

TEKNOLOGI PERTANIAN

Studi Pemisahan *Baseflow* menggunakan Metode Grafis dan Metode *Recursive Digital Filter* (RDF) di Wilayah UPT PSDA Lumajang

Baseflow Separation Study Using Graphics and Recursive Digital Filter (RDF) Methods in UPT PSDA Lumajang (Eastern part of East Java)

Wulandari¹⁾, Indarto, Elida Novita.

Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember,
Jl. Kalimantan no. 37 Kampus Tegalboto, Jember, 68121

¹⁾E-mail: wulandaris.tp@gmail.com

ABSTRACT

Technique baseflow separation can be performed by graphics and Recursive Digital Filter (RDF) methods. This research was conducted in to estimate the baseflow contribution at seven watersheds in administratif UPT PSDA Lumajang – Eastern part of East Java. Two graphical methods of baseflow separation (Local Minimum Method dan Fixed Interval Method) and Eckhardt filter were compared to separated baseflow from total flow. Eckhardt filter of the Recursive Digital Filter (RDF) method of baseflow separation. Methodology consist of : (1) data inventoring (2) data processing, (3) calibrating and validating, and (4) models performances evaluating. Daily discharge were used as main input for the analysis 1996-2005. Furthermore, each algorithm was calibrate using daily discharge data for each year. The mean values of parameters obtained used to separate baseflow for whole period of record. RMSE, R Squared and FDC used to evaluate the model performance during dry periode (Juli to September – with assumption that there was no rainfall occurred in this period). Calibration was conducted on each watershed with the same technique. Validation was conducted using parameter values obtained from watershed having more complete data (Rawatantu watershed) to others watersheds. The results showed that Local Minimum Method perform better then others algorithms.

Keywords: discharge, method, baseflow

PENDAHULUAN

Daerah Aliran Sungai (DAS) adalah kawasan yang di batasi oleh pemisah topografis yang menampung, menyimpan dan mengalirkan air hujan yang jatuh dan masuk ke dalam aliran sungai. Aliran Sungai mempunyai kecepatan aliran persatuan waktu yang biasa disebut dengan debit. Aliran Sungai terdiri dari aliran dasar, aliran permukaan, aliran air bawah permukaan, aliran air bawah tanah dan butir-butir hujan yang langsung jatuh ke dalam aliran sungai (Arsyad, 1989 : 44).

Aliran dasar (*baseflow*) adalah aliran sungai yang berasal dari aliran bawah tanah (groundwater). Nilai aliran dasar (*baseflow*) dari suatu DAS ditentukan dengan teknik pemisahan *baseflow* dari hidrograf debit aliran. Terdapat berbagai cara yang bisa digunakan dalam pemisahan *baseflow* salah satunya dengan *metode recursive digital filter* (Smakhtin 2001).

Data yang dipergunakan berupa data debit dan luas daerah aliran sungai. Data di olah dengan menggunakan *software HydroOffice* berguna untuk pemisahan *baseflow*. Metode pemisahan *baseflow* yang dipergunakan yaitu metode grafis menggunakan metode *Local Minimum Method* dan metode *Fixed Interval Method* sedangkan pemisahan *baseflow* pada metode RDF menggunakan *Eckhardt Filter*. Dari ketiga metode tersebut dibandingkan nilai *baseflow* yang dihasilkan sehingga dapat dipilih metode dengan kinerja terbaik.

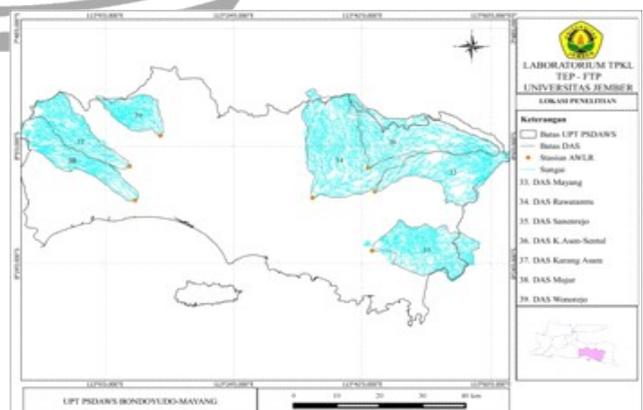
Penelitian ini menggunakan data wilayah administratif UPT PSDA Lumajang, terdiri dari beberapa DAS yaitu DAS Rawatantu, DAS Mayang, DAS Wonorejo, DAS Karang Asam, DAS Mujur, DAS K. Asen Sentul dan DAS Sanenrejo. Tujuan penelitian ini untuk memperkiraan besarnya aliran dasar menggunakan 2 metode grafis, yaitu: (1) *Fixed Interval Method*, (2) *Local Minimum Method* dan 1 metode RDF, yaitu: *Eckhardt*

Filter. Ketiga metode menggunakan data debit untuk mengetahui keadaan aliran sungai di sebuah DAS.

METODOLOGI PENELITIAN

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan Februari–Desember 2014. Penelitian menggunakan data wilayah UPT PSDA Lumajang. Penentuan lokasi ini berdasarkan pertimbangan penentuan lokasi ini berdasarkan kelengkapan data, diantaranya: data debit, data hujan, layout peta stasiun hujan, layout peta jaringan sungai dan layout peruntukan lahan.



Gambar 1. Lokasi Penelitian

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah data debit aliran sungai dan data hujan pada tahun 1997-2002 di

wilayah UPT PSDA Lumajang. Alat yang di gunakan adalah seperangkat *Personal Computer (PC)*, *Microsoft Excel 2007*, *Software ArcGIS*, dan *Software Hidrooffice*.

Tahap Penelitian

Persiapan

Data yang dipergunakan yaitu data debit dan data hujan harian pada 7 DAS di UPT PSDA Lumajang. Pada DAS Rawatamtu menggunakan data yang paling lengkap yaitu pada tahun 1996 – 2005. Data DAS yang lain ada yang memiliki data yang tidak lengkap yaitu tahun 1996– 2005. Data debit harian yang didapatkan diubah formatnya menjadi *extensi.txt* kemudian diolah menggunakan *software Hydrooffice (Gregor.2010)*. Data tersebut diolah dengan cara masing-masing metode sehingga dapat dilanjutkan dengan analisis dari hasil ketiga metode.

Metode yang digunakan untuk memperkirakan besar aliran dasar dalam penelitian ini adalah 2 metode grafis dan 1 metode RDF, yaitu:

(1) *Local Minimum Method*

Metode ini pertama kali dikemukakan oleh Pattyjohn (Pattyjohn et al.,1979) mengevaluasi debit setiap harinya untuk menentukan apakah hari tersebut termasuk debit terendah atau tidak pada interval yang dimaksud dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$[0,5 (2N-1)] \text{ hari} \dots\dots\dots (1)$$

(2) *Fixed Interval Method*

Metode ini pertama kali dikemukakan oleh Pattyjohn (Pattyjohn et al.,1979) dapat digambarkan dengan diagram batang yang ditarik ke atas hingga bersentuhan dengan debit terendah pada setiap interval. Banyaknya hari dalam setiap interval ditentukan dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$(2N) \text{ hari} \dots\dots\dots (2)$$

(3) *Eckhardt Filter*

Metode ini (Eckhardt, 2005) menjelaskan bahwa nilai aliran dasar merupakan penjumlahan dari nilai aliran dasar sebelum i dengan debit total saat i. Persamaan metode ini adalah sebagai berikut:

$$b_i = \frac{(1 - BFI_{max})ab_{i-1} + (1 - a) BFI_{max} \times Q_i}{1 - \alpha BFI_{max}} \dots\dots\dots (3)$$

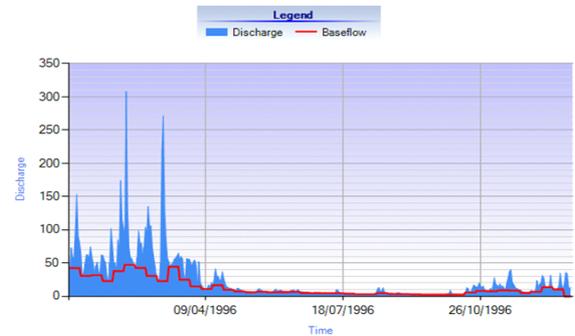
Keterangan:

- b_i : nilai aliran dasar saat i
- b_{i-1} : nilai aliran dasar sebelum i
- BFI_{max} : nilai indeks aliran dasar
- α : koefisien parameter
- Q_i : debit total saat i

Kalibrasi Pada tiap DAS

Kalibrasi adalah proses untuk menentukan parameter dalam pengujian metode yang digunakan. Nilai parameter ditentukan dengan memeriksa bentuk pemisahan aliran dasar setiap tahun dengan melihat selisih antara garis pemodelan aliran dasar (debit terhitung) dengan aliran sungainya (debit terukur).

Proses kalibrasi dilakukan dengan memasukkan nilai parameter secara manual sampai menghasilkan nilai aliran dasar yang sesuai pada tiap tahunnya. Setelah didapatkan parameter yang sesuai pada tiap tahunnya kemudian dilakukan rata-rata. Nilai rata-rata parameter tersebut adalah nilai parameter yang digunakan untuk memisahkan *baseflow*. Kalibrasi dilakukan pada tiap-tiap DAS dengan cara yang sama. Proses penentuan parameter setiap tahun dicontohkan berdasarkan Gambar (2) dibawah ini pada DAS Rawatamtu.



Gambar 2. Proses kalibrasi pada DAS Rawatamtu

Ketiga metode dapat dikatakan optimal dalam memisahkan aliran dasar (debit terhitung) terhadap aliran total (debit terukur di sungai) apabila pada periode kering kedua grafik mendekati berimpit dan jika diuji dengan statistik nilai RMSE mendekati nol. Sebaliknya, pada periode dimana terjadi banyak hujan grafik FDC (*Flow Duration Curve*) akan terlihat terpisah pada daerah debit besar, yang menunjukkan periode hujan.

Analisis uji statistik hasil kalibrasi dilakukan dengan *Root Mean Square Error (RMSE)* menurut *Mulla dan Addiscott (1999: 30)* sebagai berikut:

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

Keterangan:

- Q_M : debit terhitung
- Q_0 : debit terukur
- n : jumlah sampel

Selanjutnya, kalibrasi pada masing-masing DAS dilakukan dengan cara yang sama, sehingga didapatkan nilai parameter optimal dari ketiga metode pada masing-masing DAS.

Validasi dari DAS Rawatamtu ke DAS lainnya

Proses validasi dilakukan dengan menggunakan nilai parameter dari DAS Rawatamtu ke DAS lainnya (data kurang lengkap). Validasi dilakukan menggunakan data debit pada periode panjang, yaitu 1996 – 2005.

Perbandingan Nilai Parameter

Perbandingan nilai parameter hasil kalibrasi pada tiap DAS dan hasil validasi dari satu DAS Rawatamtu ke DAS lainnya dilakukan untuk menguji apakah nilai parameter yang didapat pada satu DAS dapat digunakan pada DAS lainnya.

KARAKTERISTIK FISIK HIDROLOGI DAS

Pada dasarnya karakteristik DAS memiliki sifat yang berbeda-beda pada setiap DAS.

Tabel 1. Perbandingan karakteristik fisik DAS

No.	DAS	Karakteristik DAS	
		Bentuk DAS	Luas DAS
1	Rawatamtu	Triangle melebar	771,83
2	Mayang	Memanjang	264,25
3	Wonorejo	Triangle melebar	116,84
4	K. Asen Sentul	Triangle melebar	32,48
5	Karang Asam	Memanjang	179,16
6	Mujur	Memanjang	199,14
7	Sanenrejo	Elips memanjang	275,48

(Sumber: Data sekunder diolah, 2014)

Tabel 2. Nilai Statistik Karakteristik Hujan tahun 1997-2002

No.	DAS	Curah hujan		
		Min (mm/hari)	Rerata (mm/hari)	Max (mm/hari)
1	Rawatamtu	0.00	0.90	68.40
2	Mayang	0.00	0.90	69.70
3	Wonorejo	0.00	0.80	99.30
4	K. Asen Sentul	0.00	13.00	38.00
5	Karang Asam	0.00	7.53	104.00
6	Mujur	0.00	7.53	124.20
7	Sanenrejo	0.00	3.88	102.50

(Sumber: Data primer diolah, 2014)

Tabel 3. Nilai Statistik Karakteristik Debit tahun 1997-2002

No.	DAS	Debit		
		Min (mm/hari)	Rerata (mm/hari)	Max (mm/hari)
1	Rawatamtu	0,82	35,91	588,00
2	Mayang	0,21	5,75	70,45
3	Wonorejo	10,00	18,57	196,06
4	K. Asen Sentul	1,68	7,53	104,00
5	Karang Asam	1,68	14,35	104,00
6	Mujur	0,17	5,05	23,20
7	Sanenrejo	0,03	9,89	283

(Sumber: Data primer diolah, 2014)

Tabel 4. Peruntukan lahan 7 DAS pada UPT PSDA Lumajang

Peruntukan lahan	DAS						
	1	2	3	4	5	6	7
	%	%	%	%	%	%	%
Pemukiman	12.30	11.50	6.30	4.80	4.20	1.50	7.32
Sawah Irigasi	22.90	29.30	0.10	4.00	20.70	2.50	30.14
S.Tdh Hujan	5.30	0.10	4.30	2.80	5.60	0.00	11.28
Kebun	16.60	24.20	20.90	0.00	10.60	18.40	13.30
Hutan	26.10	24.50	5.20	61.60	23.90	65.70	19.64
Smk Belukar	4.20	2.20	11.90	14.90	23.00	8.50	1.32
Ladang	12.00	6.70	50.40	11.90	8.50	2.90	14.21

(Sumber: Data primer diolah, 2014)

Gambar 5. Jenis Tanah pada UPT PSDA Lumajang

Jenis tanah	DAS						
	1	2	3	4	5	6	7
	%	%	%	%	%	%	%
Mediteran	95.10	25.54	0.91	62.40	14.93	63.72	0.00
Andosol	4.85	45.43	96.11	28.10	16.50	0.00	68.40
Grumusol	0.00	27.20	0.00	9.33	68.06	35.40	31.59
Aluvial	0.00	0.40	2.79	0.00	0.00	0.00	0.00

(Sumber: Data primer diolah, 2014)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Aliran Dasar (Baseflow) Periode Kalibrasi

Nilai parameter yang diuji

Parameter adalah sebuah acuan yang dipergunakan untuk menetapkan keadaan atau kondisi maupun ukuran tertentu. Nilai dari rentang parameter yang didapatkan dari masing-masing metode ditampilkan pada (Tabel 6) sebagai berikut:

Tabel 6. Rentang nilai parameter yang diuji tiap tahunnya pada semua DAS

Metode	Parameter			
	N	f	α	BFI (max)
Local Minimum Method	4,00 – 9,00	0,87 – 0,89	-	-
Fixed Interval Method	9,00 – 21,00		-	-
Eckhardt Filter	-	-	0,96 – 0,99	0.80

(Sumber: Data primer diolah, 2015)

Tabel 6 menampilkan rentang nilai parameter dari ketiga metode pemisahan aliran dasar yang diuji melalui metode *trial and error* pada tiap tahunnya. Nilai dari rentang parameter tersebut mencakup semua *range* nilai terkecil sampai terbesar yang diuji cobakan pada masing-masing DAS.

Nilai Parameter Optimal pada setiap DAS

Nilai parameter optimal yang merupakan hasil dari nilai rerata parameter pada setiap tahunnya di masing-masing DAS ditampilkan pada (Tabel 7) .

Tabel 7. Nilai parameter optimal pada masing-masing DAS

No.	DAS	Local Minimum Method				Fixed Interval Method		Eckhardt Filter	
		f	N	N	α	BFI (max)			
1	Mayang	0.89	4	10	0.96	0.80			
2	Rawatamtu	0.89	9	21	0.99	0.80			
3	Sanenrejo	0.88	4	9	0.98	0.80			
4	K. A. Sentul	0.88	6	10	0.97	0.80			
5	Karang Asam	0.89	5	9	0.96	0.80			
6	Mujur	0.87	6	16	0.98	0.80			
7	Wonorejo	0.88	5	9	0.97	0.80			

(Sumber: Data primer diolah, 2015)

Nilai RMSE pada DAS Rawatamtu, yang memiliki data terlengkap dari DAS lainnya ditampilkan pada (Tabel 8)

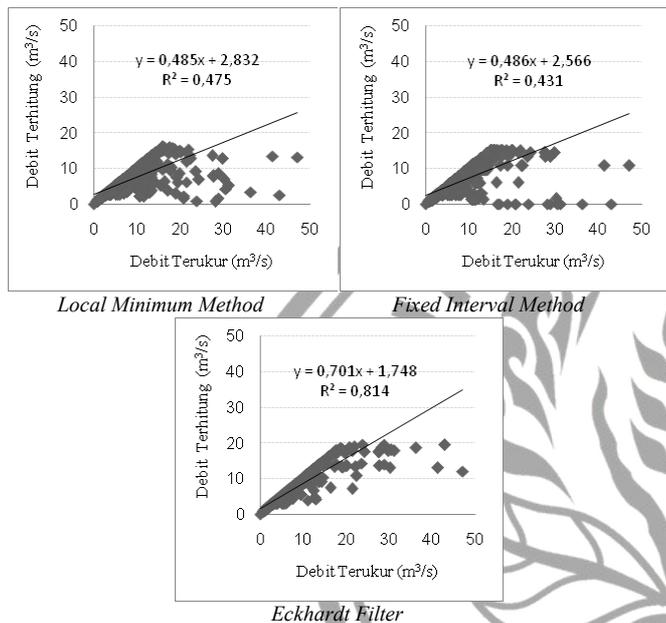
Tabel 8. Nilai RMSE pada DAS Rawatamtu

Metode	RMSE Periode Kalibrasi
Local Minimum Method	0.140
Fixed Interval Method	0.149
Eckhardt Filter	0.085

(Sumber: Data primer diolah, 2015)

Dari hasil uji statistik menggunakan RMSE menunjukkan bahwa metode yang menghasilkan kinerja yang lebih baik dari ketiga metode adalah *Local Minimum Method* dan *Eckhardt Filter*. Nilai RMSE yang mendekati nol menunjukkan tingkat kesalahan selama pengolahan data semakin kecil.

Nilai *R Squared* (R^2) pada DAS Rawatamtu, yang memiliki data terlengkap dari DAS lainnya ditampilkan pada (Gambar 3)



Gambar 3. Grafik hubungan antara debit terukur dan terhitung di DAS Rawatamtu

Gambar 3. menampilkan garis linier yang ada di titik-titik penyebaran data. Titik-titik penyebaran yang semakin mendekati garis linier menunjukkan bahwa tingkat kebenaran antara debit terukur dan debit terhitung tidak terlalu menyimpang. Hal ini menunjukkan bahwa prediksi tingkat kebenarannya lebih tinggi.

Analisis Aliran Dasar (Baseflow) Periode Validasi

Proses validasi dilakukan pada masing-masing metode untuk semua tahun. Proses ini bertujuan untuk menentukan apakah nilai parameter yang didapatkan dari proses kalibrasi pada DAS Rawatamtu bisa digunakan untuk memisahkan aliran dasar pada DAS lainnya. Proses validasi ditampilkan dalam bentuk RMSE, FDC dan BFI (Baseflow Index).

1. Analisis Root Mean Square Error (RMSE)

Tabel 9. Nilai RMSE periode kmarau pada masing-masing DAS

DAS	RMSE periode bulan Juli-September		
	Local Minimum Method	Fixed Interval Method	Eckhardt Filter
Mayang	0.016	0.018	0.017
Sanenrejo	0.062	0.063	0.060

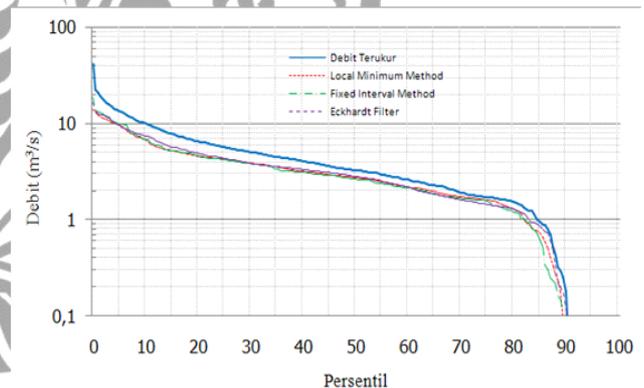
K. Asen Sentul	0.185	0.263	0.235
Karang Asam	0.190	0.267	0.274
Mujur	0.051	0.053	0.054
Wonorejo	0.150	0.156	0.160
Min	0.016	0.018	0.017
Maks	0.190	0.267	0.214
Rerata	0.130	0.171	0.169
Standar deviasi	0.075	0.109	0.106

(Sumber: Data primer diolah, 2015)

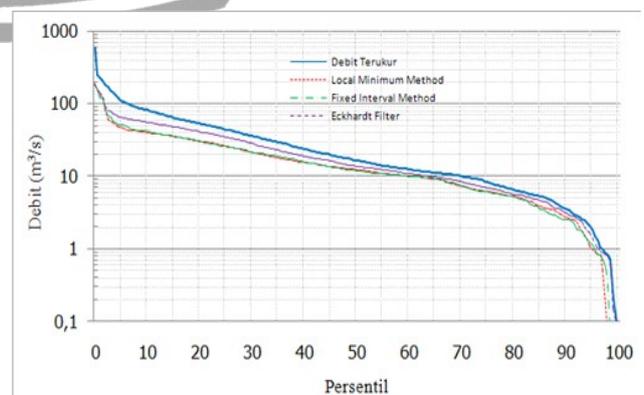
Tabel 9. menampilkan hasil nilai RMSE pada semua DAS dengan menggunakan parameter yang sama pada tiap DASnya. Metode yang memiliki kinerja terbaik pada saat musim kemarau yang menghasilkan nilai RMSE mendekati nilai 0 terdapat pada dua metode yaitu *Lokal Minimum Method*.

2. Analisis Kurva Durasi Aliran (FDC)

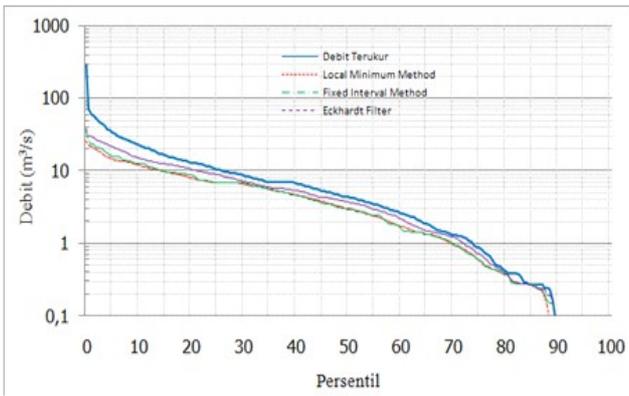
Flow Duration Curve (FDC) untuk merangking semua data yang ada di dalam suatu rentang waktu dan diplotkan dengan nilai persentase kemunculannya dari 0% hingga 100%. FDC digunakan untuk melihat lebih detail kecenderungan signifikan yang dihasilkan dari perhitungan ketiga metode.



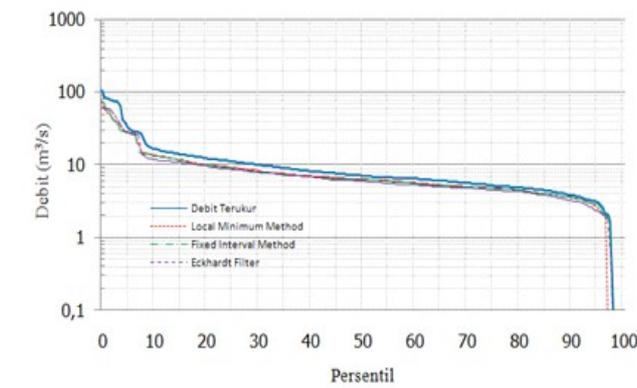
Gambar 4. Grafik FDC pada DAS Mayang periode panjang tahun 1996-2005



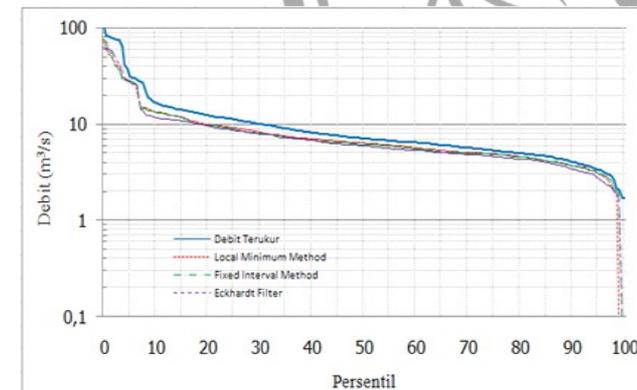
Gambar 5. Grafik FDC pada DAS Rawatamtu periode panjang tahun 1996-2005



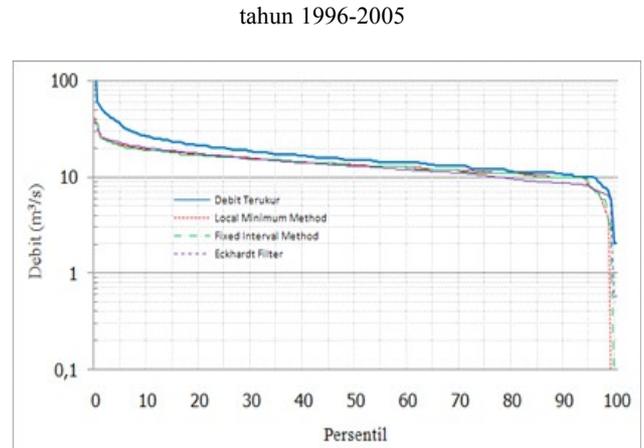
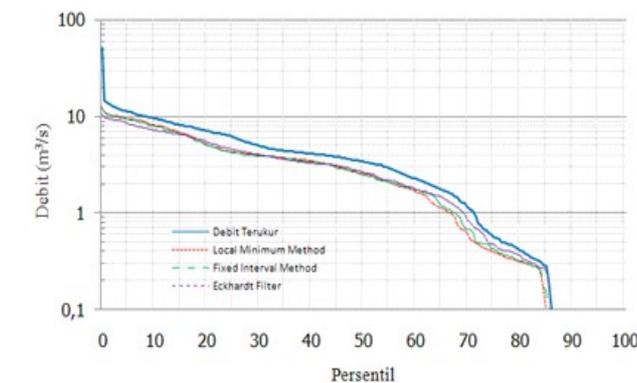
Gambar 6. Grafik FDC pada DAS Sanenrejo periode panjang tahun 1996-2005



Gambar 7. Grafik FDC pada DAS K.Asen Sentul periode panjang tahun 1996-2005



Gambar 8. Grafik FDC pada DAS Karang Asam periode panjang tahun 1996-2005



Gambar 10. Grafik FDC pada DAS Wonorejo periode panjang tahun 1996-2005

Hasil dari grafik FDC menunjukkan hubungan antara debit dengan persentase waktu. Pada grafik dapat dilihat bahwa garis debit terhitung masing-masing metode hampir berhimpitan atau mendekati garis debit terukur. Grafik yang menunjukkan metode yang memiliki kinerja terbaik adalah *Local Minimum Method* dan *Eckhardt Filter*.

3. Analisis Baseflow Index (BFI)

Tabel 10. menunjukkan hasil *Baseflow Index* (BFI) di wilayah UPT PSDA Lumajang periode tahun 1996-2005.

Tabel 10. Perbandingan nilai *Baseflow Index* (BFI)

DAS	<i>Local Minimum Method</i>			<i>Fixed Interval Method</i>			<i>Eckhardt Filter</i>		
	Min	Rerata	Max	Min	Rerata	Max	Min	Rerata	Max
Mayang	0	0,82	1	0	0,79	1	0,04	0,82	1
Rawatanan	0,03	0,89	1	0	0,85	1	0,26	0,95	1
Sanenrejo	0,04	0,91	1	0,03	0,88	1	0,07	0,94	1
K.Asen Sentul	0,11	0,92	1	0,08	0,90	1	0,13	0,85	1
Karang Asam	0,11	0,92	1	0,08	0,90	1	0,13	0,84	1
Mujur	0,07	0,82	1	0	0,80	1	0,04	0,82	1
Wonorejo	0,14	0,96	1	0,12	0,94	1	0,15	0,84	1

(Sumber: Data primer diolah, 2015)

BFI merupakan perbandingan antara volume aliran dasar dibagi dengan volume total aliran sungai. Semakin tinggi nilai BFI maka semakin baik persediaan air yang terdapat pada DAS. Tabel 10 menunjukkan bahwa metode yang menghasilkan nilai BFI paling tinggi yaitu metode *Local Minimum Method*. Hal ini menunjukkan ketersediaan air pada masing-masing DAS.

KESIMPULAN

Penelitian ini dalam pemodelan aliran dasar (*baseflow*), *Local Minimum Method* dan *Eckhardt Filter* memiliki kinerja terbaik, tetapi *Eckhardt Filter* cenderung mengestimasi *baseflow* lebih tinggi dari seharusnya. Jadi metode yang memiliki kinerja terbaik yaitu *Local Minimum Method*.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

Arsyad, S. 1989. *Konservasi Tanah dan Air*. Bogor: Penerbit IPB.
 Eckhardt, K. 2005. How to construct recursive digital filters for

baseflow separation; *Hydrol. Processes* 19. 507–515.

Gregor, M. 2010. BFI+ 3.0 User's Manual. *Department of Hidrogeology and Geothermal Energy*, Geological Survey of Slovak Republic, Bratislava.

Mulla, D.,J, dan Addiscott, T.,M. 1999. *Validation Approaches for Field Basin And Regional Scale Water Quality*. Assessment of non point source pollution. Geophysical. Washington, DC. American Geophysical Union.

Pattyjohn, W.,A, dan Henning, R. 1979. Preliminary estimate of ground-water recharge rates, related streamflow and water quality in Ohio. *Ohio State University Water Resources Centre Project Completion Report No 552*.

Smakhtin. 2001. *Low flow hydrology: a review*. *J Hydrology* 240, 147-186.

