

ANALISIS ALIRAN DASAR MENGGUNAKAN PERBANDINGAN 3 METODE GRAFIS DAN 6 METODE RDF DI DAS WILAYAH UPT PSDA MALANG

Yusky Ali¹, Indarto², Muharjo Pudjojono³

¹Dept of Agricultural Engineering, FTP, Universitas Jember, Jl Kalimantan No. 37 Kampus Tegalboto Jember 68121.
E-mail: indarto.ftp@unej.ac.id

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan nilai parameter optimal dan memilih metode pemisahan aliran dasar yang dapat diterapkan pada DAS-DAS di wilayah UPT PSDA Malang. Enam (6) metode berbasis filter atau Recursive-Digital-Filter (RDF) dan tiga (3) jenis metode berbasis grafis digunakan dalam penelitian ini. Data debit harian (1996-2014) yang berasal dari 7 DAS pada wilayah UPT PSDA Malang dipilih sebagai sampel pengujian. Selanjutnya, nilai akan diolah dengan menggunakan software Hydrooffice untuk mendapatkan parameter optimal pada setiap DAS. Kalibrasi dilakukan menggunakan data debit musim-kemarau (Juli-September) pada tiap tahunnya dan diperoleh nilai range parameter untuk tiap metode pada masing-masing DAS. Proses validasi dilakukan dengan menggunakan nilai parameter optimal dari DAS, untuk menentukan nilai parameter pada DAS lain. Hasil penelitian yang menunjukkan nilai parameter optimal dari DAS terpilih dapat digunakan untuk menentukan aliran dasar pada DAS lain. Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa ada prinsipnya semua metode dapat digunakan. Selanjutnya dua metode (EWMA dan Lyne & Hollick) memberikan kinerja yang lebih baik untuk diterapkan di Wilayah UPT PSDA Malang.

Kata kunci: Aliran dasar, UPT PSDA Malang, Jawa Timur, metode grafis, metode Recursive-Digital-Filter (RDF).

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara agraris, dimana sebagian besar masyarakatnya adalah bermata pencaharian di bidang pertanian. Pada daerah-daerah di Indonesia seperti Jawa Timur sebagian besar masyarakatnya bekerja sebagai petani, maka di Jawa Timur terdapat banyak DAS dengan kondisi dan potensi yang sangat beragam. Aliran dasar (*baseflow*) adalah aliran yang berasal dari air hujan dan terinfiltrasi dan tersimpan didalam aquifer. Saat musim kemarau aliran dasar (*baseflow*) yang tersimpan didalam aquifer pada suatu DAS akan keluar, sehingga masyarakat yang bermata pencaharian sebagai petani akan mendapatkan persediaan air pada saat musim kemarau.

Pada dasarnya, informasi mengenai perkiraan ketersediaan dan kontribusi aliran dasar diperlukan sebagai acuan dalam strategi pengembangan dan pengelolaan sumberdaya di sebuah DAS. Dengan orientasi kontribusi aliran dasar yang masuk ke sungai dapat dipertahankan selama periode kering dan dimanfaatkan untuk menyuplai kebutuhan air seperti irigasi pertanian, perkebunan dan industri (Brodie, 2007:4)

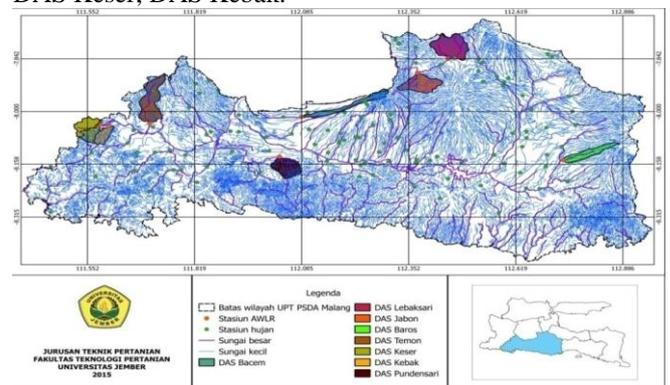
Metode yang digunakan menganalisis *baseflow* yaitu dengan menggunakan teknik pemisahan aliran dasar. Teknik pemisahan aliran dasar dapat dilakukan dengan 3 metode grafis dan 6 metode *Recursive Digital Filter*. 3 metode grafis yaitu; (1) *Local Minimum Method*, (2) *Fixed Internal method* dan (3) *Sliding Interval Method* dan 6 metode *Recursive Digital Filter* yaitu; (1) *IHACRES (Identification of Unit Hydrograph and Component Flows From Rainfall, Evaporation and Streamflow Data)*, (2) *BFLOW* (Lynie and

Hollick algorithm), (3) *Chapman Algorithm*, (4) *One Parameter Algorithm*, (5) *Two Parameter Algorithm*, (6) *EWMA (Exponentially Weighted Moving Average) filter*.

METODOLOGI

Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian ini dilakukan di enam DAS wilayah UPT PSDA Malang. Data pengamatan mencakup yaitu DAS Lebakasari, DAS Jabon, DAS Baros, DAS Temon, DAS Keser, DAS Kebak.



Bahan dan Peralatan

Input Utama

Input utama dari penelitian ini adalah data debit harian. Data debit harian excel diformat ke dalam (*.txt), selanjutnya dimasukkan ke dalam perangkat lunak HydroOffice 2012 (Gregor, 2012,2015).

Peralatan

Software yang digunakan untuk menganalisa: Microsoft Excel, AcGIS HydroOffice 2012 (Greggor, 2012; 2015).

Metode analisis

Pemisahan aliran dasar dari debit total, dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak HydroOffice (Gregor,2012,2015), menggunakan 6 metode filter (one parameter, Boughton-two parameter, Ihacres, Chapman, Lyne-Hollick, dan EWMA) dan tiga metode grafis (metode *Local Minimum*, *Fixed Interval*, dan *Sliding Interval*). Analisis hasil pemisahan dilakukan dengan menggunakan statistik: RMSE, R square, dan visualisasi grafis menggunakan analisis kurva durasi aliran (*Flow Duration Curve*).

Tahap Pelaksanaan

Persiapan

Tahap persiapan dalam penelitian ini adalah data debit dan data hujan pada enam das di wilayah UPT PSDA Malang. Data debit dan data hujan yang sebelumnya berbentuk file excel dirubah menjadi file.txt agar dapat di baca oleh software Hydrooffice 2012 yang didalamnya ada 3 metode grafis dan 6 metode RDF. berikut 3 metode grafis dan 6 metode RDF:

a. Metode Grafis

Metode grafik merupakan metode yang akan menghubungkan antara titik terendah dengan titik terendah yang berdekatan sehingga akan membentuk garis yang didefinisikan sebagai aliran dasar (*baseflow*). Sloto dan Crouse (1996:5) menyebutkan bahwa metode pemisahan aliran dasar (*baseflow*) dibagi menjadi tiga, yaitu sebagai berikut.

(1) *Local Minimum Method*

Metode ini mengevaluasi debit setiap harinya untuk menentukan apakah hari tersebut termasuk debit terendah atau tidak pada interval yang dimaksud

(2) *Fixed Interval Method*

Metode ini 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:

(3) *Sliding Interval Method*

Metode ini menggunakan persamaan setengah interval dikurangi satu hari [0,5 (2 N*-1) hari] sebelum dan sesudah hari yang sedang dipertimbangkan dan nilai debit terendah yang dihasilkan akan digunakan untuk hari itu.

b. Metode RDF

Menurut Chapman dan Maxwell (1996:5) metode *Recursive Digital Filter* Merupakan metode dengan memanfaatkan konstanta resesi hidrograf yang digunakan untuk mendapatkan besarnya rasio aliran dasar dari debit kontinyu selama periode tidak ada limpasan langsung.

Nama Filter	Persamaan Filter	Referensi
<i>One-parameter</i>	$q_{b(i)} = \frac{k}{2-k} q_{b(i-1)} + \frac{1-k}{2-k} q_{(i)}$	(Chapman and Maxwell, 1996)
<i>Boughton two-parameter</i>	$q_{b(i)} = \frac{k}{1+c} q_{b(i-1)} + \frac{c}{1+c} q_{(i)}$	(Boughton, 1993; Chapman and Maxwell, 1996)
<i>IHACRES three parameter</i>	$q_{b(i)} = \frac{k}{1+c} q_{b(i-1)} + \frac{c}{1+c} (q_{(i)} - \alpha q_{(i-1)})$	(Jakeman and Hombarger, 1993)
<i>Lyne and Hollick algorithm</i>	$q_{f(i)} = \alpha q_{f(i-1)} + (q_{(i)} - q_{(i-1)}) \frac{1+\alpha}{2}$	(Lyne and Hollick, 1979; Nathan and McMahon, 1999)
<i>Chapman algorithm</i> <i>EWMA</i>	$q_{f(i)} = \frac{3-\alpha-1}{3-\alpha} q_{f(i-1)} + \frac{2}{3-\alpha} (q_{(i)} - \alpha q_{(i-1)})$ $q_{b(i)} = \alpha q_{(i)} + (1+\alpha) q_{b(i-1)}$	(Chapman, 1991) (Thularam and 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* pada hari sebelumnya

k : parameter filter yang diberikan oleh konstanta

resesi

C : parameter untuk pemisahan aliran dasar

α : parameter filter

i : Interval waktu harian

Proses Kalibrasi

Kalibrasi merupakan proses untuk menentukan parameter dalam pengujian metode yang digunakan Proses kalibrasi dilakukan pada bulan kering yaitu sekitar bulan Juli, Agustus dan September. proses pengkalibrasian dilakukan dengan memasukkan nilai parameter secara manual yaitu dengan menaikkan dan menurunkan parameter sampai menghasilkan nilai aliran dasar yang sesuai untuk tiap tahunnya. penentuan parameter akan dihentikan apabila grafik debit terukur (garis merah) pada musim kemarau berimpit dengan grafik luasan (biru). Kemudian, nilai parameter pada setiap DAS ditentukan dari nilai rata-rata tiap tahunnya. Proses kalibrasi dilakukan dengan cara yang sama pada DAS yang lainnya sehingga didapatkan range nilai parameter tiap DAS dan nilai rata-ratanya.

Proses Validasi

Proses validasi merupakan proses lanjutan dari proses kalibrasi dan digunakan untuk menguji apakah parameter yang dihasilkan pada proses kalibrasi dapat digunakan pada DAS lainnya. Proses validasi dilakukan dengan menggunakan nilai parameter optimal (rerata) dari DAS Keser (dengan asumsi datanya lebih lengkap) ke DAS lainnya (dengan asumsi data kurang lengkap).

2.4.4 Visualisasi FDC

Visualisasi FDC ini dilakukan untuk melihat metode mana yang paling optimal untuk menghasilkan proses pemisahan aliran dasar paling baik. Pada wilayah UPT PSDA Malang dimana curah hujan sangat minim atau hampir tidak ada selama musim kemarau (dalam hal ini diambil bulan paling kering antara Juli sd September), maka pemisahan yang berkinerja baik akan menghitung aliran dasar pada bulan Juli sd September mendekati debit terukur (debit total di Sungai), sebaliknya pada musim hujan (misalnya: periode oktober sd april) maka metode tersebut dapat memisahkan komponen aliran dasar dari debit total.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik DAS

Luas dan Bentuk DAS

Luas DAS dan bentuk DAS mempengaruhi kapasitas debit pada suatu DAS tersebut. Jika semakin luas daerah DAS, maka daya tampung air juga akan semakin besar. Berikut adalah luas DAS dan bentuk DAS pada setiap DAS yang diamati di UPT PSDA Malang;

No	DAS	Luas DAS Otomatis (km ²)	Luas DAS Manual(km ²)	Bentuk DAS
1	Lahar Bacem	53	32	Memanjang
2	Coban Rondo	62	62	Melebar
3	Jabon	45	45	Melebar
4	Sumber Ampel	27	29	Memanjang
5	Bagong Temon	63	64	Memanjang
6	Keser	44	42	Melebar
7	Duren Kebak	18	19	Memanjang

Pada tabel diatas menunjukkan bahwa DAS yang nilai luasnya paling besar adalah DAS Bagong Temon yaitu sebesar 63 km² (otomatis) dan seluas 64 km² (manual). Perbedaan luas DAS yang dibuat secara manual dan otomatis dikarenakan perbedaan sumber data yang digunakan dalam proses pembuatan DAS. Bentuk DAS juga berpengaruh terhadap besar waktu terjadinya aliran puncak pada outlet DAS.

Karakteristik Hidrologi

Karakteristik Debit

Pada penelitian ini data debit yang digunakan adalah data rekaman debit harian untuk periode Januari 1996 - Desember 2014. Berikut adalah nilai debit pada setiap DAS di UPT PSDA Malang.

Tabel Karakteristik Debit

No	DAS	Debit dalam m ³ /detik		
		min	Maks	Rerata
1	Lahar Bacem	0,00	12.50	0.65
2	Coban Rondo	0,03	4.47	0.50
3.	Jabon	0,00	5.58	0.46
4.	Sumber Ampel	0,00	5.08	0.17
5	Bagong Temon	0.00	25.40	2.49
6	Keser	0.01	137.00	4.83
7	Duren Kebak	0.00	8.46	0.31

(Sumber: Data Diolah, 2016)

Analisis Data debit dipeleah dai rekaman data debit harian periode 1 Januari sampai dengan 31 Desember 2014. Dari tabel dapat diketahui nilai debit maksimum dan nilai debit minimum pada setiap DAS. DAS yang memiliki nilai debit tertinggi adalah DAS Keser yaitu sebesar 137,00 m³/detik.

Karakteristik Hujan

Analisis karakteristik hujan diperoleh dari data rentang waktu hujan harian. Data curah hujan yang digunakan merupakan rekaman harian periode 1 januari 1996- 31 Desember 2014. Karakteristik hujan yang telah diperoleh dari setiap DAS ditampilkan pada Tabel 4.3 di bawah ini.

Tabel Hujan Harian dalam mm/hari

No	Daerah Aliran Sungai (DAS)	Hujan Harian dalam mm/hari		
		min	Maks	Rerata
1	Lahar Bacem	0,00	115,00	5,25
2	Coban Rondo	0,00	149,00	13,23
3	Jabon	0,00	169,00	17,47
4	Sumber Ampel	0,00	150,00	36,11
5	Bagong Temon	0,00	143,00	6,80
6	Keser	0,00	178,00	12,38
7	Duren Kebak	0,00	160,00	8,00

(Sumber: Data Diolah, 2016)

Pada tabel hujan harian diatas menunjukkan nilai hujan harian maksimum dan nilai hujan minimum pada setiap DAS. Das yang memiliki nilai hjan haian maksimum adalah DAS Keser yaitu sebesar 178 mm/hari. Kemudian untuk nilai minimum dimiliki oleh semua DAS yaitu sebesar 0.

Hasil Kalibrasi

Tujuan dari proses kalibrasi ini adalah untuk menentukan parameter pada setiap tahunnya. Berikut range parameter yang didapatkan dari masing-masing metode dan yang diujikan pada semua DAS:

Tabel Nilai rentang parameter metode RDF

No.	Metode RDF	Parameter		
		K	c	a
1	One Parameter	0,982 - 0,994	-	-
2	Two Parameter	0,832 - 0,991	0,012 - 0,018	-
3	IHACRES	0,899 - 0,952	0,013 - 0,026	0,944 - 0,979
4	Chapman	-	-	0,909 - 0,998
5	Lynie Hollick	-	-	0,995 - 0,998
6	EWMA	-	-	0,0016 - 0,0049

(Sumber: data diolah,2016)

Tabel Rentang nilai parameter metode Grafis

Metode Grafis	Parameter	
	N	f
1 Local Minimum Method	4 - 7	0,85 - 0,89
2 Fixed Interval Method	15 - 18	-
3 Sliding Interval Method	47-54	-

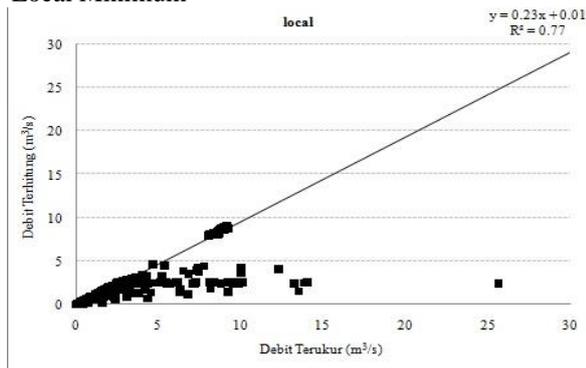
(Sumber: Hasil data diolah,2016)

Tabel uji statistik RMSE

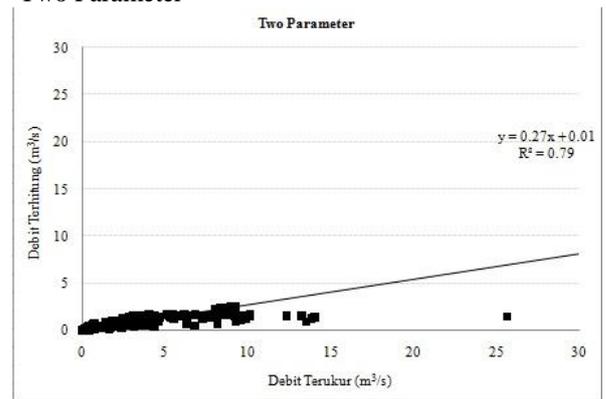
RMSE DAS Keser Periode Juli-September Tahun 1996-2014	
Metode	RMSE
One parameter	0,15
Two parameter	0,18
IHACHRES	0,17
Chapman Algorithm	0,19
Lyne & Hollick	0,11
EWMA	0,10
Local Minimum Method	0,16
Fixed Interval Method	0,18
Sliding Interval Method	0,15

Dari hasil uji statistik dengan menggunakan RMSE bahwa pada tabel diatas menunjukkan metode yang menghasilkan nilai RMSE mendekati 0 (nol) adalah metode Lyne Holick dan EWMA. Jika nilai semakin mendekati nol (0) maka tingkat kesalahan selama pengolahan data semakin kecil.

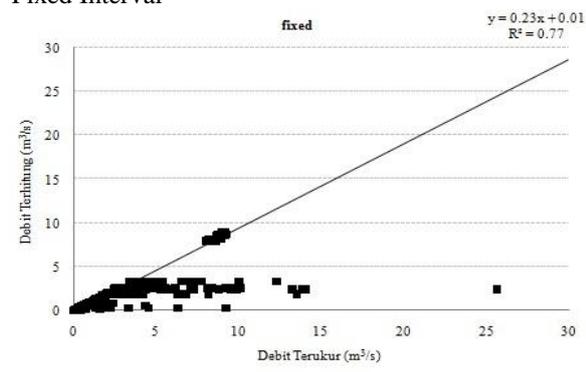
a. Local Minimum



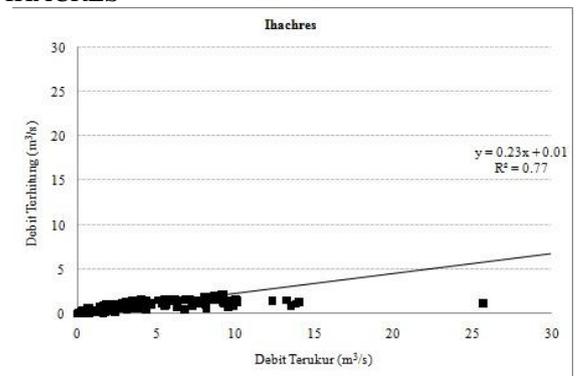
e. Two Parameter



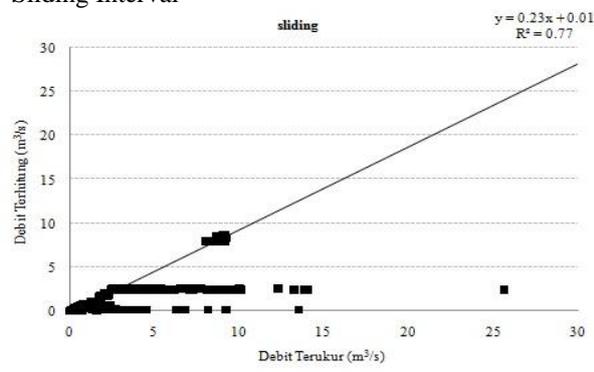
b. Fixed Interval



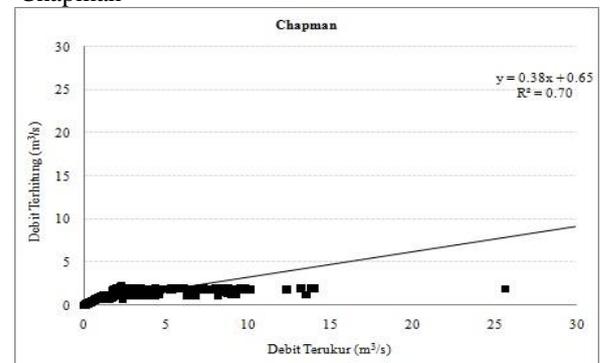
f. IHACRES



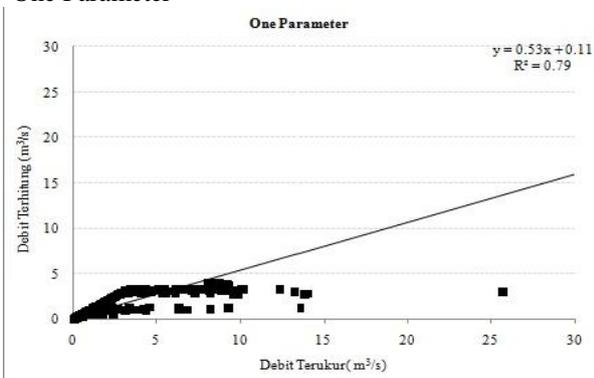
c. Sliding Interval



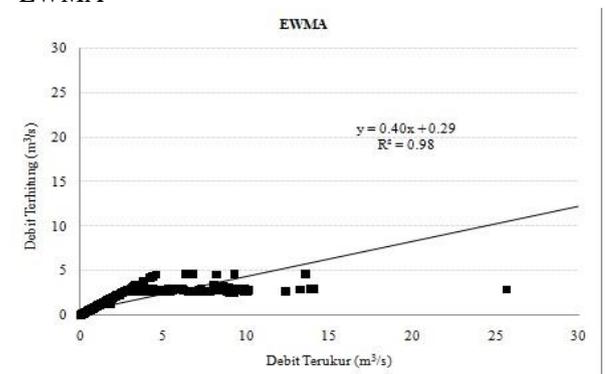
g. Chapman



d. One Parameter



h. EWMA



Gambar Grafik periode 1 Juli-30 September 1996-2014
 DAS Keser
 (sumber: Data diolah, 2016)

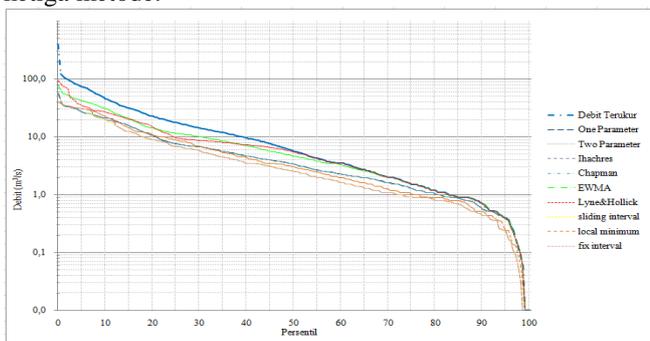
DAS	RMSE Periode Bulan Juli-September					
	One parameter	Two parameter	IHACHRES	Chapman Algorithm	Lyne & Hollick	EWMA
Cobanrondo	0,027	0,032	0,030	0,026	0,019	0,019
Lahar bacem	0,067	0,087	0,080	0,067	0,018	0,017
Jabon	0,045	0,045	0,066	0,049	0,019	0,020
Ampel	0,036	0,058	0,045	0,041	0,016	0,019
Bagong	0,044	0,063	0,039	0,036	0,017	0,021
Kebak	0,036	0,060	0,036	0,036	0,015	0,021
Min	0,027	0,032	0,030	0,026	0,015	0,017
Maks	0,067	0,087	0,08	0,067	0,019	0,022
Rerata	0,0431	0,0570	0,0531	0,0459	0,0174	0,0199
Standard Deviasi	0,013	0,017	0,020	0,016	0,002	0,002

DAS	RMSE Periode Bulan Juli-September		
	Local Minimum	Fixed Interval	Sliding Interval
Cobanrondo	0,026	0,029	0,033
Lahar bacem	0,045	0,059	0,067
Jabon	0,035	0,045	0,034
Ampel	0,042	0,037	0,028
Bagong	0,034	0,051	0,037
Kebak	0,034	0,034	0,034
Min	0,026	0,029	0,028
Maks	0,045	0,059	0,067
Rerata	0,0361	0,0406	0,0399
Standard Deviasi	0,006	0,011	0,013

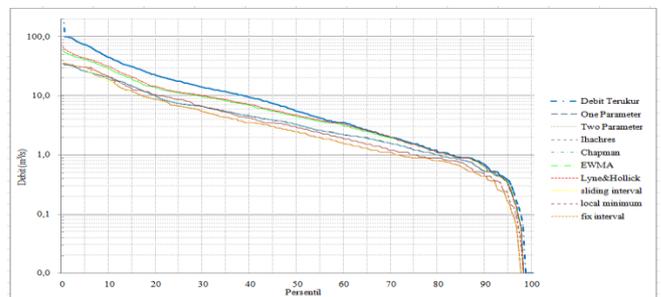
Tabel diatas merupakan kinerja dari metode Lyne & Hollick dan EWMA pada proses kalibrasi dan validasi. Pada tabel menunjukkan bahwa kedua metode tersebut menghasilkan nilai mendekati 0 (nol). Nilai curah hujan yang rendah akan menyebabkan nilai *quickflow* dan *surface runoff* juga akan kecil. Sehingga hal tersebut dapat mempengaruhi kerja dari parameter yang akan menyebabkan nilai *quickflow* dan *surface runoff* relatif kecil pada parameter α dan hanya menyisakan nilai dari aliran dasar. Jadi kedua metode ini lebih optimal dalam melakukan pemisahan aliran dasar dari debit totalnya.

Analisis Kurva Aliran

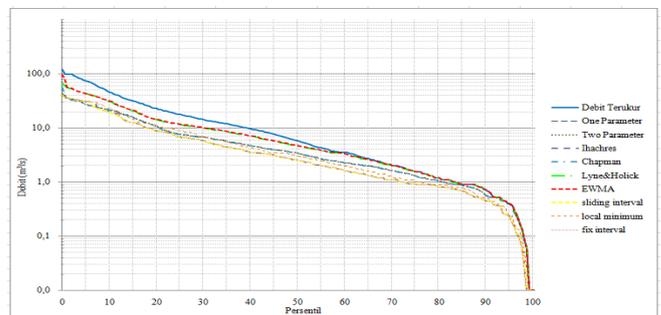
Flow Duration Curve (FDC) untuk merangking semua data yang ada di dalam suatu rentang waktu dan diplotkan dengan nilai persentase kemunculannya dari 0% hingga 100%. FDC digunakan untuk melihat lebih detail kecenderungan signifikan yang dihasilkan dari perhitungan ketiga metode.



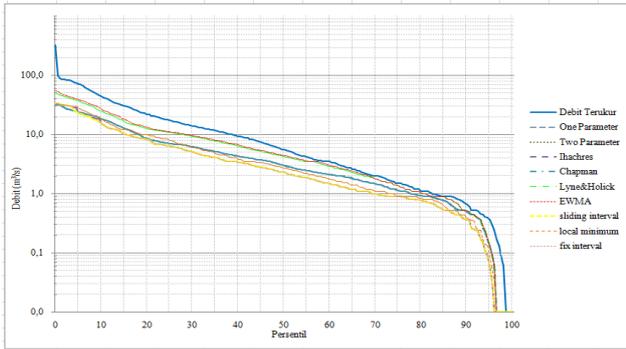
Grafik FDC pada DAS Cobanrondo periode panjang tahun 2011-2014 (Sumber: Hasil pengolahan data, 2016)



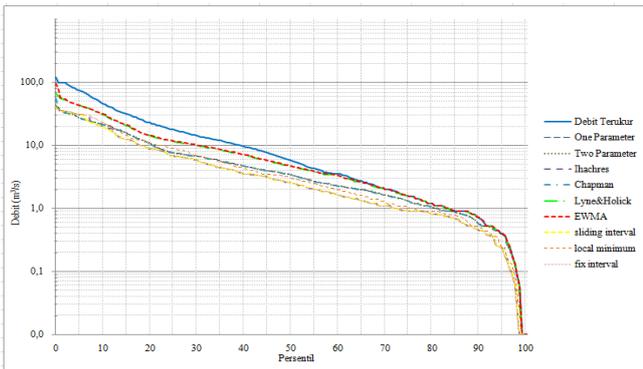
Grafik FDC pada DAS Lahar bacem periode panjang tahun 2011-2014 (Sumber: Hasil pengolahan data, 2016)



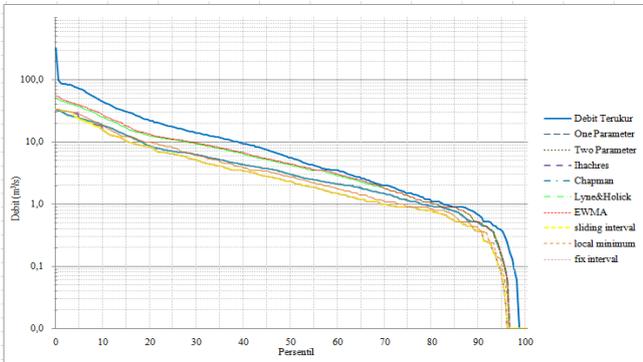
Grafik FDC pada DAS Jabon periode panjang tahun 2011-2014 (Sumber: Hasil pengolahan data, 2016)



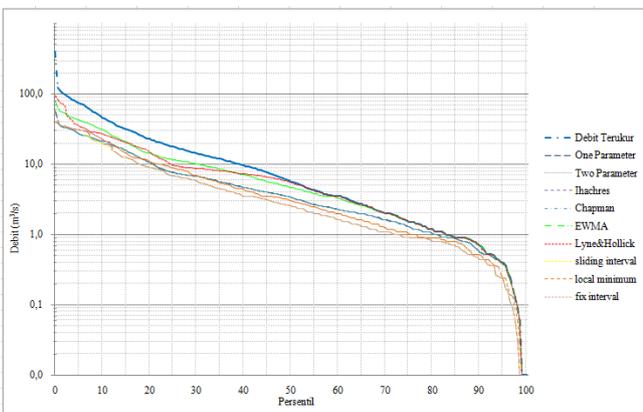
Grafik FDC pada DAS Ampel periode panjang tahun 2011-2014 (Sumber: Hasil pengolahan data, 2016)



Grafik FDC pada DAS Bagong periode panjang tahun 2011-2014 (Sumber: Hasil pengolahan data, 2016)

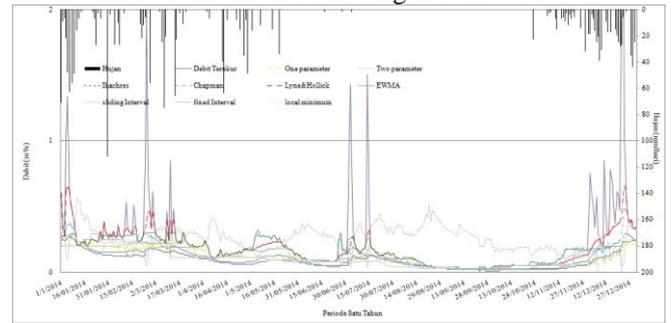


Grafik FDC pada DAS Keser periode panjang tahun 2011-2014 (Sumber: Hasil pengolahan data, 2016)

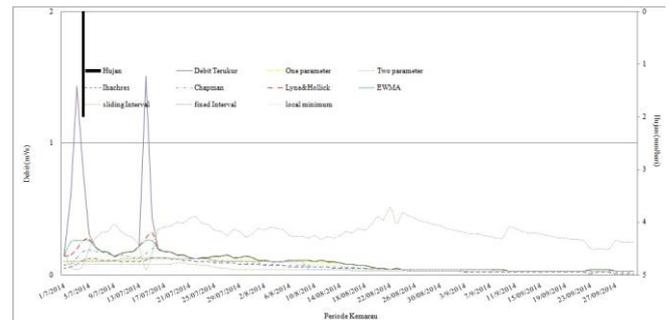


Grafik FDC pada DAS Kebak periode panjang tahun 2011-2014 (Sumber: Hasil pengolahan data, 2016)

Gambar diatas adalah grafik FDC dari setiap DAS di UPT PSDA Malang. Seperti pada gambar diatas bahwa grafik FDC menunjukkan hubungan antara debit dengan presentase 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 performa paling baik adalah *Lyne & Hollick* dan *EWMA*. Performa yang paling baik yaitu apabila saat musim kemarau debit terukur dan terhitung saling berhimpitan, dan pada saat musim penghujan dapat memisahkan antara aliran dasar dengan debit total.



Hasil pemisahan aliran dasar pada DAS Keser periode 1 tahun



Hasil Pemisahan aliran dasar pada DAS Keser periode bulan kering

Pada gambar diatas menunjukkan pada saat bulan kering atau musim kemarau nilai debit sungai menurun karena pada saat musim kemarau hampir tidak terjadi hujan.

Analisis Baseflow Index (BFI)

Metode RDF	Ket.	DAS						
		Cobanrondo	LaharBacem	Jabon	Sumber Ampel	Bagong Temon	Keser	Kebak
One parameter	Rerata	0,25	0,30	0,71	0,71	0,63	0,71	0,61
	Maks	0,60	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	Min	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Two Parameter	Rerata	0,73	0,08	0,54	0,56	0,08	0,37	0,26
	Maks	1,00	0,81	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	Min	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
IHACHRES	Rerata	0,24	0,43	0,46	0,42	0,49	0,29	0,47
	Maks	0,78	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	Min	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01
Chapman	Rerata	0,54	0,65	0,72	0,80	0,55	0,78	0,51
	Maks	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	Min	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01
Lyne Holick	Rerata	0,87	0,87	0,89	0,88	0,63	0,87	0,81,
	Maks	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	Min	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00
EWMA	Rerata	0,87	0,86	0,82	0,86	0,83	0,87	0,85
	Maks	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	Min	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
Local Minimum	Rerata	0,41	0,54	0,54	0,74	0,80	0,74	0,78
	Maks	1,16	1,00	1,00	1,00	1,16	1,00	1,00
	Min	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00
Fixed Interval	Rerata	0,83	0,65	0,55	0,66	0,76	0,71	0,73
	Maks	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	Min	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sliding Interval	Rerata	0,75	0,58	0,69	0,59	0,63	0,58	0,58
	Maks	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	Min	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tabel Baseflow Index (BFI) semua DAS

Tabel diatas merupakan hasil *Baseflow Index* (BFI) di wilayah UPT PSDA Malang periode 1996-2014. Pada tabel tersebut menunjukkan perbandingan nilai minimum, maximum dan rerata dari masing-masing DAS.

KESIMPULAN

1. Nilai BFI tertinggi diperoleh dari metode *Lyne & Hollick*. besarnya indeks aliran dasar dari metode ini mengindikasikan bahwa aliran sungai pada UPT PSDA Madiun pada periode kering di bulan Juli sampai September berasal dari kontribusi aliran dasar.
2. Dari pembahasan diatas dapat disimpulkan bahwa metode yang paling optimal untuk 7 DAS di UPT PSDA Malang adalah metode EWMA dan Lyne Hollick. Metode EWMA dan Lyne Hollick membuktikan dengan uji statistik menggunakan RMSE dan FDC rerata tertinggi diperoleh dari metode Lyne Hollick.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terimakasih kepada Prof. Indarto S.TP., DEA. sebagai dosen pembimbing utama dan Ir. Muhardjo Pudjojono sebagai dosen pembimbing anggota yang selalu memberikan bimbingan, kepada Ayah dan Ibu dan juga

segenap tim gumuk hunter dan teman-teman yang senantiasa mendukung dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

Asdak C. 2002. Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press

Chapman, T.G. dan Maxwell, A.I. 1996. Baseflow Separation - Comparison Of Numerical Methods With Tracer Experiments. *Water Resour.* Hobart : Institute of EngineersAustralia.

Gregor, M. 2010. *BFI+ 3.0 User's Manual*. Slovakia : ComeniusUniversity

Indarto. 2010. *Hidrologi Dasar Teori dan Contoh Aplikasi Model Hidrologi*. Jakarta : PT.BumiAksara.

Sloto, R.A., dan Crouse, M.Y. 1996. A Computer Program For Streamflow Hydrograph Separation And Analysis. *U.S. Geological Survey, Water Resources Investigations*. Report 96-4040, Pennsylvania, 46 p

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 TechnologyGriffithUniversity (ENV). Vol. 4 (2): 136-138.