

**TEKNOLOGI PERTANIAN**

**Studi Pendahuluan Pemisahan Baseflow: Studi Kasus 6 Metode RDF (Recursive Digital Filter) di Wilayah UPT PSDA Lumajang, Jawa Timur**

*Preliminary Study of Baseflow Separation: Case Study at UPT PSDA Lumajang (East Java) using 6 RDF Methods*

**Diestya Riastuti<sup>1)</sup>, Indarto, Elida Novita**

Laboratorium Teknik Pengendalian dan Konservasi Lingkungan, Jurusan Teknik Pertanian  
Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember  
Jl. Kalimantan No. 37 Kampus Tegalboto, Jember, 68121

<sup>1)</sup>E-mail: diestyariastuti@gmail.com

**ABSTRACT**

Technique baseflow separation can be performed by methods Recursive Digital Filter (RDF). This research dealt with estimation of baseflow contribution at seven watersheds in the administratif area of UPT PSDA Lumajang. Six methods filter were used to separated baseflow from total flow. Methodology consist of : (1) data inventorying (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 were then used to separate baseflow for whole periode of record. RMSE, scatter plot and FDC were used to evaluate the model performance during dry periode (Juli to September) assuming that for this period no rainfall have occurred. Calibration was conducted on each the watershed with the same way. Validation was conducted from the watershed complete data (Rawatantu watershed). The results showed that filter method, Lynie-Hollick perform better then others algorithms .

Keyword: Recursive Digital Filter (RDF), UPT PSDA Lumajang

**PENDAHULUAN**

Baseflow merupakan penyuplai air utama pada sungai saat musim kemarau. Saat kemarau debit air di sungai cenderung mengalami penurunan, sedangkan lahan pertanian tetap membutuhkan air setiap hari untuk pertumbuhan tanaman. Salah satu cara menganalisis aliran dasar, menggunakan teknik pemisahan aliran dasar. Teknik pemisahan aliran dasar dilakukan dengan metode Recursive Digital Filter (RDF).

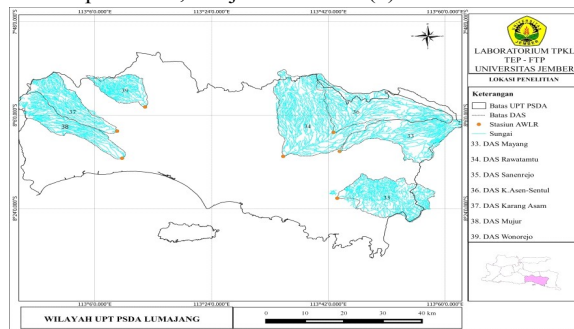
Penelitian ini membahas kondisi ketersediaan aliran dasar berdasarkan debit terukur menggunakan 6 metode RDF untuk menganalisis aliran dasar pada DAS di Wilayah UPT PSDA Lumajang.

Enam metode RDF yang digunakan yakni; (1) IHACRES (Identification of Unit Hydrograph and Component Flows From Rainfall, Evaporation and Streamflow Data), (2) BFLOW (Lynie & Holick Algorithm), (3) Chapman Algorithm, (4) One parameter algorithm, (5) Two parameter algorithm (6) EWMA (Exponentially Weighted Moving Average) filter. Tujuan penelitian adalah menentukan metode yang baik untuk digunakan untuk perkiraan baseflow berdasarkan enam metode RDF, menghitung range parameter Wilayah UPT PSDA Lumajang.

**METODOLOGI PENELITIAN**

**Tempat dan Waktu Penelitian**

Lokasi penelitian di Wilayah UPT PSDA Lumajang. Pengolahan data dilakukan di Laboratorium Teknik Pengendalian dan Konservasi Lingkungan (TPKL) Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember. Penelitian dilakukan mulai bulan Februari 2014 sampai Desember 2014. Peta lokasi penelitian, disajikan Gambar (1) berikut.



Gambar 1. Lokasi Penelitian (Sumber: Hasil Pemetaan, 2014)

Tabel bentuk dan luas DAS, disajikan Tabel (1) sebagai berikut

Tabel 1. Bentuk dan luas DAS

Karakteristik	DAS- Mayang	DAS- Rawatamtu	DAS- Sanenrejo	DAS- K. Asen Sentul	DAS- Kr. Asam	DAS-Mujur	DAS- Wonorejo
Luas (km <sup>2</sup> )	264,25	771,83	275,48	327,48	179,16	199,14	116,84
Keliling (km)	97,99	149,29	83,18	105,87	76,68	87,47	51,99
Bentuk	Memanjang	Triangle melebar	Elips memanjang	Triangle melebar	Memanjang	Memanjang	Triangle melebar
Ketinggian (mdpl)	107-3176	33-3040	20-1207	95-2357	173-2741	57-3049	60-1569

(Sumber : Data sekunder diolah, 2014)

Menurut Suripin (2004), Bentuk DAS dapat mempengaruhi pola aliran dalam sungai. Pengaruh tersebut terlihat pada aliran permukaan (*quickflow*) yang terjadi pada sungai.

Persentase jenis tanah tujuh DAS, disajikan Tabel (2) berikut:

Tabel 2. Jenis tanah

Nama DAS	Mediteran	Andosol	Grumusol	Aluvial
DAS Mayang	95,10	4,85	-	-
DAS Rawatamtu	25,54	45,53	27,20	0,40
DAS Sanenrejo	0,91	96,11	-	2,79
DAS K.Asen Sentul	62,40	28,10	9,33	-
DAS Kr.Asam	14,93	16,50	6,00	-
DAS Mujur	63,72	-	35,40	-
DAS Wonorejo	-	68,40	31,59	-

(Sumber : Data sekunder diolah, 2014)

Menurut Buringh (1993), tanah aluvial terbentuk dari lumpur sungai yang mengendap, bersifat subur. Tanah mediteran terbentuk dari pelapukan kapur dan kemampuan menahan air cukup lama. Tanah andosol umumnya berwarna hitam, mengandung abu vulkanik > 60%. Tanah andosol baik untuk pertanian dan menyerap air cukup banyak. Tanah grumusol memiliki kadar liat > 30% dan saat musim kering, tanah akan retak.

Persentase peruntukan lahan, disajikan Tabel (3) sebagai berikut:

Tabel 3. Persentase Peruntukan Lahan

Peruntukan lahan	DAS- Mayang	DAS- Rawatamtu	DAS- Sanenrejo	DAS- K.Asen Sentul	DAS- Kr.Asam	DAS- Mujur	DAS- Wonorejo
Pemukiman	11,50	12,30	1,50	7,32	4,80	4,20	6,30
Sawah Irigasi	29,30	22,90	2,50	30,14	4,00	20,70	0,10
Sawah Tadah Hujan	0,10	5,30	-	11,28	2,80	5,60	4,30
Kebun	24,20	16,60	18,40	13,30	-	10,60	20,90
Hutan	24,50	26,10	65,70	19,64	61,60	23,90	5,20
Semak belukar	2,20	4,20	8,50	1,32	14,90	23,00	11,90
ladang	6,70	12,00	2,90	14,21	11,90	8,59	50,40

(Sumber : Data sekunder diolah, 2014)

Karakteristik Hujan Tujuh DAS, disajikan Tabel (4) berikut:

Tabel 4. Karakteristik Hujan Tujuh DAS

Peruntukan lahan	DAS- Mayang	DAS- Rawatamtu	DAS- Sanenrejo	DAS- K.Asen Sentul	DAS- Kr.Asam	DAS- Mujur	DAS- Wonorejo
Minimal	0	0	0	0	0	0	0
Maximal	69,7	68,4	102,5	98	104	124,2	99,3
Rata-rata	5,18	4,98	3,9	12,4	14,35	5,69	4,79

*Skewness* atau kemiringan digunakan untuk mengetahui perbedaan *mean* dan *median*. *Skewness* juga dapat digunakan untuk memprediksi DAS yang mempunyai respon cepat dan lambat dengan hujan (Indarto et al., 2010).

Karakteristik Debit Tujuh DAS, disajikan Tabel (5) sebagai berikut

Tabel 5. Karakteristik Debit

Peruntukan lahan	DAS- Mayang	DAS- Rawatamtu	DAS- Sanenrejo	DAS- K.Asen Sentul	DAS- Kr.Asam	DAS- Mujur	DAS- Wonorejo
Minimal	0	0	0	0	0	0	0
Maximal	69,7	68,4	102,5	98	104	124,2	99,3
Rata-rata	5,18	4,98	3,9	12,4	14,35	5,69	4,79
<i>Skewness</i>	1,34	1,78	2,60	1,88	1,91	1,24	1,24

(Sumber : Data diolah, 2014)

### Bahan dan Alat Penelitian

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah data debit 7 DAS periode 1996 – 2005 di Wilayah UPT PSDA Lumajang. Alat yang digunakan dalam kegiatan penelitian ini adalah *seperangkat personal computer; microsoft excel, Quantum GIS, dan Hydrooffice.*

### Tahapan pelaksanaan

#### Persiapan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah data debit harian dengan format .csv tahun 1997–2005. Data debit harian diformat dengan ekstensi .txt agar dapat terbaca oleh 6 metode filter. *Running* keenam metode RDF dilakukan pada seluruh DAS setiap tahunnya, selanjutnya dilakukan optimalisasi parameter hingga menemukan rentang koefisien parameter. Pada proses validasi digunakan parameter salah satu DAS yang memiliki data debit cukup lengkap, untuk diterapkan pada DAS lainnya. Parameter yang digunakan enam metode diantaranya *k, C, dan α*. Selanjutnya digunakan koefisien parameter dari masing-masing metode untuk menghasilkan besarnya nilai *baseflow* dan *baseflow index*.

Persamaan enam metode RDF, disajikan Tabel (6) sebagai berikut

Tabel 6. Persamaan enam metode RDF

Metode	Persamaan	Keterangan
One parameter algorithm	$q_b(t) = \frac{k}{2-k} q_b(t-1) + \frac{1-k}{2-k} q(t)$	$0 < k < 1, k \neq 0$ (Chapman dan Maxwell, 1996).
Two parameter algorithm	$q_b(t) = \frac{k}{1+C} q_b(t-1) + \frac{C}{1+C} q(t)$	$0 < C \leq 1, C \neq 0$ $0 < k < 1, k \neq 0$ (Boughton, 1993).
IHACRES	$q_b(t) = \frac{k}{1+C} q_b(t-1) + \frac{C}{1+C} (q(t) + \alpha q(t-1))$	$0 < C \leq 1, C \neq 0$ $0 < k < 1, k \neq 0$ $0 \leq \alpha < 1$ (Jakeman dan Hornberger, 1993)
Lynlie & Hollick Algorithm	$q_f(t) = \alpha q_f(t-1) + (q(t) - q(t-1)) \frac{1+\alpha}{2}$	$q_b(t) = q(t) - q_f(t)$ (Lyne dan Hollick, 1979: 93).
Chapman Algorithm	$q_f(t) = \frac{3\alpha-1}{3-\alpha} q_f(t-1) + \frac{2}{3-\alpha} (q(t) - \alpha q(t-1))$	$q_b(t) = q(t) - q_f(t)$ (Chapman, 1991).
EWMA	$q_b(t) = \alpha q(t) + (1-\alpha) q_b(t-1)$	(Tularman dan Ilahee, 2008)

**Keterangan:**

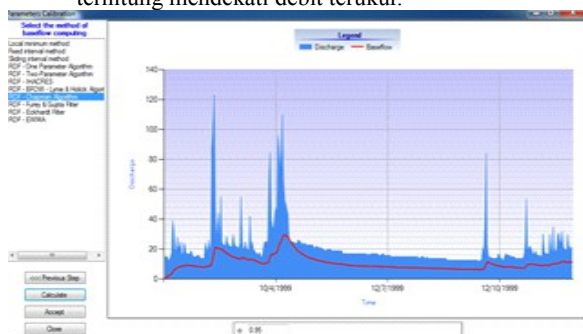
- $q_{b(i)}$  : nilai *baseflow* pada hari ke- $i$
- $q_{(i)}$  : nilai debit pada hari ke- $i$
- $q_{b(i-1)}$  : nilai *baseflow* sebelum hari ke- $i$
- $k$  : parameter *filter*
- $C$  : parameter untuk pemisahan *baseflow*,
- $\alpha_q$  : parameter *filter*
- $q_{f(i)}$  : nilai *quickflow* pada hari ke- $i$
- $q_{f(i-1)}$  : nilai *quickflow* sebelum hari ke- $i$

**Kalibrasi pada setiap DAS**

Kalibrasi dilakukan pada seluruh DAS, untuk mencari nilai *range* parameter 6 metode setiap tahunnya. Nilai parameter ( $C$ ,  $k$  dan  $\alpha$ ) dihitung dengan menggunakan metode *trial and error*.

Proses kalibrasi dengan menggunakan metode *trial and error* :

1. Menampilkan data debit setiap DAS tahun 1996-2005.
2. Penggunaan *tool parameter calibration* untuk setiap tahunnya (9 tahun).
3. Memilih metode yang akan dilakukan sebelum melakukan proses *trial and error* pada parameter.
4. Proses *trial and error* dilakukan untuk mendapatkan nilai parameter setiap tahunnya.
5. Parameter dengan tingkat akurasi tinggi, ditunjukkan oleh grafik pemisahan aliran dasar dimana debit terhitung mendekati debit terukur.



Gambar 2. Kalibrasi parameter (Sumber: Hasil olah data, 2015)

6. *Range* parameter diambil dari nilai parameter yang dihasilkan selama 9 tahun pada seluruh DAS.
7. Nilai Parameter yang dihasilkan selama 9 tahun pada setiap DAS di rata-rata. Sehingga mendapatkan nilai parameter optimal setiap DAS.
8. Menghitung nilai RMSE dan *R square* pada salah satu DAS untuk bulan Juli-September tahun 1996-2005.

**Analisis Kriteria**

Kriteria statistik yang digunakan pada proses kalibrasi dan validasi yakni *R Squared* ( $R^2$ ) dan RMSE (*Root Mean Squared Error*). Menurut Barnston dan Anthony (1992), menyatakan bahwa nilai RMSE optimal adalah  $RMSE \leq 1,00$ .

Nilai *R square* berkisar antara 0 sampai 1. Semakin besar nilai *R square*, semakin baik model regresi yang diperoleh (Kurniawan, 2008).

Kurva durasi aliran menunjukkan terjadinya berbagai tingkatan aliran. Kurva FDC merupakan kurva frekuensi kumulatif dengan cara mengatur semua catatan debit berdasar

besarnya urutan dan dibagi sesuai dengan persentase waktu (Pettyjohn dan Henning, 1979).

**Validasi dari DAS Rawatamtu ke DAS lainnya**

Proses validasi menggunakan parameter DAS Rawatamtu untuk diterapkan pada DAS lainnya, karena terdapat data yang lengkap. Analisis RMSE menggunakan data bulan Juli-September 1996-2005 pada tujuh DAS. Analisis FDC dilakukan pada seluruh bulan untuk tujuh DAS.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Kalibrasi**

Proses kalibrasi berfungsi untuk menentukan parameter yang dilakukan pada setiap tahun. Rentang parameter UPT PSDA Lumajang, disajikan pada Tabel (7) sebagai berikut :

Tabel 7. Rentang parameter UPT PSDA Lumajang

Metode	$k$	$C$	$\alpha$
One parameter	0,910-0,999	-	-
Two parameter	0,860-0,970	0,860-0,970	
IHACRES	0,860-0,950	0,010-0,130	0,030-0,140
Lynie-Hollick	-	-	0,993-0,999
Chapman	-	-	0,910-0,999
EWMA	-	-	0,001-0,004

(Sumber: Hasil Pengolahan Data, 2015)

Nilai parameter optimal, disajikan Tabel (8)

Tabel 8. Nilai parameter optimal Wilayah UPT PSDA Lumajang

Metode	Parameter	DAS-Mayang	DAS-Rawatamtu	DAS-Sanenrejo	DAS-K.Asen Sentul	DAS-Kr.Asam	DAS-Mujur	DAS-Wono rejo
One parameter	$k$	0,956	0,990	0,968	0,957	0,993	0,955	0,922
Two parameter	$k$	0,915	0,931	0,917	0,929	0,933	0,936	0,915
	$C$	0,070	0,027	0,043	0,066	0,025	0,065	0,086
IHACRES	$k$	0,890	0,931	0,922	0,891	0,928	0,920	0,900
	$C$	0,105	0,024	0,043	0,090	0,024	0,075	0,086
Lynie & Hollick	$\alpha$	0,082	0,061	0,082	0,101	0,061	0,100	0,111
	$\alpha$	0,998	0,998	0,997	0,998	0,997	0,998	0,997
Chapman	$\alpha$	0,960	0,998	0,999	0,973	0,997	0,990	0,968
EWMA	$\alpha$	0,002	0,001	0,001	0,001	0,998	0,002	0,002

(Sumber: Hasil olah data, 2015)

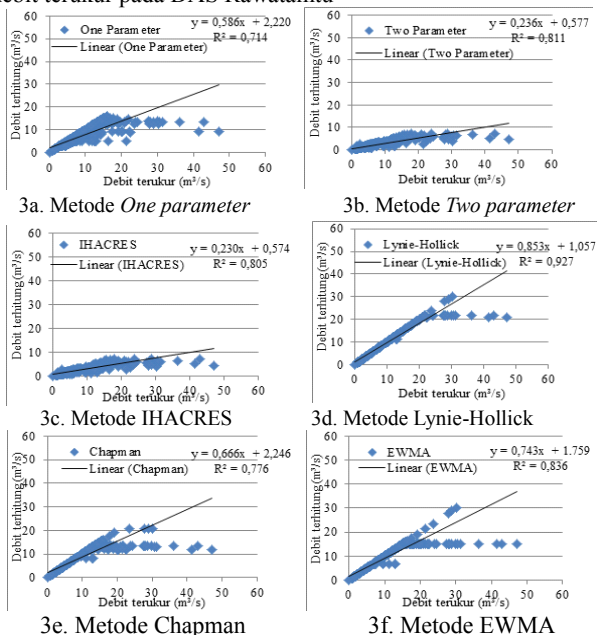
RMSE DAS Rawatamtu, disajikan Tabel (9) sebagai berikut

Tabel 9. Nilai RMSE DAS Rawatamtu

DAS	One parameter	Two parameter	IHACRES	Lynie & Hollick	Chapman	EWMA
Rawatamtu	0,109	0,236	0,239	<b>0,051</b>	0,090	0,077

(Sumber: Hasil Pengolahan Data, 2015)

Gambar (3) menunjukkan perbandingan debit terhitung dan debit terukur pada DAS Rawatamtu



Gambar 3. Grafik periode 1 Juli – 30 September tahun 1996-2005 DAS Rawatamtu (Sumber : Data diolah, 2015)

**Validasi dari DAS Rawatamtu ke DAS lainnya**

Proses validasi berguna untuk mengevaluasi parameter yang digunakan untuk memprediksi keadaan hidrologi untuk mendapatkan tingkat ketidakpastian suatu metode. Nilai RMSE 1 Juli – 30 September tahun 1996 – 2005, disajikan Tabel (10)

Tabel 10. RMSE periode 1 Juli – 30 September tahun 1996–2005

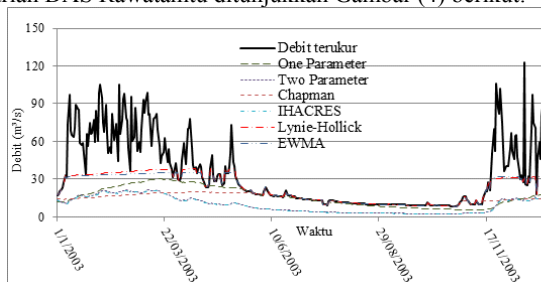
Nama DAS	One Parameter	Two Parameter	IHACRES	Lynie-Hollick	Chapman	EWMA
Kr.asam	0,366	0,435	0,439	<b>0,324</b>	0,391	0,387
Kasen-sentul	0,401	0,417	0,421	<b>0,291</b>	0,387	0,392
Mayang	0,030	0,055	0,056	<b>0,014</b>	0,025	0,026
Mujur	0,151	0,206	0,208	<b>0,147</b>	0,185	0,188
Rawatamtu	0,109	0,236	0,239	<b>0,051</b>	0,090	0,077
Sanenrejo	0,081	0,107	0,108	<b>0,066</b>	0,073	0,069
Wonorejo	0,242	0,348	0,351	<b>0,163</b>	0,232	0,192

(Sumber : Data diolah, 2015)

Tabel (9) menunjukkan bahwa kinerja metode Lynie-Hollick cukup baik dalam memisahkan aliran dasar dibandingkan metode yang lain dengan menggunakan parameter  $\alpha$ . Parameter  $\alpha$  dapat memepngaruhi respon meningkatnya debit sungai.

Menurut Chapman dan Maxwel (1996), menyatakan bahwa persamaan Lyne-Hollick menekankan bahwa nilai aliran dasar akan stabil apabila nilai *quickflow* rendah.

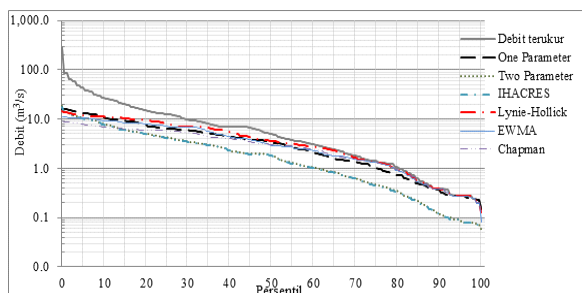
Berikut ditampilkan grafik enam metode dan debit terukur harian DAS Rawatamtu ditunjukkan Gambar (4) berikut:



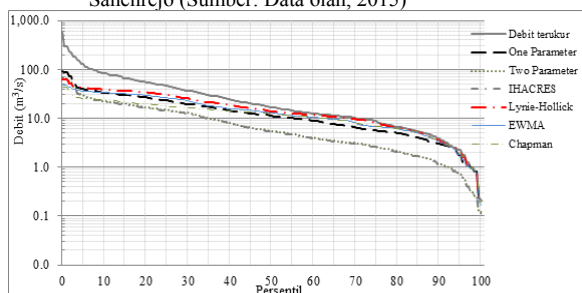
Gambar 4. Pemisahan aliran dasar periode 1 Januari 2003 - 31 Desember 2003 pada DAS Rawatamtu (Sumber : Data diolah, 2015)

Hasil pemisahan aliran dasar dengan menggunakan enam metode RDF dapat ditunjukkan pada gambar (4). Pada gambar tersebut menggambarkan bahwa metode Lynie-Hollick dapat memisahkan aliran dasar dengan estimasi yang tidak terlalu rendah.

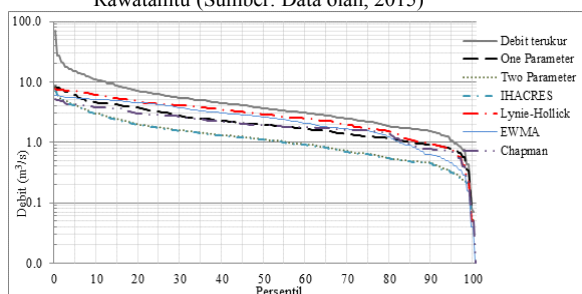
Hasil analisis FDC tujuh DAS ditampilkan gambar, sebagai berikut :



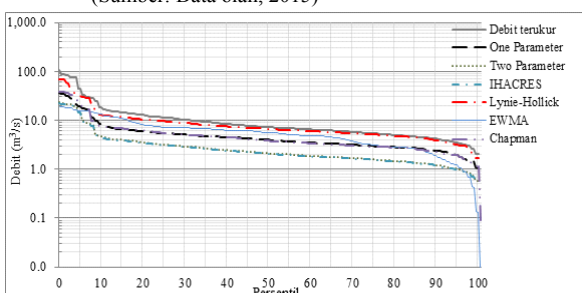
Gambar 5. FDC periode 1 Januari 1996 - 31 Desember 2005 DAS Sanenrejo (Sumber: Data olah, 2015)



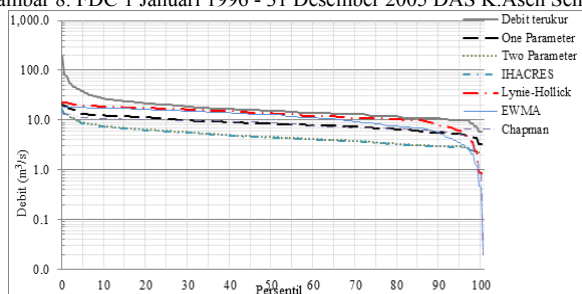
Gambar 6. FDC periode 1 Januari 1996 - 31 Desember 2005 DAS Rawatamtu (Sumber: Data olah, 2015)



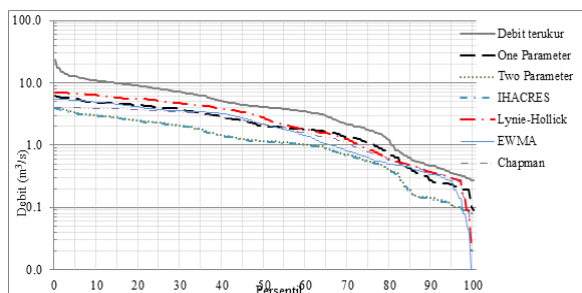
Gambar 7. FDC 1 Januari 1996 - 31 Desember 2005 DAS Mayang (Sumber: Data olah, 2015)



Gambar 8. FDC 1 Januari 1996 - 31 Desember 2005 DAS K.Asen Sentul

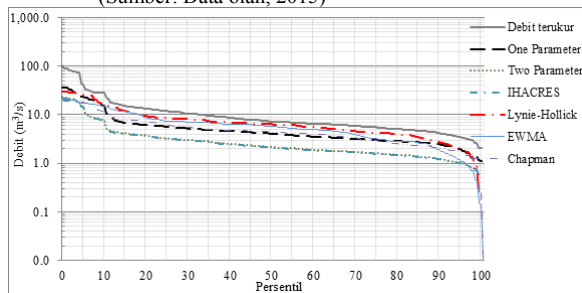


Gambar 9. FDC periode 1 Januari 1996 - 31 Desember 2005 DAS



Wonorejo (Sumber: Data olah, 2015)

Gambar 10. FDC periode 1 Januari 1996 - 31 Desember 2005 DAS Mujur (Sumber: Data olah, 2015)



Gambar 11. FDC periode 1 Januari 1996 - 31 Desember 2005 DAS Kr.Asam (Sumber: Data olah, 2015)

Bentuk kurva FDC dapat menunjukkan karakteristik aliran yang terjadi. Secara umum kemiringan (*slope*) menggambarkan penurunan debit yang tajam. Hal tersebut menunjukkan persentase aliran dengan jumlah nilai debit besar yang lebih banyak terjadi. Nilai debit yang tinggi disebabkan oleh adanya kontribusi debit besar pada periode hujan.

Nilai BFI (*Baseflow index*) 1 Januari 1996 - 31 Desember 2005, disajikan oleh Tabel (11) sebagai berikut:

Tabel 11. Nilai BFI (*Baseflow Index*)

Metode	Parameter	DAS Mayang	DAS Rawatamtu	DAS Sanenrejo	DAS K.Asen Sentul	DAS Kr.Asam	DAS Mujur	DAS Wono rejo
<i>One parameter</i>	<i>Rerata</i>	0,587	0,688	0,726	0,542	0,55	0,585	0,544
	<i>Maks</i>	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
	<i>Min</i>	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
<i>Two parameter</i>	<i>Rerata</i>	0,489	0,490	0,490	0,490	0,490	0,490	0,490
	<i>Maks</i>	0,510	0,540	0,530	0,580	0,580	0,530	0,520
	<i>Min</i>	0,480	0,480	0,480	0,480	0,480	0,480	0,480
IHACRES	<i>Rerata</i>	0,049	0,049	0,050	0,049	0,049	0,049	0,049
	<i>Maks</i>	0,110	0,230	0,170	0,370	0,370	0,210	0,160
	<i>Min</i>	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020
Lynie & Hollick	<i>Rerata</i>	0,591	0,708	0,716	0,575	0,582	0,597	0,542
	<i>Maks</i>	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
	<i>Min</i>	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
Chapman	<i>Rerata</i>	0,771	0,827	0,818	0,790	0,796	0,721	0,839
	<i>Maks</i>	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
	<i>Min</i>	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010

EWMA	Rerata	0,699	0,773	0,766	0,695	0,695	0,625	0,740
	Maks	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
	Min	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010

(Sumber: Data olah, 2015)

*Baseflow index* merupakan perbandingan antara besarnya nilai *baseflow* dan total *flow* pada sungai. Menurut Smakhtin (2001), nilai BFI > 0.7 menunjukkan bahwa aliran sungai di DAS tersebut cukup stabil.

### KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dari enam metode RDF yang digunakan untuk analisis aliran dasar pada Wilayah UPT PSDA Lumajang. Pada dasarnya enam metode RDF dapat digunakan, hanya saja metode Lynie-Hollick dapat memisahkan aliran dasar dengan baik dibandingkan metode lainnya.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada Prof. Dr. Indarto, S.TP., DEA dan Dr. Elida Novita, S.TP., M.T. S. yang telah meluangkan waktu, pikiran, dan bimbingan serta semua pihak yang telah mendukung dalam penyelesaian penelitian ini.

### DAFTAR PUSTAKA

- Boughton, W. C. 1993. A Hydrograph Based Model For Estimating The Water Yield Of Ungauged Catchments. *Hydrology and Water Resources Symposium*. Newcastle: Institute of Engineers Australia.
- Barnston, A. G. 1992. *Correspondence among the correlation, RMSE, and Heidke Forecast Verification Measures; Refinement of the Heidke Score*. Washington : Climate Analysis Center
- Buringh, P. 1993. *Pengantar Pengajian Tanah-Tanah Wilayah Tropika Dan Subtropika*. Yogyakarta : Gadjah Mada Univesity Press
- Chapman, T. G. 1991. Comment On "Evaluation Of Automated Techniques For Baseflow And Recession Analyses" By R. J. Nathan And T. A. Mc-Mahon. *Water Resour. Australia: Institute of Engineers Australia*. Vol. 27
- Chapman, T. G. dan Maxwell, A. I. 1996. Baseflow Separation - Comparison Of Numerical Methods With Tracer Experiments. *Water Resour.* Hobart : Institute of Engineers Australia.
- Indarto, Wahyuningsih, S. dan Affandi, I. 2010b. Karakteristik Hidro-meteorologi DAS-DAS di UPT PSAWS Bondoyudo-mayang: Aplikasi Statistik Untuk Analisis Data Rentang Waktu. *J. Sains MIPA*. Jember: Universitas Jember. Vol. 16 (1) : 35-46.
- Jakeman, A. J. dan Hornberger, G. M. 1993. How Much Complexity Is Warranted In a Rainfall-runoff Model. *Water Resources Research*. Canberra: Australian National University. Vol. 29 : 48-54.
- Kurniawan, D. 2008. Linear Regression. Austria : Development Core Team. *Statistical Computing*. ISBN 3-900051-07-0.
- Lyne, V. dan Hollick, M. 1979. Stochastic Time-Variable Rainfall-runoff Modeling. Canberra: Institute of Engineers Australia. *Hydrology and Water Resour.* Vol. 79 (10) : 89-93.
- Pettyjohn, W.A. dan Henning, R. 1979. Preliminary Estimate of Ground-Water Recharge Rates, Related Streamflow and Water Quality in Ohio. Columbus: Department of Geology and Mineralogy The Ohio State University. *Water Resources Center*. Report No. 552.
- Smakhtin, V.Y. 2001. Low Flow Hydrology: A Review. *Journal of Hydrology* (240): 147-186.
- Suripin. 2002. *Pelestarian Sumberdaya Tanah dan Air*. Yogyakarta : Andi
- Tularam, G. A dan Ilahee, M. 2008. Exponential Smoothing Method Of Base Flow Separation And Its Impact on Continuous Loss Estimates. *American Journal of Environmental Sciences*. Brisbane: Environment Engineering and Technology Griffith University (ENV). Vol. 4 (2): 136-138.