

## TEKNOLOGI PERTANIAN

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

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

Faizol Zahroni<sup>1)</sup>, Indarto, Elida Novita.

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

<sup>1)</sup>E-mail: [Faisol.zahroni@gmail.com](mailto:Faisol.zahroni@gmail.com)

#### ABSTRACT

This research dealt with estimation of baseflow contribution at several watersheds in the area of UPT PSDA Pasuruan (East Java, Indonesia). Six Recursive Digital Filter (RDF) methods were used to separate baseflow from total flow. Methodology consist of : (1) data inventoring (2) data processing, (3) calibrating and validating, and (4) evaluating models performances. Daily discharge were used as main input for the analysis. Then, each recursive digital filter output was used to separate baseflow from the total daily discharge. Furthermore, each algorithm was calibrate using daily discharge data for each year. The mean values of parameters obtained used to separate baseflow for whole periode of record. RMSE, Scatter plot and FDC used to evaluate the model performance during dry periode in Juli to September (assuming that for this period no rainfall have occurred). Calibration were conducted on each watershed using the same procedure. Validation was conducted only from watershed with complete data (Pekalen watershed). The results showed that two filters (EWMA and Lynie Hollick) perform better then others algorithms.

**Keywords:** Baseflow Separation, Recursive Digital Filter, East Java

#### PENDAHULUAN

Daerah aliran sungai merupakan suatu wilayah yang menerima dan mengumpulkan air hujan. Air hujan di dalam DAS akan mengalir melalui anak-anak sungai dan keluar pada sungai utama melalui outlet. Setiap daerah aliran sungai (DAS) di Jawa Timur mempunyai kondisi dan potensi yang beragam, maka dalam hal ini memerlukan kecermatan dalam menerapkan suatu teori yang cocok pada suatu daerah aliran sungai (DAS).

Peristiwa banjir dan kekeringan yang terjadi di dalam DAS merupakan sebuah fenomena yang menunjukkan kondisi kinerja DAS dalam merespon air hujan. Strategi pengembangan dan pengelolaan sumber daya air berorientasi mempertahankan kontribusi aliran dasar yang masuk ke sungai selama periode kering dan dimanfaatkan untuk menyuplai kebutuhan air irigasi, perkebunan, dan perindustrian. Aliran dasar akan teramati sebagai debit di sungai pada saat musim kemarau. Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis aliran dasar dengan menggunakan 6 metode *Recursive Digital Filter*.

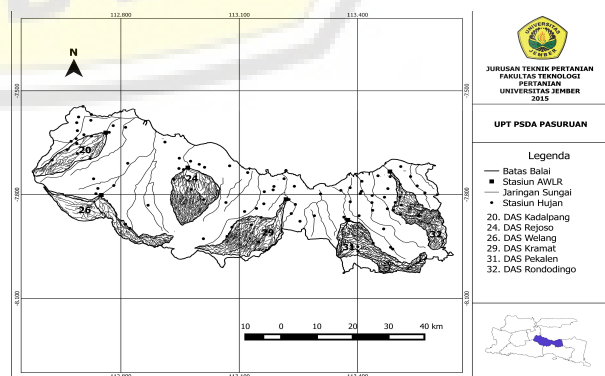
Wilayah di dalam DAS sebagian besar merupakan lahan pertanian yang membutuhkan air untuk lahan pertaniannya. Pada musim kemarau banyak sungai yang terdapat di wilayah DAS mengalami kekeringan. Peran aliran dasar pada saat musim kemarau sangat diperlukan sebagai pasokan air untuk memenuhi kebutuhan pertanian.

Tujuan penelitian ini adalah untuk memperkirakan kontribusi *baseflow* dan mengetahui metode yang lebih optimal dalam memisahkan antara debit terukur dan terhitung di wilayah UPT PSDA Pasuruan dengan menggunakan 6 metode RDF.

#### METODOLOGI PENELITIAN

##### Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan Februari – Desember 2014. Penelitian dilakukan di Wilayah UPT PSDA Pasuruan. Penentuan lokasi ini berdasarkan pertimbangan mengenai kelengkapan data, diantaranya: data debit, data hujan dan data geografis (gambar 1).



Gambar 1. Lokasi Penelitian

Tabel 1. Karakteristik fisik DAS-DAS di UPT PSDAWS Gembong Pekalen

No.	Karakteristik Fisik				
	DAS	Bentuk DAS	Luas (Km <sup>2</sup> )	Keliling (Km)	Panjang Sungai Utama (Km)
1	Kadalpang	Memanjang	113	54,4	23,2
2	Rejoso	Melebar	168,1	51,6	21,8
3	Welang	Memanjang	157,3	100	36,4
4	Kramat	Melebar	177,4	80,3	20,8
5	Pekalen	Memanjang	165,8	82,1	28,2
6	Rondodingo	Memanjang	135,3	75,1	24,1

Pada DAS dengan bentuk memanjang mempunyai karakteristik yaitu titik-titik air dari berbagai lokasi di wilayah hulu DAS sangat kecil kemungkinannya untuk sampai di outlet pada saat yang sama. Sedangkan pada bentuk DAS melebar yaitu mempunyai karakteristik titik air dari berbagai lokasi di bagian hulu akan sampai di outlet pada saat yang relatif bersamaan dan menghasilkan debit puncak yang lebih tinggi. (Indarto, 2010: 89).

Tabel 2. Peruntukan lahan 6 DAS di UPT PSDAWS Gembong Pekalen

No.	Peruntukan	Sub DAS					
		Kadalpang	Rejoso	Welang	Kramat	Pekalen	Rodidingo
		Persentase (%)					
1	Hutan	11	8,7	31,1	1,6	28	32,2
2	Kebun	8,3	17,7	26,8	26,3	79,1	7,3
3	Ladang	14,6	43,7	21,5	61,7	49,6	11
4	Pemukiman	14,4	4,3	9,8	4,7	1,9	5,9
5	Sawah irigasi	41,4	7,8	5,4	2,8	3,9	12,3
6	Semak belukar	10,1	17,6	5,2	2,6	8,5	3,1

Tabel 2 bahwa peruntukan lahan pada ke-enam DAS digunakan untuk hutan, kebun, ladang, pemukiman, sawah irigasi dan semak belukar. Luas hutan terbesar terdapat pada DAS Welang yaitu 49,9 km<sup>2</sup>, luas kebun dan ladang terbesar terdapat pada DAS Kramat yaitu 43,8 km<sup>2</sup> dan 102,8 km<sup>2</sup>, dan pemukiman terbesar terdapat pada DAS Welang yaitu 15,8 km<sup>2</sup> serta luas sawah irigasi terbesar pada DAS Kadalpang yaitu 43,37 km<sup>2</sup>.

Tabel 3. Jenis tanah 6 DAS di wilayah UPT PSDAWS Gembong Pekalen

No.	Jenis Tanah	Sub DAS					
		Kadalpang	Rejoso	Welang	Kramat	Pekalen	Rodidingo
		Persentase (%)					
1	Alluvial	-	-	17,1	-	-	1
2	Andosol	0,4	47,8	46	42,4	46,1	40,3
3	Grumosol	14,2	31,4	30,9	46,4	22,6	29,6

4	Mediteran	83	11,3	5,8	0,1	19,4	23,3
5	Regosol	-	9,2	-	10,9	11,7	5,6
6	Latosol	2,2	-	-	-	-	-

Jenis tanah turut mempengaruhi jumlah air yang terserap dan tersimpan dalam tanah. Pada DAS Kadalpang didominasi oleh tanah mediteran (93,8 Km<sup>2</sup>) dan tidak terdapat jenis tanah regosol dan alluvial. DAS Rejoso tidak memiliki jenis tanah alluvial dan latosol namun didominasi oleh tanah andosol (80,5 Km<sup>2</sup>). Pada DAS Welang didominasi oleh jenis tanah andosol (69,9 Km<sup>2</sup>), DAS Kramat didominasi oleh jenis tanah grumosol (82,5 Km<sup>2</sup>), DAS Pekalen didominasi oleh jenis tanah andosol (76,3Km<sup>2</sup>) dan pada DAS Rondodingo didominasi oleh jenis tanah andosol (54,5 Km<sup>2</sup>).

Tabel 4. Karakteristik curah hujan pada tahun 1996-2005

No.	DAS	Karakteristik Curah Hujan		
		CH Harian Max (mm/hari)	CH Bulanan Rerata (mm/bulan)	CH Tahunan Rerata (mm/tahun)
1	Kadalpang	95,00	187,29	2154,80
2	Rejoso	80,00	89,00	1066,00
3	Welang	145,00	144,08	1729,00
4	Kramat	84,00	84,70	1016,40
5	Pekalen	178,00	263,48	3161,80
6	Rondodingo	134,00	179,57	2154,80

Intensitas curah hujan yang tinggi akan meningkatkan volume aliran sungai dalam suatu kawasan DAS. Semakin tinggi intensitas hujannya, maka volume aliran sungai dalam area DAS tersebut juga semakin tinggi. Demikian juga sebaliknya, jika intensitas curah hujan pada kawasan DAS tersebut rendah, maka volume aliran sungai juga cenderung rendah.

Tabel 5. Karakteristik Debit

No.	DAS	Q <sub>max</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Q <sub>min</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Q <sub>rerata</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Q <sub>median</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Standard Deviasi (m <sup>3</sup> /s)
1	Kadalpang	69,04	0,04	3,19	1,4	4,8
2	Rejoso	110,19	1,1	12,42	11,4	5,5
3	Welang	32,55	0,25	3,89	3,2	2,5
4	Kramat	193,03	0,11	2,63	1,3	4,5
5	Pekalen	94,30	3,35	10,95	8,9	6,3
6	Rondodingo	101,00	0,25	5,03	3,2	6,2

Pada prinsipnya karakteristik debit tiap DAS berbeda-beda. Hal ini dikarenakan karakteristik fisik dari DAS yang bersangkutan berbeda pula, berdasarkan data karakteristik debit yang ada nilai debit rata-rata tertinggi pada DAS Rejoso (12,42 m<sup>3</sup>/s). Sedangkan nilai debit rata-rata terkecil terdapat pada DAS Kramat (2,63 m<sup>3</sup>/s).

### Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah data debit aliran sungai dan data hujan di wilayah UPT PSDA

Pasuruan. Alat yang digunakan adalah 1 set perangkat Komputer, *Software ArcGIS* dan *QuantumGIS*, Microsoft Excel 2010 dan *Software HydroOffice*. Periode rekaman yang digunakan tahun 1996 – 2005.

### Tahap Pelaksanaan

Persiapan data yang digunakan yaitu data debit dan data hujan yang berada pada 6 DAS di wilayah UPT PSDA Pasuruan pada tahun 1996 – 2005. Data debit harian dan data hujan yang didapatkan diubah formatnya menjadi *extensi.txt* agar dapat terbaca oleh 6 metode RDF. Kedua data harian tersebut diolah dengan cara masing-masing metode sehingga dapat dilanjutkan dengan analisis dari hasil keenam metode. Metode yang digunakan untuk analisis aliran dasar dalam pengolahan data debit yakni metode *Recursive Digital Filter* (RDF):

Tabel 6. RDF Filter untuk menganalisis aliran dasar

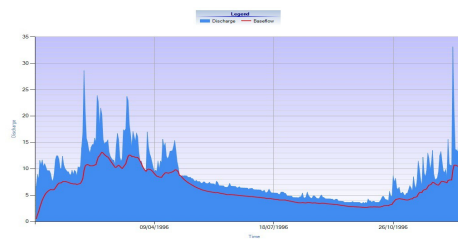
Nama Filter	Persamaan Filter	Referensi
One-parameter algorithm	$q_{s(i)} = \frac{k}{2-k} q_{s(i-1)} + \frac{1-k}{2-k} q_{(i)}$	(Chapman and Maxwell, 1996)
Boughton two-parameter algorithm	$q_{s(i)} = \frac{k}{1+C} q_{s(i-1)} + \frac{C}{1+C} q_{(i)}$	(Boughton, 1993; Chapman and Maxwell, 1996)
IHACRES three-parameter algorithm	$q_{s(i)} = \frac{k}{1+C} q_{s(i-1)} + \frac{C}{1+C} (q_{(i)} + \alpha q_{(i-2)})$	(Jakeman and Hombarger, 1993)
Lyne and Hollick algorithm	$q_{f(i)} = \alpha q_{f(i-1)} + (q_{(i)} - q_{(i-1)}) \frac{1+\alpha}{2}$	(Lyne and Hollick, 1979; Nathan and McMahon, 1990)
Chapman algorithm	$q_{f(i)} = \frac{3\alpha-1}{3-\alpha} q_{f(i-1)} + \frac{2}{3-\alpha} (q_{(i)} - \alpha q_{(i-1)})$	(Chapman, 1991)
EWMA	$q_{b(i)} = \alpha q_{(i)} + (1-\alpha) q_{b(i-1)}$	(Thularam and Ilahee, 2008)

Keterangan:

- $q(i)$  : Nilai debit sungai sesungguhnya pada hari ke- $i$
- $qb(i)$  : Nilai *baseflow* sesungguhnya pada hari ke- $i$
- $qb(i-1)$  : Nilai *baseflow* sebelum hari ke- $i$
- $qf(i)$  : Nilai *quickflow* pada hari ke- $i$
- $k$  : Parameter filter yang diberikan oleh konstanta resesi
- $\alpha$  : Parameter filter
- $C$  : Parameter tambahan untuk mengubah bentuk pemisahan aliran dasar
- $i$  : Inteval waktu harian

### Kalibrasi Pada Setiap DAS

Penetapan nilai parameter dilakukan dengan kalibrasi atau 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 dihasilkan grafik yang cocok antara “debit terukur dan terhitung”. Proses ini dilakukan setiap tahun pada DAS Pekalen Sampen (gambar 2).



Gambar 2. Proses kalibrasi pada DAS Pekalen

Selanjutnya, nilai parameter yang digunakan untuk memisahkan baseflow pada semua periode adalah nilai rerata parameter tiap tahunnya.

Keenam metode RDF 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.

Uji statistik hasil kalibrasi dilakukan dengan *Root Mean Square Error* sebagai berikut:

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

Keterangan:

- $Q_M$  : nilai *baseflow* terhitung
- $Q_0$  : nilai *baseflow* terukur
- $n$  : jumlah dari sampel

Apabila nilai RMSE mendekati nilai 0 maka ada kesesuaian dalam memisahkan antara debit terukur dan terhitung. Selanjutnya, kalibrasi pada masing-masing DAS dilakukan dengan cara yang sama, sehingga didapatkan nilai parameter optimal dari ke enam metode pada masing-masing DAS.

### Validasi dari DAS Pekalen ke DAS lainnya

Proses validasi dilakukan dengan menggunakan nilai parameter dari DAS Pekalen (DAS dimana data nya paling lengkap) ke DAS lainnya (data kurang lengkap). Validasi dilakukan menggunakan data debit pada periode panjang : 1996 – 2005.

### Perbandingan Nilai Parameter

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

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Periode Kalibrasi

#### Nilai Parameter yang diuji

Tabel 7 memuat rentang nilai parameter dari keenam metode pemisahan aliran dasar yang dicoba melalui metode *trial and error* atau *Trim* pada tiap tahunnya. Tabel 7 mencakup semua range nilai yang diuji-cobakan pada setiap DAS.

Tabel 7 Nilai rentang parameter yang diuji tiap tahunnya, pada semua DAS.

No.	Metode RDF	Parameter		
		$k$	$C$	$\alpha$
1	One Parameter	0.80 - 0.99	-	-
2	Boughton	0.90 - 0.99	0.02 - 0.15	-
3	Chapman	-	-	0.33 - 0.98
4	IHACRES	0.90 - 0.980	0.12 - 0.15	0.10 - 0.18
5	Lyne's Hollick	0.960 - 0.99	-	-
6	EWMA	0.01 - 0.02	-	-

Tabel (7) menunjukkan rentang koefisien parameter minimum dan maksimum dari keenam metode pemisahan aliran dasar. Penentuan rentang parameter berdasarkan bentuk garis grafik pemisahan aliran dasar dengan debit total sungai pada tiap tahunnya. Selanjutnya, digunakan nilai rerata untuk semua periode (tabel 8).

Tabel 8. Nilai parameter optimal pada 6 DAS di wilayah UPT PSDA Pasuruan

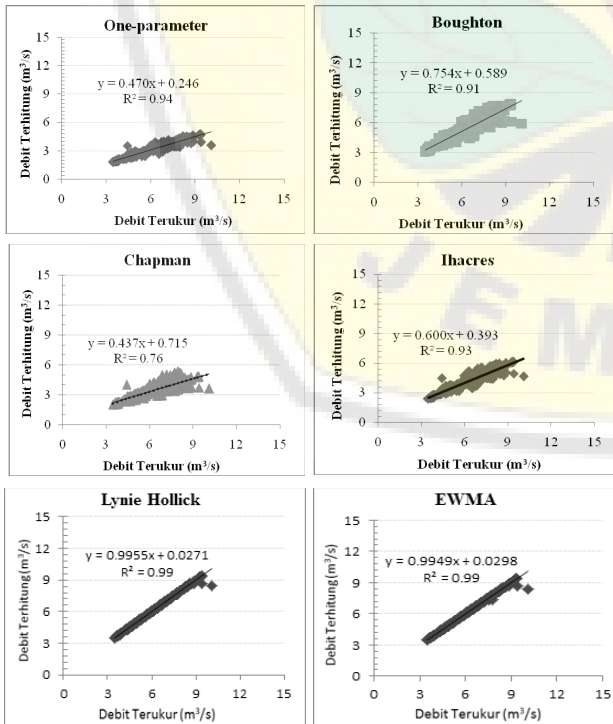
No.	Nama DAS	Parameter Kalibrasi								
		One Parameter			Boughton			Lynie Hollick		
		k	K	C	$\alpha$	k	$\alpha$	C	$\alpha$	$\alpha$
1	Kadalpang	0,992	0,852	0,2	0,995	0,98	0,4	0,035	0,95	0,015
2	Rajoso	0,925	0,99	0,04	0,815	0,98	0,04	0,035	0,975	0,015
3	Welang	0,952	0,99	0,05	0,985	0,98	0,4	0,025	0,989	0,012
4	Kramat	0,989	0,98	0,052	0,915	0,95	0,4	0,035	0,975	0,012
5	Pekalen	0,875	0,98	0,05	0,975	0,98	0,4	0,032	0,99	0,015
6	Rondodingo	0,925	0,98	0,06	0,952	0,95	0,5	0,045	0,975	0,015

Tabel 8 nilai parameter optimal. Dalam hal ini parameter optimal adalah nilai rerata tiap tahunnya, pada masing-masing DAS.

Tabel 9. Nilai RMSE periode kering (Juli - September) tahun 1996 - 2005 pada DAS pekalen.

No.	Nama DAS	RMSE Kalibrasi					
		One Parameter	Boughton	Chapman	IHACRES	Lynie Hollick	EWMA
1	Pekalen	0.11	0.04	0.10	0.08	0.00	0.00

Tabel 9 menunjukkan nilai RMSE periode Juli-September dari tahun 1996-2005 pada DAS Pekalen. Hasil uji kinerja RMSE dari metode Lynie Hollick dan EWMA Filter ada kesesuaian dalam memisahkan antara debit terukur dan debit terhitung.



Gambar 3. Grafik Scatter Plot pada periode Juli-September tahun 1996-2005 pada DAS Pekalen

## Periode Validasi

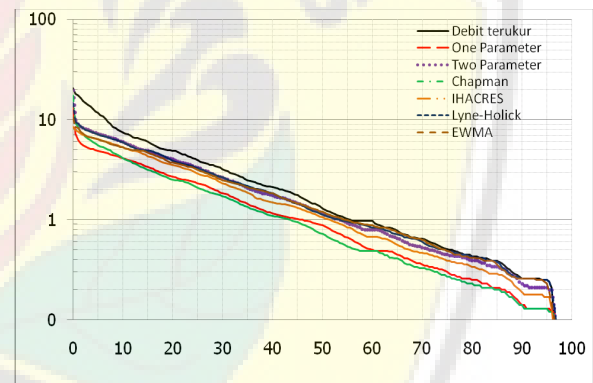
Nilai parameter didapatkan dari proses kalibrasi pada DAS Pekalen diuji coba untuk memisahkan baseflow pada DAS lain. Hasilnya ditampilkan dalam bentuk: RMSE, FDC dan BFI.

Tabel 10. Nilai RMSE pada 6 DAS di wilayah PSDA Pasuruan

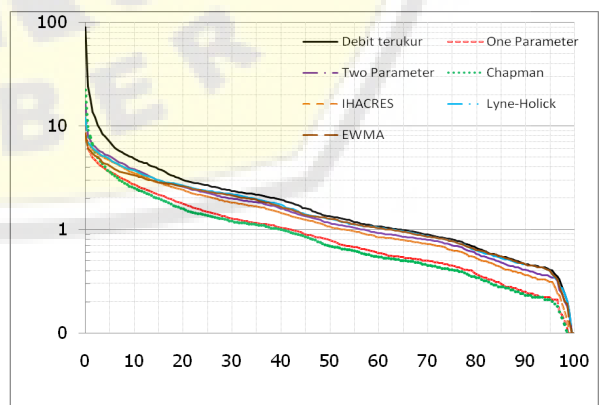
No.	Nama DAS	RMSE Kalibrasi					
		One Parameter	Boughton	Chapman	IHACRES	Lynie Hollick	EWMA
1	Kadalpang	0.03	0.02	0.03	0.03	0.02	0.02
2	Rajoso	0.21	0.08	0.21	0.13	0.01	0.01
3	Welang	0.05	0.02	0.05	0.03	0.02	0.01
4	Kramat	0.03	0.02	0.03	0.02	0.02	0.02
5	Pekalen	0.11	0.04	0.10	0.08	0.00	0.00
6	Rondodingo	0.05	0.02	0.04	0.03	0.01	0.01
	Min	0.03	0.02	0.03	0.02	0.00	0.00
	Max	0.21	0.09	0.21	0.13	0.02	0.02
	Rerata	0.08	0.04	0.08	0.05	0.01	0.01
	Standard Deviasi	0.07	0.03	0.07	0.04	0.01	0.01

## Analisis Kurva Durasi Aliran (FDC)

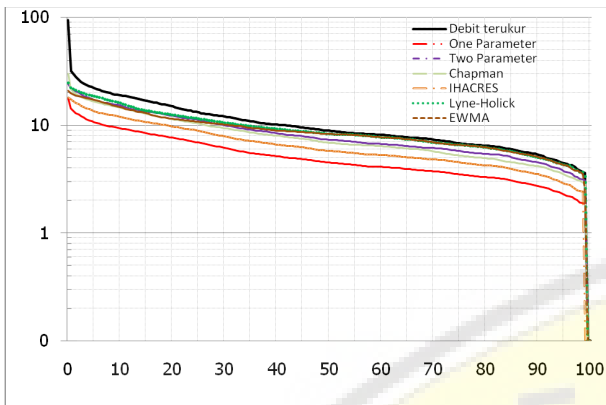
Analisis FDC (flow duration curve) merupakan suatu metode analisis yang digunakan untuk menampilkan sebaran data berdasarkan range-nya yang disajikan dalam persentase kumulatif.



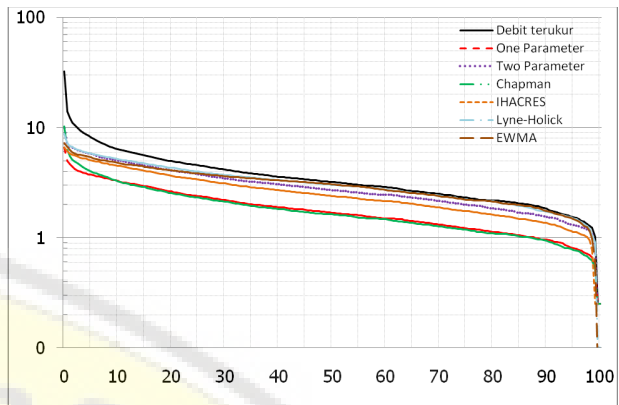
Gambar 4. Grafik FDC pada DAS Kadalpang periode panjang tahun 1997-2005



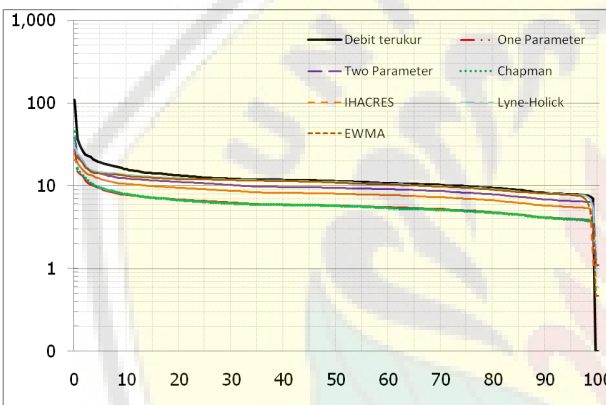
Gambar 5. Grafik flow duration curve pada DAS Kramat periode panjang tahun 1996-2005.



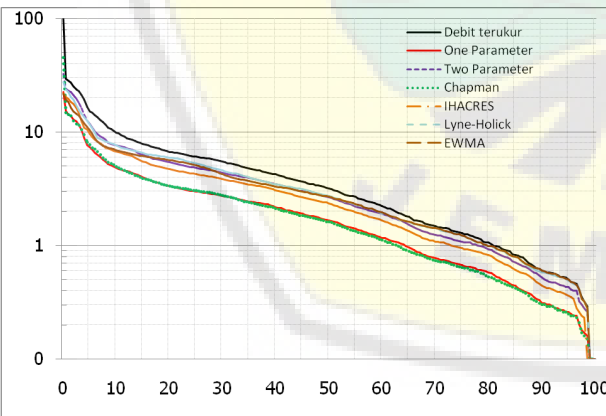
Gambar 6. Grafik flow duration curve pada DAS Pekalen periode panjang tahun 1996-2005.



Gambar 8. Grafik flow duration curve pada DAS Welang periode panjang tahun 1996-2005.

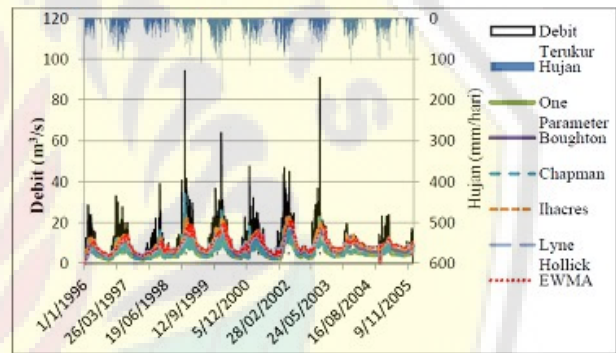


Gambar 6. Grafik flow duration curve pada DAS Rejoso periode panjang tahun 1996-2005.



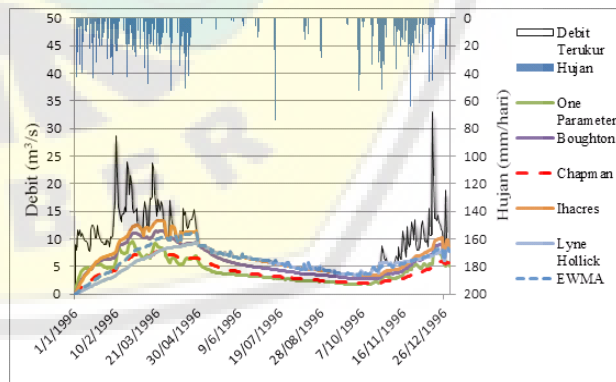
Gambar 7. Grafik flow duration curve pada DAS Rondodingo periode panjang tahun 1996-2005.

Hasil Pemisahan Baseflow Periode Panjang



Gambar 9. Grafik data hujan, debit terukur dan debit terhitung tahun 1996-2005 pada DAS Pekalen

Hasil Pemisahan Baseflow Periode Tahunan



Gambar 10. Grafik data hujan, debit terukur dan debit terhitung tahun 1996 pada DAS Pekalen

### Analisis Baseflow Index (BFI)

Tabel 11. Perbandingan BFI periode Validasi dari 6 DAS di wilayah UPT PSDA Pasuruan pada tahun 1996-2005

No.	Nama DAS	Baseflow Index (BFI) Validasi																	
		One parameter			Boughton			Chapman			Ilahees			Lynnie Hollick			EWMA		
		Min	Max	Rerata	Min	Max	Rerata	Min	Max	Rerata	Min	Max	Rerata	Min	Max	Rerata	Min	Max	Rerata
1	Kadarpang	0.08	1	0.58	0.01	1	0.8	0.2	1	0.5	0.1	1	0.8	0	1	0.9	0	1	0.9
2	Rejoso	0.08	1	0.5	0.08	1	0.82	0.23	1	0.5	0.07	1	0.7	0.01	1	0.94	0.02	1	0.93
3	Welang	0.08	1	0.52	0.08	1	0.83	0.23	1	0.5	0.07	1	0.74	0.01	1	0.91	0.02	1	0.9
4	Kramat	0.08	1	0.57	0.08	1	0.85	0.05	1	0.51	0.07	1	0.79	0.02	1	0.9	0.02	1	0.9
5	Pekalen	0.08	1	0.51	0.08	1	0.85	0.08	1	0.5	0.07	1	0.73	0.05	1	0.91	0.05	1	0.94
6	Rondodango	0.08	1	0.52	0.08	1	0.84	0.08	1	0.49	0.07	1	0.75	0.02	1	0.88	0.02	1	0.87

BFI merupakan perbandingan antara volume aliran dasar dibagi dengan volume total aliran sungai, volume aliran dasar ini diperkirakan dengan menggunakan 6 metode RDF.

### Perbandingan Nilai Parameter

Tabel 12. Perbandingan Nilai Parameter 6 DAS di wilayah UPT PSDA Pasuruan tahun 1996-2005

No.	Nama DAS	Nilai Parameter											
		One Parameter		Boughton		Chapman		IHACRES		Lynnie Hollick		EWMA	
		k	c	k	c	a	k	a	c	a	a		
1	Kadarpang	0.951	0.937	0.052	0.757	0.946	0.132	0.038	0.99	0.014			
2	Rejoso	0.877	0.972	0.066	0.690	0.968	0.134	0.054	0.975	0.014			
3	Welang	0.951	0.978	0.062	0.781	0.949	0.134	0.066	0.983	0.012			
4	Kramat	0.973	0.916	0.043	0.762	0.919	0.112	0.036	0.99	0.012			
5	Pekalen	0.918	0.98	0.09	0.404	0.914	0.13	0.088	0.972	0.159			
6	Rondodango	0.839	0.973	0.07	0.756	0.953	0.136	0.061	0.982	0.013			

### KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode *Lynnie Hollick* dan *EWMA filter* menghasilkan kinerja yang relatif lebih baik dari metode lainnya pada semua DAS. Hal ini didasarkan pada nilai R square, RMSE dan FDC.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti mengucapkan banyak terimakasih kepada Prof. Dr. Indarto S.TP., DEA. dan Dr. Elida Novita S.TP., MT. yang telah meluangkan waktu untuk memberikan arahan dan bimbingan dalam penyusunan skripsi ini.

### DAFTAR PUSTAKA

- Boughton, W. C. 1993. *A hydrograph - based model for estimating the water yield of ungauged catchments, paper presented at Hydrology and Water Resources Symposium*. Australia: Institute of Engineers Auralia National Conference.
- Chapman, T. 1991. *Comment on "Evaluation of automated techniques for baseflow and recession analyses" by R. J. Nathan and T. A. Mc-Mahon*. Water Resour, Vol. 27No.7 : 1783-1784.
- Chapman, T. dan Maxwell. 1996. *Baseflow Separation Comparison of Numerical Methods with Tracer Experiments, in Hydrol. And Water Resour. Symp.*, pp. I nstitution of Engineers Australia, Hobart.
- Indarto. 2010. *Teori Hidrologi Dasar dan Contoh Aplikasi Model Hidrologi*. Jakarta: Bumi Aksara.

Jakerman, A. J. dan Hornberger, G.M. 1993. *How much complexity is warranted in a rainfall-runoff model*. *Water Resources Research* 29,pp2637-2649.

Lynnie, V. dan Hollick, M. 1979. *Stochastic time - variable rainfall - runoff modeling*. Institute Engineers Australia National Conference. Publ. 79 / 10, 89-93.

Nathan, R.J. dan McMahon, T. A. 1990. *Evaluation of automated techniques for baseflow and recession analysis*. Water Resources Publication : USA. 26(7): 1465-1473.

Tularam, G. A. dan Ilahee, M. 2008. *Exponential smoothing method of baseflow separation and its impact on continous loss estimates*. *American Journal of Environmental Scieecs*. 4(2), 136-144.