



ANALISIS BASEFLOW MENGGUNAKAN PERBANDINGAN 6 METODE

RDF (*Recursive Digital Filter*)

(*Studi Kasus di UPT PSDAWS Gembong Pekalen*)

SKRIPSI

Oleh:

Faizol Zahroni
101710201065

KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN

REPUBLIK INDONESIA

UNIVERSITAS JEMBER

FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN

2015



ANALISIS BASEFLOW MENGGUNAKAN PERBANDINGAN 6 METODE

RDF (*Recursive Digital Filter*)

(*Studi Kasus di UPT PSDAWS Gembong Pekalen*)

SKRIPSI

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat
untuk menyelesaikan Program Studi Teknik Pertanian (S1)
dan mencapai gelar Sarjana Teknologi Pertanian

Oleh:

Faizol Zahroni
101710201065

KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN

REPUBLIK INDONESIA

UNIVERSITAS JEMBER

FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN

2015

PERSEMBAHAN

Karya Tulis Ilmiah ini merupakan salah satu hal yang berharga bagi saya dalam meniti jalan mencapai cita-cita saya yang besar. Dengan penuh rasa syukur dan hormat Karya Tulis ini saya persembahkan kepada :

1. Ibunda Hj. Rohimatul Rohma, Ayahanda (Alm) H. Hasan dan kakak-kakak yang tercinta;
2. Guru-guruku sejak Taman Kanak-Kanak sampai dengan Perguruan Tinggi;
3. Almamater Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember.

MOTO

“Barangsiapa yang Allah kehendaki kebaikan kepadanya, maka Allah akan pandaikan ia dalam agama”

(Al-Hadits)

“Sesungguhnya hanya orang-orang yang bersabarlah yang dicukupkan pahala mereka tanpa putus”

(QS. Az-Zumar : 10)

“Jangan lihat masa lampau dengan penyesalan, jangan pula lihat masa depan dengan ketakutan, tapi lihatlah sekitarmu dengan penuh kesadaran”

(James Thurber)

“Ngluruk tanpa bala, menang tanpa ngasorake, sekti tanpa aji, sugih tanpa bandha”

(Berjuang tanpa perlu membawa massa; menang tanpa merendahkan; berwibawa tanpa mengandalkan kekuasaan dan kekuatan; kaya tanpa disadari kebendaan)

(SH Terate 1992)

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Faizol Zahroni

NIM : 101710201065

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya tulis ilmiah yang berjudul “Analisis *Baseflow* Menggunakan Perbandingan 6 Metode RDF (*Recursive Digital Filter*) (Studi Kasus di UPT PSDAWS Gembong Pekalen)” adalah benar-benar hasil karya sendiri dengan pembimbingan dari pihak laboratorium TPKL Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi mana pun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Data dan hak publikasi karya tulis ilmiah ini adalah milik laboratorium Teknik Pengendalian dan Konservasi Lingkungan. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 05 Februari 2015

Yang menyatakan,

Faizol Zahroni

NIM 101710201065

SKRIPSI

**ANALISIS BASEFLOW MENGGUNAKAN PERBANDINGAN 6 METODE
RDF (*Recursive Digital Filter*)**

(Studi Kasus di UPT PSDAWS Gembong Pekalen)

Oleh

Faizol Zahroni

NIM 101710201065

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Prof. Dr. Indarto S.TP., DEA

Dosen Pembimbing Anggota : Dr. Elida Novita S.TP., MT

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Analisis *Baseflow* Menggunakan Perbandingan 6 Metode RDF(*Recursive Digital Filter*) (Studi Kasus Di UPT PSDAWS Gembong Pekalen)” telah diuji dan disahkan oleh Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember pada :

Hari : Kamis

Tanggal : 05 Februari 2015

Tempat : Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember

Tim Penguji

Ketua,

Anggota,

Dr. Sri Wahyuningsih, S.P., MT.
NIP 197211301999032001

Ir. Marga Mandala, MP., PhD.
NIP 196211101988031001

Mengesahkan

Dekan,

Dr. Yuli Witono, S.TP., M.P.
NIP. 196912121998021001

RINGKASAN

Analisis *Baseflow* Menggunakan Perbandingan 6 Metode RDF (*Recursive Digital Filter*) (Studi Kasus di UPT PSDAWS Gembong Pekalen); Faizol Zahroni 101710201065; 2015; 49 halaman; Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember.

Daerah aliran sungai didefinisikan sebagai suatu wilayah yang menerima dan mengumpulkan air hujan yang mengalir melalui anak-anak sungai dan keluar pada sungai utama. Perkiraan ketersediaan dan kontribusi aliran dasar (*Baseflow*) diperlukan sebagai acuan dalam strategi pengembangan dan manajemen sumberdaya air di DAS. Strategi pengembangan dan manajemen sumberdaya air berorientasi untuk mempertahankan kontribusi aliran dasar yang masuk ke sungai selama periode kering dan dimanfaatkan untuk menyuplai kebutuhan air seperti irigasi pertanian, perkebunan dan industri. Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui metode yang menghasilkan nilai *Baseflow* dan *Baseflow index* (BFI) yang memiliki kecenderungan signifikan dari 6 metode RDF

Data yang digunakan dalam penelitian ini berupa rekaman data debit dan data hujan mulai dari 1996-2005. Pengolahan data debit menggunakan 6 metode RDF dalam *Software HydroOffice*. Penetapan nilai parameter dilakukan dengan menggunakan metode *trial and error*. Adapun nilai aliran dasar yang dihasilkan dari 6 metode RDF kemudian dianalisis menggunakan metode R^2 dan *Root Mean Square Error* (RMSE) untuk mengetahui 6 metode RDF yang signifikan dalam memodelkan aliran dasar.

Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan dapat diketahui bahwa metode yang memiliki kecenderungan signifikan dalam memodelkan aliran dasar pada 6 DAS yang ada di UPT PSDAWS Gembong Pekalen adalah metode *Lyne Hollick* dan *EWMA Filter*. Penetapan ini berdasarkan uji kinerja model dengan

menggunakan metode R^2 dan RMSE. Metode *Lyne Hollick* diperoleh rerata nilai $R^2 = 0,86$ dan RMSE = 0,01, sedangkan metode *EWMA Filter* diperoleh rerata nilai $R^2 = 0,87$ dan RMSE = 0,01. Hasil dari nilai BFI menunjukkan bahwa aliran sungai yang ada di UPT PSDAWS Gembong Pekalen pada musim kemarau berasal dari kontribusi aliran dasar.



SUMMARY

Analysis of Baseflow Using 6 Method of RDF (Recursive Digital Filter) Comparison (A Case Study in UPT PSDAWS Gembong Pekalen); Faizol Zahroni 101710201065; 2015; 49 page; Department of Agricultural Engineering Faculty of Agricultural Technology Jember University.

Watershed is defined as an area that receives and collects rain water flowing through creeks and out to the main river. Estimated availability and contribution of baseflow is needed as a reference in development strategy and management of water resources in the watershed. Strategy development and management of water resources are oriented to maintain the contribution of baseflow into the river during the dry period and used to supply the water needs such as agricultural irrigations, plantations and industries. This research was intended to determine the method that generates the values of baseflow and baseflow index (BFI) which have a significant tendency of the 6 methods of RDF.

The data used in this research in the form of recording data and data discharge rain ranging from 1996-2005 . Discharge data using 6 RDF methods in HydroOffice Software. The determination of the parameter value was done using a method of trial and error. The resulted value of the basic flow of 6 RDF methods was then using method R^2 and Root Mean Square Error (RMSE) to identify the significant 6 RDF methods in modeling the baseflow.

Based the analysis showed that the methods that had a significant tendency in modeling the baseflow in 6 watersheds at UPT PSDAWS Gembong Pekalen were Lyne Hollick and EWMA Filter methods. This determination was based on model performance method R^2 and RMSE. Lyne Hollick method obtained the average value of $R^2= 0.86$ and $RMSE= 0.01$, while EWMA Filter method obtained an average value of $R^2= 0.87$ and $RMSE= 0.01$. Results of BFI value showed the average value of 6 watersheds= 0.99. The BFI results indicated

that the river flow at UPT PSDAWS Gembong Pekalen in dry was from baseflow contribution.



PRAKATA

Puji syukur ke hadirat Allah SWT, atas segala rahmat dan karuniaNya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi berjudul “Analisis *Baseflow* Menggunakan Perbandingan 6 Metode RDF (*Recursive Digital Filter*) (Studi Kasus di UPT PSDAWS Gembong Pekalen)”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Program Studi Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Dekan Fakultas Teknologi Pertanian dan Ketua Jurusan Teknik Pertanian Universitas Jember atas segala inspirasi yang diberikan untuk kampus tercinta;
2. Prof. Dr. Indarto, S.TP., DEA selaku Dosen Pembimbing Utama yang telah meluangkan tenaga, waktu, pikiran, dan perhatian dalam membimbing penulisan skripsi ini;
3. Dr. Elida Novita, S.TP., MT selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah meluangkan waktu, pikiran, dan perbaikan dalam penulisan skripsi ini;
4. Ketua Tim Penguji dan Anggota Tim Penguji yang telah memberikan saran dan masukan dalam penyempurnaan skripsi ini;
5. Ir. Muharjo Pudjojono selaku dosen dan Komisi Bimbingan Jurusan Teknik Pertanian;
6. Seluruh dosen pengampu mata kuliah, terima kasih atas ilmu dan pengalaman yang diberikan serta bimbingan selama studi di Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember;
7. Seluruh staf dan karyawan di lingkungan Fakultas Teknologi Pertanian, terima kasih atas bantuan dalam mengurus administrasi dan yang lainnya;

8. Kedua orang tua saya, ibunda Hj. Rohimatul Rohma, Ayahanda (Alm) H. Hasan dan kakak-kakak saya (Yumei dan Yufuk) yang tercinta yang selalu mendoakan dalam setiap saat;
9. Saudara-saudara saya UKM Persaudaraan Setia Hati Terate yang telah membimbing dalam berorganisasi dan berjuang di gelanggang.
10. Sahabat-sahabatku Tim Manusia Peta (Holid, Faruk, Pras, Andri, Afif, Distya, Ari, Natalia, Desi dan Wulan) yang mendukung dan memotivasi penulis dalam penyelesaian penulisan Karya Tulis Ilmiah ini;
11. Teman-temanku Teknik Pertanian angkatan 2010 yang penuh dengan semangat dan kasih sayang terima kasih atas nasehat serta motivasinya;
12. Oktarina Dian Siska yang memberi semangat dan motivasi dalam penulisan Karya Tulis Ilmiah ini;
13. Teman-temanku in the kos Kalimantan X. No. 19 yang memberi semangat dan dukungan selama masa perkuliahan;
14. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu yang telah membantu baik tenaga maupun pikiran dalam pelaksanaan penelitian dan penyusunan skripsi ini.

Penulis juga menerima segala kritik dan saran semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Akhirnya penulis berharap, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua.

Jember, 05 Februari 2015

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSEMBAHAN	ii
HALAMAN MOTTO	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN PEMBIMBINGAN	v
HALAMAN PENGESAHAN	vi
RINGKASAN	vii
SUMMARY	ix
PRAKATA	xi
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR GAMBAR i	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xviii
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian	2
1.5 Manfaat Penelitian	2
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Aliran Dasar (<i>Baseflow</i>)	4
2.2 Siklus Hidrologi	4

2.3 Hidrograf	6
2.4 Pemisahan Aliran Dasar (<i>Baseflow Separation</i>)	7
2.4.1 Metode Grafik	7
2.4.2 Metode Pemisahan Filter	8
2.5 Karakteristik Tanah	15
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN	17
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	17
3.1.1 Tempat Penelitian	17
3.1.2 Waktu Penelitian	18
3.2 Alat dan Bahan Penelitian	18
3.2.1 Alat Penelitian	18
3.2.1 Bahan Penelitian	18
3.3 Prosedur Penelitian	19
3.4 Tahap Pelaksanaan	20
3.4.1 Inventarisasi Data	20
3.4.2 Analisis <i>Baseflow</i> 6 Metode RDF	20
3.4.3 Kalibrasi dan Validasi 6 Metode RDF	22
3.4.4 Analisis Uji Kinerja Model	23
BAB 4. KARAKTERISTIK DAN HIDROLOGI DAS	25
4.1 Karakteristik Fisik DAS	25
4.2 Peruntukan Lahan	26
4.3 Jenis Tanah	27
4.4 Karakteristik Hujan	28
4.5 Karakteristik Debit	29
BAB 5. HASIL DAN PEMBAHASAN	30

5.1 Analisis <i>Baseflow</i> Periode Kalibrasi	30
5.1.1 Perbandingan Nilai Parameter	30
5.1.2 Perbandingan Nilai R^2	31
5.1.3 Perbandingan Nilai RMSE	34
5.1.4 Grafik 6 Metode RDF dan Intensitas Hujan	35
5.1.5 Analisis Kurva Durasi Aliran (FDC)	36
5.1.6 Analisis <i>Baseflow Index</i> (BFI)	37
5.1 Analisis <i>Baseflow</i> Periode Validasi	38
5.2.1 Nilai Parameter	38
5.2.2 Perbandingan Nilai R^2	39
5.2.3 Perbandingan Nilai RMSE	40
5.2.4 Grafik 6 Metode RDF dan Intensitas Hujan	40
5.2.5 Analisis Kurva Durasi Aliran (FDC)	43
5.2.6 Analisis <i>Baseflow Index</i> (BFI)	46
BAB 6. PENUTUP	48
6.1 Kesimpulan	48
6.2 Saran	48
DAFTAR PUSTAKA	49
LAMPIRAN	52

DAFTAR TABEL

	Halaman
3.1 periode pengolahan data di UPT PSDAWS Gembong Pekalen	20
4.1 Karakteristik fisik DAS-DAS di UPT PSDAWS Gembong Pekalen	25
4.2 Peruntukan lahan 6 DAS di wilayah UPT PSDAWS Gembong Pekalen	26
4.3 Jenis tanah 6 DAS di wilayah UPT PSDAWS Gembong Pekalen	28
4.4 Karakteristik curah hujan pada tahun 1996-2005	28
4.5 Karakteristik Debit	29
5.1 Nilai rentang koefisien parameter dari keenam metode pemisahan aliran dasar sepanjang tahun 1996-2005	30
5.2 Nilai koefisien parameter optimal dari keenam metode pemisahan aliran dasar sepanjang tahun 1996-2005	31
5.3 Nilai R^2 pada 6 DAS di wilayah UPT PSAWS Gembong Pekalen	33
5.4 Nilai RMSE pada 6 DAS di wilayah PSDAWS Gembong Pekalen	34
5.5 Perbandingan BFI periode Kalibrasi dari 6 DAS di UPT PSDAWS Gembong Pekalen pada tahun 1996-2005	37
5.6 Nilai R^2 pada 6 DAS di wilayah UPT PSDAWS Gembong Pekalen	39
5.7 Nilai RMSE pada 6 DAS di wilayah PSAWS Gembong Pekalen.....	40
5.8 Perbandingan BFI periode Validasi dari 6 DAS di UPT PSDAWS Gembong Pekalen pada tahun 1996-2005	46

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Siklus Hidrologi	5
2.2 Hidrograf sub DAS Pekalen periode: 1 Juli 2000 – 30 September 2000	7
2.3 Teknik pemisahan aliran dasar: (1a) metode debit konstan; (1b) metode kemiringan konstan; (1c) metode cekung	8
3.1 Peta Lokasi DAS	17
3.2 Diagram alir Penelitian	19
3.3 Contoh set parameter antara debit terukur dan debit terhitung	22
3.4 Contoh grafik FDC 4 metode RDF	24
4.1 Peta Peruntukan Lahan UPT PSDAWS Gembong Pekalen	26
4.2 Jenis tanah 6 DAS di wilayah UPT PSDAWS Gembong Pekalen	27
5.1 Grafik <i>scatter plot</i> sub DAS Pekalen	33
5.2 Grafik data hujan dan debit terukur dan terhitung pada periode bulan (Juli-September) tahun 1997 pada DAS Pekalen	35
5.3 Grafik <i>flow duration curve</i> (FDC) pada periode musim kemarau (Juli September) tahun 1996-2005 pada DAS Pekalen	36
5.4 Grafik <i>scatter plot</i> sub DAS Pekalen	39
5.5 Sampel grafik korelasi antara kejadian hujan dengan debit di DAS Pekalen tahun 1996-2005	41
5.6 Grafik data hujan dan debit terukur dan terhitung pada tahun 1996 pada DAS Pekalen	41

5.7 Grafik data hujan dan debit terukur dan terhitung pada periode musiman (Oktober1996-Juni1997) pada DAS Pekalen	42
5.8 Grafik data hujan dan debit terukur dan terhitung pada periode musiman (Juli-September 2000) pada DAS Pekalen.....	43
5.9 Grafik <i>flow duration curve</i> (FDC) pada DAS Pekalen periode panjang tahun 1996-2005	44
5.10 Grafik <i>flow duration curve</i> (FDC) periode Juli-September tahun 1996-2005 pada DAS Pekalen	45
5.11 Grafik <i>flow duration curve</i> (FDC) pada periode bulan Oktober-Juni tahun 1996-2005 pada DAS Pekalen	45

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
A. Contoh Data Debit Sub DAS Kadalpang Bulan Januari Tahun 1997-2005 ..	52
B. Contoh Data Hujan Rerata Harian Sub DAS Kadalpang Bulan Januari Tahun 1997-2005	53
C. Hasil Grafik <i>Scatter Plot</i> pada Periode Kalibrasi UPT PSDAWS Gembong Pekalen	54
D. Hasil Grafik Data Hujan dan Data Debit Terukur dan terhitung di wilayah UPT PSDAWS Gembong Pekalen	57

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Setiap daerah aliran sungai (DAS) di Jawa Timur mempunyai kondisi dan potensi yang beragam. Oleh karena itu dalam hal ini memerlukan kecermatan dalam menerapkan suatu teori yang cocok pada suatu daerah aliran sungai (DAS). 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.

Peristiwa banjir dan kekeringan yang terjadi di daerah aliran sungai (DAS) merupakan sebuah fenomena yang menunjukkan kondisi kinerja sebuah 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 seperti irigasi pertanian, perkebunan, dan perindustrian. Wilayah di dalam DAS sebagian besar merupakan lahan pertanian yang membutuhkan air. Pada musim kemarau banyak sungai yang terdapat di wilayah DAS mengalami kekeringan, maka peran aliran dasar pada saat musim kemarau sangat diperlukan sebagai pasokan air untuk memenuhi kebutuhan tanaman.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis aliran dasar (*baseflow*). *Baseflow* akan teramati sebagai debit sungai pada saat musim kemarau. Analisis *baseflow* dalam penelitian ini dilakukan dengan menggunakan 6 metode *Recursive Digital Filter*.

1.2 Rumusan Masalah

Ketersediaan air di Sungai pada musim kemarau sangat penting untuk manajemen sumberdaya air. Pada saat musim kemarau debit sungai cenderung turun, sehingga ketersediaan air di Sungai berkurang. Aliran dasar (*baseflow*) saat musim kemarau digunakan untuk memenuhi kebutuhan air irigasi, perkebunan dan pariwisata. Oleh sebab itu dilakukan analisis *baseflow* menggunakan 6 metode RDF untuk mengetahui perkiraan besarnya aliran dasar yang diharapkan dapat mengatur jumlah air yang dibutuhkan, sehingga pasokan air irigasi tetap tersedia dan tidak terjadi kekeringan pada saat musim kemarau.

Penelitian ini dibatasi pada perbandingan 6 metode *Recursive Digital Filter (RDF)*, yakni: (1) *One Parameter*; (2) *Boughton Two-Parameter*; (3) *IHACHRES (Three-Parameter Algorithm)*; (4) *Lyne & Hollick algorithm*; (5) *EWMA Filter*; dan (6) *Chapman Algorithm* yang diterapkan pada 6 DAS di wilayah UPT PSDAWS Gembong Pekalen.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah

1. Membandingkan kinerja 6 metode RDF di wilayah UPT PSDAWS Gembong Pekalen.
2. Menentukan nilai *baseflow index* (BFI) menggunakan 6 metode RDF.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari Penelitian ini adalah:

1. Dapat memberikan informasi terkait perkiraan besarnya kontribusi aliran dasar pada DAS yang diamati.
2. Mengetahui metode optimal dari enam metode RDF yang digunakan yaitu *One Parameter Algorithm*, *Boughton Two-Parameter Algorithm*, *IHACHRES (Three-Parameter Algorithm)*, *(Lyne & Hollick Algorithm)*, *Chapman Algorithm* dan *EWMA filter* melalui proses kalibrasi, validasi dan penggunaan R^2 serta RMSE.

3. Dapat menambah pengetahuan bagi masyarakat yang dapat digunakan untuk pengelolaan dan pengembangan DAS.



BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

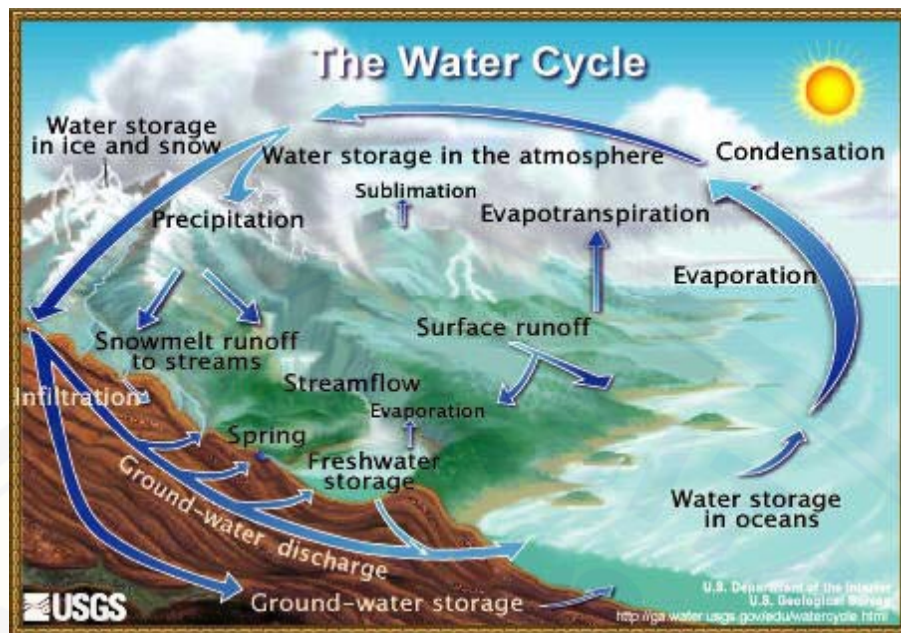
2.1 Aliran Dasar (*Baseflow*)

Smakhtin (2001: 8) mendeskripsikan bahwa komponen penting dalam suatu hidrograf yaitu *baseflow* (aliran dasar). Aliran dasar ini berasal dari *groundwater* dan atau penyimpanan aliran bawah permukaan tanah (*subsurface*) yang merembes ke sungai, tanpa melihat variabilitas curah hujan. Menurut (Smakhtin, 2001) *baseflow* menjadi informasi penting dalam analisa kuantitas dan kualitas air, dan habitat akuatik. Selain itu, hubungan *baseflow* terhadap debit *groundwater* juga memberikan informasi penting mengenai kondisi *groundwater*. (Smakhtin, 2001: 8).

Rentang waktu aliran dasar digunakan sebagai salah satu ukuran aktivitas dinamis air tanah pada sebuah DAS. Sedangkan proporsi aliran dasar dari total aliran sungai digunakan sebagai suatu indeks kemampuan DAS dalam menyimpan dan melepaskan air selama periode kering. Nilai indeks aliran dasar (BFI) yang tinggi menunjukkan bahwa dalam suatu DAS memiliki pola aliran yang lebih stabil dan mampu mempertahankan aliran sungai selama periode kering (Smakhtin, 2001: 9).

2.2 Siklus Hidrologi

Menurut McCuen (1998: 7), hidrologi merupakan ilmu pengetahuan yang mempelajari tentang air dan sifat-sifatnya, distribusinya serta pengaruhnya terhadap permukaan bumi, tanah, dan atmosfer.



Gambar 2.1 Siklus Hidrologi (sumber: Brodie *et al.*, 2007: 23)

Siklus hidrologi adalah pergerakan air di bumi berupa cair, gas, dan padat baik proses di atmosfer, tanah dan badan-badan air yang tidak terputus melalui proses kondensasi, presipitasi, evaporasi dan transpirasi. Siklus hidrologi dimulai dari evaporasi air laut. Uap yang dihasilkan oleh pemanasan oleh sinar matahari dibawa oleh udara yang bergerak. Dalam kondisi yang memungkinkan uap tersebut terkondensasi membentuk awan, yang pada akhirnya menghasilkan presipitasi. Presipitasi yang jatuh ke bumi menyebar ke arah yang berbeda-beda dengan berbagai cara. Sebagian besar dari presipitasi tersebut untuk sementara tertahan di tanah dekat tempat air tersebut jatuh dan pada akhirnya dikembalikan ke atmosfer oleh evaporasi dan transpirasi oleh tanaman. Sebagian lagi melalui permukaan tanah, menuju sungai, dan lainnya menembus tanah menjadi air tanah (*groundwater*) dengan proses infiltrasi. (Viessman *et al.*, 1989: 8)

Air permukaan baik yang mengalir maupun yang tergenang (danau, waduk, rawa), dan sebagian air bawah permukaan akan terkumpul dan mengalir membentuk sungai dan berakhir ke laut. Proses perjalanan air di daratan itu terjadi dalam komponen - komponen siklus hidrologi yang membentuk sistem DAS (Viessman *et al.*, 1989: 8)

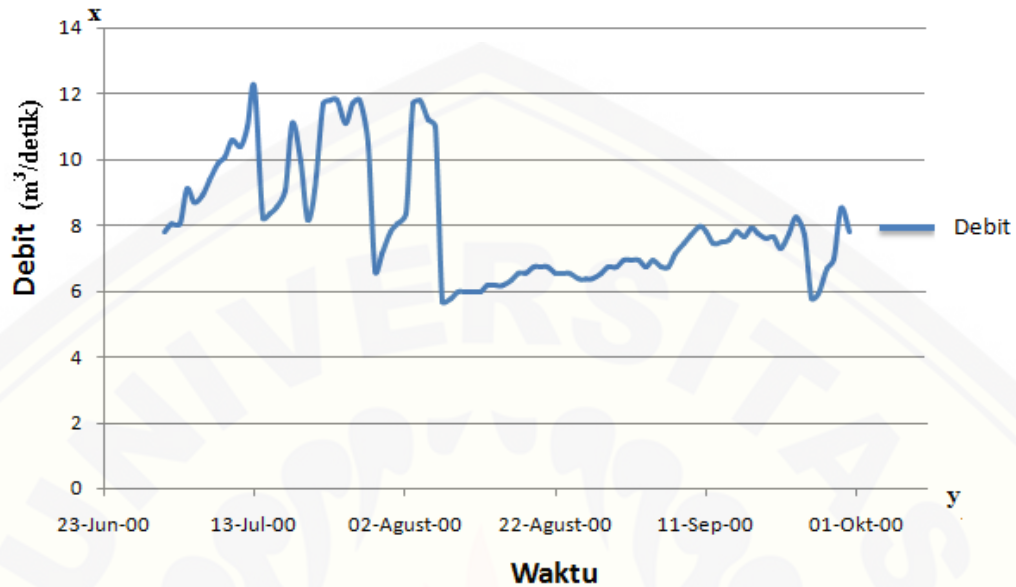
2.3 Hidrograf

Hidrograf merupakan suatu grafik yang menggambarkan hubungan antara debit terhadap waktu, dimana waktu disimbolkan di sumbu x dan debit di sumbu y. Debit dinyatakan dalam satuan ($m^3/detik$) atau (liter/detik). Pada saat musim penghujan debit di sungai cenderung naik yang ditandai dengan naiknya kurva pada hidrograf aliran. Sebaliknya pada saat musim kemarau debit di sungai cenderung menurun. (Indarto, 2010: 37)

Menurut Bedient dan Wayne (2002: 89) bentuk dari kurva hidrograf dipengaruhi oleh beberapa komponen diantaranya adalah *surface runoff*, *interflow*, *ground water (baseflow)* dan *channel precipitation*.

1. Curah hujan saluran (*channel precipitation*), yaitu hujan yang jatuh langsung di atas saluran sungai. Jumlahnya relatif kecil namun langsung memberikan sumbangan terhadap aliran sungai tanpa mengalami keterlambatan.
2. Limpasan permukaan (*surface runoff*), yaitu air hujan yang dalam perjalanannya tetap berada di atas permukaan tanah.
3. Aliran antara (*interflow*), yaitu sebagian air yang terinfiltrasi tapi belum mencapai muka air tanah, kemudian bergerak secara lateral melalui lapisan atas tanah sampai masuk ke sungai.
4. Air tanah (*groundwater flow*), yaitu air hujan yang terinfiltrasi selanjutnya mengalami proses perkolasi sampai mencapai air bumi akhirnya mencapai sungai.

Gambar 2.2 mengilustrasikan hidrograf pada musim kemarau pada Das Pekalen (UPT PSDAWS Gembong Pekalen)



Gambar 2.2 Hidrograf sub DAS Pekalen periode: 1 Juli 2000 – 30 September 2000 (sumber: Data diolah, 2014).

2.4 Pemisahan Aliran Dasar (*Baseflow Separation*)

Teknik pemisahan aliran dasar dilakukan dengan berbagai metode. Salah satu metode untuk pemisahan *baseflow* yaitu metode grafik yang digunakan untuk menganalisis aliran dasar pada hidrograf berdasarkan grafik hidrograf. Teknik yang terakhir disebut sering digunakan untuk memisahkan *baseflow* dari debit sungai dalam data kurun waktu yang panjang (Smakhtin, 2001: 9)

2.4.1 Metode Grafik

Metode grafik umumnya digunakan dalam memplotkan komponen aliran dasar dari hidrograf kejadian banjir, termasuk titik aliran dasar yang memotong garis penurunan (*falling limb*).

Terdapat tiga macam pendekatan grafik dalam memisahkan aliran dasar, diantaranya:

a) Metode debit konstan

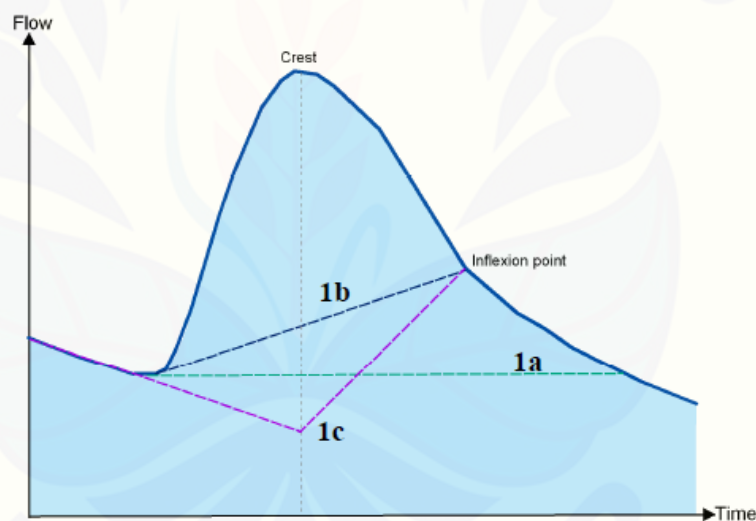
Metode garis lurus pada gambar 2.3 (1a) mengasumsikan bahwa aliran dasar ditentukan dengan garis lurus sebelum titik puncak limpasan. (Linsley *et al.*, 1958: 9).

b) Metode kemiringan konstan

Metode pada gambar 2.3 (1b) menghubungkan titik awal rising limb dengan titik perubahan pada *recession limb* (Linsley *et al.*, 1958: 10).

c) Metode cekung

Metode pada gambar 2.3 (1c) mengasumsikan penurunan awal aliran dasar selama garis naik dengan memproyeksikan kecenderungan penurunan hidrograf sebelum kejadian hujan untuk secara langsung berada di bawah titik puncak hidrograf (Linsley *et al.*, 1958:10).



Gambar 2.3 Teknik pemisahan aliran dasar: (1a) metode debit konstan; (1b) metode kemiringan konstan; (1c) metode cekung (Linsley *et al.*, 1958: 10)

2.4.2 Metode Pemisahan Filter

Metode pemisahan filter bertujuan untuk menghasilkan suatu tujuan untuk membentuk sebuah proses yang sederhana dan berulang untuk memperkirakan aliran dasar dengan seluruh data debit sungai (Brodie *et al.*, 2007: 22).

A. *Recursive Digital Filter* (RDF)

Chapman and Maxwell (1996: 295) mendeskripsikan bahwa metode *Recursive Digital Filter* memanfaatkan konstanta resesi hidrograf dalam memisahkan antara aliran dasar (*baseflow*) dan aliran limpasan langsung (*quickflow*).

1. *One Parameter Algorithm*

Persamaan (2.1) mengasumsikan bahwa aliran dasar pada hari ke- i ($q_{b(i)}$) merupakan jumlah dari aliran sungai pada hari ke- i ($q_{(i)}$) dan aliran dasar pada hari sebelumnya ($q_{b(i-1)}$).

$$q_{b(i)} = \frac{k}{2-k} q_{b(i-1)} + \frac{1-k}{2-k} q_{(i)} \dots \dots \dots (2.1)$$

keterangan:

$q_{b(i)}$: merupakan aliran dasar pada hari ke- i

$q_{(i)}$: merupakan nilai debit sungai pada hari ke- i

$q_{b(i-1)}$: merupakan aliran dasar sebelum hari ke- i

k : merupakan parameter *filter*

Persamaan (2.1) menggunakan satu parameter k . Parameter k merupakan konstanta resesi selama tidak terjadinya aliran langsung. Konstanta ini dioptimalkan melalui metode *trial and error* (coba-coba).

Metode *trial and error* dilakukan dengan memasukkan nilai parameter secara manual pada metode *One Parameter Algorithm* dengan cara coba-coba sampai didapatkan hasil grafik yang bagus antara debit tertukur dan terhitung. Pengoptimalan nilai parameter dihentikan apabila garis yang menandakan antara pemodelan aliran dasar (debit terhitung) saling berhimpit dengan aliran sungai (debit terukur). Persamaan (2.1) lebih mudah untuk mengetahui nilai aliran dasar di suatu daerah aliran sungai karena hanya menggunakan 1 parameter k sebagai konstanta resesi.

Persamaan (2.1) dikemukakan oleh Chapman dan Maxwell (1996: 296). Persamaan ini telah digunakan oleh Brodie dan Hostetler (2010: 5)

2. *Two Parameter Algorithm*

Persamaan (2.2) mengasumsikan bahwa nilai *baseflow* hari ke-*i* ($q_{b(i)}$) merupakan hasil jumlah dari *baseflow* sebelum hari ke-*i* ($q_{b(i-1)}$) dan debit sungai hari ke-*i* ($q_{(i)}$).

$$q_{b(i)} = \frac{k}{1+C} q_{b(i-1)} + \frac{C}{1+C} q_{(i)} \dots \dots \dots (2.2)$$

Keterangan :

- $q_{b(i)}$ = merupakan nilai *baseflow* hari ke-*i*
- $q_{b(i-1)}$ = merupakan aliran dasar sebelum hari ke-*i*
- $q_{(i)}$ = merupakan debit sungai hari ke-*i*
- C = parameter tambahan untuk pemisahan aliran dasar
- k = parameter *filter* yang ditentukan berdasarkan konstanta resesi

Parameter C berasal dari $(1-k)$, yang terdapat pada persamaan (2.1)

Persamaan (2.2) digunakan dalam pemodelan AWBM (*Australian Water Balance Model*). AWBM merupakan pemodelan neraca air antara hujan dan aliran yang dikembangkan oleh Boughton (1993: 244). Persamaan (2.2) telah digunakan oleh Chapman dan Maxwell (1996: 296), Gregor (2010: 46), Brodie dan Hostetler (2010: 5).

Persamaan (2.2) menggunakan dua parameter yakni c dan k . Parameter tersebut berasal dari *trial and error*. Metode *trial and error* dilakukan dengan memasukkan nilai parameter secara manual pada metode *Two-Parameter Algorithm* dengan cara coba-coba sampai didapatkan hasil grafik yang bagus antara debit tertukur dan terhitung. Pengoptimalan nilai parameter dihentikan apabila garis pada grafik antara pemodelan aliran dasar (debit terhitung) saling berhimpit dengan aliran sungai (debit tertukur).

3. IHACRES

Persamaan (2.3) mengasumsikan bahwa nilai *baseflow* ($q_{b(i)}$) merupakan jumlah dari nilai debit pada hari ke- i ($q_{(i)}$) dan selisih antara nilai *baseflow* pada hari sebelumnya ($Q_{b(i-1)}$).

$$q_{b(i)} = \frac{k}{1+C} q_{b(i-1)} + \frac{C}{1+C} (q_{(i)} + \alpha q_{(i-1)}) \dots \dots \dots (2.3)$$

Keterangan:

- $q_{b(i)}$: merupakan nilai *baseflow* pada hari ke- i
- $q_{(i)}$: merupakan nilai debit pada hari ke- i
- $q_{b(i-1)}$: merupakan nilai *baseflow* pada hari sebelumnya
- k : parameter *filter* berdasarkan konstanta resesi
- C : parameter untuk pemisahan aliran dasar
- α : parameter *filter*

Persamaan *IHACRES* merupakan pengembangan dari persamaan *Boughton Two Parameter*. Persamaan *IHACRES* menggunakan 3 parameter yaitu k , C , dan α . Parameter k dan C yang berasal dari persamaan *Boughton Two Parameter* dan α merupakan parameter tambahan yang dikembangkan oleh Jakeman and Hornberger (1993: 24).

Persamaan (2.3) menggunakan 3 parameter yang ditentukan melalui metode *trial and error* (coba-coba). Metode *trial and error* dilakukan dengan memasukkan nilai parameter secara manual pada metode *IHACRES* dengan cara coba-coba sampai didapatkan hasil grafik yang bagus antara debit tertukur dan terhitung. Pengoptimalan nilai parameter dihentikan apabila garis pada grafik antara pemodelan aliran dasar (debit terhitung) saling berhimpit dengan aliran sungai (debit tertukur).

Persamaan (2.3) dikemukakan oleh Jakeman and Hornberger (1993: 24). Persamaan ini telah direview oleh para peneliti yakni Brodie dan Hostetler (2010: 6) yang hasilnya mengenai teknik pemisahan aliran dasar menggunakan metode grafis, metode pemisahan filter dan pentingnya pengelolaan sumberdaya air.

4. Lyne & Hollick Algorithm

Persamaan (2.4a) digunakan untuk mencari nilai *quickflow* pada hari ke-*i* ($q_{f(i)}$) dari jumlah antara a dan b. Variabel a merupakan nilai *quickflow* sebelum hari ke-*i* ($q_{f(i-1)}$). Variabel b merupakan selisih antara nilai debit pada hari ke-*i* ($q_{(i)}$) dan nilai debit sebelum hari ke-*i* ($q_{(i-1)}$).

$$q_{f(i)} = \underbrace{\alpha q_{f(i-1)}}_a + \underbrace{(q_{(i)} - q_{(i-1)})}_{b} \frac{1+\alpha}{2} \dots\dots\dots(2.4a)$$

Keterangan:

- $q_{f(i)}$: nilai *quickflow* pada hari ke-*i*
- $q_{f(i-1)}$: nilai *quickflow* pada hari sebelumnya
- $q_{(i)}$: nilai debit pada hari ke-*i*
- $q_{(i-1)}$: nilai debit pada hari sebelumnya
- α : parameter *filter* (Lyine dan Hollick, 1979)

Selanjutnya, nilai *baseflow* (q_b) dapat dihitung dari hasil selisih antara nilai debit (q) dengan nilai *quickflow* (q_f) seperti pada persamaan (2.4b).

$$q_b = q - q_f \dots\dots\dots(2.4b)$$

Persamaan (2.4) dikenalkan oleh Lyne dan Hollick (1979: 15) untuk pemisahan *baseflow* dengan melibatkan penggunaan perhitungan *quickflow* dan digunakan oleh Nathan dan McMahon (1990: 10), Tullaram dan Ilahee (2008: 9) serta Brodie dan Hostetler (2010: 6).

Persamaan (2.4a) hanya menggunakan satu parameter filter yaitu α . Parameter α didapatkan dari metode *trial and error*. Metode *trial and error* dilakukan dengan memasukkan nilai parameter secara manual pada metode *Lyne & Hollick* dengan cara coba-coba sampai didapatkan hasil grafik yang bagus antara debit tertukur dan terhitung. Pengoptimalan nilai parameter dihentikan apabila garis pada grafik antara pemodelan aliran dasar (debit terhitung) saling berhimpit dengan aliran sungai (debit tertukur).

5. *Chapman Alogrithm*

Persamaan (2.5a) digunakan untuk mencari nilai *quickflow* pada hari ke-*i* dengan asumsi bahwa nilai *quickflow* ($q_{f(i)}$) merupakan jumlah dari nilai *quickflow* sebelum hari ke-*i* ($q_{f(i-1)}$) dan selisih antara nilai debit pada hari ke-*i* ($q_{(i)}$) dengan nilai *baseflow* sebelum hari ke-*i* ($q_{(i-1)}$)

$$q_{f(i)} = \frac{3\alpha-1}{3-\alpha} q_{f(i-1)} + \frac{2}{3-\alpha} (q_{(i)} - \alpha q_{(i-1)}) \dots\dots\dots(2.5a)$$

Keterangan :

- $q_{(i)}$: nilai debit pada hari ke-*i*
- $q_{(i-1)}$: nilai debit pada hari sebelumnya
- $q_{f(i)}$: nilai *quickflow* pada hari ke-*i*
- $q_{f(i-1)}$: nilai *quickflow* pada hari sebelumnya
- α : parameter *filter*

Selanjutnya, untuk mengetahui nilai *baseflow* dapat dicari dengan menggunakan persamaan (2.5b). Nilai *baseflow* (q_b) dapat dihitung dari selisih antara nilai debit (q) dengan nilai *quick flow* (q_f).

$$q_b = q - q_f \dots\dots\dots(2.5b)$$

Keterangan :

- q_b : nilai *baseflow*
- q : nilai debit
- q_f : nilai *quickflow*

Persamaan (2.5a) dan (2.5b) dikemukakan Champman (1991: 7). Persamaan ini menggunakan satu parameter filter yaitu α . Parameter α ditentukan melalui metode *trial and error*. Metode *trial and error* dilakukan dengan memasukkan nilai parameter secara manual pada metode *Chapman* dengan cara coba-coba sampai didapatkan hasil grafik yang bagus antara debit tertukur dan terhitung. Pengoptimalan nilai parameter dihentikan apabila garis pada grafik antara pemodelan

aliran dasar (debit terhitung) saling berhimpit dengan aliran sungai (debit terukur).

Chapman (1991: 7) mengkritisi bahwa persamaan *Lyne & Hollick Algorithm* dianggap sebagai persamaan yang kurang teoritis. Sehingga Chapman (1991: 7) menyajikan persamaan *Chapman Algorithm* yang merupakan pengembangan atau modifikasi dari persamaan *Lyne & Hollick algorithm* pada persamaan (2.6).

$$q_{f(i)} = \alpha q_{f(i-1)} + (q_{(i)} - q_{(i-1)}) \frac{1+\alpha}{2} \dots\dots\dots (2.6)$$

6. EWMA Filter

Tularam dan Ilahee (2008: 9) mengusulkan persamaan (2.7) yang mengasumsikan bahwa nilai *baseflow* pada hari ke-*i* ($q_{b(i)}$) merupakan jumlah dari nilai debit pada hari ke-*i* ($q_{(i)}$) dan nilai aliran dasar sebelumnya ($q_{b(i-1)}$).

$$q_{b(i)} = \underbrace{\alpha}_{1} q_{(i)} + \underbrace{(1 - \alpha)}_{2} q_{b(i-1)} \dots\dots\dots (2.7)$$

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
- α : parameter *filter*

Persamaan ini menggunakan dua komponen dan satu parameter, ketentuan dari nilai parameter ini adalah $0 \leq \alpha < 1$ (Shome *et al.*, 2012: 12).

Parameter α didapatkan dari metode *trial and error*. Metode *trial and error* dilakukan dengan memasukkan nilai parameter secara manual pada metode *EWMA* dengan cara coba-coba sampai didapatkan hasil grafik yang bagus antara debit tertukur dan terhitung. Pengoptimalan nilai parameter dihentikan apabila garis pada grafik antara pemodelan

aliran dasar (debit terhitung) saling berhimpit dengan aliran sungai (debit terukur).

Persamaan (2.7) telah digunakan oleh Shome *et al.*, (2012: 12) dalam studi tentang evaluasi kinerja rata-rata berdasarkan *filter* yang berbeda menggunakan *prosesor* sinyal digital pada FPGA.

2.5 Karakteristik Tanah

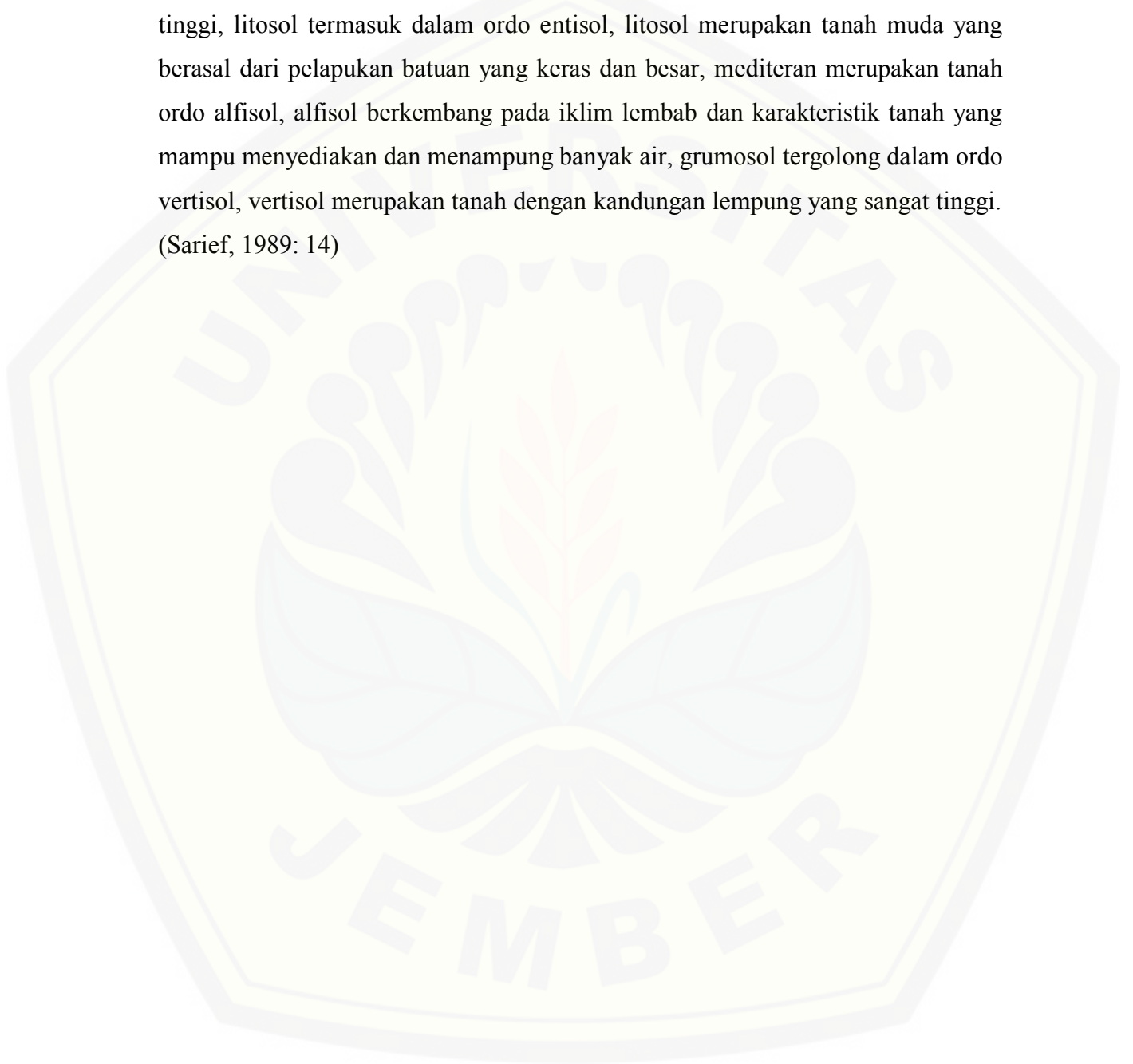
Pembentukan tanah adalah hasil dari banyak proses alami. Tanah berkembang sedemikian sehingga lapisan atas mempunyai pengaruh yang besar bagi vegetasi dan air. Pengaruh lain terhadap proses pembentukan tanah meliputi jenis dan pola vegetasi, aktivitas biologi dan topografi DAS. (Indarto, 2010: 73)

Tanah terdiri dari partikel-partikel mineral, bahan organik dan ruang pori. Ruang pori merupakan ruang kosong diantara partikel-partikel tanah. Pori-pori tanah dapat terisi oleh air atau udara dan berfluktuasi sepanjang waktu. Banyak sedikitnya pori tanah yang terisi oleh air, akan menentukan kondisi kadar lengas tanah. (Indarto, 2010: 76)

Tekstur tanah diklasifikasikan menurut ukuran partikel-partikel tanah. Lempung (*clay*) mempunyai ukuran partikel dan ruang pori lebih kecil, diikuti debu (*silt*) dan pasir (*sand*). Tekstur tanah sangat penting untuk mengantisipasi potensi infiltrasi dan penyimpanan air didalam tanah. Tekstur tanah menentukan jumlah air yang dapat diikat pada berbagai kondisi kadar lengas tanah. Tanah berlempung mempunyai partikel mineral yang sangat halus dan ruang pori yang sangat kecil. Tanah berpasir mempunyai ukuran partikel mineral yang besar, sehingga ukuran ruang pori tanah juga besar. Sebaliknya, ruang pori yang kecil pada tanah berlempung memberikan kontribusi yang besar pada jumlah total ruang pori untuk volume yang sama. (Indarto, 2010: 77)

Secara umum jenis- jenis tanah yaitu: Andosol disebut tanah fulkanis bertekstur geluh berdebu, regosol merupakan tanah yang termasuk ordo entisol dan berbutir kasar, berwarna kelabu sampai kuning, latosol merupakan tanah yang berwarna merah memiliki profil tanah yang dalam dan mudah menyerap air, organosol merupakan jenis tanah yang terbentuk akibat adanya pelapukan-

pelapukan bahan organik, alluvial merupakan tanah muda hasil pengendapan material halus aliran sungai dan berwarna kelabu, podzolik merupakan tanah yang terbentuk karena curah hujan yang tinggi dan suhu yang rendah, laterit hampir sama dengan podzolik, hanya saja jenis tanah ini terbentuk pada suhu yang lebih tinggi, litosol termasuk dalam ordo entisol, litosol merupakan tanah muda yang berasal dari pelapukan batuan yang keras dan besar, mediteran merupakan tanah ordo alfisol, alfisol berkembang pada iklim lembab dan karakteristik tanah yang mampu menyediakan dan menampung banyak air, grumosol tergolong dalam ordo vertisol, vertisol merupakan tanah dengan kandungan lempung yang sangat tinggi. (Sarief, 1989: 14)

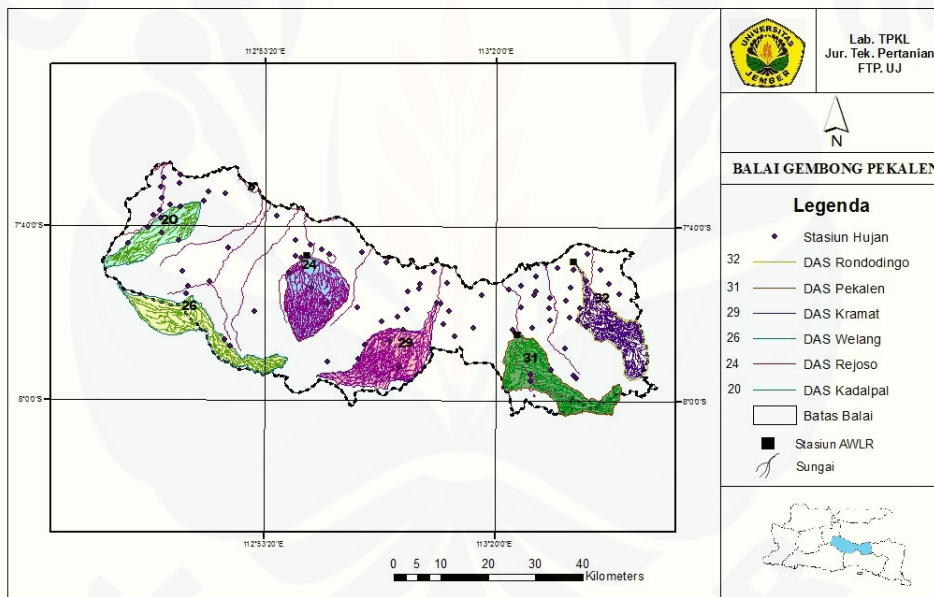


BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

3.1.1 Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan di Wilayah UPT PSDAWS Gembong Pekalen. Penentuan lokasi ini berdasarkan pertimbangan mengenai kelengkapan data dari DAS yang ada di wilayah UPT PSDAWS Gembong pekalen. Data tersebut mencakup: data debit, data hujan, peta stasiun hujan, peta jaringan sungai, dan peruntukan lahan. Lokasi penelitian berada pada wilayah administratif kabupaten Probolinggo dan Pasuruan seperti (gambar 3.1).



Gambar 3.1 Peta Lokasi DAS

Pada gambar (3.1) dapat dilihat bahwa DAS yang dikelola oleh UPT PSDAWS Gembong Pekalen berjumlah 13 DAS, yaitu: DAS Kadalpang, DAS Gembong, DAS Laweyan, DAS Petung Pasuruan, DAS Rejoso, DAS Welang, DAS Welang Bawah, DAS Petung Sekarputih, DAS Kramat, DAS Pancar glagas, DAS Pekalen, dan DAS Rondodingo. (DPU Air Jatim, 2009)

3.1.2 Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan Februari – Desember 2014.

3.2 Alat dan Bahan Penelitian

3.2.1 Alat Penelitian

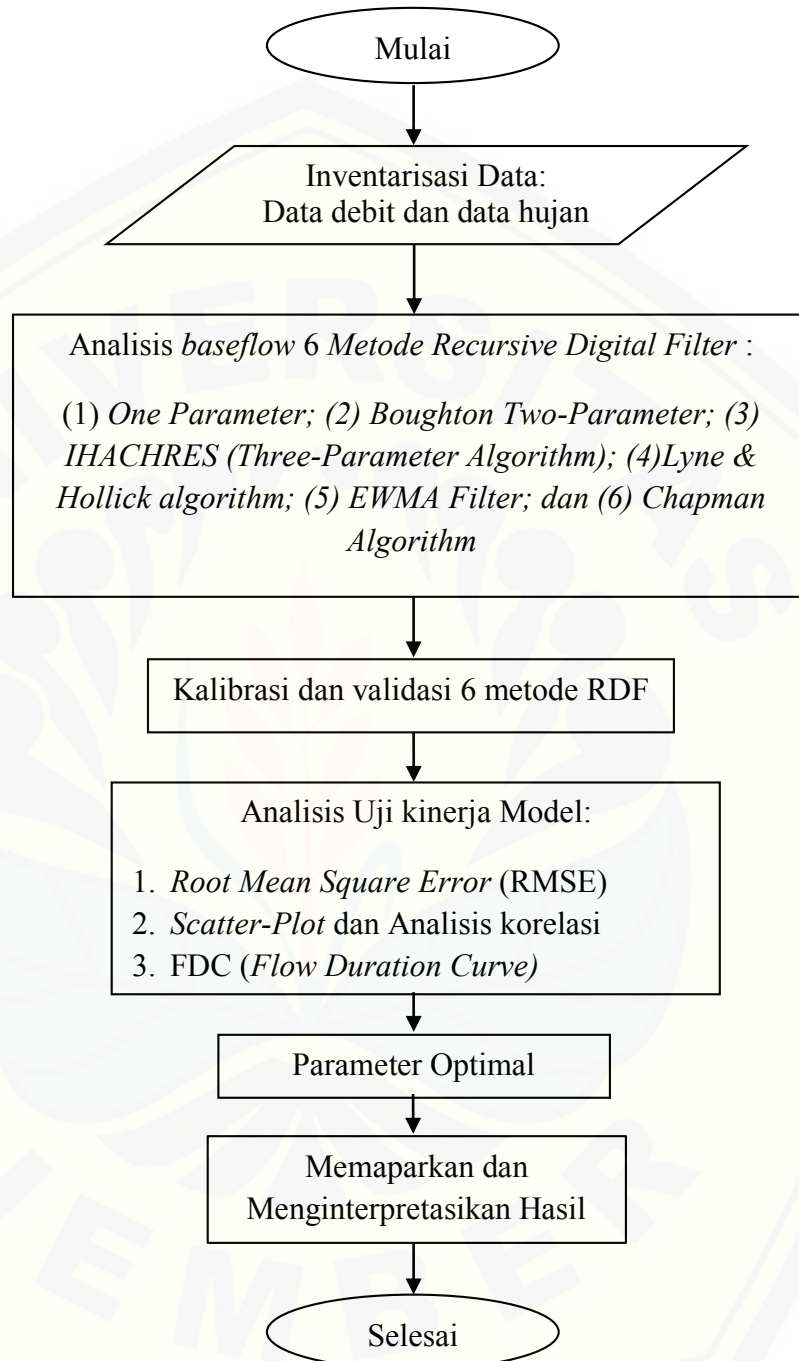
Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. 1 set perangkat Komputer / Laptop
Digunakan sebagai pendukung user dengan *software* yang akan digunakan
2. *Software ArcGIS* dan *QuantumGIS*
Software ArcGIS dan *QuantumGIS* digunakan untuk menyusun dan editing layer stasiun hujan dan layout lokasi penelitian
3. Microsoft Excel 2010
Microsoft Excel digunakan untuk mengentri, mengedit dan memformat data sebelum diolah dengan *ArcGIS*.
4. *Software HydroOffice*
Digunakan untuk mengolah data debit untuk menghasilkan nilai *baseflow* dan BFI dari ke-enam metode *Recursive Digital Filter*.

3.2.2 Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah data debit aliran sungai dan data hujan pada tahun 1996 – 2005 di wilayah UPT PSDAWS Gembong Pekalen yang ada di Laboratorium Teknik Pengendalian Konservasi Lingkungan (TPKL), Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember.

3.3 Prosedur Penelitian



Gambar 3.2 Diagram alir Penelitian

3.4 Tahap Pelaksanaan

3.4.1 Inventarisasi Data

Data diperoleh yaitu data debit dan data hujan yang berada pada 6 DAS di wilayah UPT PSDAWS Gembong Pekalen. Data debit yang digunakan adalah data debit harian pada tahun 1996 - 2005.

Tabel 3.1 periode pengolahan data di UPT PSDAWS Gembong Pekalen

No.	DAS	Data Periode
1	Kadalpang	1997-2005
2	Rejoso	1996-2005
3	Welang	1996-2005
4	Kramat	1996-2005
5	Pekalen	1996-2005
6	Rondodingo	1996-2005

Data debit harian dan data hujan yang didapatkan diubah formatnya menjadi extensi.txt agar dapat terbaca oleh *HidroOffice*. Kedua data harian tersebut diolah dengan masing-masing metode sehingga dapat dilanjutkan dengan analisis dari hasil keenam metode.

3.4.2 Analisis *baseflow* 6 metode RDF

Metode yang digunakan untuk analisis aliran dasar dalam pengolahan data debit yakni metode *Recursive Digital Filter* (RDF):

- a. *One-Parameter Algorithm* pada persamaan 2.1

$$q_{b(i)} = \frac{k}{2-k} q_{b(i-1)} + \frac{1-k}{2-k} q_{(i)}$$

- b. *Two-Parameter Algorithm* pada persamaan 2.2

$$q_{b(i)} = \frac{k}{1+C} q_{b(i-1)} + \frac{C}{1+C} q_{(i)}$$

- c. *IHACRES* pada persamaan 2.3

$$q_{b(i)} = \frac{k}{1+C} q_{b(i-1)} + \frac{C}{1+C} (q_{(i)} + \alpha_q q_{(i-1)})$$

d. *Lyne & Hollick Algorithm* pada persamaan 2.4

$$q_{f(i)} = \alpha q_{f(i-1)} + (q_{(i)} - q_{(i-1)}) \frac{1 + \alpha}{2}$$

e. *Chapman Alogrithm* pada persamaan 2.5

$$q_{f(i)} = \frac{3\alpha - 1}{3 - \alpha} q_{f(i-1)} + \frac{2}{3 - \alpha} (q_{(i)} - \alpha q_{(i-1)})$$

f. *EWMA Filter* pada persamaan 2.7

$$q_{b(i)} = \alpha q_{(i)} + (1 - \alpha)q_{b(i-1)}$$

Keterangan:

$q_{(i)}$: Nilai debit sungai sesungguhnya pada hari ke-i

$q_{b(i)}$: Nilai *baseflow* pada hari ke-i

$q_{b(i-1)}$: Nilai *baseflow* sebelum hari ke-i

$q_{f(i)}$: Nilai *quickflow* pada hari ke-i

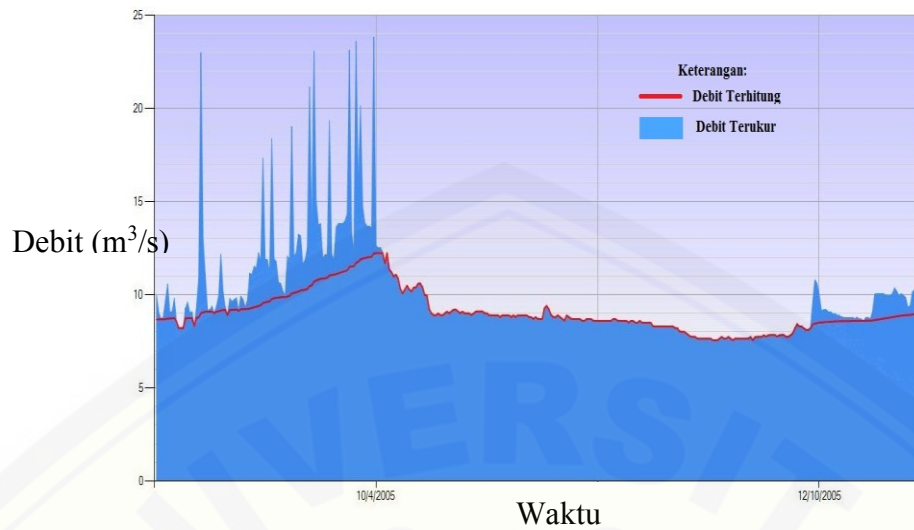
k : Parameter filter yang diberikan oleh konstanta resesi

α : Parameter filter

C : Parameter tambahan untuk mengubah bentuk pemisahan aliran dasar

i : Inteval waktu harian

Penetapan nilai parameter dilakukan dengan cara memeriksa bentuk pemisahan aliran dasar pada saat periode kering dengan melihat selisih antara garis pemodelan aliran dasar (debit terhitung) dengan aliran sungainya (debit terukur) pada *software HidroOffice*. Penggunaan *software HidroOffice* menghasilkan rentang parameter yang dapat direkomendasikan. Nilai parameter kalibrasi dikatakan bagus berdasarkan bentuk dari garis grafik antara debit terukur dan terhitung yang saling berhimpitan pada saat musim kemarau. Namun pada saat musim penghujan diharapkan parameter tetap mempertimbangkan adanya *quickflow* yang terdapat pada aliran sungai. Gambar (3.3) merupakan contoh set parameter antara debit terukur dan debit terhitung.



Gambar 3.3 Contoh set parameter antara debit terukur dan debit terhitung

Gambar (3.3) merupakan contoh set parameter antara debit sungai (terukur) dan debit terhitung, penetapan nilai parameter pada 6 metode RDF dilakukan rentang nilai koefisien parameter untuk menghasilkan koefisien parameter optimal pada metode RDF.

Dari hasil ini juga akan didapatkan *baseflow index* (BFI), semakin besar nilai BFI maka akan semakin baik persediaan air DAS, sedangkan semakin kecil nilai indexnya maka semakin sedikit persediaan air disuatu DAS.

3.4.3 Kalibrasi dan Validasi 6 metode RDF

Proses kalibrasi dilakukan dengan mengganti nilai parameter secara manual sampai dihasilkan grafik yang cocok antara debit terukur dan terhitung, pada proses ini dilakukan pada periode musim kemarau yakni bulan Juli-September tahun 1996-2005. Hal ini di karenakan pada periode tersebut tidak terjadi hujan atau minim terjadinya hujan pada wilayah UPT PSDAWS Gembong Pekalen.

Proses validasi digunakan untuk proses evaluasi terhadap model pada semua periode pada bulan Januari-Desember tahun 1996-2005.

3.4.4 Analisis Uji Kinerja Model

Pada penelitian ini, RMSE digunakan untuk mengevaluasi kinerja dari ke enam metode RDF dalam mempresentasikan aliran dasar di UPT PSDAWS Gembong Pekalen.

$$RMSE = \frac{\sqrt{\sum(Q_M - Q_0)^2}}{n} \dots\dots\dots (3.1)$$

Keterangan:

Q_M : nilai *baseflow* prediksi (dihasilkan dari perhitungan menggunakan metode RDF)

Q_0 : nilai *baseflow* observasi (nilai debit pada saat periode kering)

n : jumlah dari sampel

Hasil nilai RMSE pada 6 metode RDF apabila mendekati 0 maka dapat dikatakan optimal. Sedangkan, apabila nilai RMSE tidak mendekati 0 maka metode tersebut dikatakan kurang optimal.

R square menunjukkan tingkat kesesuaian antara debit terukur dan debit terhitung. Seperti persamaan sebagai berikut.

$$R^2 = 1 - \frac{\sum(Q_0 - Q_M)^2}{(Q_0 - \bar{Q}_M)^2} \dots\dots\dots (3.2)$$

Keterangan :

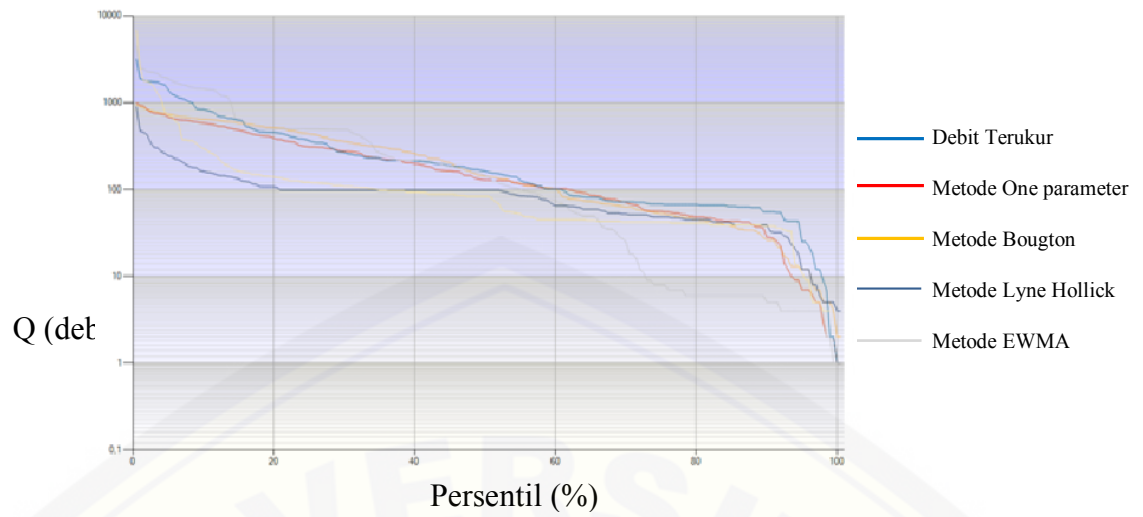
R^2 : Tingkat kesesuaian debit terukur dan terhitung

Q_0 : Debit terukur

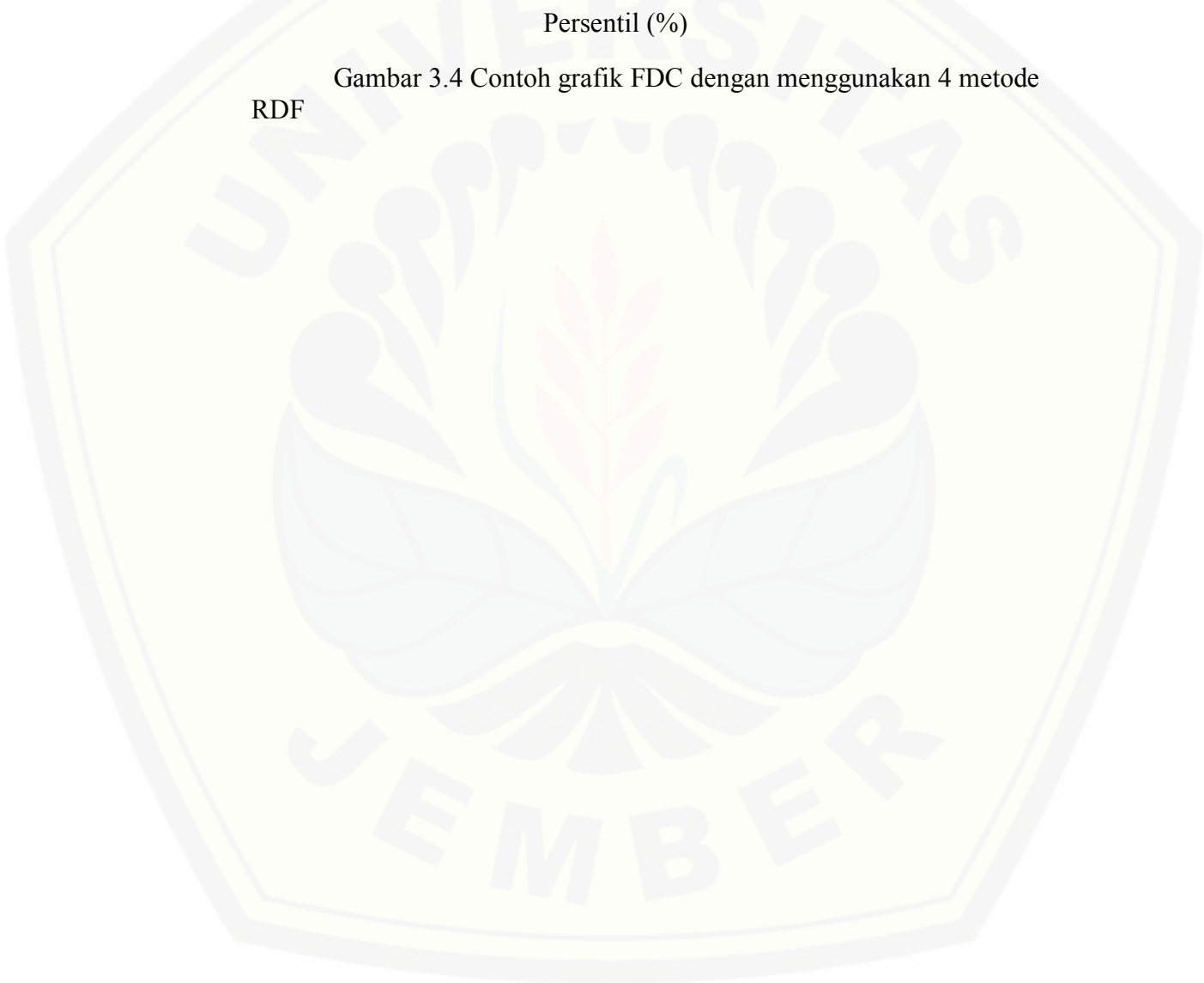
Q_M : Debit terhitung

\bar{Q}_M : Rerata debit terhitung (Indarto, 2010 : 170).

Proses selanjutnya yaitu penilaian statistik menggunakan Kurva Durasi Aliran. FDC merupakan suatu grafik yang menggambarkan klasifikasi debit dan frekuensi kejadian. Sumbu x= persentil, sumbu y= nilai debit dari persentil 0 sampai tertinggi (gambar 3.4).



Gambar 3.4 Contoh grafik FDC dengan menggunakan 4 metode RDF



BAB 4. KARAKTERISTIK FISIK DAN HIDROLOGI DAS

4.1 Karakteristik Fisik DAS

Karakteristik fisik suatu DAS merupakan gambaran dari kenampakan yang terjadi dari suatu DAS seperti bentuk DAS, Luas DAS dan keliling DAS seperti disajikan pada tabel 4.1.

Tabel 4.1 Karakteristik fisik DAS-DAS di UPT PSDAWS Gembong Pekalen

No.	Karakteristik Fisik				
	DAS	Bentuk DAS	Luas DAS (Km ²)	Keliling DAS (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

(Sumber: Data diolah, 2014)

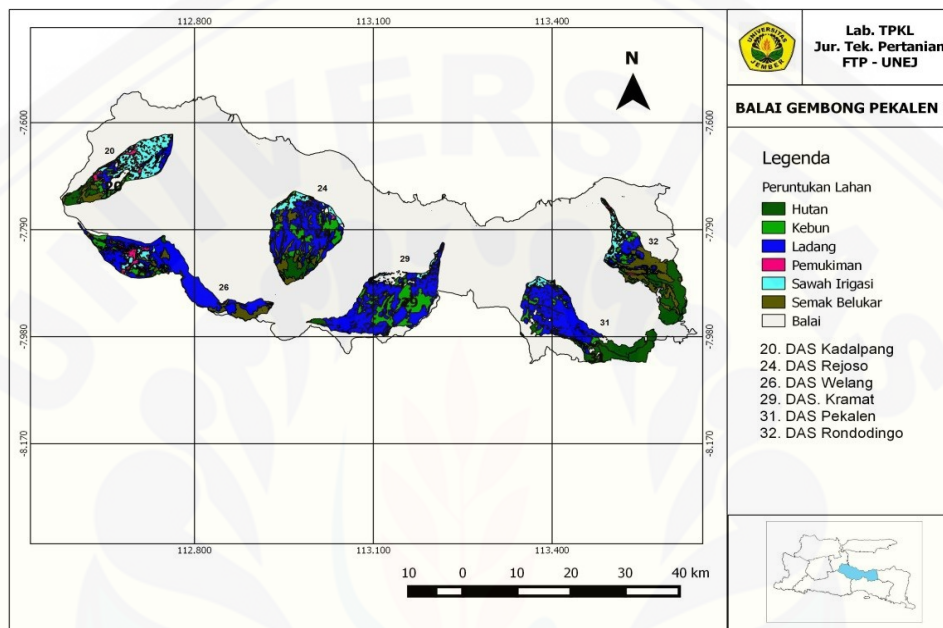
Hasil pengukuran luas, keliling dan panjang sungai utama DAS di wilayah UPT PSDAWS Gembong Pekalen, DAS yang memiliki luas DAS terbesar yaitu DAS Kramat dengan luasan sebesar 177,4 km².

Dengan luas DAS Kramat yang besar maka daya tampung terhadap air hujan sugai tinggi. Semakin besar luas DAS maka semakin besar daya resap air yang terdapat pada sub DAS. Resapan air dan penyimpanan air ini menyebabkan DAS Kramat selalu terdapat *baseflow* yang pada saat musim kemarau.

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).

4.2 Peruntukan Lahan

Peruntukan lahan pada 6 DAS di wilayah UPT PSDAWS Gembong Pekalen mempunyai beragam penggunaan lahan, seperti: kebun, pemukiman, ladang dan lainnya. Gambar (4.1) berikut merupakan peta lokasi peruntukan lahan di wilayah UPT PSDAWS Gembong Pekalen



Gambar 4.1 Peta Peruntukan Lahan UPT PSDAWS Gembong Pekalen

Penyebaran peruntukan lahan pada setiap DAS yang diamati disajikan pada tabel (4.2) berikut:

Tabel 4.2 Peruntukan lahan 6 DAS di wilayah UPT PSDAWS Gembong Pekalen

No.	Peruntukan	Sub DAS					
		Kadalpang	Rejoso	Welang	Kramat	Pekalen	Rodidingo
Luas (Km ²) dan Persentase (%)							
1	Hutan	11,6; 11	14,6; 8,7	49,9; 31,1	2,7; 1,6	45,7; 28	41,9; 32,2
2	Kebun	8,8; 8,3	29,5; 17,7	43,1; 26,8	43,8; 26,3	12,9; 79,1	9,6; 7,3
3	Ladang	15,4; 14,6	72,8; 43,7	34,5; 21,5	102,8; 61,7	80,9; 49,6	14,4; 11
4	Pemukiman	15,2; 14,4	7,2; 4,3	15,8; 9,8	7,9; 4,7	3,1; 1,9	7,7; 5,9
5	Sawah irigasi	43,7; 41,4	13; 7,8	8,7; 5,4	4,8; 2,8	6,4; 3,9	16,1; 12,3
6	Semak belukar	10,7; 10,1	29,3; 17,6	8,4; 5,2	4,4; 2,6	13,9; 8,5	40,3; 3,1

(Sumber: data diolah, 2014)

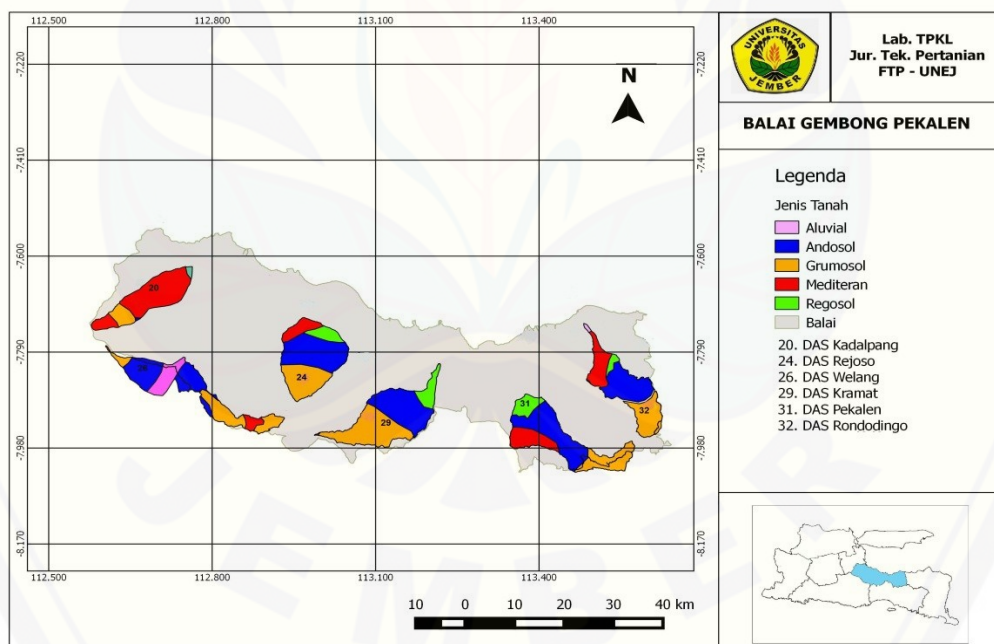
Berdasarkan tabel (4.2) dapat dilihat bahwa peruntukan lahan pada keenam DAS ini digunakan untuk hutan, kebun, ladang, pemukiman, sawah irigasi

dan semak belukar. Luas hutan terbesar terdapat pada DAS Welang yaitu 49,9 km², luas kebun dan ladang terbesar terdapat pada DAS Kramat yaitu 43,8 km² dan 102,8 km², dan pemukiman terbesar terdapat pada DAS Welang yaitu 15,8 km² serta luas sawah irigasi terbesar pada DAS Kadalpang yaitu 43,37 km².

Semakin luas hutan, maka kemampuannya untuk mengurangi penguapan semakin tinggi karena semakin banyak tanaman yang dapat menghambat proses penguapan.

4.3 Jenis Tanah

Tanah menjadi salah satu komponen di bumi yang memiliki arti penting. Tanah berperan penting bagi semua kehidupan di bumi karena tanah mendukung kehidupan tumbuhan dengan menyediakan hara dan air sekaligus sebagai penopang akar. Berikut merupakan jenis-jenis tanah pada wilayah UPT PSDAWS Gembong Pekalen seperti disajikan pada gambar 4.2.



Gambar 4.2 Peta Jenis Tanah

Jenis tanah DAS di wilayah UPT PSDAWS Gembong Pekalen yaitu: Alluvial, Andosol, Grumosol, Mediteran, Regosol dan Latosol. Luas setiap jenis tanah pada setiap DAS berbeda yang dapat disajikan pada tabel 4.3.

Tabel 4.3 Jenis tanah 6 DAS di wilayah UPT PSDAWS Gembong Pekalen

No.	Jenis Tanah	Sub DAS					Rodidingo
		Kadalpang	Rejoso	Welang	Kramat	Pekalen	
Luas (Km ²) dan Persentase (%)							
1	Alluvial	-	-	26; 17,1	-	-	1,4; 1
2	Andosol	0,5; 0,4	80,5; 47,8	69,9; 46	75,3; 42,4	76,3; 46,1	54,5; 40,3
3	Grumosol	16,1; 14,2	52,9; 31,4	47; 30,9	82,5; 46,4	37,4; 22,6	40,1; 29,6
4	Mediteran	93,8; 83	19,1; 11,3	8,9; 5,8	0,3; 0,1	32,1; 19,4	31,5; 23,3
5	Regosol	-	15,6; 9,2	-	19,4; 10,9	19,5; 11,7	7,6; 5,6
6	Latosol	2,5; 2,2	-	-	-	-	-

(Sumber: data diolah, 2014)

Pada penelitian ini, jenis tanah turut mempengaruhi jumlah air yang terserap dan tersimpan. Pada DAS Kadalpang didominasi oleh tanah mediteran (93,8 Km²) dan tidak terdapat jenis tanah regosol dan alluvial. DAS Rejoso tidak memiliki jenis tanah alluvial dan latosol namun didominasi oleh tanah andosol (80,5 Km²). Pada DAS Welang didominasi oleh jenis tanah andosol (69,9 Km²), DAS Kramat didominasi oleh jenis tanah grumosol (82,5 Km²), DAS Pekalen didominasi oleh jenis tanah andosol (76,3Km²) dan pada DAS Rondodingo didominasi oleh jenis tanah andosol (54,5 Km²).

4.4 Karakteristik Hujan

Data hujan digunakan untuk menentukan karakteristik hujan pada 6 DAS. Data rekaman curah hujan mulai tahun 1996-2005 disajikan pada tabel 4.4.

Tabel 4.4 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

(Sumber: Data diolah, 2014)

Curah hujan harian maksimum yang pernah terjadi pada DAS Pekalen sepanjang tahun 1996-2005 adalah 178,00 mm/hari, rerata curah hujan bulanan maksimum sebesar 263,48 mm/hari dan rerata tahunan maksimum sebesar 3161,80 mm/hari yang terjadi di DAS Pekalen.

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.

4.5 Karakteristik Debit

Pada prinsipnya karakteristik debit tiap DAS berbeda-beda. Hal ini dikarenakan karakteristik fisik dari DAS yang bersangkutan berbeda pula. Tabel (4.5) merupakan tampilan karakteristik debit pada masing-masing DAS.

Tabel 4.5 Karakteristik Debit

No.	DAS	Q_{\max} (m^3/s)	Q_{\min} (m^3/s)	Q_{rerata} (m^3/s)	Q_{median} (m^3/s)	Standard Deviasi (m^3/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

(Sumber: Data diolah, 2014)

Data debit harian diperoleh dari stasiun pengukuran pada masing-masing outlet di DAS tersebut. Berdasarkan data karakteristik debit yang ada nilai debit rata-rata tertinggi pada DAS Rejoso ($12,42 m^3/s$). Sedangkan nilai debit rata-rata terkecil terdapat pada DAS Kramat ($2,63 m^3/s$). Jika dikonversikan menjadi (l/s) maka nilai rerata terbesar pada DAS Rejoso ($12.420 l/s$) dan nilai rerata terkecil pada DAS Kramat ($2.630 l/s$). Hal ini membuktikan bahwa semakin tinggi nilai debit semakin tinggi pula nilai aliran dasarnya.

BAB 5. HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Analisis *Baseflow* Periode Kalibrasi

5.1.1 Perbandingan Nilai Parameter

Parameter menyatakan ukuran numeris dari karakteristik suatu sistem yang dimodelkan. Parameter akan mengendalikan hubungan input dan output dari sistem.

Tabel 5.1 Nilai rentang koefisien parameter dari keenam metode pemisahan aliran dasar sepanjang tahun 1996-2005.

No.	Metode RDF	Parameter		
		K	C	α
1	<i>One Parameter</i>	0,80 - 0,995	-	-
2	<i>Boughton</i>	0,80 - 0,995	0,01 - 0,5	-
3	<i>Chapman</i>	-	-	0,80 - 0,995
4	<i>IHACRES</i>	0,80 - 0,995	0,01 - 0,5	0,3 - 0,5
5	<i>Lyne Hollick</i>	0,80 - 0,995	-	-
6	<i>EWMA</i>	0,01 - 0,35	-	-

(Sumber: Data diolah, 2014)

Penggunaan nilai koefisien parameter didasarkan menggunakan metode *trial and error*. Proses tersebut dilakukan pada setiap tahun pada *software HydroOffice*. Penggunaan *software HydroOffice* menghasilkan rentang parameter yang dapat direkomendasikan. Nilai koefisien parameter kalibrasi dikatakan bagus berdasarkan bentuk dari garis grafik antara debit terukur dan terhitung yang saling berhimpitan pada saat musim kemarau. Namun pada saat musim penghujan diharapkan parameter tetap mempertimbangkan adanya *quickflow* yang terdapat pada aliran sungai.

Tabel 5.2 Nilai koefisien parameter dari keenam metode pemisahan aliran dasar sepanjang tahun 1996-2005

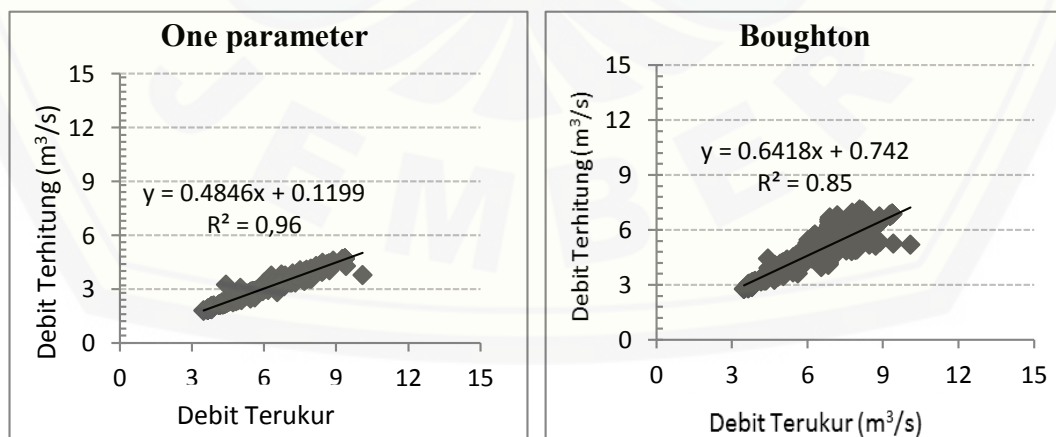
No.	Nama DAS	Parameter Kalibrasi								
		<i>One Parameter</i> k	<i>Boughton</i> k C	<i>Chapman</i> α	<i>IHACRES</i> k α C			<i>Lyne Hollick</i> α	<i>EWMA</i> α	
1	Kadalpang	0,992	0,852	0,2	0,995	0,98	0,4	0,035	0,95	0,015
2	Rejoso	0,925	0,99	0,04	0,815	0,98	0,04	0,035	0,975	0,015
3	Welang	0,952	0,99	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

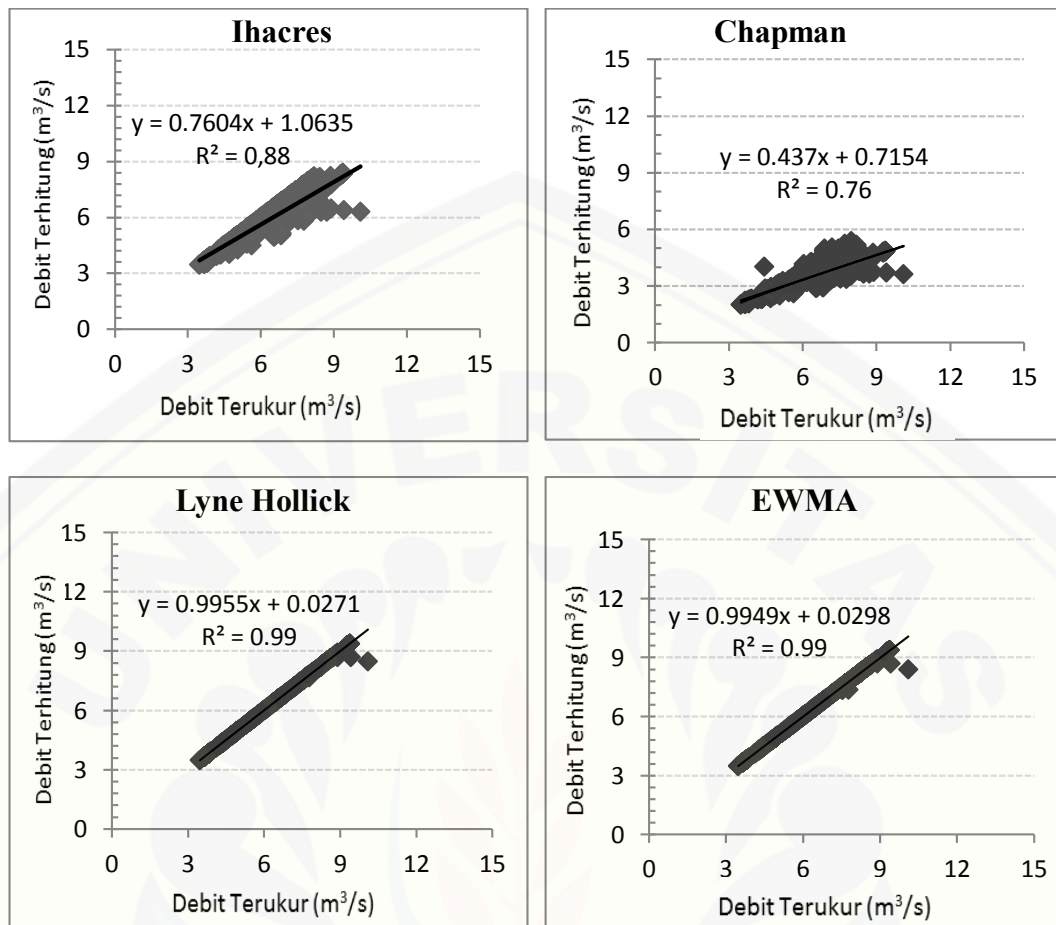
(Sumber: Data diolah, 2014)

Pada tabel (5.2) setiap metode mempunyai parameter yang berbeda-beda yaitu: k , c dan α . Parameter k merupakan konstanta resesi selama tidak terjadinya aliran langsung, parameter c merupakan parameter untuk pemisahan aliran dasar yang berasal dari $(1-k)$ pada persamaan *one parameter* dan parameter α merupakan parameter *filter* yang ditentukan dari 3 sampai 5 kejadian debit dari DAS yang sama berdasarkan analisis sensitivitasnya, ketentuan dari parameter α adalah $0 \leq \alpha < 1$ (Shome *et al.*, 2012: 12).

5.1.2 Perbandingan Nilai R²

Untuk mengetahui nilai R² antara debit terukur dan terhitung pada DAS Pekalen maka dibuat grafik seperti disajikan pada gambar (5.1) berikut.





Gambar 5.1 Grafik *scatter plot* DAS Pekalen (Sumber: Data diolah, 2014)

Nilai R^2 pada gambar (5.1) menunjukkan tingkat kecenderungan signifikan dari keenam metode RDF dalam memodelkan aliran dasar pada periode kalibrasi (Juli-September) tahun 1996-2005 pada DAS Pekalen. Korelasi tertinggi terdapat pada *Lyne Hollick* dan *EWMA filter* dengan nilai R^2 sama sebesar 0,99. Hal ini berarti penerapan dari 6 metode RDF untuk memperkirakan besarnya kontribusi aliran dasar pada saat musim kemarau lebih optimal dengan menggunakan metode *Lyne Hollick* dan *EWMA filter*.

Selisih nilai R^2 antara metode *One Parameter*, *Boughton*, *IHACHRES* dan *Chapman* cukup kecil yaitu dengan nilai R^2 masing-masing sebesar 0,96; 0,85; 0,88 dan 0,76. Nilai R^2 tersebut menjelaskan bahwa selisih antara besarnya nilai debit terukur dan debit terhitung cukup kecil dengan nilai hasil perhitungan mendekati 1. Berikut merupakan nilai dari R^2 di wilayah UPT PSAWS Gembong Pekalen seperti disajikan pada tabel 5.3.

Tabel 5.3 Nilai R^2 pada 6 DAS di wilayah UPT PSAWS Gembong Pekalen

No.	Nama DAS	R^2 Kalibrasi					
		<i>One Parameter</i>	<i>Boughton</i>	<i>Chapman</i>	<i>IHACRES</i>	<i>Lyne Hollick</i>	<i>EWMA</i>
1	Kadalpang	0,66	0,86	0,65	0,79	0,82	0,84
2	Rejoso	0,91	0,88	0,88	0,99	0,96	0,97
3	Welang	0,62	0,63	0,5	0,68	0,77	0,77
4	Kramat	0,53	0,64	0,62	0,61	0,67	0,68
5	Pekalen	0,96	0,85	0,76	0,88	0,99	0,99
6	Rondodingo	0,97	0,97	0,95	0,97	0,99	0,99
	Min	0,53	0,63	0,5	0,61	0,67	0,68
	Max	0,97	0,97	0,95	0,99	0,99	0,99
	Rerata	0,77	0,80	0,72	0,82	0,86	0,87
	Standard Deviasi	0,19	0,13	0,16	0,15	0,13	0,13

(Sumber: Data diolah, 2014)

Hasil dari nilai R^2 pada tabel (5.3) dapat di lihat bahwa nilai korelasi pada 6 DAS yang ada di Wilayah UPT PSAWS Gembong Pekalen menunjukkan nilai R^2 yang mendekati 1 (Satu) adalah metode *Lyne Hollick* dan *EWMA* pada DAS Pekalen dan Rondodingo yaitu bernilai sama 0,99.

Dari hasil tersebut tampak bahwa kecenderungan signifikan dalam pemodelan aliran dasar ditunjukkan oleh persamaan *Lyne Hollick* dan *EWMA*. Metode *Lyne and Hollick* didasarkan pada asumsi bahwa nilai aliran dasar merupakan rata-rata aliran limpasan tertimbang dengan aliran dasar pada saat interval sebelumnya dengan menggunakan parameter α sebagai koefisien parameter. Selanjutnya nilai dari aliran dasar dapat dihitung dari hasil selisih antara nilai debit dengan nilai *quickflow*. Persamaan *Lyne and Hollick* melibatkan penggunaan perhitungan aliran cepat (Lynie dan Hollick, 1979: 15)

Persamaan *EWMA* ini memiliki persamaan yang paling sederhana dibandingkan dengan persamaan kelima metode lainnya, namun hasil dari perhitungan R^2 nilai yang dihasilkan cukup signifikan dalam memodelkan aliran dasar.

Hasil dari R^2 bahwa nilai koefisien korelasi untuk metode *Chapman* dan *One Parameter* pada DAS Welang dan DAS Kramat tidak cukup signifikan dalam memodelkan aliran dasar, hal ini ditunjukkan dengan nilai sebesar 0,50 dan 0,53

yang menunjukkan bahwa dalam memodelkan aliran dasar selisih antara besarnya nilai debit terukur dan debit terhitung cukup besar dengan nilai hasil perhitungan R^2 jauh dari nilai 1(satu).

5.1.3 Perbandingan Nilai RMSE (*Root Mean Square Error*)

Nilai RMSE menunjukkan evaluasi kinerja dari 6 metode RDF yang digunakan untuk menentukan pemodelan aliran dasar yang memiliki kecenderungan signifikan pada 6 metode RDF dengan nilai mendekati 0 (nol) seperti disajikan pada tabel (5.4) berikut.

Tabel 5.4 Nilai RMSE pada 6 DAS diwilayah PSDAWS Gembong Pekalen

No.	Nama DAS	RMSE Kalibrasi					
		<i>One Parameter</i>	<i>Boughton</i>	<i>Chapman</i>	<i>IHACRES</i>	<i>Lyne Hollick</i>	<i>EWMA</i>
1	Kadalpang	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02
2	Rejoso	0,21	0,08	0,04	0,01	0,01	0,01
3	Welang	0,05	0,02	0,04	0,02	0,02	0,01
4	Kramat	0,03	0,02	0,03	0,03	0,02	0,02
5	Pekalen	0,11	0,06	0,1	0,02	0	0
6	Rondodingo	0,05	0,02	0,04	0,03	0,01	0,01
	Min	0,03	0,02	0,02	0,01	0	0
	Max	0,21	0,08	0,1	0,03	0,02	0,02
	Rerata	0,08	0,03	0,04	0,02	0,01	0,01
	Standard Deviasi	0,07	0,02	0,02	0,00	0,00	0,00

(Sumber: Data diolah, 2014)

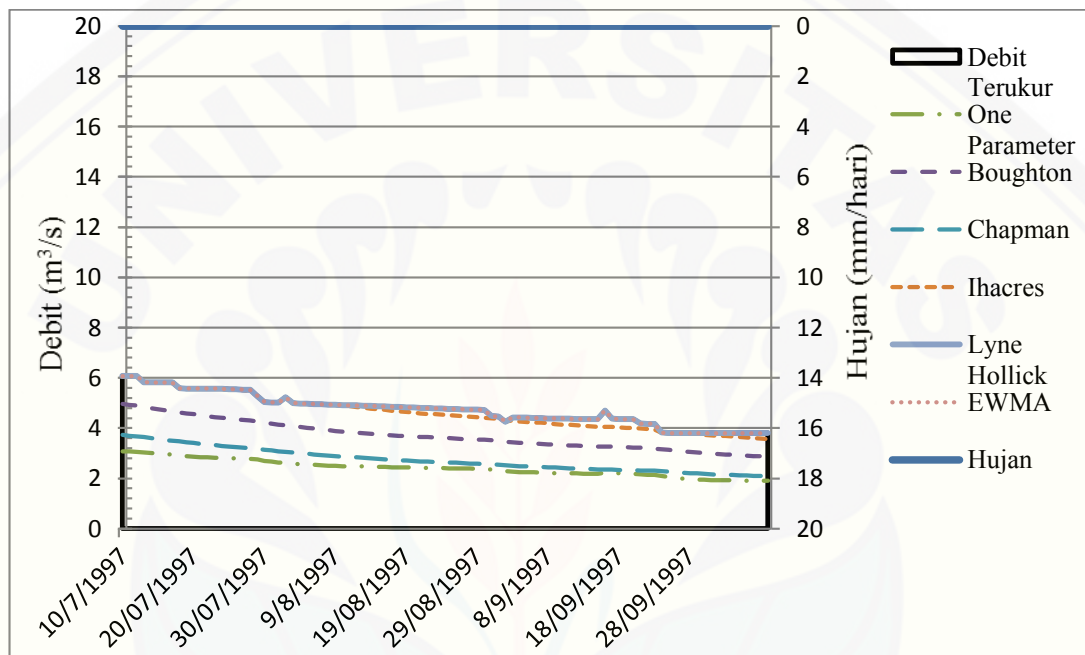
Dari hasil uji statistik menggunakan kriteria penilaian RMSE pada tabel (5.4) diketahui bahwa kecenderungan signifikan dalam pemodelan aliran dasar ditunjukkan oleh persamaan *Lyne and Hollick* dan *EWMA* pada 6 DAS yang ada di UPT PSDAWS Gembong Pekalen dengan nilai rerata 0,01. Pada metode *One Parameter*, *Boughton*, *Chapman* dan *IHACRES* masing-masing nilai rerata RMSE sebesar 0,08; 0,03; 0,04; 0,02. Hal ini menunjukkan bahwa ke empat metode tersebut kurang signifikan dalam memodelkan aliran dasar (*baseflow*).

Dengan demikian, hasil uji kinerja statistik yang dilakukan dengan menggunakan *Root Mean Square Error* (RMSE) tersebut dapat dikatakan bahwa

metode yang signifikan dalam memodelkan aliran dasar pada 6 DAS dari keenam metode RDF adalah *Lyne and Hollick* dan *EWMA filter*.

5.1.4 Grafik 6 Metode RDF dan Intensitas Hujan

Grafik data hujan dan debit ditampilkan pada periode musim kemarau (Juli-September) pada tahun 1997 seperti disajikan pada gambar 5.2.

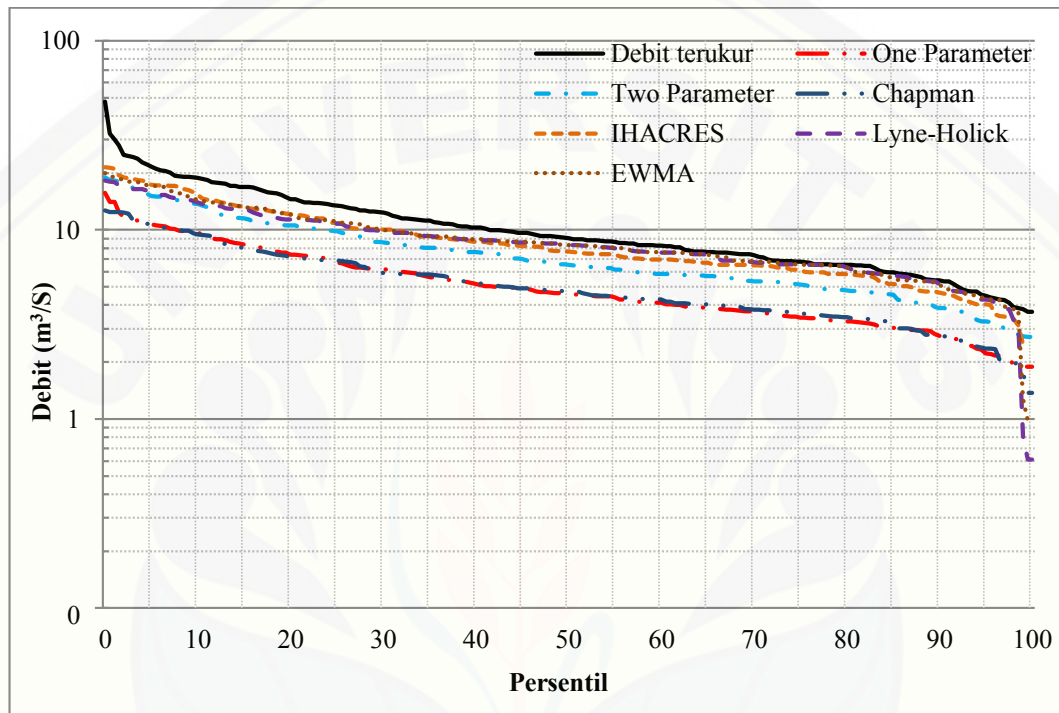


Gambar 5.2 Grafik data hujan dan debit terukur dan terhitung pada periode bulan (Juli-September) tahun 1997 pada DAS Pekalen (Sumber: Data diolah, 2014)

Pada gambar (5.2) menunjukkan hasil grafik data hujan, data debit terukur dan terhitung pada bulan kering (Juli-September) tahun 1997 pada DAS Pekalen. Dari hasil gambar di atas curah hujan sangat kecil, bahkan tidak ada hujan. Debit air sungai pada saat itu cenderung kecil karena pada saat musim kemarau air sungai berasal dari air tanah. Kejadian hujan yang tinggi berpengaruh terhadap besarnya volume air hujan yang masuk ke wadah air bawah tanah yang kemudian mengalir menjadi aliran dasar menuju sungai.

5.1.5 Analisis Kurva Durasi Aliran (FDC)

Grafik FDC merupakan suatu cara sederhana untuk menampilkan range dan sebaran data dalam suatu rentang waktu seperti yang disajikan pada gambar 5.3.



Gambar 5.3 Grafik *flow duration curve* (FDC) pada periode musim kemarau (Juli-September) tahun 1996-2005 pada DAS Pekalen. (Sumber: Data diolah, 2014)

Gambar (5.4) menunjukkan bahwa grafik FDC pada periode kering pada DAS Pekalen yang memiliki persentil 0 pada debit terukur sebesar 47,6 m³/s. Pada debit terhitung pada metode RDF yang memiliki nilai debit tertinggi yaitu *Boughton* dan *IHACRES* yaitu diantaranya 18,98 m³/s dan 21,6 m³/s, pada persentil 100 yaitu pada debit terukur 3,69 m³/s dan pada debit terhitung yaitu sebesar 2,71 m³/s dan 2,48 m³/s.

Hasil dari grafik FDC di atas menunjukkan nilai persentil dan nilai debit dari keenam metode RDF dan mengetahui hasil grafik FDC pada semua metode RDF yang mendekati debit terukur.

5.1.6 Analisis *Baseflow Index* (BFI)

Nilai koefisien dari masing-masing metode RDF yang dioptimalkan dengan metode *trial and error* dalam memisahkan antara aliran dasar dari total aliran dapat ditampilkan pada tabel 5.5.

Tabel 5.5 Perbandingan BFI periode Kalibrasi dari 6 DAS di UPT PSDAWS Gembong Pekalen pada tahun 1996-2005

Metode RDF	Keterangan	DAS					
		Kadalpang	Rejoso	Welang	Kramat	Pekalen	Rondodingo
<i>One Parameter</i>	Min	0,13	0,38	0,16	0,11	0,36	0,27
	Maks	1	1	0,98	1	0,78	0,95
	Rerata	0,8	0,5	0,52	0,76	0,50	0,55
<i>Boughton</i>	Min	0,24	0,06	0,25	0,16	0,51	0,29
	Maks	1	1	1	1	1	1
	Rerata	0,6	0,81	0,88	0,78	0,75	0,86
<i>Chapman</i>	Min	0,13	0,35	0,14	0,11	0,36	0,25
	Maks	1	1	1	0,93	0,91	1
	Rerata	0,9	0,50	0,59	0,52	0,54	0,58
<i>IHACRES</i>	Min	0,19	0,66	0,22	0,12	0,62	0,36
	Maks	1	1	1	1	1	1
	Rerata	0,9	0,90	0,85	0,62	0,92	0,81
<i>Lyne Hollick</i>	Min	0,21	0,76	0,3	0,2	0,84	0,03
	Maks	1	1	1	1	1	1
	Rerata	0,9	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99
<i>EWMA</i>	Min	0,26	0,78	0,3	0,21	0,83	0,55
	Maks	1	1	1	1	1	1
	Rerata	1	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99

(Sumber: Data diolah, 2014)

Pada tabel (5.5) menampilkan nilai *baseflow index* (BFI) hasil analisis berdasarkan persamaan keenam metode RDF. Nilai BFI berkisaran antara 0 (nol) sampai 1. Berdasarkan optimalisasi nilai koefisien dari keenam metode diatas menghasilkan nilai *baseflow index* (BFI) yang bervariasi. Optimalisasi nilai koefisien menggunakan keenam metode RDF ini menunjukkan bahwa nilai BFI rerata yang tinggi dimodelkan dari metode *EWMA* yaitu sebesar 1 pada DAS

Kadalong, sedangkan nilai BFI rerata pada 5 DAS lainya untuk metode *Lyne Hollick* dan *EWMA* yaitu sebesar 0,99; 0,99.

Menurut Tallaksen (1995: 4) nilai indeks aliran dasar (BFI) yang tinggi mendiskripsikan bahwa sebuah DAS memiliki pola aliran yang stabil dan mampu mempertahankan aliran sungai selama periode kering.

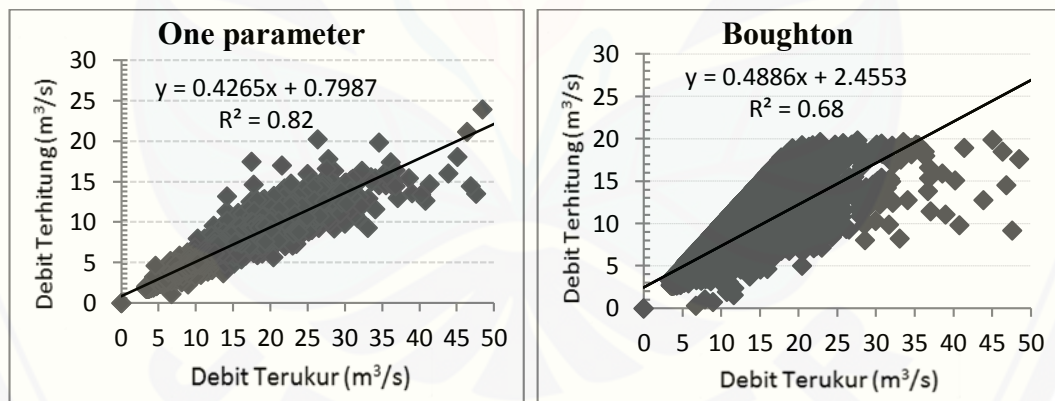
5.2 Analisis *Baseflow* Periode Validasi

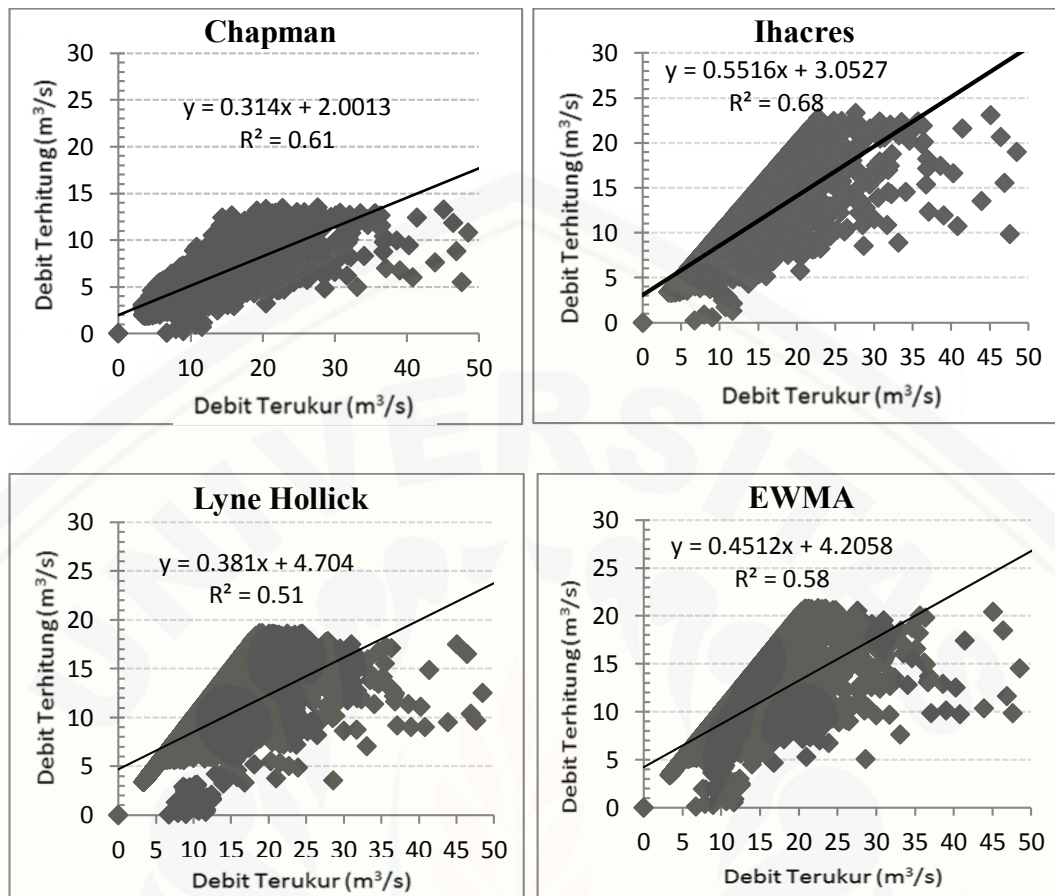
5.2.1 Nilai Parameter

Nilai parameter pada proses validasi sama halnya dengan proses kalibrasi, akan tetapi hasil dari R^2 dan RMSE berbeda karena pada proses validasi data yang digunakan mulai dari 1 Januari 1996 - 31 Desember 2005.

5.2.2 Perbandingan Nilai R^2

Korelasi antara debit terukur dan debit terhitung pada DAS Pekalen, data yang digunakan yaitu 1 Januari 1996 - 31 Desember 2005 seperti disajikan pada gambar 5.4.





Gambar 5.4 Grafik *scatter plot* sub DAS Pekalen (Sumber: Data diolah, 2014)

Nilai koefisien determinasi pada periode validasi dari 1 Januari 1996-31 Desember 2005 seperti disajikan pada tabel 5.6.

Tabel 5.6 Nilai R^2 pada 6 DAS di wilayah UPT PSDAWS Gembong Pekalen

No.	Nama DAS	R^2 Validasi					
		<i>One Parameter</i>	<i>Boughton</i>	<i>Chapman</i>	<i>IHACRES</i>	<i>Lyne Hollick</i>	<i>EWMA</i>
1	Kadalpang	0,34	0,77	0,29	0,62	0,63	0,51
2	Rejoso	0,64	0,5	0,55	0,71	0,48	0,33
3	Welang	0,55	0,57	0,33	0,49	0,39	0,41
4	Kramat	0,21	0,46	0,43	0,4	0,37	0,29
5	Pekalen	0,82	0,68	0,61	0,68	0,51	0,58
6	Rondodingo	0,89	0,85	0,84	0,86	0,77	0,69
	Min	0,21	0,46	0,29	0,4	0,37	0,29
	Max	0,89	0,85	0,84	0,86	0,77	0,69
	Rerata	0,57	0,63	0,50	0,62	0,52	0,46

Standard Deviasi	0,26	0,15	0,20	0,16	0,15	0,15
------------------	------	------	------	------	------	------

(Sumber: Data diolah, 2014)

Tabel (5.6) menunjukkan R^2 pada periode validasi untuk DAS Pekalen. Nilai R^2 pada masing-masing metode apabila mendekati nilai 1 (satu), maka dapat dikatakan bahwa metode tersebut cukup signifikan dalam memodelkan aliran dasar. Hasil dari perbandingan nilai R^2 diatas apabila nilai R^2 jauh dari nilai 1 maka metode tersebut kurang signifikan dalam memodelkan aliran dasar.

5.2.3 Perbandingan Nilai RMSE

Uji kinerja pada 6 metode RDF menggunakan RMSE seperti disajikan pada tabel 5.7.

Tabel 5.7 Nilai RMSE pada 6 DAS diwilayah PSAWS Gembong Pekalen

No.	Nama DAS	RMSE Validasi					
		<i>One Parameter</i>	<i>Bougton</i>	<i>Chapman</i>	<i>IHACRES</i>	<i>Lyne Hollick</i>	<i>EWMA</i>
1	Kadalpang	0.08	0.04	0.08	0.06	0.02	0.03
2	Rejoso	0.15	0.1	0.08	0.06	0.08	0.1
3	Welang	0.05	0.03	0.05	0.04	0.04	0.04
4	Kramat	0.07	0.06	0.07	0.07	0.06	0.07
5	Pekalen	0.11	0.08	0.12	0.07	0.08	0.08
6	Rondodingo	0.07	0.05	0.08	0.05	0.06	0.07
	Min	0.05	0.03	0.05	0.04	0.02	0.03
	Max	0.15	0.1	0.12	0.07	0.08	0.1
	Rerata	0.08	0.06	0.08	0.05	0.05	0.06
	Standard Deviasi	0.03	0.02	0.02	0.01	0.02	0.02

(Sumber: Data diolah, 2014)

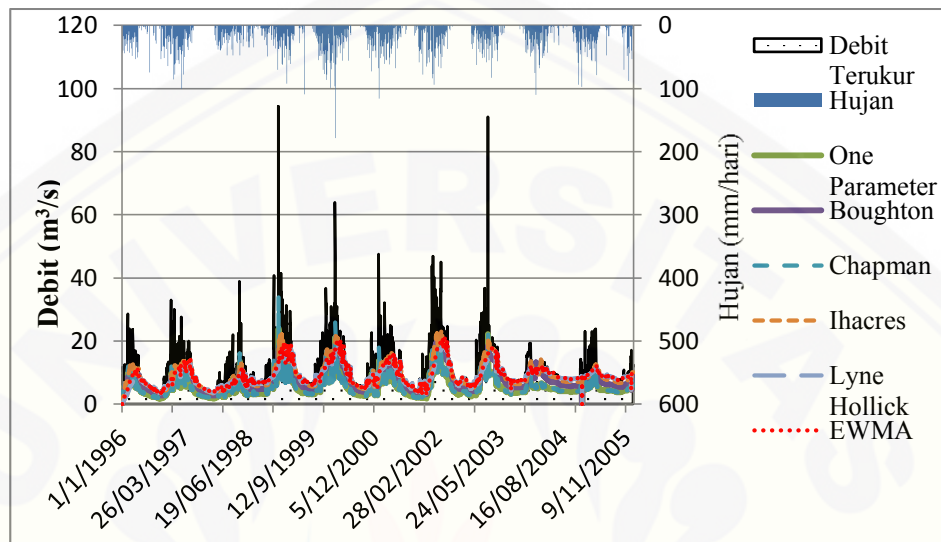
Tabel (5.7) tentang nilai RMSE yang menunjukkan bahwa nilai yang mendekati nol yaitu terdapat pada DAS Kadalpang untuk metode *Lyne Hollick* bernilai 0,02, nilai tersebut menunjukkan bahwa evaluasi uji kinerja dalam memodelkan aliran dasar.

Hasil dari uji statistik RMSE dan R^2 diatas menggunakan periode validasi yaitu digunakan untuk menunjukkan apakah parameter yang optimal pada data debit periode kering juga optimal ketika digunakan untuk data semua periode.

5.2.4 Grafik 6 Metode RDF dan Intensitas Hujan

a. Periode Panjang

Grafik data hujan dan debit harian ditampilkan pada periode panjang dimulai dari tahun 1996-2005 pada DAS Pekalen pada gambar 5.5.

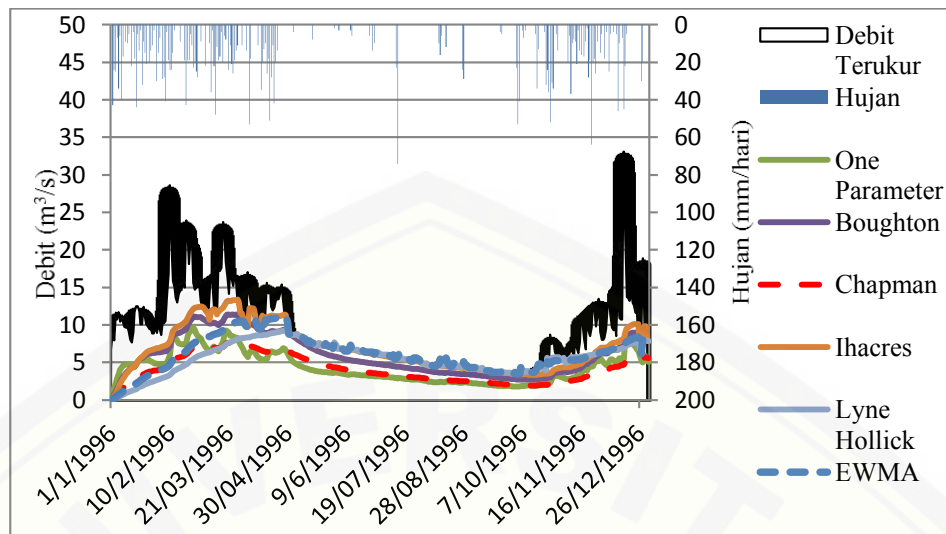


Gambar 5.5 Sampel grafik korelasi antara kejadian hujan dengan debit di DAS Pekalen tahun 1996-2005 (Sumber: Data diolah, 2014)

Dari hasil grafik diatas, terlihat bahwa pada dasarnya setiap tahun nilai hujan senantiasa berubah-ubah naik dan turun. Nilai debit sungai cenderung meningkat pada saat musim penghujan dan akan menurun pada saat musim kemarau.

b. Periode Tahunan

Grafik antara debit terukur dan debit terhitung serta curah hujan pada periode tahun 1996 seperti disajikan pada gambar 5.6.

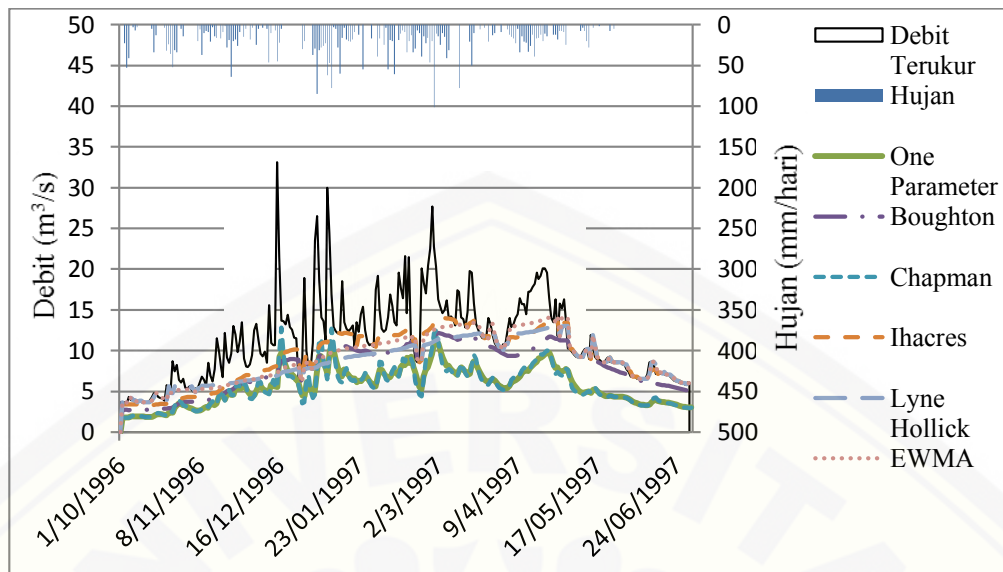


Gambar 5.6 Grafik data hujan dan debit terukur dan terhitung pada tahun 1996 pada DAS Pekalen (Sumber: Data diolah, 2014)

Gambar (5.6) menunjukkan bahwa dalam periode tahunan, curah hujan tertinggi tercatat pada bulan Januari-Juni sedangkan pada bulan Juli-September curah hujan sangat kecil bahkan tidak ada hujan. Fenomena kejadian hujan ini sangat berpengaruh besar terhadap volume kontribusi aliran dasar. Hal ini terjadi karena kondisi tinggi rendahnya intensitas hujan mempengaruhi besarnya volume air hujan yang masuk ke wadah air bawah tanah yang kemudian mengalir menjadi aliran dasar sungai.

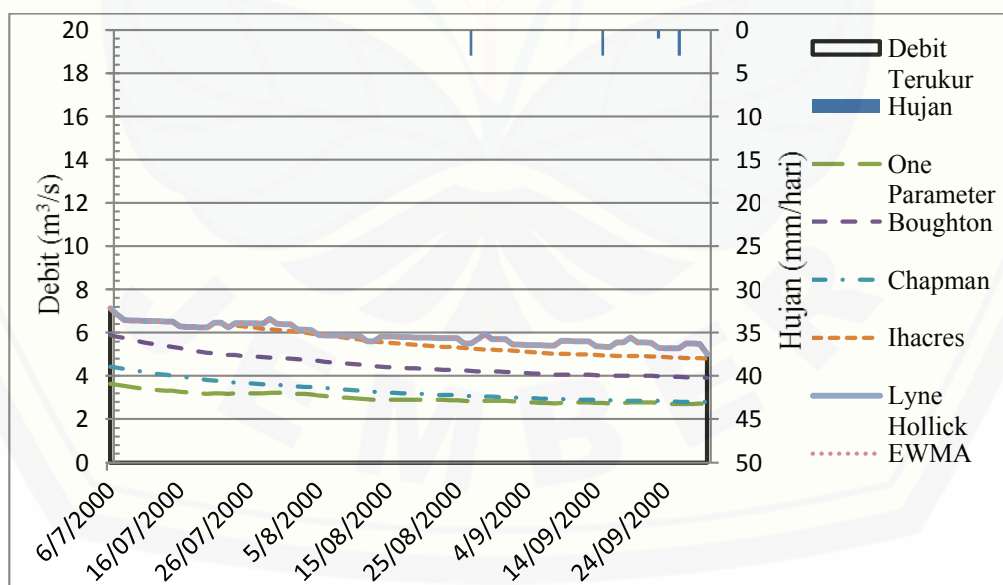
c. Periode Musiman

Grafik data hujan dan debit terukur dan terhitung ditampilkan pada periode musim penghujan bulan Oktober 1996-Juni 1997 pada DAS Pekalen seperti disajikan pada gambar 5.7.



Gambar 5.7 Grafik data hujan dan debit terukur dan terhitung pada periode musiman (Oktober 1996-Juni 1997) pada DAS Pekalen. (Sumber: Data diolah, 2014)

Gambar (5.7) menunjukkan bahwa dalam periode musiman bulan Oktober 1996-Juni 1997, curah hujan tinggi tercatat pada bulan Januari-mei sedangkan pada bulan Juni dan oktober curah hujan tidak terlalu besar. Kejadian hujan ini sangat berpengaruh terhadap volume kontribusi aliran dasar yang ada di sungai.

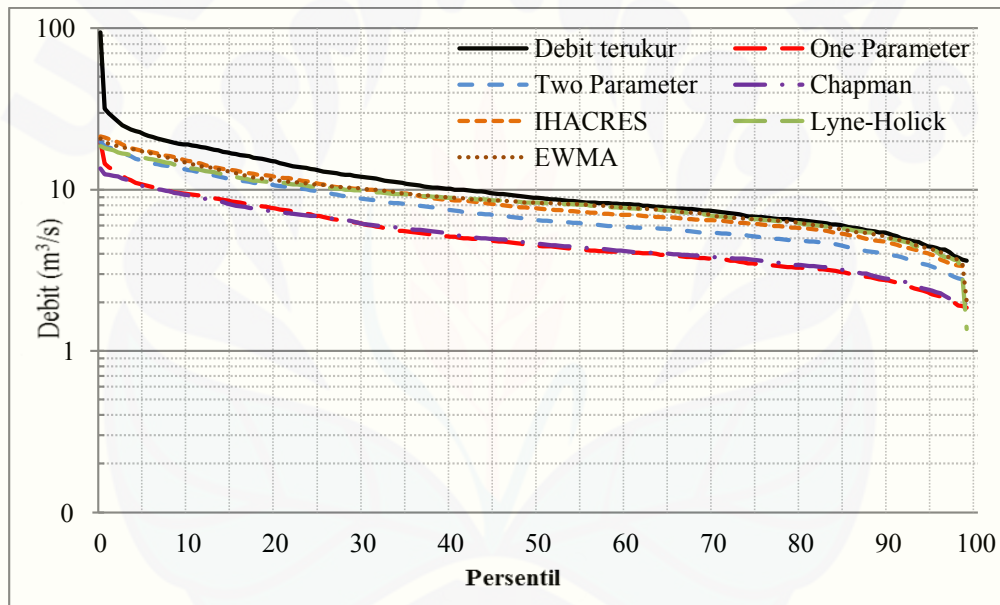


Gambar 5.8 Grafik data hujan dan debit terukur dan terhitung pada periode musiman (Juli-September 2000) pada DAS Pekalen. (Sumber: Data diolah, 2014)

Hasil grafik data hujan, data debit terukur dan terhitung pada periode musiman (Juli-September) tahun 2000 pada DAS Pekalen. Hasil gambar diatas curah hujan sangat kecil, bahkan tidak ada hujan. Debit air sungai pada saat itu cenderung kecil karena pada saat musim kemarau air sungai yang mengalir berasal dari air tanah.

5.2.5 Analisis Kurva Durasi Aliran (FDC)

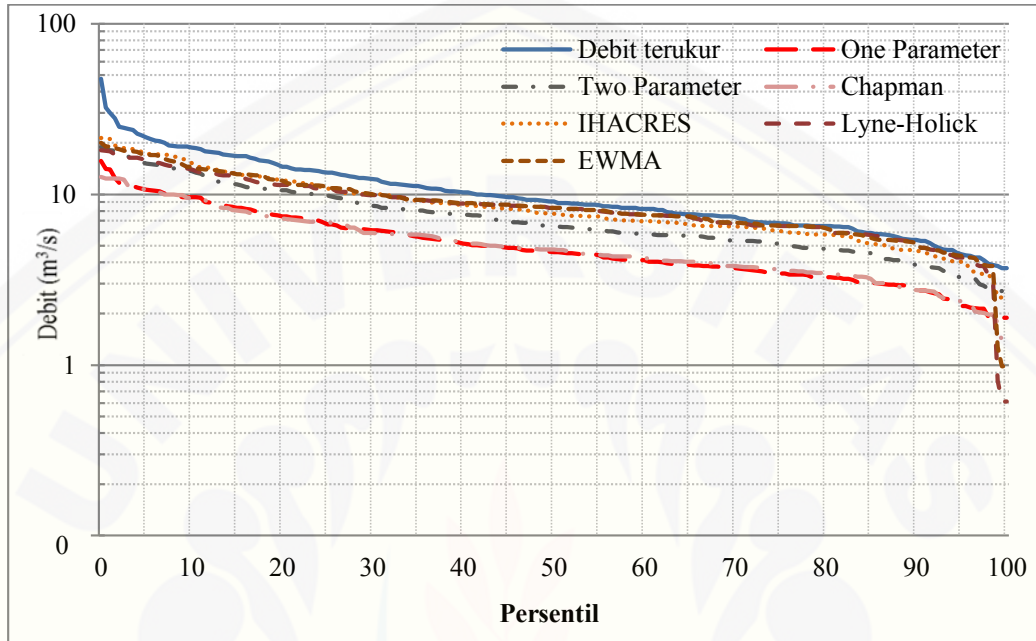
Analisis FDC (*flow duration curve*) merupakan suatu metode analisis yang digunakan untuk menampilkan sebaran data berdasarkan range-nya yang disajikan dalam persentase kumulatif seperti pada gambar 5.9.



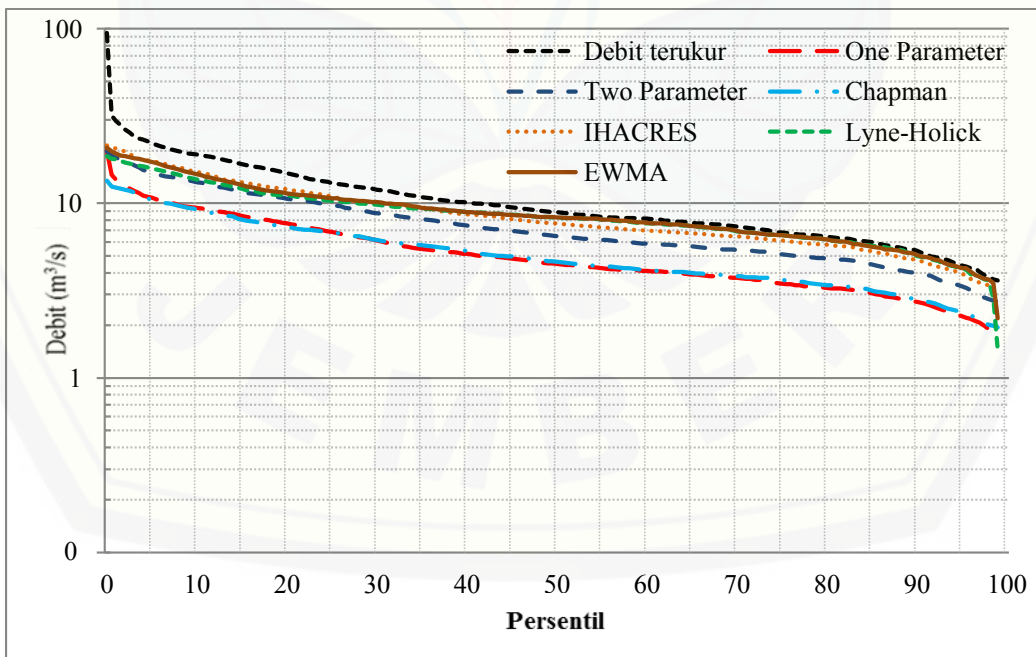
Gambar 5.9 Grafik *flow duration curve* (FDC) pada DAS Pekalen periode panjang tahun 1996-2005 (Sumber: Data diolah, 2014)

Gambar (5.9) memperlihatkan grafik FDC dengan periode tahun 1996-2005 di sub DAS Pekalen, hal ini untuk menyatakan frekuensi kejadian debit dari suatu seri data rentang waktu. Nilai persentil 0 pada debit terukur sebesar 94,3 m³/s sedangkan pada debit terhitung pada keenam metode RDF yang memiliki nilai debit tertinggi yaitu *IHACRES* dan *EWMA* yaitu sebesar 23.31 m³/s dan 20.78 m³/s.

Batas akhir dari hasil grafik FDC yaitu pada persentil 99, nilai debit terukur sebesar $3,62 \text{ m}^3/\text{s}$ dan nilai debit terhitung tertinggi pada keenam metode RDF yaitu sebesar $2,72 \text{ m}^3/\text{s}$ dan $3,35 \text{ m}^3/\text{s}$ pada metode *Boughton* dan *IHACRES*.



Gambar 5.10 Grafik *flow duration curve* (FDC) periode Juli-September tahun 1996-2005 pada DAS Pekalen (Sumber: Data diolah, 2014)



Gambar 5.11 Grafik *flow duration curve* (FDC) pada periode bulan Oktober-Juni tahun 1996-2005 pada DAS Pekalen (Sumber: Data diolah, 2014)

Gambar (5.10) untuk FDC pada periode bulan Juli-September tahun 1996-2005 menunjukkan nilai persentil 0 (nol) pada debit terukur sebesar $47,6 \text{ m}^3/\text{s}$, nilai persentil tertinggi baik debit terukur dan terhitung berada pada persenti 100, nilai pada debit terukur untuk persentil maksimal sebesar $3,69 \text{ }^3/\text{s}$

Gambar (5.11) menunjukkan pada periode bulan Oktober-Juni pada tahun 1996-2005 pada DAS Pekalen, nilai debit terukur untuk persentil 0 sebesar $94,3 \text{ m}^3/\text{s}$, pada debit terukur tertinggi berada pada persentil 99 yaitu sebesar $3,62 \text{ m}^3/\text{s}$. Nilai dari hasil analisis debit terrukur menunjukkan bahwa nilai debit terukur selalu berada diatas nilai debit terhitung.

5.2.6 Analisis *Baseflow Index* (BFI)

Nilai *baseflow index* (BFI) pada 6 DAS di Wilayah UPT PSDAWS Gembong Pekalen untuk periode semua bulan pada tahun 1996-2005 seperti disajikan pada tabel 5.8.

Tabel 5.8 Perbandingan BFI periode Validasi dari 6 DAS di UPT PSDAWS Gembong

Metode RDF	Keterangan	DAS					
		Kadalpang	Rejoso	Welang	Kramat	Pekalen	Rondodingo
<i>One Parameter</i>	Min	0,02	0,07	0,05	0,01	0,11	0,07
	Maks	1	1	1	1	1	1
	Rerata	0,7	0,5	0,5	0,68	0,05	0,52
<i>Boughton</i>	Min	0,18	0,04	0,53	0,05	0,50	0,52
	Maks	1	1	1	1	1	1
	Rerata	0,6	0,8	0,85	0,79	0,71	0,78
<i>Chapman</i>	Min	0,01	0,08	0,01	0,05	0,01	0,02
	Maks	1	1	1	1	1	1
	Rerata	0,7	0,50	0,55	0,56	0,52	0,53
<i>IHACRES</i>	Min	0,06	0,03	0,02	0,03	0,03	0,04
	Maks	1	1	1	1	1	1
	Rerata	0,9	0,88	0,81	0,66	0,86	0,75
<i>Lyne Hollick</i>	Min	0,05	0,01	0,01	0,05	0,01	0,04
	Maks	1	1	1	1	1	1

<i>EWMA</i>	Rerata	0,9	0,94	0,89	0,90	0,92	0,88
	Min	0,03	0,02	0,01	0,01	0,02	0,02
	Maks	1	1	1	1	1	1
	Rerata	0,9	0,91	0,89	0,89	0,93	0,87

(Sumber: Data diolah, 2014)



BFI merupakan perbandingan antara volume aliran dasar yang dibagi dengan volume total aliran sungai, volume aliran dasar ini diperkirakan dengan menggunakan metode RDF. Pada tabel (5.8) menunjukkan bahwa nilai BFI rerata tertinggi pada DAS Pekalen untuk metode *Lyne Hollick* dan *EWMA*, untuk nilai rerata BFI terkecil yaitu sebesar 0,5 untuk metode *Chapman* pada semua DAS terkecuali pada DAS Kadalpang yang bernilai sedikit lebih besar yaitu 0,7. Pada DAS-DAS dengan kontribusi air bawah tanah yang tinggi untuk aliran menuju sungai, nilai BFI akan lebih dekat dengan nilai 1.



BAB 6. PENUTUP

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan data pengamatan dan perhitungan yang telah dilakukan pada penelitian maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Pemodelan aliran dasar dari keenam metode RDF yang signifikan didapatkan dari metode *Lyne Hollick* dan *EWMA filter*. Penetapan ini berdasarkan analisis menggunakan RMSE dan R^2
2. Nilai BFI rerata tertinggi diperoleh dari metode *Lyne Hollick* dan *EWMA*.

6.2 Saran

Guna untuk meningkatkan keakuratan hasil pemodelan diperlukan penelitian lebih lanjut mengenai perlakuan dan parameter. Karena, hal ini sangat berpengaruh pada hasil pemodelan aliran dasar.

DAFTAR PUSTAKA

- Bedient, P. N. dan Wayne, C. H. 2002. *Hydrology and Flood Plain Analysis 3rd ed.* Prentice Hall: United State of America.
- 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.
- Brodie, Sundaram, Tottenham, Hostetler, dan Ransley. 2007. *An Review of Tools for Assesing Groundwater Surface Water.* Report to the Executive Steering Committee for Australia's Water Resources Information (ESCAWRI). Canberra: Bureau of Rural Sciences.
- Brodie, R. dan Hostetler, S. 2010. *A review of techniques for analyzing baseflow from stream hydrographs.* Canberra: Australian National University.
- 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.* Institution of Engineers Australia, Hobart.
- DPU Air Jatim. 2009. *Gambaran Umum Sungai Gembong Pekalen.* Surabaya.
- Gregor, M. 2010. *BFI+ 3.0 User's Manual.* Slovakia : Comenius University.
- 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.

- Linsley, Kohler, Paulhus, dan Wallace. 1958. *Hydrology for engineers*. Mc Graw Hill, New York.
- Lyne, V. dan Hollick, M. 1979. *Stochastic time - variable rainfall - runoff modeling*. Institute Engineers Australia National Conference. Publ. 79 / 10, 89-93.
- McCuen, R. 1998. *Hidrologic Analysis and design, Second Edition*. New Jersey: Prentice Hall Uper Sanddle River.
- Nathan, R. J. dan McMahan, T. A. 1990. *Evaluation of automated techniques for baseflow and recession analysis*. Water Resources Publication : USA. 26(7): 1465-1473.
- Pettyjohn, W. 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, 323pp.
- Sarief, S. 1989. *Fisika-Kimia Tanah Pertanian*. Bandung: Pustaka Buana.
- Shome, Vadali, Datta, Sen, dan Mukherjee. 2012. *Performance Evaluation of Different Averaging Based Filter Designs Using Digital Signal Processor and Its Synthesis on FPGA*. International Journal of Signal Processing, Image Processing and Pattern Reconition. Vol. 5 (3): 82.
- Sloto, R. A. dan Crouse, M. 1996. *HYSEP: A computer program for streamflow hydrograph separation and analysis*. US Geological Survey, Water Resources Investigations Report. 96-4040.
- Smakthin, V.U. 2001. *Low flow hydrology: a review*. J Hydrology 240, 147-186.
- Tallaksen, L. M. 1995. *A Review of Baseflow Recession Analysis*. J Hydrologi 165,349-370

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

Viessman, W., Lewis, G., dan Knapp, J. W. 1989. *Introduction to Hydrology*. Harper Collins Pub. New York.



LAMPIRAN

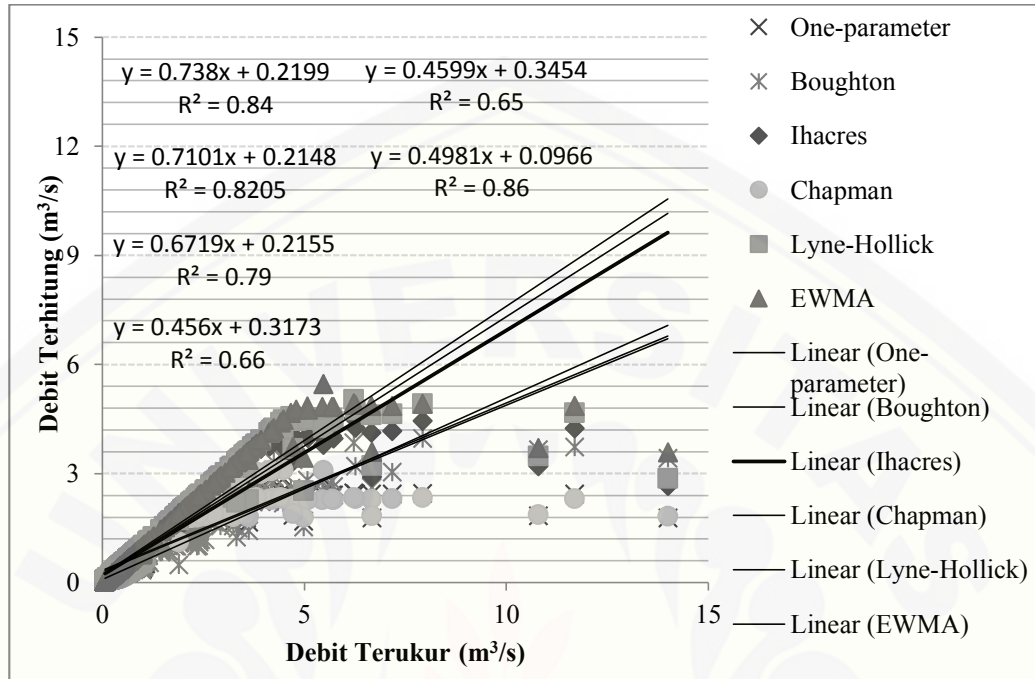
A. Contoh Data Debit Sub DAS Kadalpang Bulan Januari Tahun 1997-2005

Bulan	Tgl	Data Debit (m ³ /Det) Sub DAS Kadalpang Bulan Januari Tahun 1997-2005								
		1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Jan	1	0.36	1.37	13.30	8.51	.85	9.89	20.64	0.53	0.83
Jan	2	0.35	1.33	9.47	6.63	0.85	6.25	24.44	0.28	0.79
Jan	3	0.31	1.42	5.17	7.37	1.35	2.56	17.51	0.84	0.83
Jan	4	0.37	2.43	5.19	4.79	0.99	2.72	16.04	0.29	0.88
Jan	5	0.84	1.90	4.82	4.69	0.97	4.73	14.61	0.52	18.00
Jan	6	0.38	8.34	4.61	7.29	3.77	1.13	12.13	0.39	2.63
Jan	7	1.04	4.37	3.66	5.98	1.20	8.36	12.03	0.61	1.01
Jan	8	0.44	2.23	13.10	13.10	0.51	6.21	11.78	0.59	0.88
Jan	9	1.18	1.49	10.10	8.28	3.77	3.95	15.83	0.51	7.04
Jan	10	0.36	1.34	7.22	9.35	2.72	0.99	14.62	0.76	1.56
Jan	11	0.58	1.19	5.68	6.87	1.28	0.98	14.02	0.89	11.14
Jan	12	0.40	1.11	5.42	5.75	0.51	6.55	22.57	4.48	3.95
Jan	13	0.35	1.18	8.31	5.11	0.60	6.57	16.57	0.67	1.08
Jan	14	0.32	4.54	16.60	4.32	0.84	3.97	18.97	0.82	1.07
Jan	15	0.34	1.70	12.50	4.29	2.07	4.42	14.48	0.60	0.93
Jan	16	0.34	1.30	9.02	6.41	1.59	12.52	14.29	0.88	1.02
Jan	17	0.34	1.25	9.09	14.20	1.11	8.15	15.13	0.89	1.10
Jan	18	0.89	1.19	6.58	7.65	7.00	4.96	13.21	3.46	1.03
Jan	19	0.73	1.10	15.90	6.34	6.28	2.69	14.25	1.14	1.55
Jan	20	0.69	1.09	7.27	6.30	5.74	11.17	14.03	0.50	17.77
Jan	21	0.37	1.10	4.90	5.46	12.00	14.20	12.92	0.82	3.25
Jan	22	0.31	1.16	6.41	4.72	9.51	7.10	17.09	4.71	1.26
Jan	23	0.35	1.90	7.29	5.54	6.61	17.14	22.73	1.22	0.98
Jan	24	0.36	3.47	21.30	5.16	4.24	17.28	15.21	0.44	0.88
Jan	25	0.32	3.28	9.40	11.70	2.04	16.09	12.70	0.32	0.88
Jan	26	0.28	1.72	11.10	20.40	1.15	21.77	16.19	0.84	1.02
Jan	27	0.31	6.21	14.10	12.10	0.74	6.57	24.02	0.74	0.51
Jan	28	0.60	8.55	7.61	14.60	3.77	17.71	19.33	0.83	2.34
Jan	29	0.29	4.19	9.47	7.97	4.33	31.59	22.21	0.80	5.64
Jan	30	0.24	2.19	10.70	13.00	2.74	17.59	17.78	5.92	1.37
Jan	31	0.33	2.96	16.70	14.60	22.70	8.35	15.02	2.41	1.06

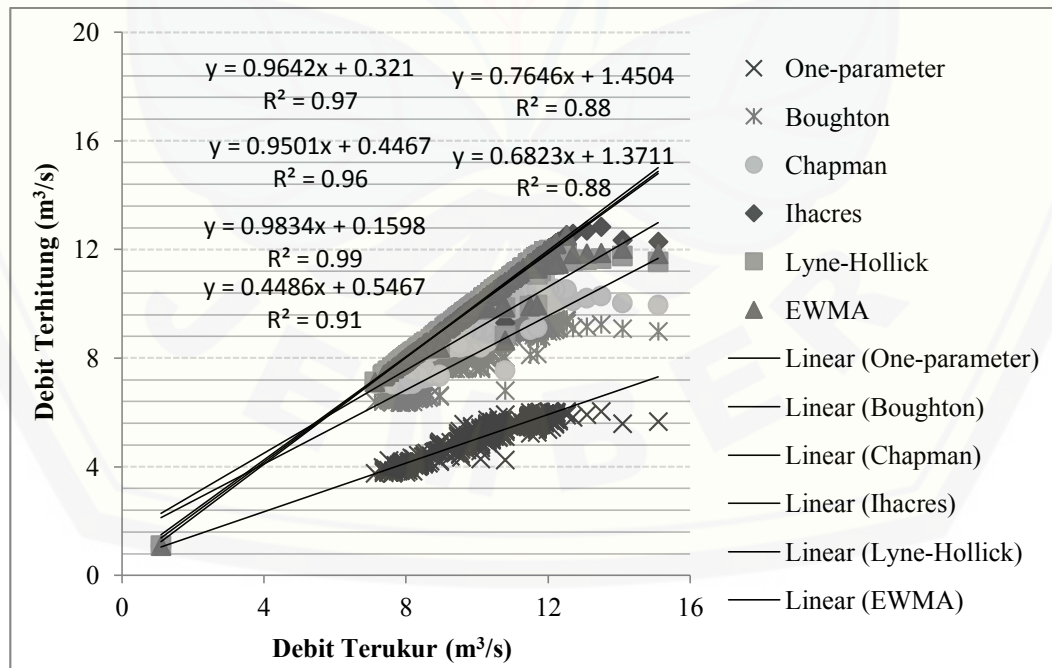
B. Contoh Data Hujan Rerata Harian Sub DAS Kadalpang Bulan Januari Tahun 1997-2005

Bulan	Tgl	Data Hujan Rerata Harian (mm/hari) Sub DAS Kadalpang Bulan Januari Tahun 1997-2005								
		1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Jan	1	65	0	18	25	0	15	21	2	0
Jan	2	12	3	30	5	0	22	24	0	0
Jan	3	8	1	3	13	13	13	95	2	1
Jan	4	4	2	3	0	3	1	0	4	17
Jan	5	5	9	7	3	1	25	14	26	19
Jan	6	5	13	1	1	1	1	2	22	43
Jan	7	7	37	4	17	16	2	0	8	4
Jan	8	12	13	18	9	9	11	0	4	0
Jan	9	15	0	28	24	46	26	0	25	0
Jan	10	11	0	11	12	25	5	22	23	13
Jan	11	11	4	10	19	7	11	13	26	0
Jan	12	4	0	1	0	1	2	15	36	13
Jan	13	6	11	7	8	0	15	33	39	8
Jan	14	26	25	23	1	4	24	57	7	8
Jan	15	19	0	45	2	23	5	4	3	0
Jan	16	11	0	16	1	17	23	13	11	0
Jan	17	8	4	19	30	7	8	8	10	32
Jan	18	22	6	12	28	3	9	9	17	8
Jan	19	16	4	3	2	33	3	5	24	27
Jan	20	36	11	59	8	13	0	1	2	11
Jan	21	13	11	3	1	28	63	24	15	35
Jan	22	4	4	1	1	26	14	16	7	8
Jan	23	2	5	17	13	18	11	9	33	0
Jan	24	10	18	20	8	14	59	1	1	0
Jan	25	1	21	46	3	5	36	14	4	0
Jan	26	0	1	17	68	4	35	25	16	5
Jan	27	4	5	15	7	0	34	27	11	14
Jan	28	4	26	33	43	10	0	16	4	23
Jan	29	8	14	13	1	18	22	10	24	7
Jan	30	0	4	13	9	19	51	19	24	15
Jan	31	11	16	25	25	7	19	15	40	3

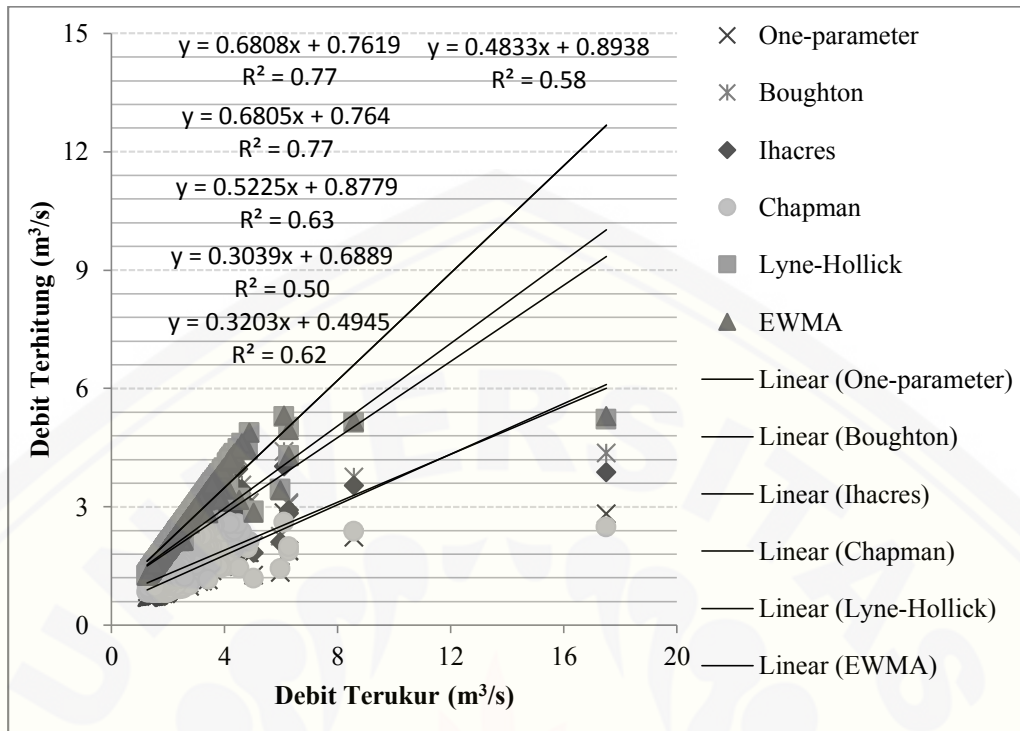
C. Hasil Grafik *Scatter Plot* pada Periode Kalibrasi UPT PSDAWS Gembong Pekalen



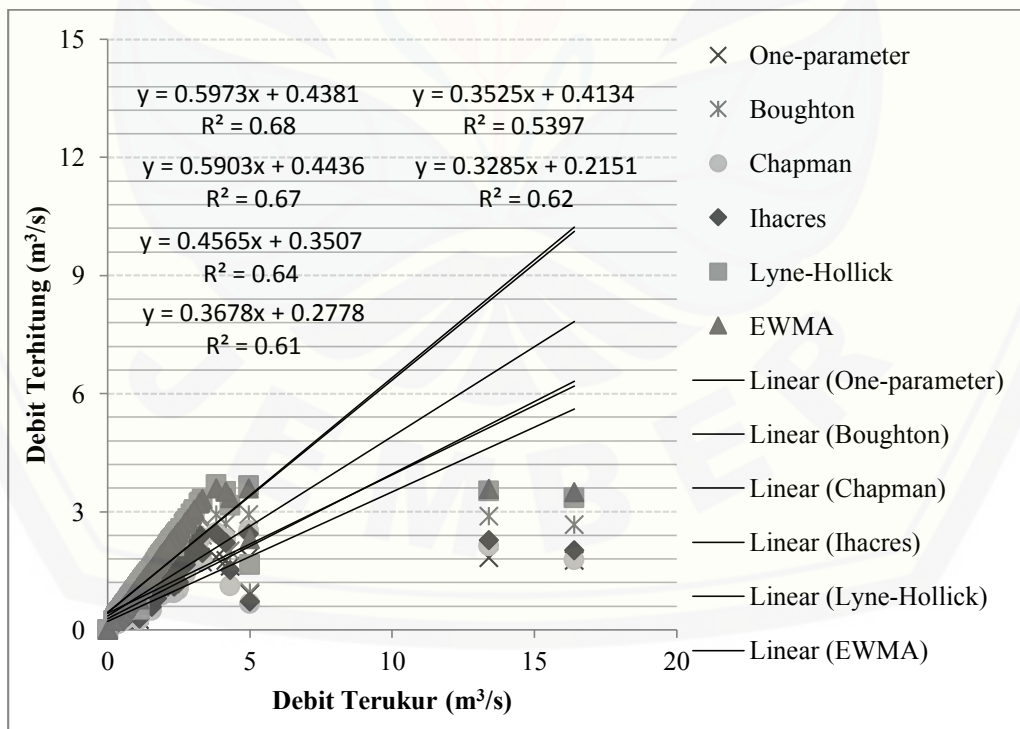
Grafik *Scatter Plot* Pada DAS Kadalpang



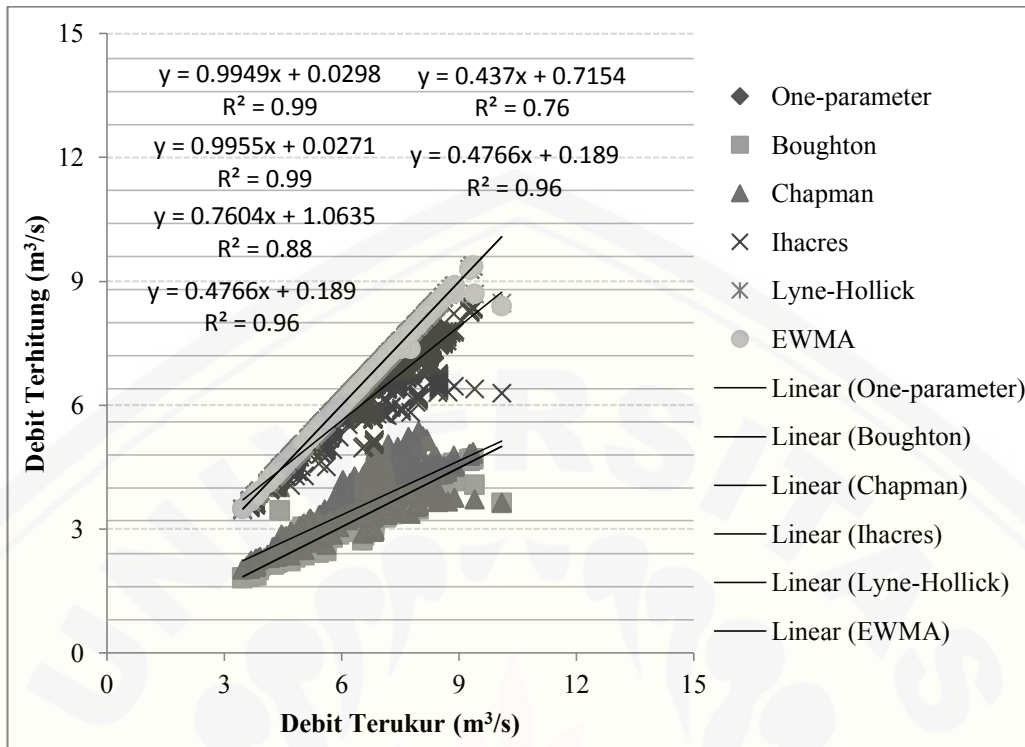
Grafik *Scatter Plot* Pada DAS Rejoso



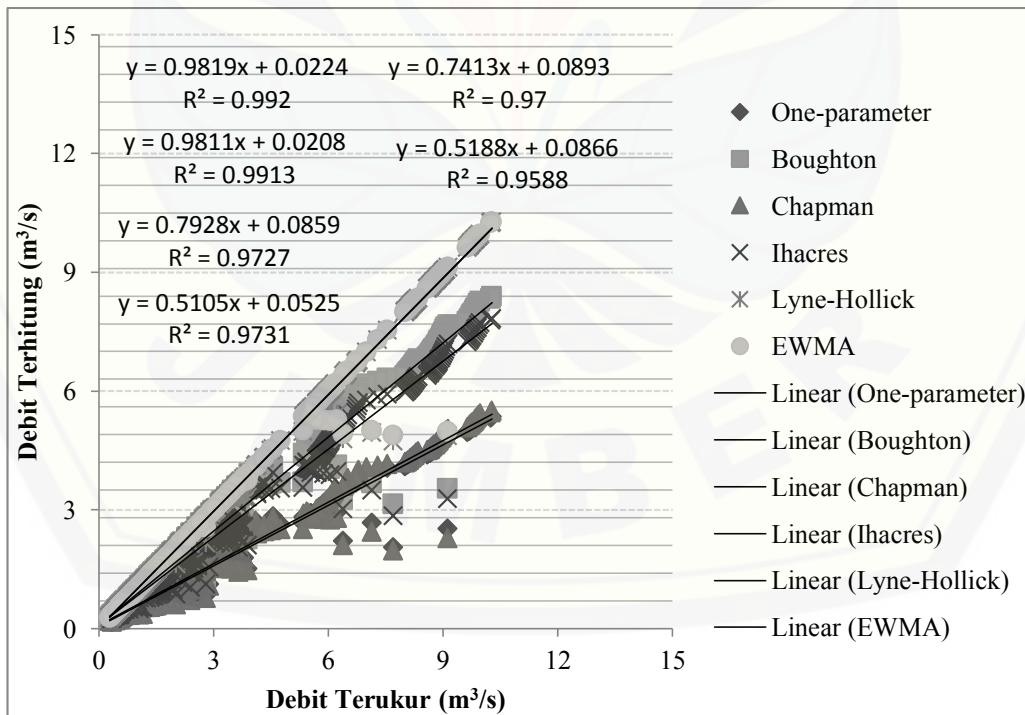
Grafik Scatter Plot Pada DAS Welang



Grafik Scatter Plot Pada DAS Kramat

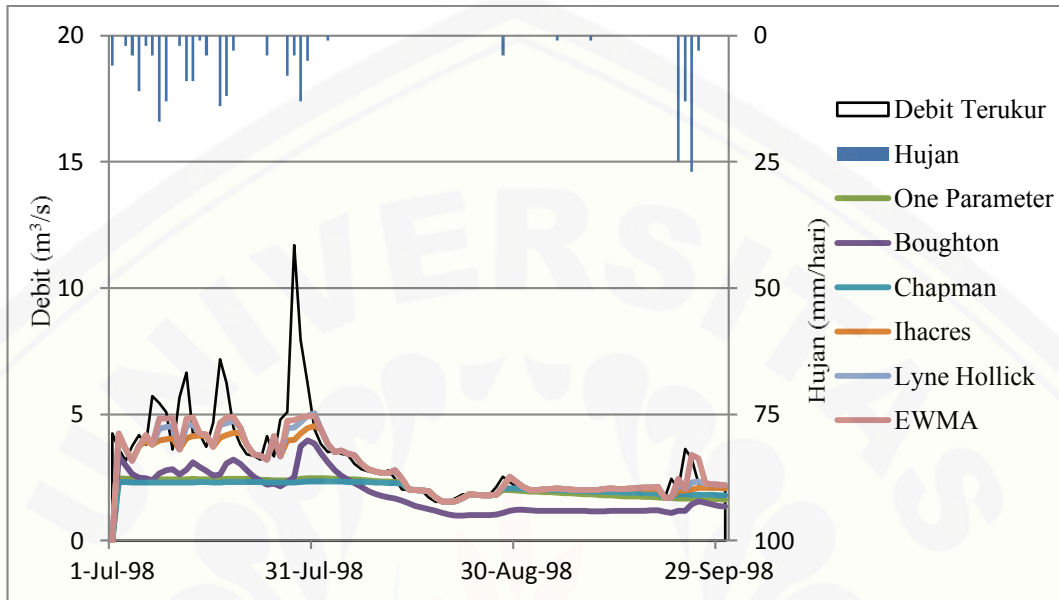


Grafik *Scatter Plot* Pada DAS Pekalen

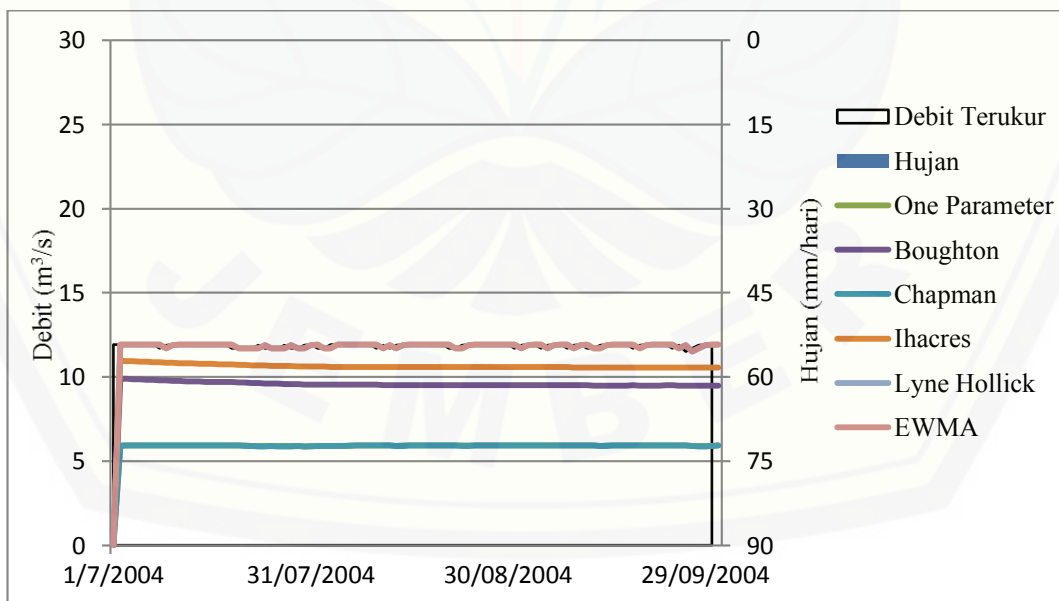


Grafik *Scatter Plot* Pada DAS Rondodingo

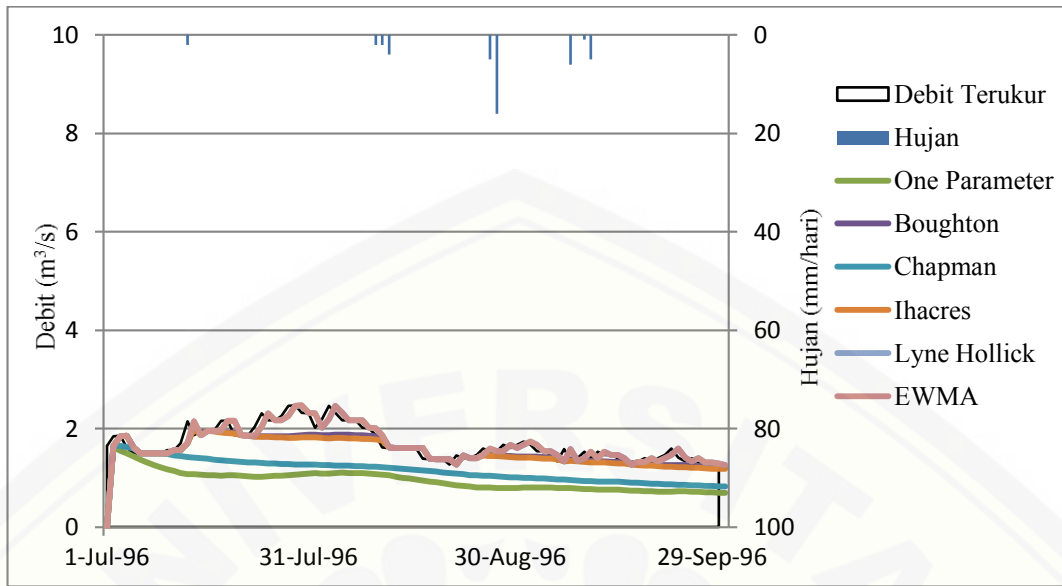
D. Hasil Grafik Data Hujan dan Data Debit Terukur dan terhitung di wilayah UPT PSDAWS Gembong Pekalen



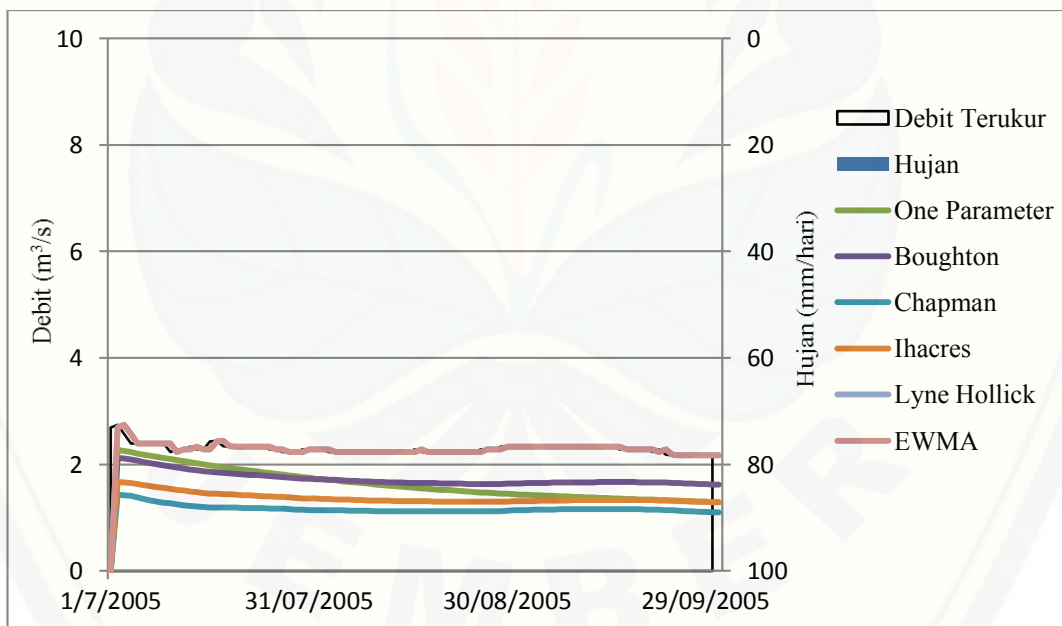
Grafik data hujan dan data debit terukur dan terhitung pada DAS Kadalpang periode (Juli-September) tahun 1998



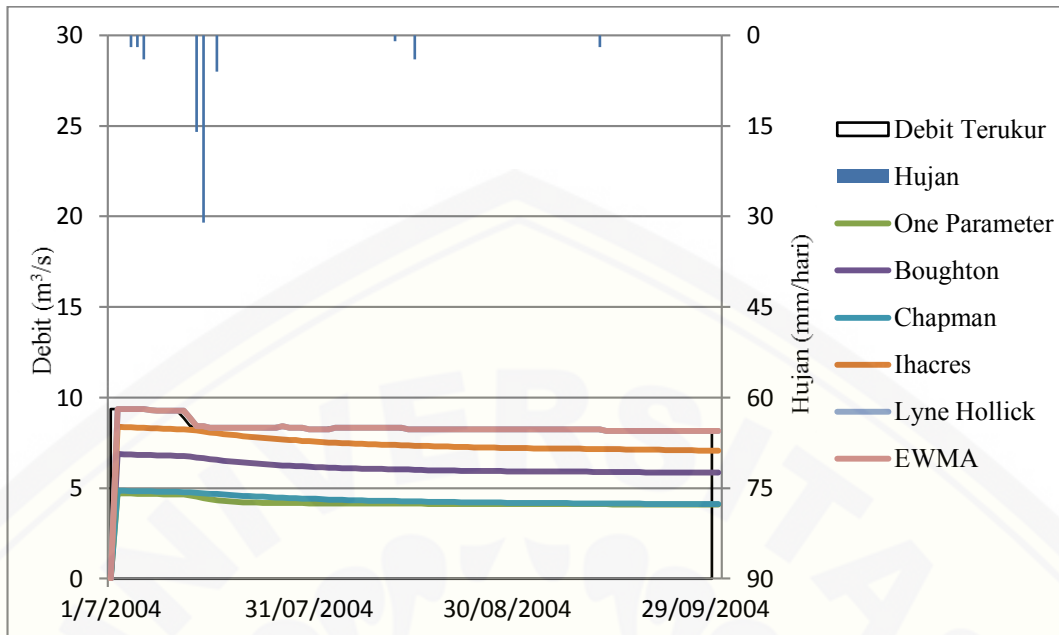
Grafik data hujan dan data debit terukur dan terhitung pada DAS Rejoso periode (Juli-September) tahun 2004



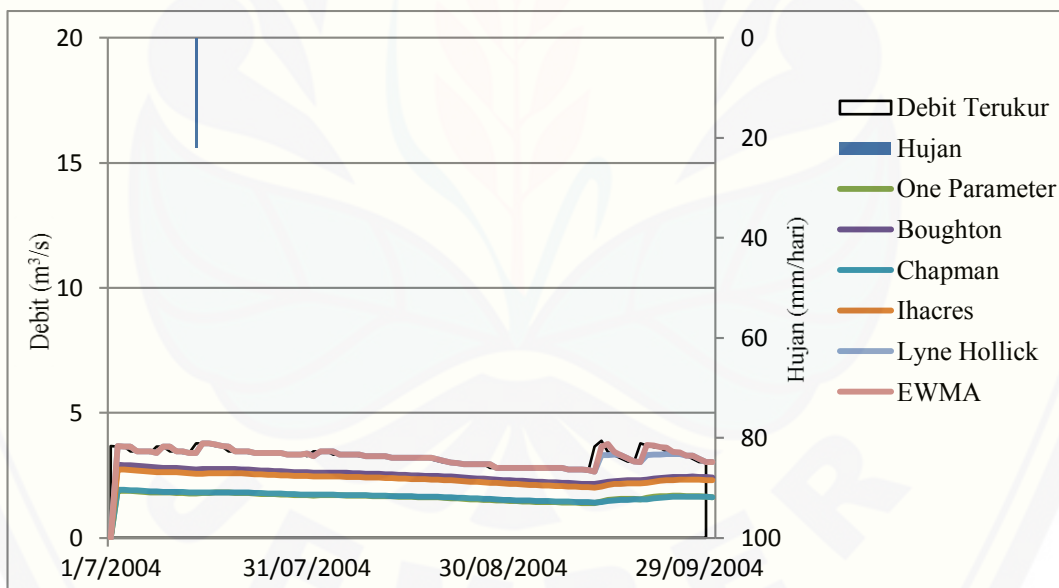
Grafik data hujan dan data debit terukur dan terhitung pada DAS Welang periode (Juli-September) tahun 1996



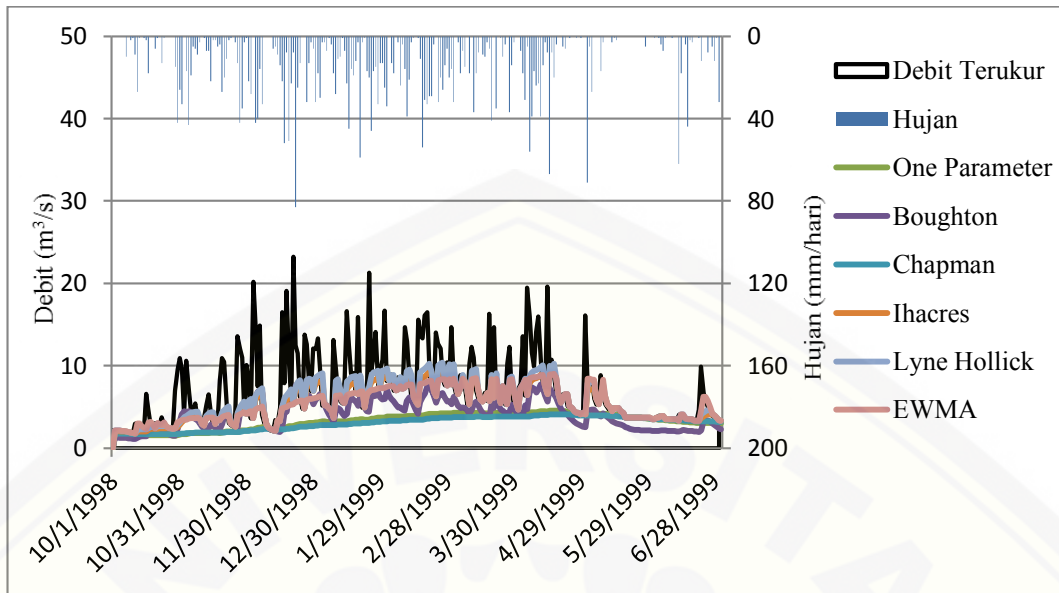
Grafik data hujan dan data debit terukur dan terhitung pada DAS Kramat periode (Juli-September) tahun 2005



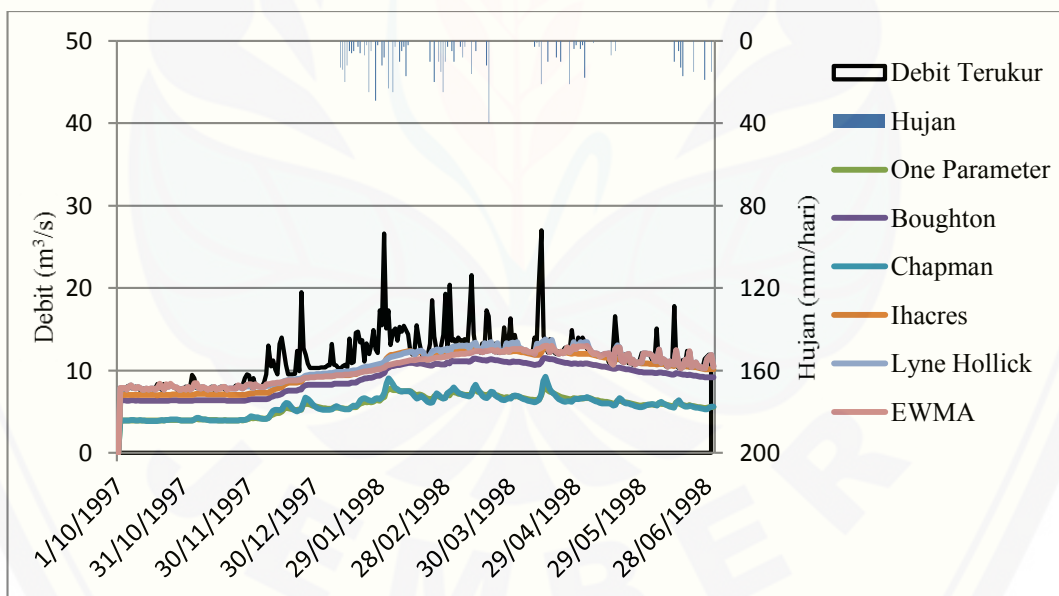
Grafik data hujan dan data debit terukur dan terhitung pada DAS Pekalen periode (Juli-September) tahun 2004



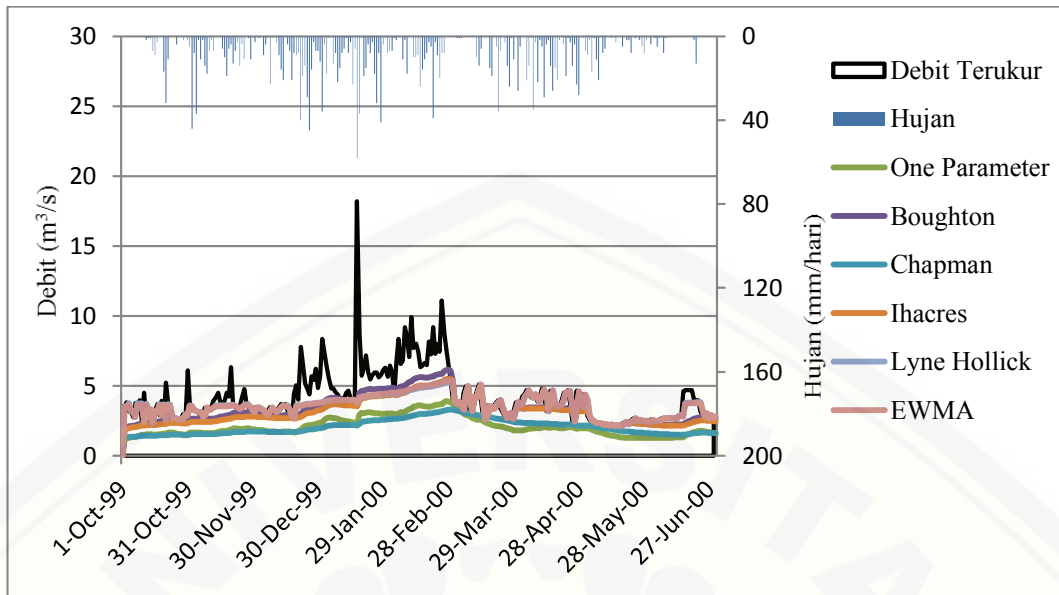
Grafik data hujan dan data debit terukur dan terhitung pada DAS Rondodingo periode (Juli-September) tahun 2004



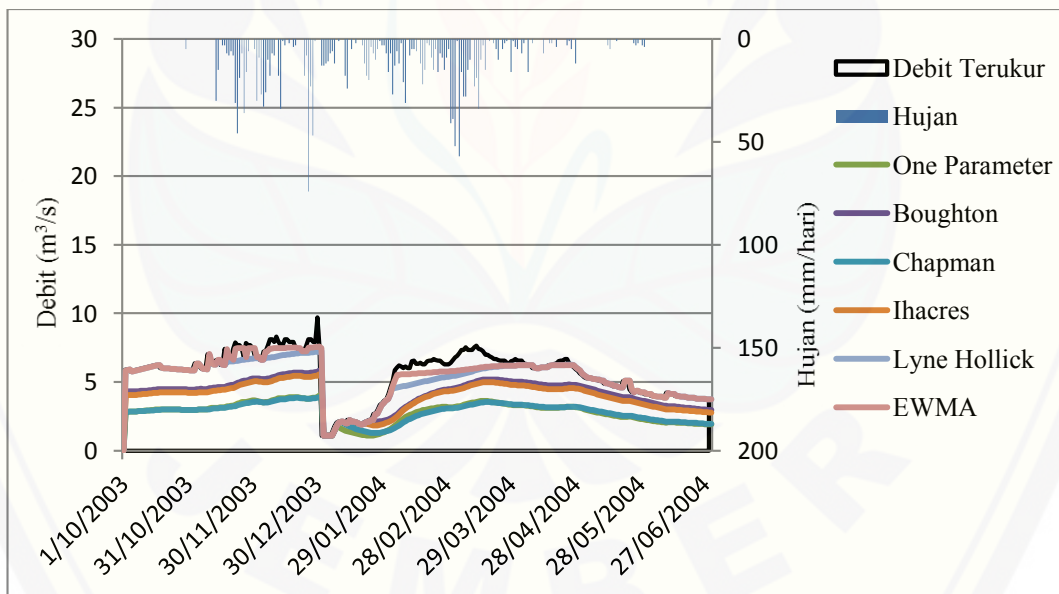
Grafik data hujan dan data debit terukur dan terhitung pada DAS Kadalpang periode Oktober 1998-Juni 1999



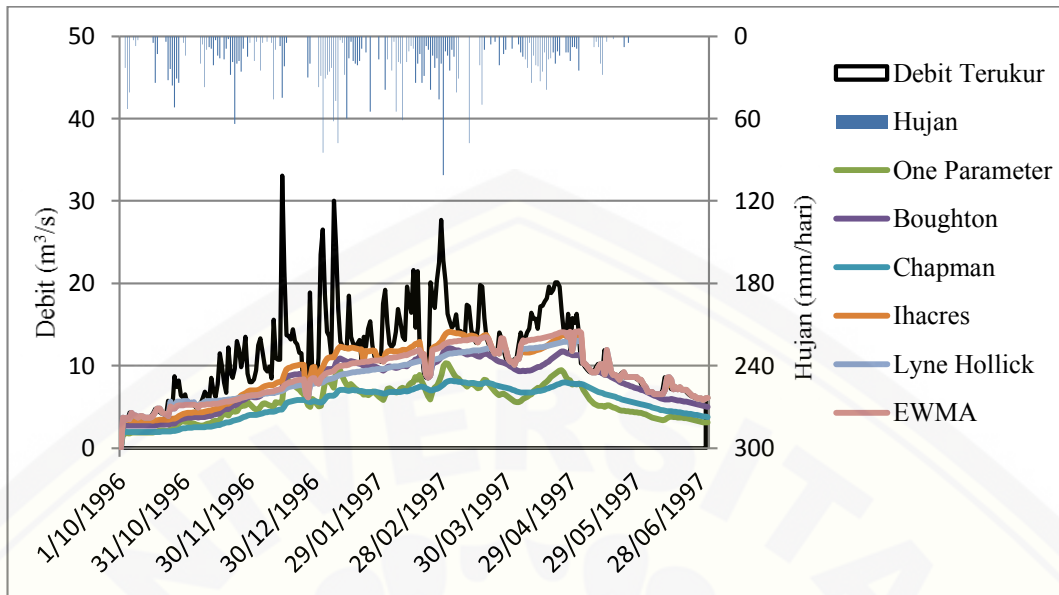
Grafik data hujan dan data debit terukur dan terhitung pada DAS Rejoso periode Oktober 1997-Juni 1998



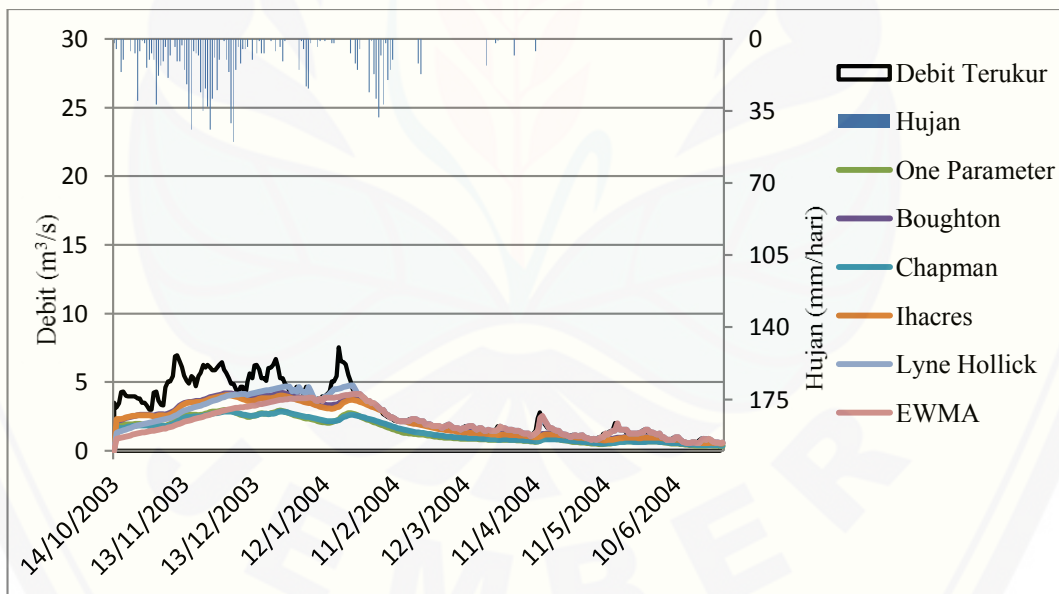
Grafik data hujan dan data debit terukur dan terhitung pada DAS Welang periode Oktober 1999-Juni 2000



Grafik data hujan dan data debit terukur dan terhitung pada DAS Kramat periode Oktober 2000-Juni 2001



Grafik data hujan dan data debit terukur dan terhitung pada DAS Pekalen periode Oktober 1996-Juni 1997



Grafik data hujan dan data debit terukur dan terhitung pada DAS Rondodingo periode Oktober 2003-Juni 2004