi pada saat itu.

Gambar 5 menunjukkan pemisahan aliran dasar periode musim kemarau Bulan Juni – Oktober, terlihat bahwa pada periode tersebut terutama di Bulan Juli - Agustus hidrograf aliran dasar berimpit dengan hidrograf debit terukur di sungai. Metode yang memiliki kinerja yang baik dalam pemisahan aliran dasar akan menghasilkan baseflow yang hamper sama dengan debit terukur saat musim kemarau [15].



Gambar 4. Hasil pemisahan aliran dasar pada DAS Miu periode 01 Januari 2004 – 31 Desember 2004



Gambar 5. Hasil pemisahan aliran dasar pada DAS Miu periode Kemarau Juni - Oktober tahun 2009.

Metode Minimum Lokal juga merespon besar hujan yang jatuh pada DAS yang berpengaruh positif terhadap infiltrasi dan meningkatnya aliran air tanah (*groundwater*) sehingga memasuki musim penghujan aliran dasar terlihat relatif tinggi.

Tabel 2. Perbandingan Nilai Baseflow dan Debit Terukur DAS Miu

Metode	Debit Terukur (m ³ /s)			Baseflow (m ³ /s)		
	Min	Rata-rata	Max	Min	Rata-rata	Max
Lokal Minimum	0,48	6,23	21,89	0,48	5,43	12,0
						2

Tabel 2 menunjukkan baseflow dan besarnya debit di wilayah DAS Miu periode tahun 2004 – 2013. Tabel tersebut membandingkan nilai minimum, rerata, dan maximum hasil penelitian. Dari tabel menunjukkan nilai rata-rata *baseflow* hasil pemodelan hampir sama dengan nilai rata-rata debit terukur di sepanjang tahun data penelitian. Sehingga Metode Lokal Minimum dapat dikatakan cukup baik dalam memodelkan baseflow pada DAS Miu.

Baseflow Index didapatkan dari perbandingan antara volume aliran dasar dengan volume total aliran. Hasil analisis memperlihatkan bahwa besarnya nilai rerata BFI pada DAS Miu Tahun 2004 – 2013 sebesar 0,89, sedangkan nilai maksimum dan minimum berturut-turut sebesar 1 dan 0,15. Ketersediaan air sungai pada musim kemarau dipengaruhi oleh besarnya nilai baseflow index. Menurut Tallaksen & Van Lannen (2004) [9], mengatakan bahwa

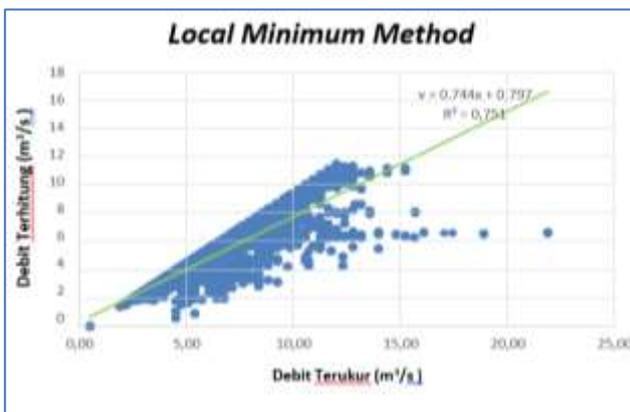
nilai baseflow index yang berkisar 0,9 menunjukkan DAS yang permeable. Nilai baseflow index yang tinggi menggambarkan DAS yang memiliki jenis aliran relatif stabil dan DAS tersebut mampu memberikan suplai air ke sungai meskipun pada musim kemarau. Nilai baseflow index yang rendah (antara 0,15 sampai 0,2) menunjukkan DAS yang relatif kedap dengan debit aliran yang cepat menghilang [15]. Berdasarkan hasil penelitian dapat dikatakan bahwa DAS Miu memiliki karakteristik *storage* tinggi serta memiliki aliran jenis *effluent stream*. Hal ini menunjukkan bahwa DAS Miu tersebut dapat mempertahankan aliran sungai pada musim kemarau.

3.3. Pengujian Statistik

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah metode yang digunakan memiliki kinerja lebih baik pada pemodelan yang dilakukan di DAS Miu. *Root Mean Square Error (RMSE)* merupakan uji kinerja untuk menganalisis tingkat kesalahan antara debit terukur dan terhitung, sedangkan R^2 untuk mengetahui korelasi antara debit terhitung dan debit terukur. Tabel 3 menampilkan nilai *RMSE* dan R^2 dari metode grafis Lokal Minimum pada DAS Miu, uji statistik *RMSE* menggunakan parameter optimal yang dihasilkan pada periode kalibrasi. Berdasarkan hasil dari nilai *RMSE*, metode yang memiliki kinerja lebih baik, yaitu yang menghasilkan nilai *RMSE* mendekati 0 (nol) [16]. Korelasi antara debit terhitung dan debit terukur ditampilkan dalam bentuk *scatter plot*. Gambar 6 menunjukkan garis linear yang ada di titik – titik penyebaran data. Titik – titik penyebaran yang semakin mendekati garis linear menunjukkan bahwa tingkat kebenaran antara debit terukur dan debit terhitung tidak terlalu menyimpang. Dari pengujian statistik Metode Minimum Lokal dapat dikatakan memiliki kinerja yang baik dalam memisahkan aliran dasar dari total aliran pada DAS Miu

Tabel 3. Nilai *RMSE* dan R^2 DAS Miu.

Metode	<i>RMSE</i>	R^2
Lokal Minimum	0,147	0,751



Gambar 6. Grafik hubungan antara debit terukur dan terhitung

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian rentang nilai *baseflow Local minimum method* adalah 0,48 – 12,02 m³/det dengan

rata – rata 5,43 m³/det dengan nilai parameter kalibrasi $N = 3$ dan f sebesar 0,9. Nilai BFI yang didapatkan pada DAS Miu Tahun 2004 – 2013 rerata 0,89, sedangkan nilai maksimum dan minimum berturut-turut sebesar 1 dan 0,15. Hal ini menunjukkan bahwa DAS Miu tersebut dapat mempertahankan aliran sungai pada musim kemarau. Berdasarkan kriteria *RMSE* dan R^2 , Metode Lokal Minimum pada dasarnya bisa dipakai untuk memisahkan aliran dasar dengan debit terukur, dikarenakan nilai *RMSE* yang didapatkan mendekati 0 (nol) yaitu 0,147 serta memiliki nilai R^2 sebesar 0,751.

Daftar Pustaka

- [1] S. Harto, *Hidrologi: Teori, Masalah, Penyelesaian*, Yogyakarta: Nafiri Offset, 2009.
- [2] R.S. Brodie and S. Hostetler, *A Review of Techniques for Analysis Baseflow from Stream Hydrograph*, http://data.daff.gov.au/brs/brsShop/data/iah05_baseflow_final.pdf (diakses tanggal 20 September 2020).
- [3] K. Frochlich, W. Frochlich, and H. Wittenberg, “Determination of Groundwater Recharge by Baseflow Separation; Regional Analysis in Northeast China”, *IAHS Publication*, vol. 221, p. 69, 1994.
- [4] C. Santhi, P.M Allen, R.S. Muttiah, J.G. Arnold, and P. Tuppad, “Regional Estimation of Baseflow for the Conterminous United States by Hydrologic Landscape Regions”, *Journal of Hydrology*, vol. 351, p. 139, 2008
- [5] Indarto, *Hidrologi – Dasar Teori Dan Contoh Aplikasi Model Hidrologi*, Jakarta: PT Bumi Aksara, 2010.
- [6] R.A. Sloto and M.Y. Crouse, *HYSEP: A Computer Program for Streamflow Hydrograph Separation and Analysis*, Pennsylvania: U.S. Geological Survey, 1996.
- [7] I. Indarto, A. Ratnaningsih, and S. Wahyuningsih, “Calibration of Six Recursive Digital Filters for Baseflow Separation in East Java”, *ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences*, vol. 12, no.10, p. 3772, 2017.
- [8] Institute of Hydrology, *Low Flow Studies: Research Report*, United Kingdom: Crownarsh Gifford Wallingford, 1980.
- [9] L.M. Tallaksen and H.A.J. van Lanen, *Hydrological Drought – Processes and Estimation Methods for Streamflow and Groundwater*, Amsterdam: Elsevier, 2004.
- [10] H.M. Raghunath, *Hydrology (Principles, Analysis Design) 2nd Edition*, New Delhi: New Age International (P) Ltd., 2006.
- [11] V.U. Smakhtin, “Low Flow Hydrology: A Review”, *Journal of Hydrology*, vol. 240, no. 3-4, p. 147, 2001.

- [12] M. Gregor, *Hydrooffice User Manual version 2015*, <http://hydrooffice.org>, (diakses tanggal 20 September 2020).
- [13] D. Windatiningsih and D. Harlan, "Uji Validasi Data Debit untuk Deteksi Penyimpangan, Data Studi Kasus: DAS Citarum Hulu", *Jurnal Sumber Daya Air*, vol. 15, no. 2, p. 121, 2019.
- [14] S. Wahyuningsih, I. Indarto, and Y.T. Galih, "Pengujian 9 Algoritma Untuk Pemisahan Aliran Dasar: Studi Di Wilayah UPT PSDA di Madiun", *Jurnal Teknik Sipil*, vol. 25, no. 2, p. 129, 2018.
- [15] I. Indarto, E. Novita, and S. Wahyuningsih, "Preliminary Study on Baseflow Separation at Watersheds in East Java Regions", *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, vol. 9, p. 538, 2016.
- [16] I. Indarto and N.D. Herlinda, "Aplikasi Metode Pemisahan Aliran Dasar Berbasis Grafis Digital: Studi Pendahuluan di Wilayah DAS Brantas", *Jurnal Sumber Daya Air*, vol. 16, no.1, p. 11, 2019.