



**ANALISIS *BASEFLOW* PADA DAS - DAS DI WILAYAH UPT  
PSDA SURABAYA**

**SKRIPSI**

Oleh

**Mujiono Hardiansyah  
NIM 131710201023**

**JURUSAN TEKNIK PERTANIAN  
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN  
UNIVERSITAS JEMBER  
2018**



**ANALISIS *BASEFLOW* PADA DAS - DAS DI WILAYAH UPT  
PSDA SURABAYA**

**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

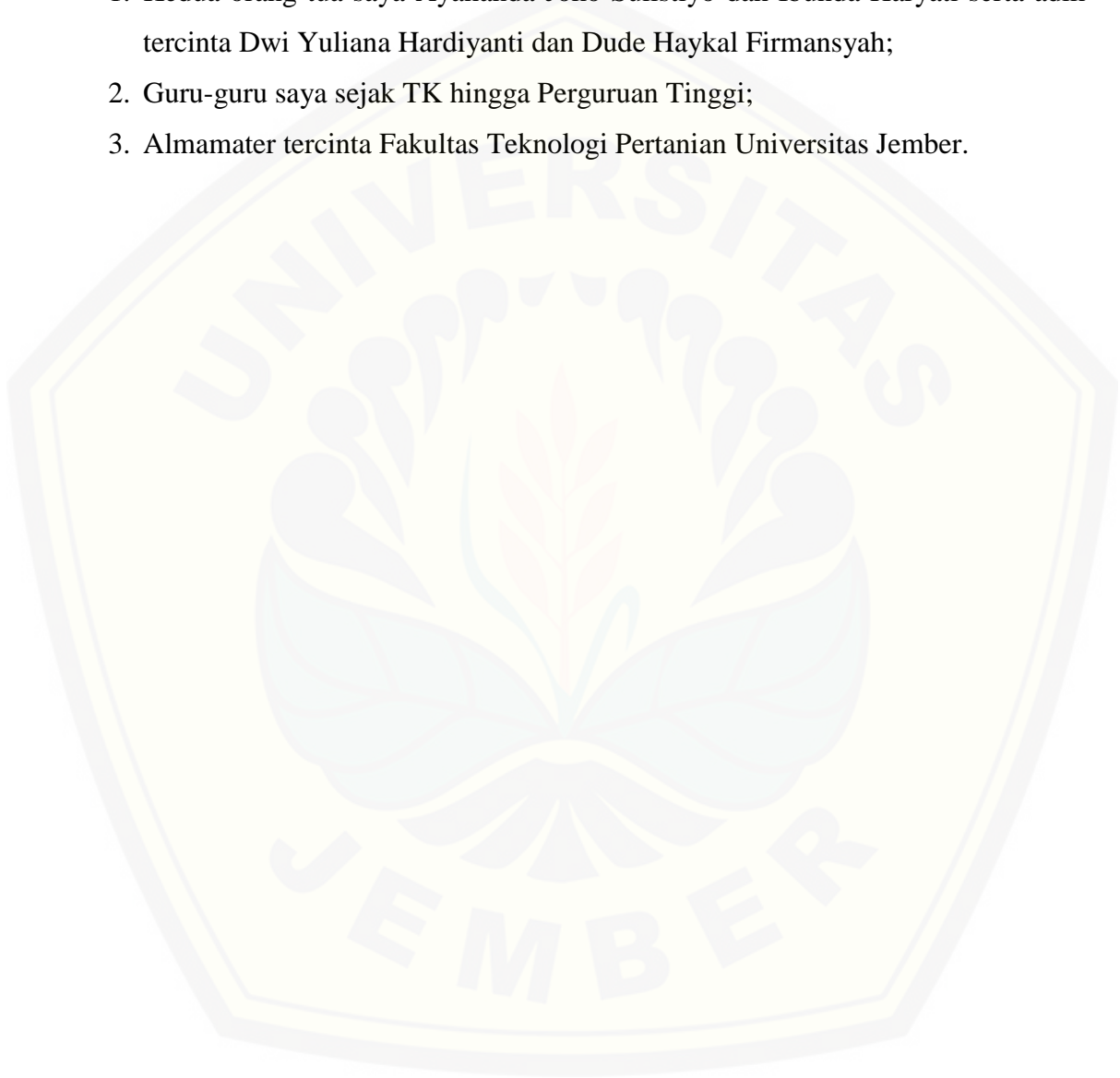
**Mujiono Hardiansyah**  
**NIM 131710201023**

**JURUSAN TEKNIK PERTANIAN  
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN  
UNIVERSITAS JEMBER  
2018**

## PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan sebagai rasa terima kasih saya yang tidak terkira kepada:

1. Kedua orang tua saya Ayahanda Joko Sulistiyo dan Ibunda Haryati serta adik tercinta Dwi Yuliana Hardiyanti dan Dude Haykal Firmansyah;
2. Guru-guru saya sejak TK hingga Perguruan Tinggi;
3. Almamater tercinta Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember.



**MOTTO**

“Dengan mengingat Allah hati menjadi tenang. Dalam segala aktifitas kita akan bernilai ibadah”  
(Bob Sadino)



**PERNYATAAN**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Mujiono Hardiansyah

NIM : 131710201023

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya tulis ilmiah yang berjudul “Analisis *Baseflow* Pada DAS-DAS di Wilayah UPT PSDA Surabaya” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi manapun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus di junjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak mana pun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, Januari 2018  
Yang menyatakan,

Mujiono Hardiansyah  
NIM 131710201054

**SKRIPSI**

**ANALISIS *BASEFLOW* PADA DAS - DAS DI WILAYAH UPT  
PSDA SURABAYA**

Oleh

Mujiono Hardiansyah  
NIM 131710201023

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Prof. Dr. Indarto, S.T.P., D.E.A

Dosen Pembimbing Anggota : Dr. Sri Wahyuningsih, S.P., M.T

**PENGESAHAN**

Skripsi berjudul “Analisis *Baseflow* Pada DAS-DAS di Wilayah UPT PSDA Surabaya” telah diuji dan disahkan oleh Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember pada:

Hari, tanggal :

Tempat : Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember

Dosen Pembimbing Utama

Dosen Pembimbing Anggota

Prof. Dr. Indarto, S.T.P., D.E.A  
NIP. 197001011995121001

Dr. Sri Wahyuningsih, S.P., M.T  
NIP. 197211301999032001

Tim Penguji

Ketua,

Anggota,

Dr. Ir. Soni Sisbudi Harsono, M.Eng. M.Phil.  
NIP. 196412311989021040

Dr. Gusfan Halik, S.T., M.T.  
NIP. 197505301999031002

Mengesahkan

Dekan Fakultas Teknologi Pertanian  
Universitas Jember

Dr. Siswoyo Soekarno, S.TP., M.Eng.  
NIP. 196809231994031009



## RINGKASAN

**Analisis *Baseflow* Pada DAS-DAS di Wilayah UPT PSDA Surabaya;** Mujiono Hardiansyah, 131710201023; 2017; 76 halaman; Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember.

Aliran dasar merupakan komponen penting yang mempengaruhi ketersediaan air di sungai pada musim kemarau. Informasi ketersediaan air pada musim kemarau berguna untuk membantu penanganan sumberdaya air. Tujuan dari penelitian ini adalah menentukan metode yang paling optimal untuk menghitung *baseflow* dan *baseflow index*. Penelitian ini dilakukan di wilayah UPT PSDA Surabaya. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan April sampai dengan November 2017. Data yang digunakan dalam penelitian ini berupa data hujan dan data debit harian dari tahun 1996-2015. Tahapan penelitian ini adalah (1) Inventarisasi data hujan dan data debit (2) pengolahan data (3) kalibrasi (4) validasi (5) pengujian model. Metode yang digunakan untuk memisahkan aliran dasar yaitu 3 metode grafis dan 6 metode RDF. Proses kalibrasi dilakukan untuk periode 1996 sampai 2005. Tiap metode dikalibrasi dengan data debit harian pada tiap tahunnya dengan cara memasukkan nilai parameter secara *trial and error*. Bulan Juli sampai September diasumsikan sebagai puncak musim kemarau dan digunakan untuk proses *trial and error*. Nilai parameter yang dihasilkan setiap tahun tersebut dirata-rata untuk mendapatkan nilai parameter optimal. Nilai parameter optimal digunakan untuk memisahkan aliran dasar pada proses validasi periode 2006 sampai 2015. Hasil pemisahan aliran dasar dari 3 metode grafis dan 6 metode RDF akan diuji kinerjanya dengan menggunakan *Root Mean Square Error* (RMSE), *R Square* ( $R^2$ ) dan FDC. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode Lyne and Hollick dan EWMA merupakan metode yang paling optimal untuk memisahkan aliran dasar pada 3 DAS di wilayah UPT PSDA Surabaya. Penetapan ini berdasarkan uji kinerja model dengan menggunakan *Root Mean Square Error* (RMSE), *R Square* ( $R^2$ ) dan FDC. Nilai parameter optimal  $\alpha$  pada Lyne & Hollick dan EWMA untuk DAS Surabaya-Perning yaitu 0,992 dan 0,008; DAS Lamong-Somoanggrok 0,997 dan 0,009 Sedangkan pada DAS Bangsal-Kedunguneng 0,979 dan 0,016.



## SUMMARY

**Baseflow Analysis On Watersheds in UPT PSDA Surabaya;** Mujiono Hardiansyah, 131710201023; 2017; 76 pages; Department of Agricultural Engineering; Faculty of Agricultural Technology; Jember University.

Baseflow is important component affecting the availability of water in the river during the dry season. Availability of water in dry season is useful to help the management of water resources. The purpose of this research was information to determine the most optimal method in calculating baseflow and baseflow index. This research was conducted in the area of UPT PSDA Surabaya. This research was conducted in April to November 2017. Data used in this research were rainfall data and daily discharge from 1996 to 2015. The methodology of this research were (1) inventoring of rainfall data and daily discharge data (2) data processing (3) calibration (4) validation and (5) evaluation of models performances. The analysis method used to baseflow separation were 3 graphical methods and 6 RDF methods. The calibration process was carried out for periods 1996 to 2005. Each method was calibrated with daily discharge data in each year with entering the parameter value by trial and error. The periods from July to September was assumed to be the peak of the dry season and used for the trial and error process. The mean values of parameters generated every year on average to find optimal parameter value. Optimal parameter value used to baseflow separation in validation process periods 2006 to 2015. The result of baseflow separation from the 3 graphical methods and 6 RDF methods will be evaluated for models performance using root mean square error (RMSE), R Square ( $R^2$ ) and FDC. This research showed that the Lyne and Hollick and EWMA methods were the most optimal method in baseflow separated at three watersheds in UPT PSDA Surabaya. This determination was based on evaluation of models performance using Root Mean Square Error (RMSE), R Square ( $R^2$ ) and FDC. The optimal parameter values  $\alpha$  for Lyne and Hollick and EWMA methods were 0,992 and 0,008 in Surabaya-Perning watershed, 0,997 and 0,009 in Lamong-Simoangrok watershed, while 0,979 and 0,016 in Bangsal-Kedunguneng watershed.

## PRAKATA

Puji Syukur ke hadirat Allah SWT, atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi berjudul “Analisis *Baseflow* Pada DAS-DAS di Wilayah UPT PSDA Surabaya”. 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. Prof. Dr. Indarto, S.T.P., D.E.A., selaku Dosen Pembimbing Utama yang telah meluangkan tenaga, waktu, pikiran, dan perhatian dalam membimbing penulisan skripsi ini;
2. Dr. Sri Wahyuningsih, S.P., M.T., selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah meluangkan tenaga, waktu, pikiran, dan perhatian dalam membimbing penulisan skripsi ini;
3. Dr. Ir. Soni Sisbudi Harsono, M.Eng., M.Phil., selaku ketua tim penguji yang telah memberikan arahan dan masukan demi terselesainya skripsi ini;
4. Dr. Gusfan Halik, S.T., M.T., selaku anggota tim penguji yang telah memberikan arahan dan masukan demi terselesainya skripsi ini;
5. Ir. Setiyo Harri, M.S., sebagai Dosen Pembimbing Akademik yang telah membimbing selama penulis menjadi mahasiswa;
6. Dr. Dedy Wirawan Soediby, S.TP., M.Si. selaku dosen dan Komisi Bimbingan Jurusan Teknik Pertanian;
7. Seluruh dosen pengampu mata kuliah, terima kasih atas ilmu dan pengalaman yang diberikan serta bimbingan selama studi di Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember;
8. Seluruh staf dan karyawan di lingkungan Fakultas Teknologi Pertanian, terima kasih atas bantuan dalam mengurus administrasi dan lainnya;

9. Kedua orang tua saya, Ayahanda Joko Sulistiyo dan Ibunda Haryati tercinta yang selalu mendoakan setiap waktu;
10. Nur Defitri Herlinda sebagai teman seperjuangan yang menemani penulis dalam suka dan duka dalam penelitian dan proses penyusunan skripsi ini. Terimakasih atas kesabaran dan ketulusan yang diberikan;
11. Teman-teman satu tim penelitian pemetaan 2013. Terimakasih bantuan dan kerjasamanya;
12. Teman-temanku TEP-C dan teman seangkatan 2013 yang penuh dengan semangat dan kasih sayang, terimakasih atas nasehat serta motivasinya;
13. Isnani Didi Prianto, S.TP., Tri Galih Yudhatama, S.TP. dan Wicaksono S.TP., selaku teman angkatan 2012 yang sangat membantu dalam proses penyusunan skripsi penulis. Terimakasih atas waktu, pikiran, dan saran yang diberikan;
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 dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Akhirnya penulis berharap, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua.

Jember, Januari 2018

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	ii
<b>HALAMAN MOTTO</b> .....	iii
<b>HALAMAN PERNYATAAN</b> .....	iv
<b>HALAMAN PEMBIMBING</b> .....	v
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	vi
<b>RINGKASAN</b> .....	vii
<b>SUMMARY</b> .....	viii
<b>PRAKATA</b> .....	ix
<b>DAFTAR ISI</b> .....	xi
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xiii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xiv
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xvi
<b>BAB 1. PENDAHULUAN</b> .....	1
<b>1.1 Latar Belakang</b> .....	1
<b>1.2 Rumusan Masalah</b> .....	2
<b>1.3 Tujuan</b> .....	3
<b>1.4 Manfaat</b> .....	3
<b>BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	4
<b>2.1 Siklus Hidrologi</b> .....	4
<b>2.2 Daerah Aliran Sungai (DAS)</b> .....	5
<b>2.3 Hidrograf</b> .....	6
<b>2.4 Aliran Dasar (<i>Baseflow</i>)</b> .....	7
<b>2.5 Pemisahan Aliran Dasar</b> .....	7
2.5.1 Metode Grafis.....	8
2.5.2 Metode <i>Recursive Digital Filter</i> (RDF).....	10
<b>BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN</b> .....	18
<b>3.1 Tempat dan Waktu Penelitian</b> .....	18

<b>3.2 Alat dan Bahan Penelitian</b> .....	19
<b>3.3 Tahapan Penelitian</b> .....	21
3.3.1 Inventarisasi Data .....	21
3.3.2 Pengolahan Data .....	21
3.3.3 Kalibrasi .....	22
3.3.4 Validasi .....	23
3.3.5 Analisis Uji Kinerja Model .....	23
<b>BAB 4. KARAKTERISTIK DAS</b> .....	25
<b>4.1 Luas dan Bentuk DAS</b> .....	25
<b>4.2 Karakteristik Hujan</b> .....	26
<b>4.3 Karakteristik Debit</b> .....	26
<b>4.4 Peruntukan Lahan</b> .....	27
<b>4.5 Jenis Tanah</b> .....	29
<b>BAB 5. HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....	31
<b>5.1 Kalibrasi dan Validasi</b> .....	31
5.1.1 Rentang Nilai Parameter Setiap DAS .....	32
5.1.2 Nilai Parameter Optimal Pada Setiap DAS .....	33
5.1.3 Uji Statistik .....	34
<b>5.2 Hasil Pemisahan Aliran Dasar</b> .....	39
5.2.1 Pemisahan Aliran Dasar Periode Satu Tahun .....	40
5.2.2 Pemisahan Aliran Dasar Periode Kering (Juli-September) .....	41
<b>5.3 Baseflow Index (BFI)</b> .....	43
<b>BAB 6. PENUTUP</b> .....	45
<b>6.1 Kesimpulan</b> .....	45
<b>6.2 Saran</b> .....	45
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	46
<b>LAMPIRAN</b> .....	48

**DAFTAR TABEL**

	Halaman
3.1 Data debit yang digunakan dalam penelitian.....	20
3.2 Data hujan yang digunakan dalam penelitian.....	20
4.1 Luas DAS dan bentuk DAS yang diamati .....	25
4.2 Karakteristik hujan.....	26
4.3 Karakteristik debit .....	27
4.4 Persentase peruntukan lahan pada DAS di wilayah UPT PSDA Surabaya.....	28
4.5 Persentase persebaran jenis tanah pada DAS di wilayah UPT PSDA Surabaya.....	29
5.1 Rentang parameter pada setiap DAS .....	32
5.2 Nilai parameter optimal .....	34
5.3 Nilai RMSE pada setiap DAS periode kalibrasi.....	35
5.4 Nilai RMSE pada setiap DAS periode validasi .....	35
5.5 Nilai <i>R square</i> pada setiap DAS periode kalibrasi .....	36
5.6 Nilai <i>R square</i> pada setiap DAS periode validasi .....	37
5.7 Nilai <i>baseflow index</i> tiga metode grafis dan enam metode RDF.....	44

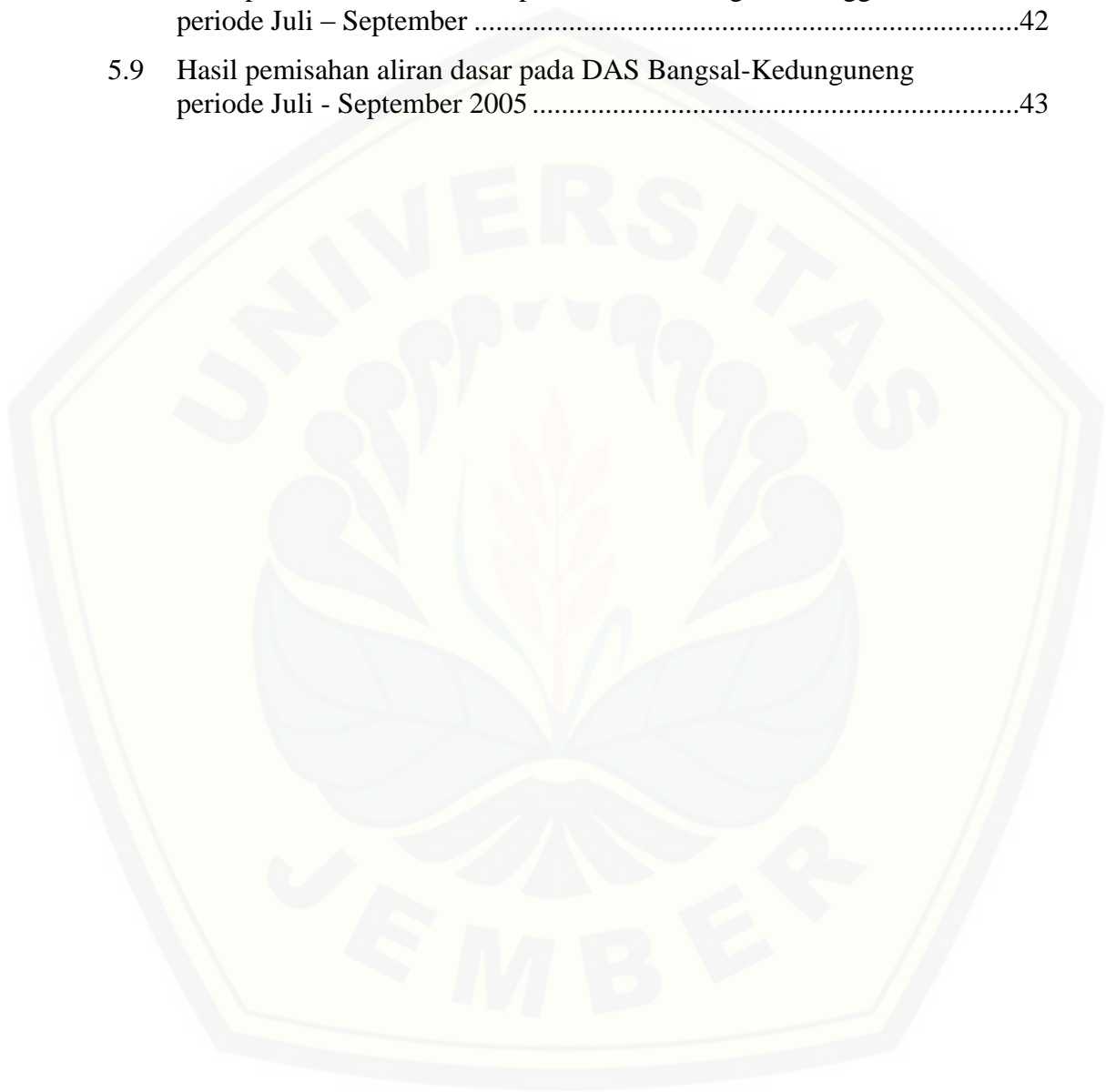


**DAFTAR GAMBAR**

	Halaman
2.1 Siklus hidrologi.....	4
2.2 Daerah aliran sungai .....	5
2.3 Hidrograf aliran .....	6
2.4 Komponen dasar air tanah dan aliran dasar permukaan .....	7
2.5 <i>Local minimum method</i> .....	8
2.6 <i>Fixed interval method</i> .....	9
2.7 <i>Sliding interval method</i> .....	10
2.8 <i>One parameter algorithm</i> .....	11
2.9 <i>Two parameter algorithm</i> .....	12
2.10 IHACRES .....	13
2.11 Lyne dan Hollick .....	15
2.12 Chapman <i>algorithm</i> .....	16
2.13 EWMA.....	17
3.1 Peta lokasi penelitian di wilayah UPT PSDA Surabaya.....	18
3.2 Diagram alir penelitian .....	21
3.3 Hujan bulanan stasiun kabuh .....	22
3.4 Pembagian periode data.....	23
4.1 Peta peruntukan lahan pada DAS di wilayah UPT PSDA Surabaya.....	28
4.2 Peta jenis tanah pada DAS di wilayah UPT PSDA Surabaya .....	29
5.1 Grafik FDC pada DAS Surabaya-Perning periode panjang 1996 – 2015.....	38
5.2 Grafik FDC pada DAS Lamong-Simoanggrok periode panjang 1996-2015 .....	38
5.3 Grafik FDC pada DAS Bangsal-Kedunguneng Periode panjang 1996-2015 .....	39
5.4 Hasil pemisahan aliran dasar pada DAS Surabaya-Perning periode setahun 1 Januari- 31 Desember 2005 .....	40
5.5 Hasil pemisahan aliran dasar pada DAS Lamong-Simoanggrok periode setahun 1 Januari- 31 Desember 2005 .....	40

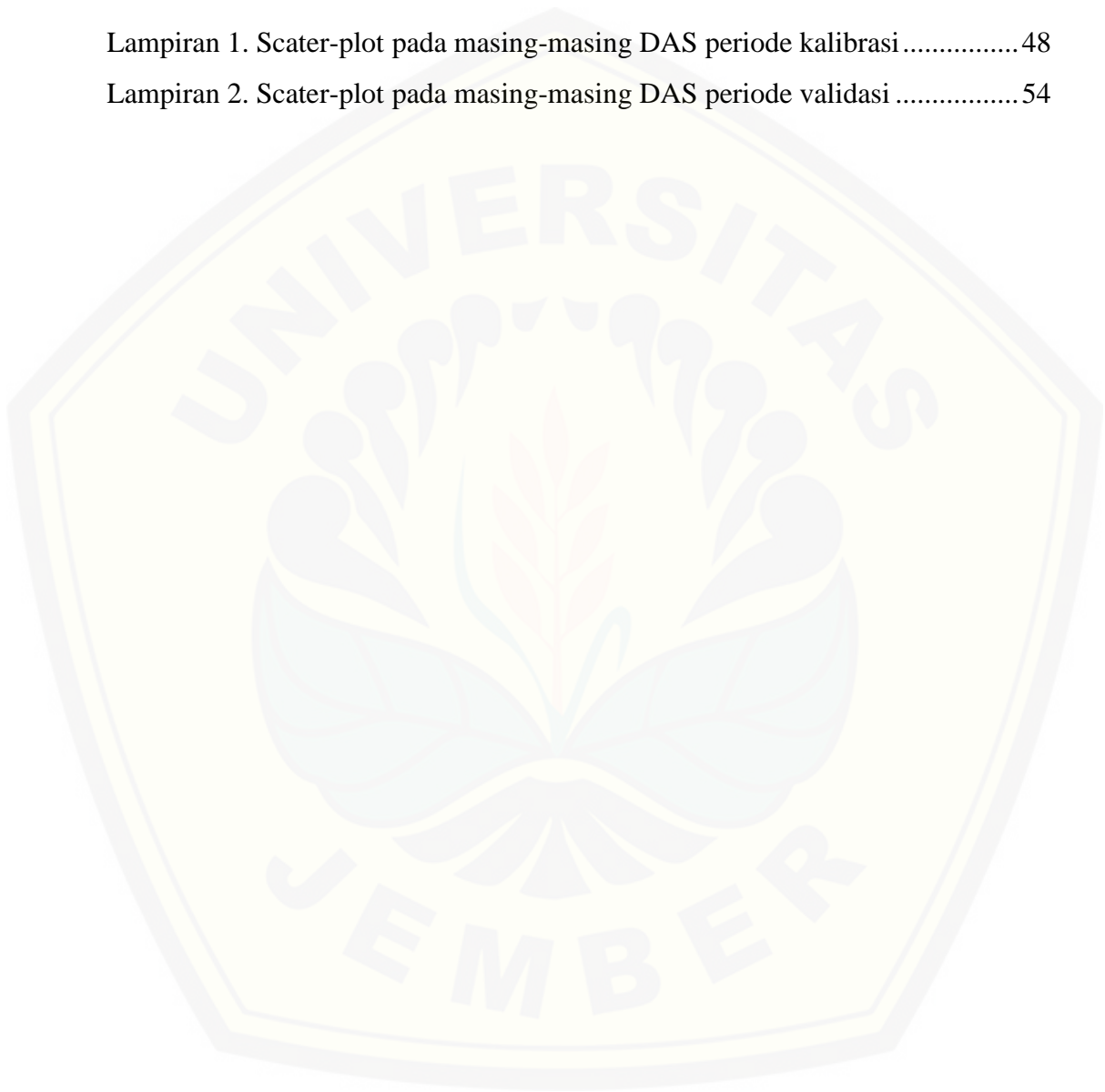


5.6	Hasil pemisahan aliran dasar pada DAS Bangsal-Kedunguneng periode setahun 1 Januari- 31 Desember .....	41
5.7	Hasil pemisahan aliran dasar pada DAS Surabaya-Perning periode Juli - September 2005 .....	42
5.8	Hasil pemisahan aliran dasar pada DAS Lamong-Simoangrok periode Juli – September .....	42
5.9	Hasil pemisahan aliran dasar pada DAS Bangsal-Kedunguneng periode Juli - September 2005 .....	43



**DAFTAR LAMPIRAN**

	Halaman
Lampiran 1. Scater-plot pada masing-masing DAS periode kalibrasi.....	48
Lampiran 2. Scater-plot pada masing-masing DAS periode validasi .....	54



## BAB 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Indonesia adalah negara yang beriklim tropis oleh karena itu secara umum terdapat dua musim yang ada di Indonesia yaitu musim kemarau dan musim penghujan. Indonesia memiliki intensitas hujan yang cukup tinggi namun tidak menutup kemungkinan bahwa beberapa daerah di Indonesia dapat mengalami kekeringan. Selain itu Indonesia merupakan negara agraris yang dalam proses produksinya sangat membutuhkan air. Air merupakan salah satu faktor penting dalam menunjang kehidupan manusia, air dapat dimanfaatkan untuk berbagai sektor seperti pertanian, perkebunan dan perikanan. Jawa Timur merupakan salah satu provinsi di Indonesia yang sebagian besar penduduknya bekerja sebagai petani. Daerah Jawa Timur memiliki banyak daerah aliran sungai (DAS) yang memiliki karakteristik beragam serta kondisi dan potensi yang bermacam-macam.

(DAS) merupakan suatu batas wilayah imajiner dibatasi oleh punggung-punggungan pegunungan dan lembah, dimana air yang jatuh pada setiap lokasi di dalam batas tersebut, mengalir dari bagian hulu DAS melalui anak-anak sungai ke sungai utama, sampai akhirnya ke luar lewat satu *outlet* (Indarto, 2010:57).

Dalam DAS terdapat suatu komponen yang dinamakan dengan aliran dasar (*baseflow*). Selama musim kemarau kebanyakan sungai masih mengalirkan air. Air sungai tersebut sebagian besar berasal dari dalam tanah. Pada saat musim hujan sebagian besar air ditampung oleh daerah resapan kemudian dialirkan ke tempat yang lebih rendah sehingga sungai masih mengalirkan air sepanjang musim kemarau (Asdak, 2004:246). Oleh karena itu *baseflow* memiliki peran penting bagi ketersediaan air sungai pada saat musim kemarau. Salah satu cara untuk menjaga ketersediaan air pada saat musim kemarau yaitu dengan mengetahui informasi ketersediaan aliran dasar (*baseflow*). Informasi ketersediaan aliran dasar diperlukan sebagai acuan dalam strategi pengembangan dan pengelolaan sumberdaya air di suatu DAS.

Metode yang akan digunakan dalam analisis *baseflow* ini yaitu 3 metode grafis dan 6 metode *Resursive Digital Filter* (RDF). Metode-metode tersebut

sudah terdapat dalam *software HydroOffice*. Metode yang memiliki kinerja terbaik pada suatu DAS belum tentu dapat digunakan pada DAS lain hal tersebut dipengaruhi oleh karakteristik DAS yang berbeda-beda sehingga diperlukan penelitian untuk menentukan metode yang memiliki kinerja terbaik untuk digunakan pada masing-masing DAS. Nilai yang diperoleh dari perhitungan akan diuji dengan *Root Mean Square Error (RMSE)*, *R Square ( $R^2$ )* dan *Flow Duration Curve (FDC)* untuk mengetahui metode mana yang memiliki kinerja terbaik.

Penelitian ini dilakukan di wilayah UPT PSDA Surabaya karena sebelumnya pengukuran masih terbatas pada pengukuran debit sungai oleh karena itu dengan mengetahui nilai aliran dasar dapat membantu pemanfaatan air lebih efektif dan merata. Penelitian ini meliputi DAS Surabaya-Perning, DAS Lamong-Simoangrok dan DAS Bangsal-Kedunguneng.

## 1.2 Rumusan Masalah

Wilayah UPT PSDA Surabaya merupakan daerah persawahan dan pemukiman. Pada saat musim kemarau ketersediaan air berkurang akibat menurunnya intensitas hujan. Aliran dasar (*baseflow*) merupakan salah satu komponen dari suatu DAS yang memiliki kontribusi besar bagi ketersediaan aliran air di sungai saat musim kemarau. Oleh karena itu untuk mengetahui ketersediaan air pada musim kemarau dapat dilakukan dengan memperkirakan besarnya aliran dasar (*baseflow*). Dengan mengetahui nilai *baseflow* maka diharapkan dapat mengatur jumlah kebutuhan air, sehingga ketersediaan air tetap terjaga dan pembagian air dapat efektif pada saat musim kemarau.

Penelitian ini dibatasi pada perbandingan hasil perhitungan *baseflow* dari 3 metode grafis yaitu: (1) *Local Minimum Method*; (2) *Fixed Interval Method* dan (3) *Sliding Interval Method*; dan 6 metode RDF yaitu (1) *One-parameter algorithm*; (2) *Two-parameter algorithm*; (3) *Identification of Unit Hydrograph and Component Losses From Rainfall, Evaporation and Streamflow (IHACRES)*; (4) *Lyne & Hollick algorithm*; (5) *Champman algorithm* dan (6) *Exponentially Weighted Moving Average Filter (EWMA)*.

### 1.3 Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah di atas maka tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Menentukan nilai parameter optimal dan nilai *baseflow index* (BFI) dari tiga metode grafis dan enam metode RDF pada tiga DAS yang diteliti.
2. Menentukan metode yang memiliki kinerja terbaik dari tiga metode grafis dan enam metode RDF pada tiga DAS yang diteliti.

### 1.4 Manfaat

Berdasarkan tujuan di atas maka manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

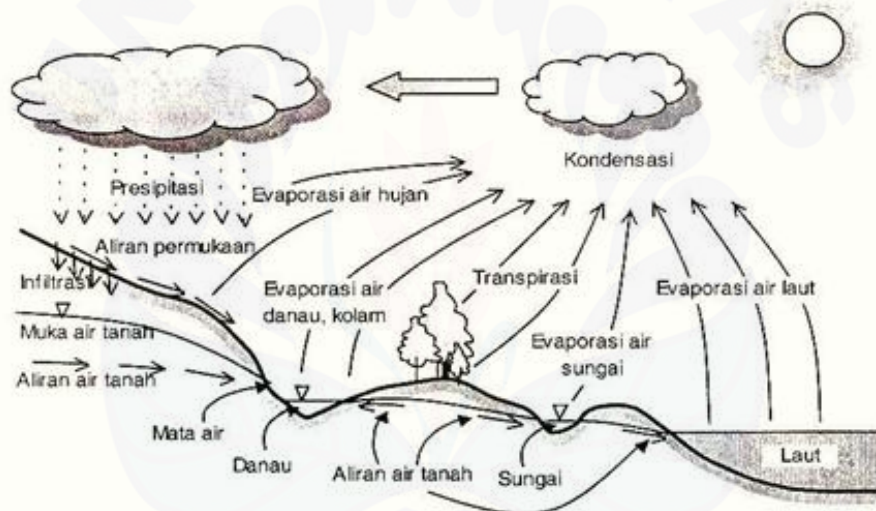
1. Bagi peneliti dan mahasiswa lain, penelitian diharapkan dapat menambah pengetahuan serta wawasan mengenai analisis *baseflow* menggunakan tiga metode grafis dan enam metode RDF.
2. Memberikan informasi mengenai perkiraan besarnya kontribusi *baseflow* sehingga dapat membantu penanganan sumber daya air pada DAS yang diteliti di wilayah UPT PSDA Surabaya.



## BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Siklus Hidrologi

Menurut Asdak (2004:7) siklus hidrologi adalah perjalanan air dari laut (*evaporasi*) ke atmosfer kemudian ke permukaan tanah dan kembali lagi ke laut yang tidak pernah berhenti tersebut, air tersebut akan tertahan sementara di sungai, danau/waduk, dan dalam tanah sehingga dapat dimanfaatkan oleh manusia atau makhluk hidup lainnya. Secara sederhana siklus hidrologi dapat disajikan seperti pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Siklus hidrologi (Sumber: Asdak, 2004:9)

Dalam siklus hidrologi energi panas matahari dan faktor-faktor iklim lainnya menyebabkan terjadinya evaporasi permukaan vegetasi, tanah dan laut. Uap air sebagai hasil proses evaporasi akan terbawa oleh angin melintasi daratan yang bergunung maupun datar, dan apabila keadaan atmosfer memungkinkan sebagian dari uap air tersebut akan terkondensasi dan turun sebagai air hujan. Air hujan yang dapat mencapai permukaan tanah, sebagian akan masuk (terserap) kedalam tanah (*infiltration*). Sedangkan air hujan yang tidak terserap kedalam tanah akan tertampung sementara dalam cekungan-cekungan permukaan tanah (*surface detention*) untuk kemudian mengalir di atas permukaan tanah ketempat yang lebih rendah (*runoff*) untuk selanjutnya masuk ke sungai. Apabila tingkat

kelembaban air tanah telah cukup jenuh maka air hujan yang baru masuk ke dalam tanah akan bergerak secara lateral (horizontal) untuk selanjutnya pada tempat tertentu akan keluar lagi ke permukaan tanah (*subsurface flow*) dan akhirnya kembali ke sungai. Alternatif lainnya, air hujan yang masuk ke dalam tanah tersebut akan terinfiltrasi ke dalam tanah yang lebih dalam dan menjadi bagian dari air tanah (*groundwater*). Air tanah tersebut (*baseflow*), terutama pada musim kemarau akan mengalir pelan-pelan ke sungai, danau atau tempat penampungan air alamiah lainnya (Asdak, 2004:8).

## 2.2 Daerah Aliran Sungai (DAS)

Daerah aliran sungai (DAS) adalah daerah yang dibatasi oleh punggung-punggung gunung/pegunungan, air hujan yang jatuh di daerah tersebut akan mengalir menuju sungai utama pada suatu titik/stasiun yang ditinjau. Limpasan berasal dari titik-titik tertinggi dan bergerak menuju titik-titik yang lebih rendah. Air hujan yang jatuh di dalam DAS akan mengalir menuju sungai utama, sedang yang jatuh di luar DAS akan mengalir ke sungai lain. Luas DAS diperkirakan dengan mengukur daerah itu pada peta topografi. Luas DAS sangat berpengaruh terhadap debit sungai. Pada umumnya semakin besar DAS semakin besar pula jumlah limpasan permukaan sehingga semakin besar pula aliran permukaan atau debit sungai (Triatmodjo, 2013:7-8). Bentuk DAS disajikan pada Gambar 2.2.

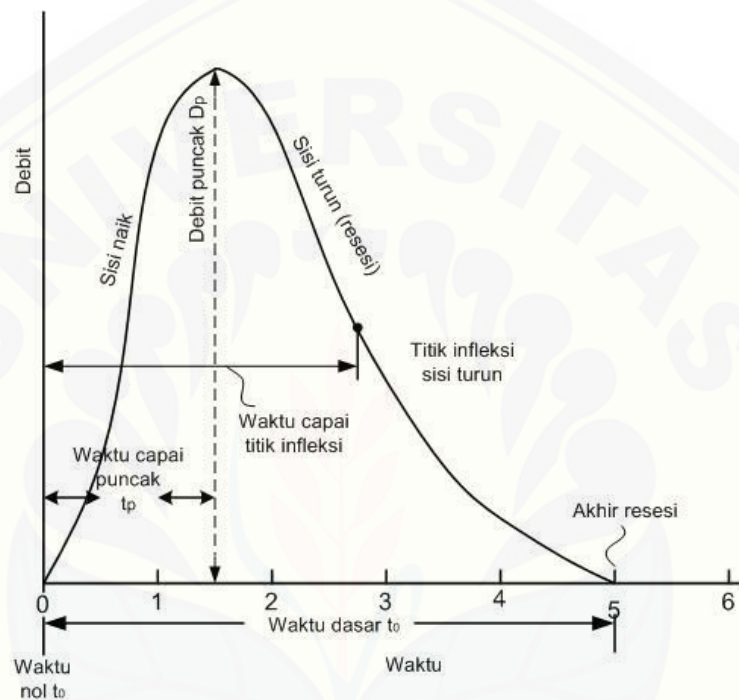


Gambar 2.2 Daerah aliran sungai (Sumber: Triatmojo, 2013:7)



### 2.3 Hidrograf

Suatu grafik yang menunjukkan perubahan debit sebagai fungsi waktu disebut hidrograf. Bentuk hidrograf dipengaruhi oleh hujan dan karakteristik DAS. Faktor hujan yang mempengaruhi hidrograf mencakup jumlah, durasi, intensitas dan luas wilayah terjadinya hujan (Indarto, 2010: 37-38). Bentuk hidrograf disajikan seperti Gambar 2.3



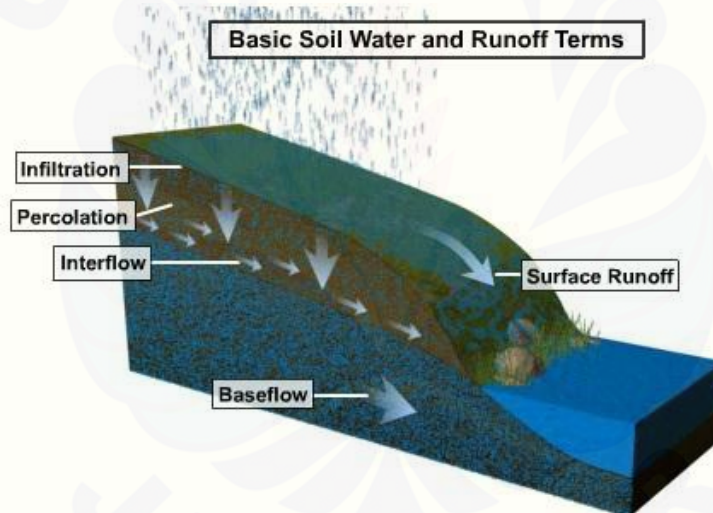
Gambar 2.3 Hidrograf aliran (Sumber: Triatmodjo, 2013:147)

Puncak hidrograf adalah bagian dari hidrograf yang menggambarkan debit maksimum. Sisi naik (*rising limb*) bagian dari hidrograf antara waktu nol dan waktu capai puncak. Sisi turun (*recession limb*) adalah bagian dari hidrograf yang menurun antara waktu capai puncak dan waktu dasar. Waktu dasar (*time base*) adalah waktu yang diukur dari waktu nol sampai waktu sisi turun berakhir. Akhir dari sisi turun ini ditentukan dengan perkiraan. Volume hidrograf diperoleh dengan mengintegrasikan debit aliran dari awal nol sampai waktu dasar. Pada kurva naik dan kurva turun terdapat titik balik kurva hidrograf berubah arah. Bentuk hidrograf tersebut yang mempunyai waktu turun lebih lama dari waktu naik disebabkan oleh tanggapan yang berbeda dari aliran permukaan, aliran antara dan aliran air tanah. Aliran permukaan memberikan kenaikan hidrograf dengan

cepat dan besar, sementara dua aliran yang lain dengan berangsur-angsur dan dengan waktu yang lebih lama (Triatmodjo, 2013:147-148).

#### 2.4 Aliran Dasar (*Baseflow*)

Aliran dasar (*Baseflow*) merupakan komponen aliran yang teramati dalam jangka waktu yang lama. *Baseflow* akan teramati sebagai debit di sungai pada saat musim kemarau. Kita ketahui bahwa pada saat musim kemarau, relatif tidak ada hujan, tetapi pada kebanyakan sungai masih ada debit air yang mengalir. Aliran air sungai ini berasal dari komponen aliran yang kita kenal sebagai *baseflow*. Aliran ini berasal dari air hujan yang terinfiltrasi dan masuk ke dalam tanah menjadi cadangan air tanah. Selanjutnya pada lokasi tertentu mengalir ke laut dan bergabung dengan aliran sungai (Indarto, 2010:57-58). Komponen air tanah disajikan seperti Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Komponen dasar air tanah dan aliran dasar permukaan (Sumber: Indarto, 2010:58)

#### 2.5 Pemisahan Aliran Dasar

*Baseflow* merupakan komponen dari aliran sungai yang kontribusinya dapat terlihat saat musim kemarau. Oleh karena itu, *baseflow* dapat memenuhi kebutuhan air pada saat musim kemarau. Berdasarkan manfaat tersebut maka diperlukannya informasi tentang ketersediaan aliran dasar pada suatu DAS. Berikut ini merupakan metode yang digunakan dalam pemisahan aliran dasar (*baseflow*).

### 2.5.1 Metode Grafis

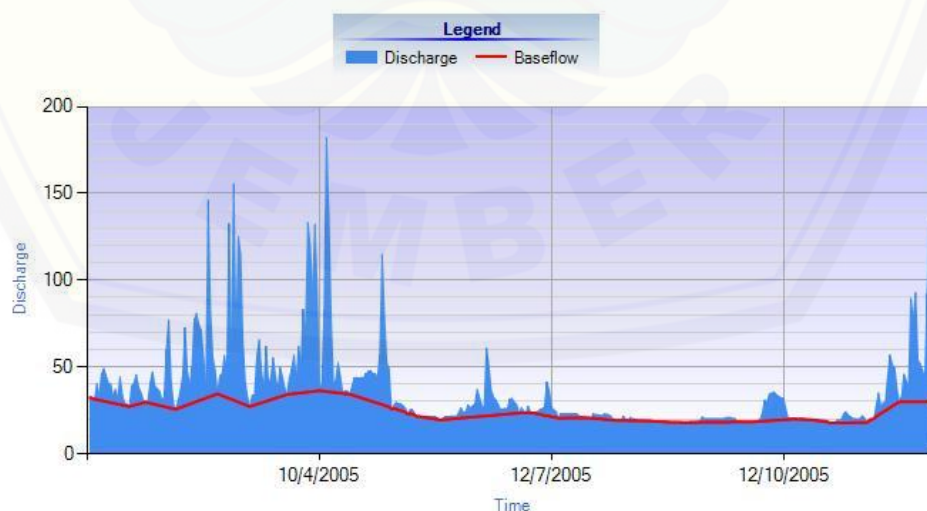
Metode grafis adalah metode yang menggambarkan antara titik terendah dari hidrograf total aliran sungai. Titik-titik terendah tersebut dihubungkan sehingga membentuk sebuah garis. Garis yang menghubungkan antara titik-titik terendah didefinisikan sebagai aliran dasar (*baseflow*).

Menurut Sloto dan Crouse (1996:5-7) berikut ini merupakan prinsip kerja dari tiga metode grafis yaitu *Local Minimum Method*, *Fixed Interval Method* dan *Sliding Interval Method*.

#### a. *Local Minimum Method*

Berikut ini adalah prinsip kerja dari *Local Minimum Method*.

1. Mengevaluasi debit setiap harinya yang bertujuan untuk menentukan apakah pada hari tersebut termasuk debit terendah atau tidak.
2. Banyaknya hari di tiap interval ditentukan dengan menggunakan persamaan  $[0,5 (2N-1)$  hari].  $N$  merupakan jumlah hari setelah limpasan permukaan berhenti.
3. Nilai  $N$  didapat secara empiris dari persamaan  $N = A^{0,2}$  (Linsley *et al.* 1982),  $A$  adalah luas DAS dengan satuan  $\text{mil}^2$ .
4. Kemudian debit terendah pada interval dihubungkan dengan garis lurus untuk menentukan *baseflow* seperti pada Gambar 2.5.

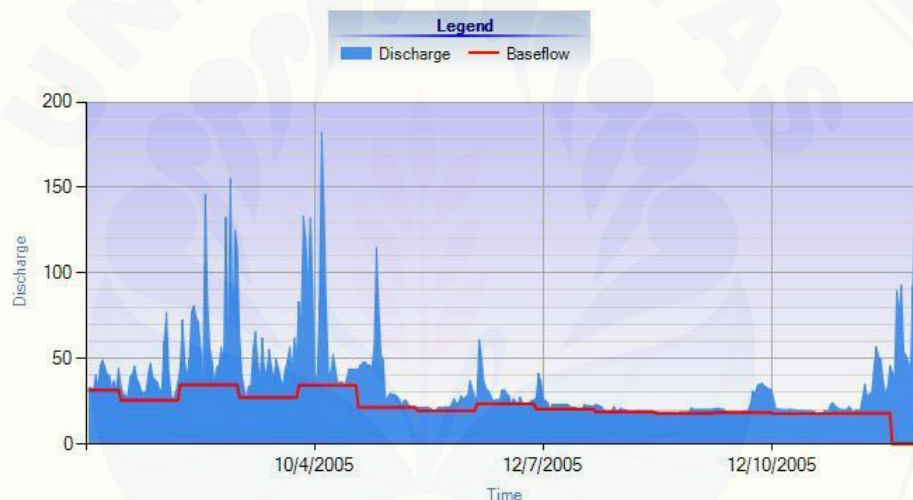


Gambar 2.5 *Local minimum method*

### b. *Fixed Interval Method*

Berikut ini adalah prinsip kerja dari *Fixed Interval Method*.

1. Merupakan metode yang menggunakan debit terendah dalam setiap interval.
2. Banyaknya hari di setiap interval ditentukan dengan menggunakan persamaan  $(2N)$ .  $N$  merupakan jumlah hari setelah limpasan permukaan berhenti.
3. Nilai  $N$  didapat secara empiris dari persamaan  $N = A^{0.2}$  (Linsley et al., 1982),  $A$  adalah luas DAS dengan satuan  $\text{mil}^2$ .
4. Metode ini digambarkan dengan diagram batang yang ditarik ke atas sehingga bersentuhan dengan debit terendah pada interval tersebut. Proses tersebut diulang pada semua interval berikutnya seperti pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6 *Fixed interval method*

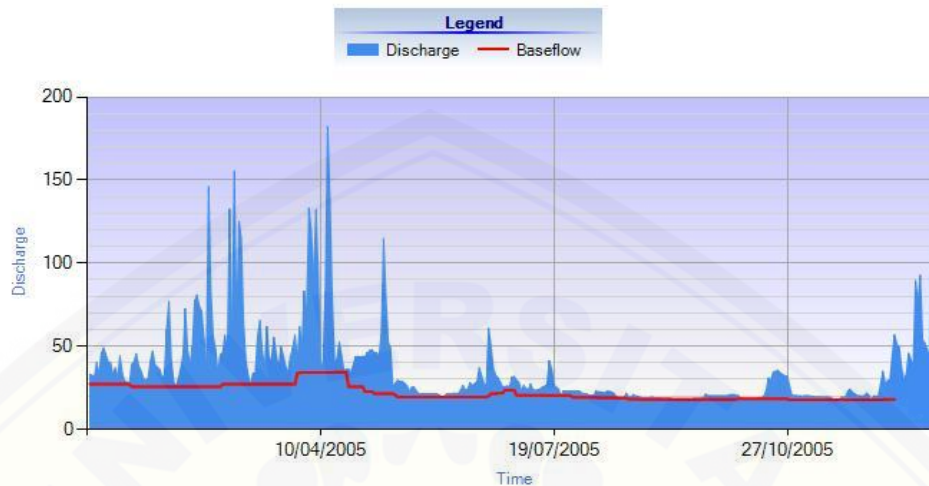
### c. *Sliding Interval Method*

Berikut ini adalah prinsip kerja dari *Sliding Interval Method*.

1. Metode *Sliding Interval* digambarkan dengan diagram batang dan ditarik ke atas sehingga bersentuhan dengan hidrograf.
2. Debit ditentukan dengan median dalam interval hari. Metode ini menggunakan persamaan  $[0,5 (2N-1)$  hari].
3. Nilai  $N$  didapat secara empiris dari persamaan  $N = A^{0.2}$  (Linsley et al., 1982),  $A$  adalah luas DAS dengan satuan  $\text{mil}^2$ .
4. diagram batang digeser menuju hari berikutnya dan proses ini dilakukan secara berulang. Metode ini menandai aliran dasar dari hidrograf debit harian



berdasarkan pada debit terendah dengan periode hari yang ditentukan. Seperti pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7 *Sliding interval method*

### 2.5.2 Metode Recursive Digital Filter (RDF)

*Recursive Digital Filter* (RDF) merupakan metode yang memanfaatkan konstanta resesi hidrograf yang digunakan untuk memisahkan antara aliran dasar (*baseflow*) dan aliran limpasan langsung (*quickflow*). Berikut ini merupakan jenis-jenis dari metode RDF yang digunakan untuk memisahkan aliran dasar.

#### a. *One Parameter Algorithm*

Persamaan (2.1) mengasumsikan bahwa nilai *baseflow* ( $q_{b(i)}$ ) merupakan jumlah dari debit pada hari ke- $i$  ( $q_{(i)}$ ) dan nilai *baseflow* pada hari sebelumnya ( $q_{b(i-1)}$ ).

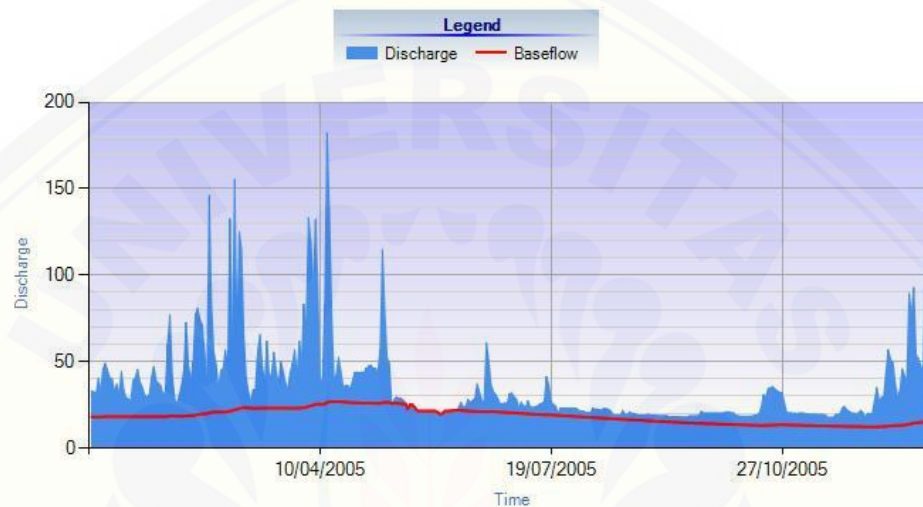
$$q_{b(i)} = \frac{k}{2-k} q_{b(i-1)} + \frac{1-k}{2-k} q_{(i)} \dots\dots\dots (2.1)$$

Keterangan:

- $q_{b(i)}$  : 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 (Chapman dan Maxwell, 1996).

Pada persamaan (2.1) diatas menggunakan satu parameter yaitu parameter  $k$ . Parameter  $k$  merupakan konstanta resesi selama tidak terjadi aliran langsung. Konstanta ini dioptimalkan dengan menggunakan cara *trial and error* (coba-coba). Cara *trial and error* dilakukan dengan cara memasukkan nilai parameter secara manual pada metode *One Parameter Algorithm* sampai mendapatkan hasil

grafik yang bagus. Grafik yang bagus yaitu pada saat posisi aliran dasar (debit terhitung) dan aliran sungai (debit terukur) saling berhimpit seperti pada Gambar 2.8. Jika grafik tersebut sudah didapat maka pengoptimalan parameter dengan cara *trial and error* dapat dihentikan. Karena pada metode *One Parameter Algorithm* hanya menggunakan satu parameter  $k$  maka grafik yang di dapat akan lebih kaku karena tingkat sensitivitasnya masih rendah.



Gambar 2.8 *One parameter algorithm*

#### b. *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* pada hari ke- $i$
- $q_{(i)}$  : merupakan debit sungai pada hari ke- $i$
- $q_{b(i-1)}$  : merupakan nilai *baseflow* pada hari sebelumnya
- $C$  : merupakan parameter untuk memisahkan aliran dasar
- $k$  : merupakan parameter filter berdasarkan konstanta resesi (Boughton, 1993).

Pada persamaan (2.2) diatas menggunakan dua parameter yaitu parameter  $k$  dan  $C$ . Parameter  $C$  diperoleh dari  $(1-k)$ , parameter tersebut dioptimalkan dengan menggunakan cara *trial and error* (coba-coba). Cara *trial and error* dilakukan

dengan cara memasukkan nilai parameter secara manual pada metode *Two Parameter Algorithm* sampai mendapatkan hasil grafik yang bagus. Grafik yang bagus yaitu pada saat posisi aliran dasar (debit terhitung) dan aliran sungai (debit terukur) saling berhimpit seperti pada Gambar 2.9. Jika grafik tersebut sudah di dapat maka pengoptimalan parameter dengan cara *trial and error* dapat dihentikan. Karena pada metode *Two Parameter Algorithm* menggunakan dua parameter k dan C maka grafik yang didapat akan lebih kaku karena tingkat sensitivitasnya masih rendah.



Gambar 2.9 *Two parameter algorithm*

c. *Identification of Unit Hydrograph and Component Lows From Rainfall, Evaporation and Streamflow (IHACRES)*

Persamaan (2.3) digunakan untuk mencari nilai *baseflow* pada hari ke-*i* ( $q_{b(i)}$ ) dari jumlah antara a dan b. Variabel a merupakan nilai debit pada hari ke-*i* ( $q_{(i)}$ ) dan variabel b merupakan selisih antara nilai *baseflow* pada hari ke-*i* dan nilai *baseflow* pada hari sebelumnya ( $q_{b(i-1)}$ ).

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

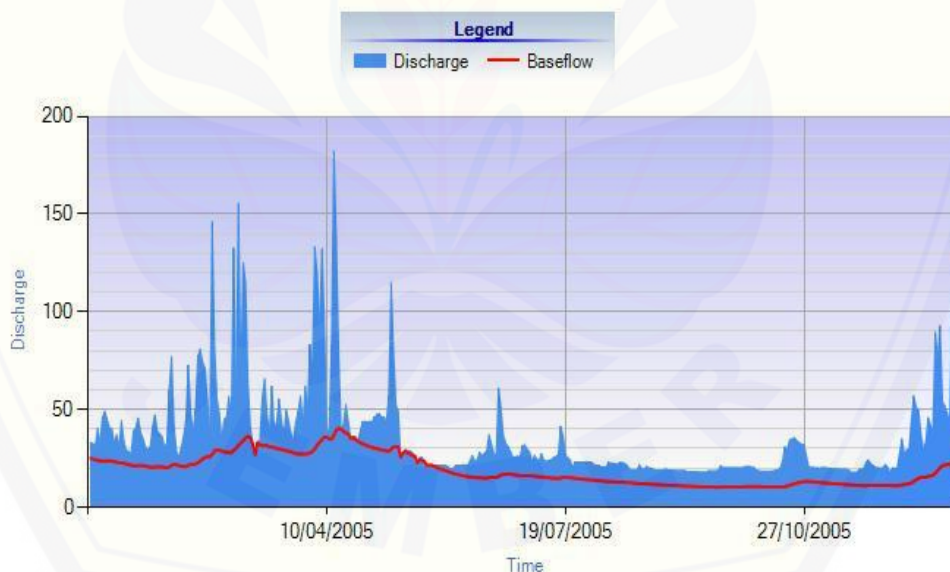
Keterangan:

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



$\alpha_q$  : merupakan parameter filter (Jakeman dan Hornberger, 1993).

Pada persamaan (2.3) diatas menggunakan tiga parameter yaitu parameter k, C dan  $\alpha$ . Parameter k dan C merupakan parameter yang berasal dari persamaan *Two Parameter Algorithm* sedangkan untuk parameter  $\alpha$  merupakan parameter tambahan yang dikembangkan oleh Jakeman dan Hornberger. Persamaan (2.3) menggunakan tiga parameter dioptimalkan dengan menggunakan cara *trial and error* (coba-coba). Cara *trial and error* dilakukan dengan cara memasukkan nilai parameter secara manual pada metode *IHACRES* sampai mendapatkan hasil grafik yang bagus. Grafik yang bagus yaitu pada saat posisi aliran dasar (debit terhitung) dan aliran sungai (debit terukur) saling berhimpit seperti pada Gambar 2.10. Jika grafik tersebut sudah didapat maka pengoptimalan parameter dengan cara *trial and error* dapat dihentikan. Karena pada metode *IHACRES* menggunakan tiga parameter k, C dan  $\alpha$  maka grafik yang di dapat akan lebih baik karena semakin banyak parameter yang digunakan maka akan menghasilkan grafik yang fleksibel.



Gambar 2.10 IHACRES

d. Lyne & Holick *Algorithm*

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

hari ke- $i$  ( $q_{f(i-1)}$ ) dan variabel  $b$  merupakan nilai debit pada hari ke- $i$  ( $q_{(i)}$ ) dikurangi nilai debit pada hari sebelumnya ( $q_{(i-1)}$ ).

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

Keterangan:

- $q_{f(i)}$  : merupakan nilai *quickflow* pada hari ke- $i$
- $q_{(i)}$  : merupakan debit pada hari ke- $i$
- $q_{f(i-1)}$  : merupakan nilai *quickflow* pada hari sebelumnya
- $\alpha$  : merupakan parameter filter (Lyne dan Hollick, 1979).

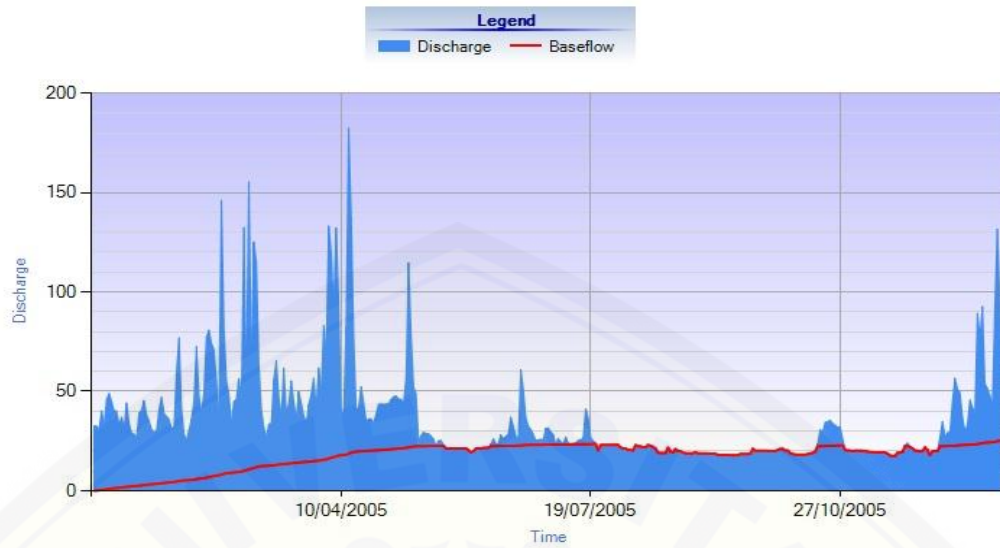
Setelah mendapatkan nilai *quickflow* ( $q_f$ ) maka, selanjutnya dapat di cari besarnya nilai *baseflow* ( $q_b$ ) dengan cara mencari selisih antara debit ( $q$ ) dan nilai *quickflow* ( $q_f$ ) seperti pada persamaan (2.4b).

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

Keterangan:

- $q_b$  : merupakan nilai *baseflow*
- $q$  : merupakan debit total
- $q_f$  : merupakan nilai *quickflow* (Lyne dan Hollick, 1979).

Persamaan (2.4) diatas dikemukakan oleh Lyne dan Hollick (1979) untuk pemisahan *baseflow* yang melibatkan nilai perhitungan *quickflow*. Persamaan Lyne dan Hollick *Algorithm* ini menggunakan satu parameter yaitu parameter  $\alpha$ . Nilai parameter  $\alpha$  tersebut didapat dari hasil *trial and error* (coba-coba). Cara *trial and error* dilakukan dengan cara memasukkan nilai parameter secara manual pada metode Lyne dan Hollick *Algorithm* sampai mendapatkan hasil grafik yang bagus. Grafik yang bagus yaitu pada saat posisi aliran dasar (debit terhitung) dan aliran sungai (debit terukur) saling berhimpit seperti pada Gambar 2.11. Jika grafik tersebut sudah didapat maka pengoptimalan parameter dengan cara *trial and error* dapat dihentikan. Meskipun pada metode Lyne dan Hollick *Algorithm* hanya menggunakan satu parameter  $\alpha$  namun grafik yang di dapat akan lebih baik karena nilai sensitivitasnya cukup tinggi sehingga akan menghasilkan grafik yang fleksibel yaitu dapat memisahkan antara *baseflow* dan debit total saat periode hujan, sedangkan pada saat kemarau menghasilkan garis yang berhimpitan saat tidak ada hujan.



Gambar 2.11 Lyne dan Hollick

e. Chapman *Algorithm*

Persamaan (2.5a) digunakan untuk mencari nilai *quickflow* pada hari ke-*i* ( $q_{f(i)}$ ) dengan cara menjumlahkan dua variabel yaitu *a* dan *b*. Variabel *a* merupakan nilai *quickflow* pada hari sebelumnya ( $q_{f(i-1)}$ ) yang dikalikan dengan  $\frac{3\alpha-1}{3-\alpha}$  dan variabel *b* merupakan selisih antara nilai debit pada hari ke-*i* ( $q_{(i)}$ ) dan nilai debit pada hari sebelumnya ( $q_{(i-1)}$ ) kemudian dikalikan dengan  $\frac{2}{3-\alpha}$ .

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

Keterangan:

- $q_{(i)}$  : merupakan debit pada hari ke-*i*
- $q_{(i-1)}$  : merupakan debit pada hari sebelumnya
- $q_{f(i)}$  : merupakan nilai *quickflow* pada hari ke-*i*
- $q_{f(i-1)}$  : merupakan nilai *quickflow* pada hari sebelumnya
- $\alpha$  : merupakan parameter filter (Chapman, 1991).

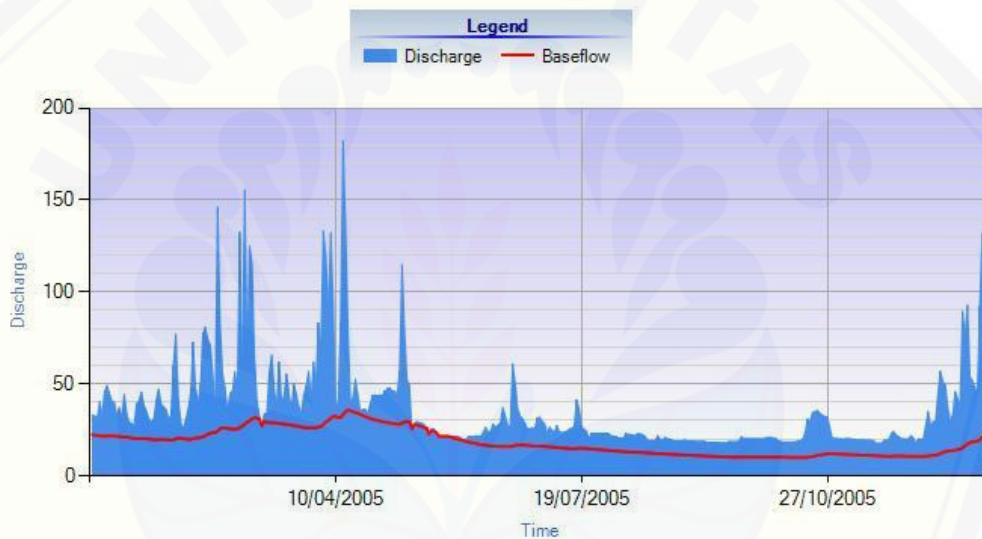
Setelah mendapatkan nilai *quickflow* ( $q_f$ ) maka, selanjutnya dapat di cari besarnya nilai *baseflow* ( $q_b$ ) dengan cara mencari selisih antara debit (*q*) dan nilai *quickflow* ( $q_f$ ) seperti pada persamaan (2.4b).

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

Keterangan:

- $q_b$  : merupakan nilai *baseflow*
- $q$  : merupakan debit total
- $q_f$  : merupakan nilai *quickflow* (Chapman, 1991).

Persamaan Chapman *Algorithm* ini menggunakan satu parameter yaitu parameter  $\alpha$ . Persamaan ini merupakan pengembangan dari persamaan Lyne dan Hollick *Algorithm*. Nilai parameter  $\alpha$  tersebut didapat dari hasil *trial and error* (coba-coba). Cara *trial and error* dilakukan dengan cara memasukkan nilai parameter secara manual pada metode Chapman *Algorithm* sampai mendapatkan hasil grafik yang bagus. Grafik yang bagus yaitu pada saat posisi aliran dasar (debit terhitung) dan aliran sungai (debit terukur) saling berhimpit seperti pada Gambar (2.12). Jika grafik tersebut sudah didapat maka pengoptimalan parameter dengan cara *trial and error* dapat dihentikan.



Gambar 2.12 Chapman *algorithm*

f. *Exponentially Weighted Moving Average Filter* (EWMA)

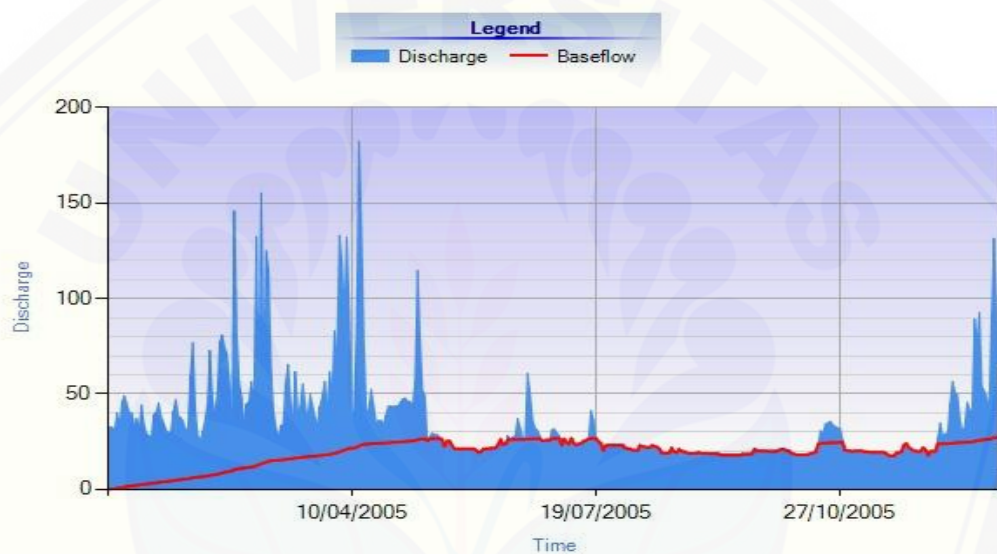
Persamaan (2.6) mengasumsikan bahwa nilai *baseflow* hari ke- $i$  ( $q_{b(i)}$ ) diperoleh dari hasil penjumlahan dari nilai debit pada hari ke- $i$  ( $q_{(i)}$ ) dan nilai *baseflow* pada hari sebelumnya ( $q_{b(i-1)}$ ). Parameter yang digunakan pada persamaan 2.6 hanya satu parameter filter yaitu parameter  $\alpha$ .

$$q_{b(i)} = q_{(i)} + (1 + \alpha)q_{b(i-1)} \dots\dots\dots (2.6)$$

Keterangan :

- $q_{b(i)}$  : merupakan nilai *baseflow* pada hari ke- $i$
- $q_{(i)}$  : merupakan debit sungai pada hari ke- $i$
- $q_{b(i-1)}$  : merupakan nilai *baseflow* pada hari sebelumnya
- $\alpha$  : merupakan parameter filter (Tularam dan Ilahee, 2008).

Persamaan EWMA ini menggunakan satu parameter yaitu parameter  $\alpha$ . Nilai parameter  $\alpha$  tersebut didapat dari hasil *trial and error* (coba-coba). Cara *trial and error* dilakukan dengan cara memasukkan nilai parameter secara manual pada metode EWMA sampai mendapatkan hasil grafik yang bagus. Grafik yang bagus yaitu pada saat posisi aliran dasar (debit terhitung) dan aliran sungai (debit terukur) saling berhimpit seperti pada Gambar (2.13). Jika grafik tersebut sudah di dapat maka pengoptimalan parameter dengan cara *trial and error* dapat dihentikan. Ketentuan dari nilai parameter ini adalah  $0 \leq \alpha < 1$ .



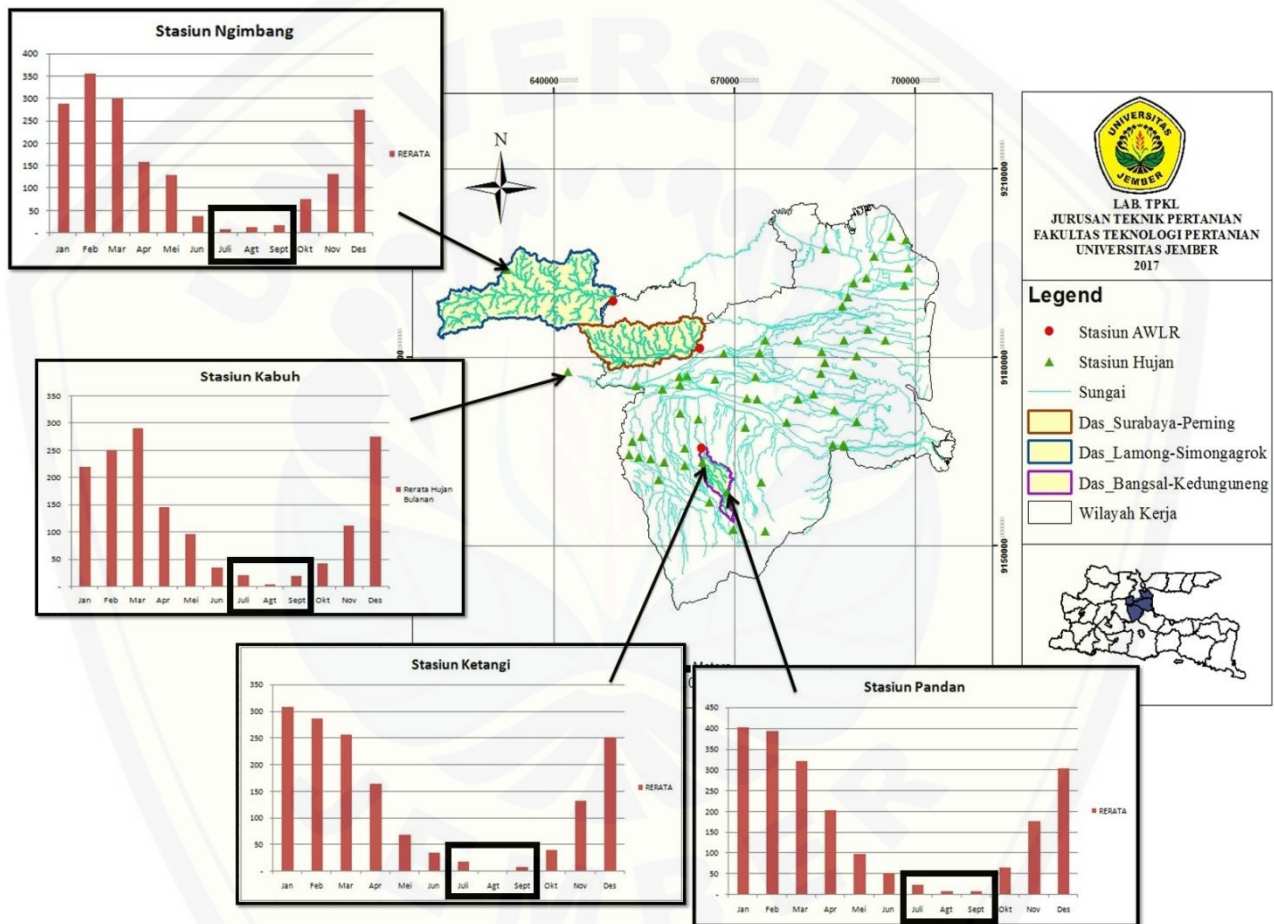
Gambar 2.13 EWMA



### BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Lokasi penelitian ini dilakukan pada tiga DAS yang termasuk pada wilayah kerja UPT PSDA Surabaya yang meliputi DAS Lamong-Simoangrok, DAS Surabaya-Perning dan DAS Bangsal-Kedunguneng seperti disajikan pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Peta lokasi penelitian di wilayah PSDA Surabaya

Gambar diagram batang yang terdapat pada lokasi penelitian di atas merupakan diagram dari rata-rata hujan bulanan semua periode yang akan digunakan untuk menentukan bulan kalibrasi. Kalibrasi dilakukan pada bulan kering dimana hujan yang jatuh hanya sedikit atau tidak ada hujan. Berdasarkan diagram diatas kalibrasi dapat dilakukan pada bulan Juli – September+.

Pengolahan dan analisis data dilakukan di Laboratorium Teknik Pengendalian dan Konservasi Lingkungan (TPKL) Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember. Penelitian ini dilakukan pada bulan April sampai bulan November 2017.

### 3.2 Alat dan Bahan Penelitian

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

- a. Seperangkat *Personal Computer* (PC) atau Laptop digunakan untuk membantu dalam pengolahan data.
- b. *Microsoft Excel* 2010 digunakan untuk mengentri, mengedit dan mengolah data *baseflow*.
- c. *Software HydroOffice* digunakan untuk mengolah data debit untuk menghasilkan besarnya nilai *baseflow* dan BFI dari metode-metode yang digunakan.
- d. *Software ArcGIS* digunakan untuk membuat *layout* peta lokasi penelitian dan menentukan luas DAS.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah data yang terdapat di Dinas Pengairan Provinsi Jawa Timur UPT PSDA Surabaya yaitu.

- a. Data debit harian yang digunakan berdasarkan ketersediaan data yang ada yaitu pada DAS Lamong-Simoanggrok dan DAS Surabaya-Perning mulai tanggal 1 Januari 1996 - 31 Desember 2015 sedangkan pada DAS Bangsal-Kedunguneng mulai tanggal 1 Januari 2002 - 31 Desember 2013.
- b. Data hujan harian yang digunakan berdasarkan ketersediaan data yang ada yaitu pada DAS Lamong-Simoanggrok dan DAS Surabaya-Perning mulai tanggal 1 Januari 1996 - 31 Desember 2015 sedangkan pada DAS Bangsal-Kedunguneng mulai tanggal 1 Januari 2003 - 31 Desember 2012.
- c. Data fisik DAS meliputi: batas DAS, jaringan sungai, stasiun hujan dan stasiun AWLR.



Ketersediaan data debit dari tiga DAS yang diteliti disajikan pada Tabel

3.1 sebagai berikut:

Tabel 3.1 Data debit yang digunakan dalam penelitian

No	Nama AWLR	Koordinat X	Koordinat Y	Periode Rekaman Data		
				Awal	Akhir	Panjang Periode
1	K. Surabaya – Pening	07° 31' 593"	112° 28' 903"	1996	2015	20 Tahun
2	K. Lamong – Simongagrok	07° 20' 50"	112° 24' 51"	1996	2015	20 Tahun
3	K. Bangasal – Kedunguneng	07° 18' 30"	112° 30' 59"	2002	2013	12 Tahun

Ketersediaan data hujan dari tiga DAS yang diteliti disajikan pada Tabel

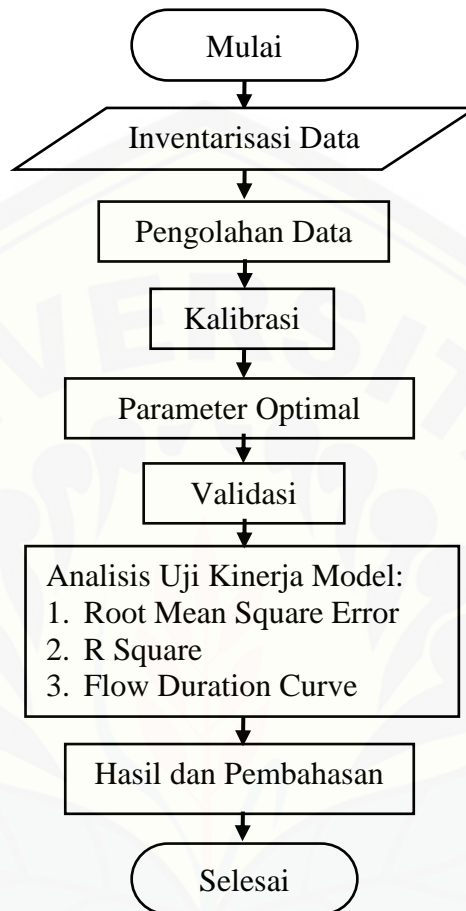
3.2 sebagai berikut:

Tabel 3.2 Data hujan yang digunakan dalam penelitian

No	Nama St_Hujan	Koordinat X	Koordinat Y	Periode Rekaman Data		
				Awal	Akhir	Panjang Periode
1	St_Kabuh	07° 23' 77"	112° 21' 71"	1996	2015	20 Tahun
2	St_Ngimbang	07° 17' 7,49"	112° 12' 21,26"	1996	2015	20 Tahun
3	St_Ketangi	07° 33' 976"	112° 29' 601"	2003	2012	10 Tahun
4	St_Pandan	07° 36' 537"	112° 31' 844"	2003	2012	10 Tahun

### 3.3 Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian akan dilakukan seperti diagram pada Gambar 3.2 berikut.



Gambar 3.2 Diagram alir penelitian

#### 3.3.1 Inventarisasi Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini yaitu meliputi data debit harian, data hujan harian dan data DAS. Data tersebut didapat dari UPT PSDA Surabaya yang meliputi DAS Surabaya-Perning, DAS Lamong-Simoangrok dan DAS Bangsal-Kedunguneng.

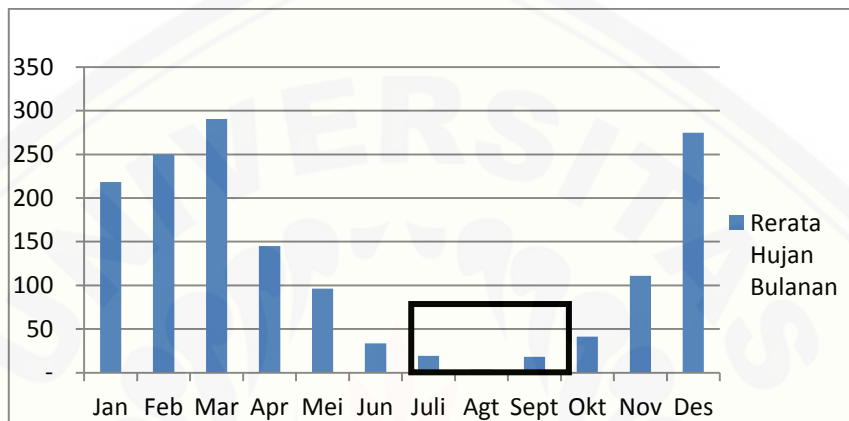
#### 3.3.2 Pengolahan Data

##### a. Data Debit

Data debit harian digunakan untuk mencari nilai *baseflow*. Data tersebut dikonversi ke dalam format .txt menggunakan *Microsoft Excel* agar dapat terbaca oleh *Software HydroOffice*. Kemudian data tersebut diolah menggunakan tiga metode grafis dan enam metode RDF.

### b. Data Hujan

Data hujan harian digunakan untuk menentukan bulan kalibrasi pada setiap DAS. Data tersebut diolah menggunakan *Microsoft Excel* menjadi data hujan bulanan. Misalnya pada stasiun Kabuh yang terdapat dalam DAS Surabaya-Perning ketersediaan data mulai 1 Januari 1996 sampai 31 Desember 2015. Gambar 3.3 adalah gambar histogram hujan bulanan pada stasiun Kabuh.



Gambar 3.3 Hujan bulanan stasiun Kabuh

Cara mendapatkan data hujan bulanan yaitu data hujan harian di jumlah pada setiap bulannya. Selanjutnya untuk menentukan musim kemarau data hujan bulanan dirata-rata mulai dari tahun 1996 - 2015 kemudian di plotkan ke dalam diagram batang seperti disajikan pada Gambar 3.3. Berdasarkan gambar di atas untuk menentukan bulan kalibrasi yaitu dengan cara memilih bulan yang paling kering yaitu pada bulan Juli - September karena pada bulan tersebut tidak terjadi hujan atau hujannya sangat sedikit. Jadi pada bulan tersebut diasumsikan aliran air yang mengalir di sungai adalah *baseflow*.

### c. Data Fisik DAS

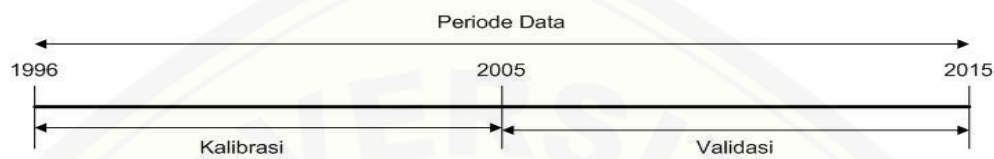
Data fisik DAS digunakan untuk membuat peta lokasi penelitian dengan menggunakan *Software ArcGIS*. Data fisik DAS meliputi: batas DAS, jaringan sungai, koordinat stasiun AWLR dan stasiun hujan.

#### 3.3.3 Kalibrasi

Kalibrasi dilakukan pada musim kemarau karena pada musim tersebut tidak terjadi hujan atau hujannya sangat sedikit sehingga kontribusi *baseflow*

sangat berperan pada ketersediaan air di sungai. Berikut ini merupakan langkah-langkah dalam proses kalibrasi.

- Kalibrasi dilakukan pada data debit yang telah dikonversi ke format .txt di setiap DAS menggunakan *Software HydroOffice*.
- Periode data yang tersedia pada setiap DAS dibagi menjadi dua bagian seperti pada Gambar 3.4.



Gambar 3.4 Pembagian periode data

- Proses kalibrasi dilakukan pada data bagian pertama dengan cara *trial and error* pada parameter-parameter yang ada pada 3 metode grafis dan 6 metode RDF sedangkan pada data bagian kedua digunakan pada proses validasi.
- Proses *trial and error* dilakukan sampai mendapat hasil grafik yang sesuai dimana antara debit terukur dan debit terhitung saling berhimpit seperti dijelaskan pada bab 2.
- Range parameter yang di dapat dari proses *trial and error* kemudian di rata-rata untuk mendapatkan nilai parameter optimal.

#### 3.3.4 Validasi

Validasi merupakan proses lanjutan dari proses kalibrasi. Proses validasi dilakukan pada data bagian kedua di setiap DAS dengan cara memasukkan nilai parameter optimal yang telah didapatkan dari proses kalibrasi. Proses validasi ini bertujuan untuk menguji nilai parameter yang diperoleh.

#### 3.3.5 Analisis Uji Kinerja Model

Berikut ini merupakan analisis uji kinerja model yang menggunakan tiga metode yaitu *Root Mean Square Error* (RMSE), *R Square* ( $R^2$ ) dan *Flow Duration Curve* (FDC).

##### a. *Root Mean Square Error* (RMSE)

*Root Mean Square Error* (RMSE) yang digunakan untuk mengetahui tingkat kesalahan (*error*) yang dihasilkan pada saat pemodelan antara debit terukur dan

debit terhitung. Semakin rendah nilai RMSE yang dihasilkan, maka tingkat kesalahannya semakin kecil. Metode yang terbaik dipilih dari perhitungan RMSE yang menghasilkan nilai terendah. Jika nilai RMSE mendekati 0 maka metode tersebut dapat dikatakan lebih baik dan akurat. Persamaan RMSE adalah sebagai berikut:

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

Keterangan:

$Q_0$  : debit terukur

$Q_m$  : debit terhitung

$n$  : jumlah sampel (Mulla dan Addiscott, 1999:30).

#### b. R Square ( $R^2$ )

Nilai R Square digunakan untuk menunjukkan tingkat kesesuaian antara debit terukur dan debit terhitung. Jika parameter yang digunakan pada proses kalibrasi menghasilkan nilai R Square mendekati 1 maka dapat dikatakan bahwa parameter tersebut bagus dan layak digunakan. Nilai R Square ditampilkan dalam *scater plot* antara debit terukur dan debit terhitung (*baseflow*). Nilai R Square juga bisa didapatkan dengan koefisien determinasi dengan persamaan sebagai berikut:

$$R^2 = 1 - \frac{\sum(Y - \hat{Y})^2}{\sum(Y - \bar{Y})^2} \dots\dots\dots (3.2)$$

Keterangan:

$R^2$  : tingkat kesesuaian debit terukur dan debit terhitung

$Y$  : observasi respon ke-i

$\hat{Y}$  : ramalan respon ke-i

$\bar{Y}$  : rata-rata (Algifari, 2009:48).

#### c. Flow Duration Curve (FDC)

Flow Duration Curve (FDC) digunakan untuk mengurutkan semua data debit dalam rentang waktu dan mem-plot dengan nilai persentase kemunculan dari 0% sampai 100% serta diurutkan dari peringkat terbesar hingga terkecil. FDC digunakan untuk mengevaluasi kinerja dari metode yang digunakan (Indarto, 2010:205).



## BAB 4. KARAKTERISTIK DAS

### 4.1 Luas dan Bentuk DAS

Luas DAS dan bentuk DAS yang diamati pada masing-masing DAS di wilayah UPT PSDA Surabaya disajikan pada Tabel 4.1 sebagai berikut.

Tabel 4.1 Luas DAS dan bentuk DAS yang diamati

No	Nama DAS	Luas DAS	Bentuk DAS
1	Surabaya-Perning	114,432 km <sup>2</sup>	Memanjang
2	Lamong-Simoanggrok	235,689 km <sup>2</sup>	Memanjang
3	Bangsals-Kedunguneng	26,611 km <sup>2</sup>	Memanjang

(Sumber: Hasil Pengolahan Data, 2017)

Tabel 4.1 menunjukkan luas dan bentuk dari ketiga DAS yang terdapat di wilayah UPT PSDA Surabaya. Luas DAS menentukan besarnya area tangkapan hujan pada suatu DAS. Setiap DAS memiliki ukuran luas yang berbeda-beda, semakin luas DAS tersebut maka akan semakin besar daya tampung air hujannya.

Berdasarkan Tabel 4.1 dapat terlihat luas pada masing-masing DAS yaitu DAS Surabaya-Perning memiliki luas 114,432 km<sup>2</sup> dan DAS Lamong-Simoanggrok 235,689 km<sup>2</sup> sedangkan pada DAS Bangsals-Kedunguneng merupakan DAS yang memiliki luas paling kecil yaitu 26,611 km<sup>2</sup>.

Bentuk DAS akan berpengaruh terhadap besar dan waktu terjadinya debit puncak pada outlet. DAS dengan bentuk melebar akan menghasilkan debit puncak yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan DAS yang memiliki bentuk memanjang. Hal tersebut terjadi karena titik-titik air hujan yang tertampung oleh DAS akan mengalir menuju outlet pada waktu yang relatif sama dan akan menghasilkan debit puncak yang tinggi. Ketiga DAS yang diamati yang terdapat di wilayah UPT PSDA Surabaya memiliki bentuk yang sama yaitu memanjang sehingga titik-titik air dari berbagai lokasi di wilayah hulu DAS sangat kecil kemungkinannya untuk sampai di outlet pada saat yang sama sehingga debit puncak yang dihasilkan relatif rendah (Indarto, 2010).



## 4.2 Karakteristik Hujan

Data curah hujan yang digunakan dalam menentukan karakteristik hujan di dapat dari stasiun hujan di sekitar masing-masing DAS. Karakteristik hujan pada masing-masing DAS di wilayah UPT PSDA Surabaya disajikan pada Tabel 4.2 sebagai berikut.

Tabel 4.2 Karakteristik hujan

No	Nama DAS	Hujan harian dalam mm/hari		
		Min	Maks	Rerata
1	Surabaya-Perning	0	183	5
2	Lamong-Simoanggrok	0	143	20
3	Bangsals-Kedunguneng	0	145	7

(Sumber: Hasil Pengolahan Data, 2017)

Pada Tabel 4.3 data hujan yang digunakan merupakan data hujan harian yang diperoleh dari stasiun hujan di sekitar DAS. Pada tabel diatas menunjukkan nilai hujan harian minimum dan maksimum. Nilai curah hujan tertinggi terdapat pada DAS Surabaya-Perning sebesar 183 mm/hari. Sedangkan nilai hujan harian minimum semua DAS menghasilkan nilai yang sama yaitu 0 mm/hari.

Besarnya curah hujan dapat mempengaruhi besarnya debit pada suatu DAS. Semakin besar curah hujan maka akan semakin besar debit pada suatu DAS sebaliknya jika curah hujan kecil maka debit pada suatu DAS tersebut kecil pula karena aliran permukaan yang terjadi sangat kecil bahkan tidak ada.

## 4.3 Karakteristik Debit

Debit merupakan besarnya volume air yang mengalir dari suatu penampang per satuan waktu. Debit maksimum merupakan debit tertinggi yang diukur pada suatu DAS. Debit minimum merupakan debit terendah yang diukur pada suatu DAS. Nilai debit minimum terjadi pada saat musim kemarau atau pada saat periode kering yang merupakan kontribusi dari *baseflow*. Debit rata-rata merupakan hasil rata-rata debit harian pada semua tahun.

Debit pada masing-masing DAS di wilayah UPT PSDA Surabaya ditampilkan pada Tabel 4.3 sebagai berikut.

Tabel 4.3 Karakteristik debit

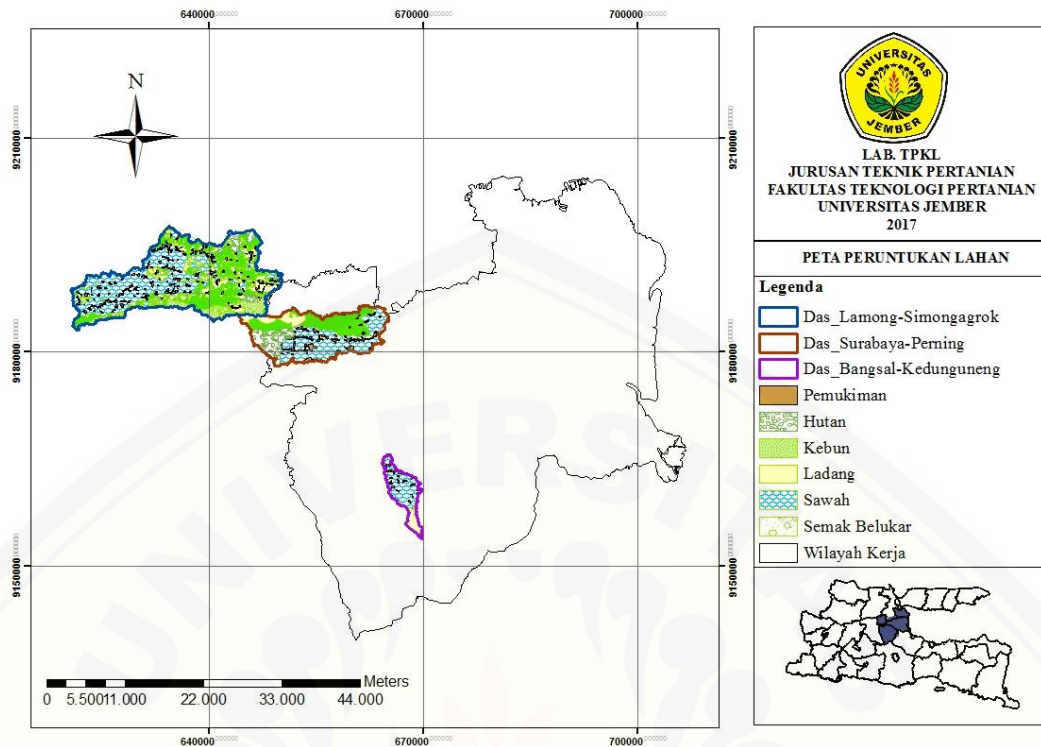
No	Nama DAS	Debit dalam m <sup>3</sup> /detik		
		Min	Maks	Rerata
1	Surabaya-Perning	7,86	358,39	47,88
2	Lamong-Simoangrok	0,01	346,00	6,00
3	Bangsals-Kedunguneng	0,05	8,81	1,33

(Sumber: Hasil Pengolahan Data, 2017)

Berdasarkan Tabel 4.2 terlihat nilai minimum, maksimum dan rata-rata pada masing-masing DAS. Besarnya debit pada masing-masing DAS tergantung pada besarnya curah hujan, semakin besar curah hujan yang terjadi maka debit yang dihasilkan akan semakin besar pula. Pada Tabel 4.2 menunjukkan bahwa DAS Surabaya-Perning memiliki nilai debit maksimum tertinggi yaitu sebesar 358,39 m<sup>3</sup>/detik. Hal tersebut di sebabkan oleh curah hujan pada DAS tersebut cukup tinggi dibandingkan dua DAS yang lain.

#### 4.4 Peruntukan Lahan

Peruntukan lahan yang terdapat pada DAS di wilayah UPT PSDA Surabaya ada beberapa jenis yaitu pemukiman, sawah, ladang, kebun, hutan dan semak belukar. Peta peruntukan lahan disajikan pada Gambar 4.1 sedangkan untuk persentase peruntukan lahan pada masing-masing DAS disajikan pada Tabel 4.4.



Gambar 4.1 Peta peruntukan lahan pada DAS di wilayah UPT PSDA Surabaya (Sumber : Hasil Pengolahan Data, 2017)

Tabel 4.4 Persentase peruntukan lahan pada DAS di wilayah UPT PSDA Surabaya.

Jenis peruntukan lahan	DAS Surabaya-Perning		DAS Lamong-Simoanggrok		DAS Bangsal-Kedunguneng	
	Km <sup>2</sup>	%	Km <sup>2</sup>	%	Km <sup>2</sup>	%
Pemukiman	8,98	7,85	11,10	4,71	3,01	11,33
Sawah	49,66	43,39	118,71	50,37	18,76	70,50
Ladang	9,19	8,03	35,54	15,08	4,84	18,17
Kebun	32,41	28,33	62,70	26,60	0,00	0,00
Hutan	14,19	12,40	7,54	3,20	0,00	0,00
Semak Belukar	0,00	0,00	0,09	0,04	0,00	0,00

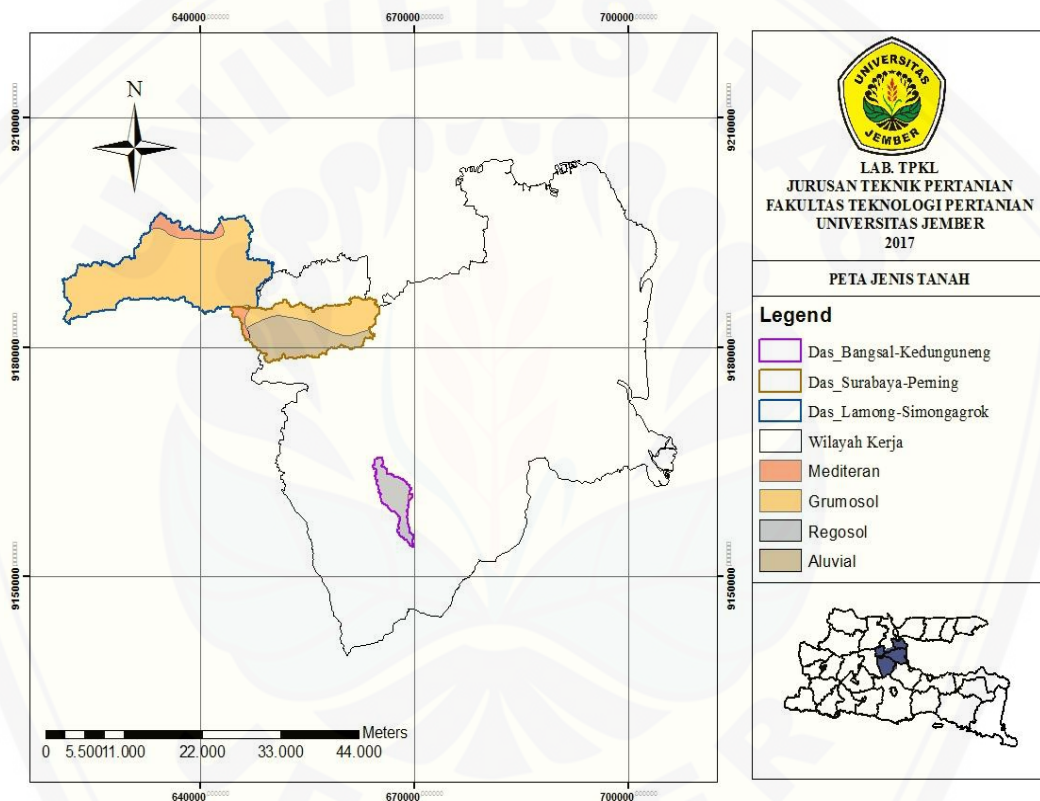
(Sumber : Hasil Pengolahan Data, 2017)

Pada Tabel 4.4 menunjukkan bahwa persentase peruntukan lahan terbesar untuk pemukiman, sawah dan ladang terdapat pada DAS Bangsal-Kedunguneng yaitu berturut-turut sebesar 11,33%, 70,50% dan 18,17%. Persentase terbesar untuk kebun dan hutan terdapat pada DAS Surabaya-Perning yaitu secara berturut-turut sebesar 28,33% dan 12,40%. Sedangkan untuk semak belukar hanya terdapat pada DAS Lamong-Simoanggrok dengan persentase sebesar 0,04%. Peruntukan lahan dapat menjadi salah satu faktor besarnya aliran

permukaan. Wilayah UPT PSDA Surabaya didominasi oleh peruntukan lahan dengan tingkat vegetasi yang baik maka pada musim hujan air akan banyak terinfiltrasi kedalam tanah dan menjadi cadangan air tanah.

#### 4.5 Jenis Tanah

Jenis tanah yang terdapat pada DAS di wilayah UPT PSDA Surabaya ada beberapa jenis yaitu aluvial, grumosol, regosol dan mediteran. Peta penyebaran jenis tanah disajikan pada Gambar 4.2 sedangkan untuk persentase jenis tanah pada masing-masing DAS disajikan pada Tabel 4.5.



Gambar 4.2 Peta jenis tanah pada DAS di wilayah UPT PSDA Surabaya (Sumber : Hasil Pengolahan Data, 2017)

Tabel 4.5 Persentase persebaran jenis tanah pada DAS di wilayah UPT PSDA Surabaya.

Jenis Tanah	DAS Surabaya-Perning		DAS Lamong-Simoanggrok		DAS Bangsal-Kedunguneng	
	Km <sup>2</sup>	%	Km <sup>2</sup>	%	Km <sup>2</sup>	%
Alluvial	61,12	53,41	0,00	0,00	0,00	0,00
Grumosol	48,73	42,59	219,49	93,13	0,00	0,00
Regosol	0,00	0,00	0,00	0,00	26,06	97,92
Mediteran	4,58	4,00	16,19	6,87	0,55	2,08

(Sumber : Hasil Pengolahan Data, 2017)

Berdasarkan Tabel 4.5 menunjukkan persentase jenis tanah yang paling dominan pada DAS Surabaya perning yaitu aluvial sebesar 53,41%. Pada DAS Lamong-Simoanggrok didominasi oleh jenis tanah grumosol sebesar 93,13%. Sedangkan pada DAS Bangsal-Kedunguneng didominasi oleh jenis tanah regosol sebesar 97,92%. Tanah aluvial merupakan tanah yang subur mengandung cukup banyak hara tanaman berwarna kelabu sampai kecoklatan. Tanah aluvial pada umumnya memberi hasil produksi padi, palawija yang cukup baik. Tanah grumosol adalah tanah dengan bahan induk yang bertekstur halus berwarna kelabu sampai hitam. Jenis tanah ini mudah terjadi erosi dan bahaya longsor. Tanah grumosol dapat memberi hasil kapas, padi, tebu dan berbagai tanaman perdagangan dataran rendah yang cukup baik. Sedangkan tanah regosol adalah tanah yang belum mengalami perkembangan profil. Tanah ini berwarna kelabu, mengandung bahan yang belum atau masih baru mengalami pelapukan dan bertekstur kasar.



## BAB 5. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini mengkaji tentang pemisahan aliran dasar (*baseflow*) pada DAS di wilayah UPT PSDA Surabaya dengan menggunakan 3 metode grafis yaitu *Local Minimum Method*, *Fixed Interval Method*, *Sliding Interval Method* dan 6 metode *Resursive Digital Filter* (RDF) yaitu *One Parameter Algorithm*, *Two Parameter Algorithm*, *Chapman Algorithm*, *IHACRES*, *Lyne and Holick*; *EWMA*. Analisis ini membandingkan nilai debit terukur dan debit terhitung. Debit terukur yaitu nilai debit yang diperoleh dari hasil pengukuran di lapang (sungai) sedangkan debit terhitung yaitu nilai yang diperoleh dari hasil perhitungan menggunakan 3 metode grafis dan 6 metode RDF.

### 5.1 Kalibrasi dan Validasi

Proses kalibrasi dilakukan pada 3 metode grafis dan 6 metode RDF pada masing-masing DAS. Sebelum melakukan proses kalibrasi, terlebih dahulu membagi periode rekaman data menjadi dua bagian. Data bagian pertama akan digunakan pada proses kalibrasi sedangkan bagian kedua digunakan pada proses validasi. Pada DAS Surabaya-Perning dan DAS Lamong-Simoanggrok proses kalibrasi dilakukan pada periode 1 Januari 1996 – 31 Desember 2005 sedangkan pada DAS Bangsal-Kedunguneng pada 1 Januari 2002 – 31 Desember 2007.

Proses kalibrasi dilakukan dengan cara *trial and error* pada setiap parameter yang terdapat pada masing-masing metode. Parameter pada masing-masing metode berbeda-beda parameter tersebut yaitu  $N$ ,  $f$ ,  $k$ ,  $C$  dan  $\alpha$ . *Trial and error* dilakukan dengan cara memasukkan nilai parameter secara manual pada setiap tahunnya. Proses *trial and error* dilakukan sampai mendapat hasil grafik yang sesuai dimana antara debit terukur dan debit terhitung saling berhimpit pada musim kemarau. setelah mendapatkan nilai parameter pada setiap tahunnya kemudian dilakukan rata-rata. Rata-rata dari parameter tersebut akan menghasilkan nilai parameter optimal yang digunakan dalam memisahkan *baseflow*.

Proses validasi dilakukan pada tiga metode grafis dan enam metode RDF pada masing-masing DAS. Proses validasi ini merupakan kelanjutan dari proses

kalibrasi. Data yang digunakan pada proses validasi merupakan data bagian kedua yaitu pada DAS Surabaya-Perning dan DAS Lamong-Simoanggrok pada periode 1 Januari 2006 – 31 Desember 2015, sedangkan pada DAS Bangsal-Kedunguneng yaitu pada periode 1 Januari 2008 – 31 Desember 2015. Proses validasi ini dilakukan dengan cara memasukkan nilai parameter optimal yang didapatkan dari proses kalibrasi. Selanjutnya hasil perhitungan *baseflow* pada proses kalibrasi dan validasi masing-masing akan diuji statistik menggunakan uji RMSE,  $R^2$  dan FDC.

### 5.1.1 Rentang Nilai Parameter Setiap DAS

Nilai rentang parameter yang didapatkan dari proses *trial and error* pada masing-masing DAS disajikan pada Tabel 5.1 sebagai berikut.

Tabel 5.1 Rentang nilai parameter pada setiap DAS

Metode	Parameter	Surabaya-Perning	Lamong-Simoanggrok	Bangsal-Kedunguneng
Local Minimum	N	5-9	4-7	7-10
	f	0,65-0,90	0,40-0,70	0,75-0,85
Fixed Interval	N	6-10	6-12	8-13
Sliding Interval	N	15-22	20-30	20-28
One Parameter	k	0,980-0,995	0,988-0,997	0,980-0,993
	k	0,980-0,995	0,980-0,995	0,990-0,995
Two Parameter	C	0,017-0,030	0,008-0,015	0,012-0,018
	k	0,960-0,970	0,935-0,960	0,980-0,988
IHACRES	C	0,015-0,025	0,007-0,015	0,009-0,012
	$\alpha$	0,920-0,940	0,915-0,930	0,920-0,935
Lyne & Hollick	$\alpha$	0,985-0,997	0,995-0,998	0,960-0,990
Chapman	$\alpha$	0,965-0,999	0,998-0,999	0,985-0,998
EWMA	$\alpha$	0,005-0,011	0,007-0,013	0,012-0,020

(Sumber : Hasil Pengolahan Data, 2017)

Pada proses kalibrasi dihasilkan nilai rentang parameter. Parameter tersebut yaitu parameter N dan f yang terdapat pada metode grafis. Ada 3 metode grafis yaitu metode *local minimum* mengevaluasi debit pada setiap harinya dengan tujuan untuk menentukan apakah hari tersebut termasuk debit terendah atau tidak. Kemudian metode *fixed interval* mengevaluasi debit terendah dalam setiap interval. Selanjutnya, metode *sliding interval* akan menandai aliran dasar dari hidrograf debit berdasarkan pada debit terendah dengan periode tetap (sebelum dan sesudah) hari yang ditentukan. Parameter N merupakan jumlah hari setelah aliran limpasan permukaan berhenti. Sedangkan parameter f digunakan untuk menentukan hari awal dan akhir aliran dasar berkontribusi terhadap nilai debit.

Pada metode RDF terdapat 6 metode yang digunakan yaitu *one parameter* menggunakan parameter  $k$  (konstanta resesi). Persamaan metode *one parameter* menjelaskan bahwa nilai aliran dasar didapatkan dengan merata-rata nilai *quickflow*. Metode *two parameter* menggunakan parameter  $k$  dan  $C$ . Persamaan *two parameter* menggunakan parameter tambahan berdasarkan bentuk pemisahan aliran dasar pada nilai *quickflow*. Parameter  $C$  merupakan koefisien dari aliran permukaan. Metode IHACRES merupakan pengembangan dari metode *two parameter*. Metode IHACRES menggunakan 3 parameter yaitu  $k$ ,  $C$  dan  $\alpha$ . Parameter  $k$  (konstanta resesi) adalah indikator besarnya aliran dasar. Apabila nilai  $k$  kecil maka aliran dasarnya akan kecil sebaliknya jika nilai  $k$  semakin besar maka nilai aliran dasarnya juga semakin besar. Parameter  $C$  merupakan koefisien dari aliran permukaan dan nilai  $C$  merupakan parameter yang nilainya  $1-k$ . Sedangkan parameter  $\alpha$  merupakan konstanta yang dapat mempengaruhi respon terhadap kenaikan debit (Chapman, 1999). Selanjutnya, metode Lyne & Hollick menggunakan satu parameter yaitu  $\alpha$ . metode Lyne & Hollick menggunakan perhitungan nilai *quickflow* untuk melakukan pemisahan aliran dasar. Kemudian, metode Chapman merupakan metode pengembangan dari metode Lyne & Hollick yang menggunakan satu parameter  $\alpha$ . Sedangkan, metode EWMA merupakan metode yang lebih praktis dengan persamaan yang lebih sederhana. Pada metode EWMA laju peningkatan aliran dasar tergantung pada nilai  $\alpha$  dari limpasan permukaannya (Tularam dan Ilahee, 2008).

Tabel 5.1 merupakan nilai rentang parameter dari 3 metode grafis dan 6 metode RDF yang didapatkan dari hasil *trial and error* pada setiap tahunnya. Nilai rentang parameter tersebut mencakup nilai terkecil sampai terbesar yang diuji-cobakan pada masing-masing DAS.

#### 5.1.2 Nilai Parameter Optimal Pada Setiap DAS

Nilai parameter optimal pada masing-masing metode yang digunakan untuk memisahkan *baseflow* pada setiap DAS disajikan pada Tabel 5.2 sebagai berikut.

Tabel 5.2 Nilai parameter optimal

Metode	Parameter	Surabaya- Perning	Lamong- Simoanggrok	Bangsals- Kedunguneng
Local Minimum	N	6,4	5,6	8
	f	0,807	0,613	0,82
Fixed Interval	N	8,2	9,9	10,5
Sliding Interval	N	18,3	26	23,83
One Parameter	k	0,988	0,995	0,988
Two Parameter	k	0,966	0,966	0,992
	C	0,024	0,012	0,015
IHACRES	k	0,966	0,948	0,985
	C	0,019	0,010	0,010
	$\alpha$	0,930	0,921	0,928
Lyne & Hollick	$\alpha$	0,992	0,997	0,979
Chapman	$\alpha$	0,991	0,999	0,991
EWMA	$\alpha$	0,008	0,009	0,016

(Sumber : Hasil Pengolahan Data, 2017)

Tabel 5.2 merupakan nilai parameter optimal dari 3 metode grafis dan 6 metode RDF pada masing-masing DAS. Nilai parameter optimal didapatkan dengan cara merata-rata *range* parameter setiap tahunnya. Berdasarkan cara *trial and error* yang telah dilakukan diketahui bahwa parameter  $\alpha$  dapat menghasilkan garis yang fleksibel dan grafik yang bagus yaitu pada saat musim hujan menghasilkan garis yang rendah menunjukkan bahwa kontribusi *baseflow* rendah sedangkan pada musim kemarau menghasilkan garis yang berhimpitan dengan debit terukur menunjukkan bahwa kontribusi *baseflow* tinggi.

### 5.1.3 Uji Statistik

#### a) Nilai *Root Mean Square Error* (RMSE)

*Root Mean Square Error* (RMSE) merupakan metode untuk mengetahui besarnya tingkat kesalahan antara debit terukur dan debit terhitung. Uji statistik dengan menggunakan RMSE ini dilakukan dengan membandingkan antara debit terukur dan debit terhitung pada bulan Juli sampai September karena pada bulan tersebut merupakan puncak musim kemarau dimana tidak ada hujan atau turunnya hujan sangat sedikit sehingga aliran air yang mengalir di sungai diasumsikan sebagai aliran dasar (*baseflow*). Perhitungan RMSE dilakukan pada periode kalibrasi dan validasi. Validasi digunakan untuk mengevaluasi apakah parameter yang dihasilkan dari periode kalibrasi dapat digunakan untuk memisahkan aliran dasar pada periode validasi pada masing-masing DAS. Nilai RMSE dari 3 metode



grafis dan 6 metode RDF periode kalibrasi dan validasi pada masing-masing DAS disajikan pada Tabel 5.3 dan 5.4 sebagai berikut.

Tabel 5.3 Nilai RMSE pada setiap DAS periode kalibrasi

Metode	Surabaya- Perning	Lamong- Simoanggrok	Bangsals- Kedunguneng
	RMSE	RMSE	RMSE
Local Minimum	0,117	0,029	0,010
Fixed Interval	0,115	0,029	0,009
Sliding Interval	0,142	0,030	0,013
One Parameter	0,392	0,022	0,024
Two Parameter	0,528	0,034	0,018
IHACRES	0,270	0,033	0,014
Lyne & Hollick	0,070	0,013	0,008
Chapman	0,366	0,023	0,024
EWMA	0,070	0,013	0,008

(Sumber : Hasil Pengolahan Data, 2017)

Tabel 5.4 Nilai RMSE pada setiap DAS periode validasi

Metode	Surabaya- Perning	Lamong- Simoanggrok	Bangsals- Kedunguneng
	RMSE	RMSE	RMSE
Local Minimum	0,209	0,038	0,017
Fixed Interval	0,210	0,040	0,015
Sliding Interval	0,241	0,044	0,020
One Parameter	0,407	0,032	0,031
Two Parameter	0,574	0,052	0,022
IHACRES	0,295	0,051	0,016
Lyne & Hollick	0,125	0,022	0,010
Chapman	0,379	0,033	0,031
EWMA	0,124	0,022	0,009

(Sumber : Hasil Pengolahan Data, 2017)

Pada Tabel 4.3 dan 4.4 menunjukkan nilai hasil uji statistik *Root Mean Square Error* (RMSE) dari periode kalibrasi dan validasi. Berdasarkan Tabel 4.3 dapat terlihat bahwa pada periode kalibrasi metode Lyne & Hollick dan EWMA memiliki hasil RMSE yang paling kecil dengan nilai yang sama yaitu pada DAS Surabaya-Perning 0,070, DAS Lamong-Simoanggrok 0,013 dan DAS Bangsals-Kedunguneng 0,008 begitu pula pada Tabel 4.4 yang merupakan periode validasi dengan nilai berturut-turut pada DAS Surabaya-Perning 0,125 dan 0,124, DAS Lamong-Simoanggrok dengan nilai yang sama yaitu 0,022 dan DAS Bangsals-Kedunguneng 0,010 dan 0,009. Hal tersebut menunjukkan bahwa kedua metode



tersebut merupakan metode yang memiliki kinerja terbaik. Selisih antara debit terukur dan debit terhitung pada metode Lyne & Hollick dan EWMA cenderung kecil. Hal tersebut sesuai dengan syarat dari uji RMSE yaitu jika hasil perhitungan mendekati 0 (nol) menunjukkan bahwa tingkat kesalahannya semakin kecil. Sehingga dapat dikatakan bahwa metode Lyne & Hollick dan EWMA memiliki kinerja paling baik dibandingkan dengan metode lainnya.

Uji statistik dengan menggunakan RMSE dilakukan dengan membandingkan aliran dasar (debit terhitung) dengan debit total sungai (debit terukur) pada bulan Juli sampai September dengan asumsi bahwa pada bulan tersebut aliran air yang mengalir di sungai adalah *baseflow*, karena pada bulan tersebut hujan yang jatuh hanya sedikit sehingga nilai *quickflow* mendekati 0 (nol). Pada metode EWMA dan Lyne & Hollick parameter  $\alpha$  dipengaruhi oleh nilai *quickflow*. Nilai curah hujan yang rendah akan menyebabkan nilai *quickflow* rendah. Hal tersebut dapat mempengaruhi kerja dari parameter  $\alpha$ . Pada saat nilai *quickflow* rendah aliran air di sungai hanya menyisakan nilai aliran dasar. Oleh karena itu, kedua metode ini dapat mengitung aliran dasar (debit terhitung) mendekati debit total sungai (debit terukur) secara optimal.

b) Nilai R Square ( $R^2$ )

Nilai  $R^2$  dari 3 metode grafis dan 6 metode RDF periode kalibrasi dan validasi pada masing-masing DAS disajikan pada Tabel 5.5 dan 5.6 sebagai berikut.

Tabel 5.5 Nilai R Square pada setiap DAS periode kalibrasi

Metode	Surabaya- Perning	Lamong- Simoanggrok	Bangsals- Kedunguneng
	$r^2$	$r^2$	$r^2$
Local Minimum	0,930	0,768	0,811
Fixed Interval	0,936	0,761	0,831
Sliding Interval	0,914	0,752	0,725
One Parameter	0,777	0,863	0,734
Two Parameter	0,905	0,704	0,758
IHACRES	0,895	0,721	0,796
Lyne & Hollick	0,968	0,951	0,882
Chapman	0,726	0,848	0,712
EWMA	0,968	0,957	0,891

(Sumber : Hasil Pengolahan Data, 2017)

Tabel 5.6 Nilai *R Square* pada setiap DAS periode validasi

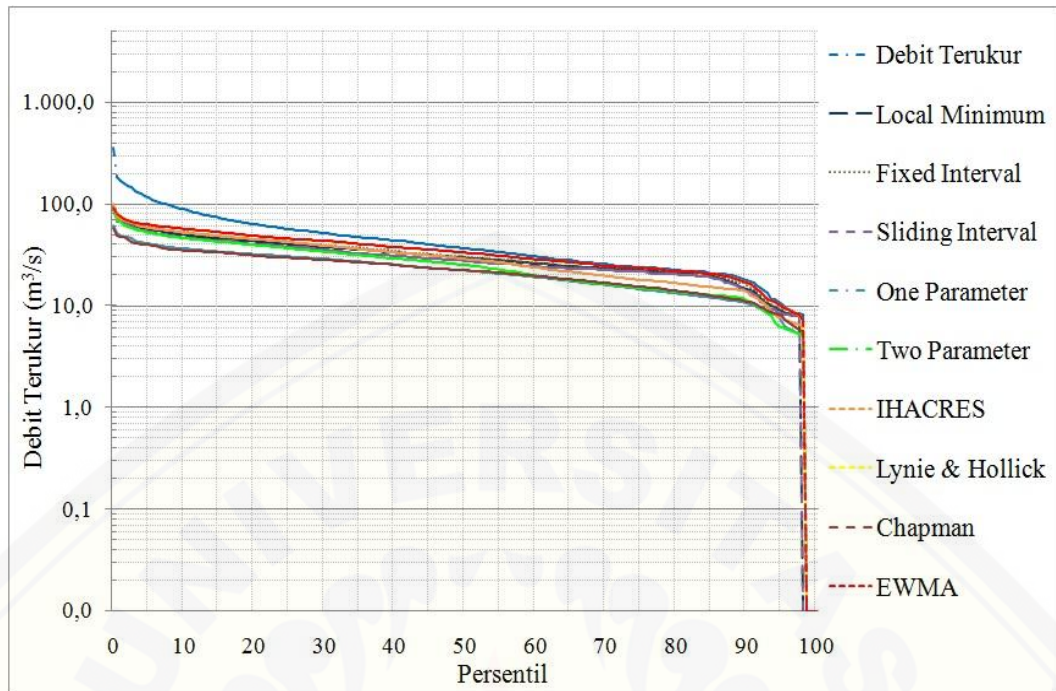
Metode	Surabaya- Perning	Lamong- Simoanggrok	Bangsals- Kedunguneng
	$r^2$	$r^2$	$r^2$
Local Minimum	0,793	0,619	0,874
Fixed Interval	0,793	0,587	0,891
Sliding Interval	0,758	0,521	0,857
One Parameter	0,777	0,702	0,868
Two Parameter	0,683	0,516	0,885
IHACRES	0,755	0,551	0,897
Lyne & Hollick	0,918	0,872	0,943
Chapman	0,561	0,692	0,867
EWMA	0,918	0,868	0,947

(Sumber : Hasil Pengolahan Data, 2017)

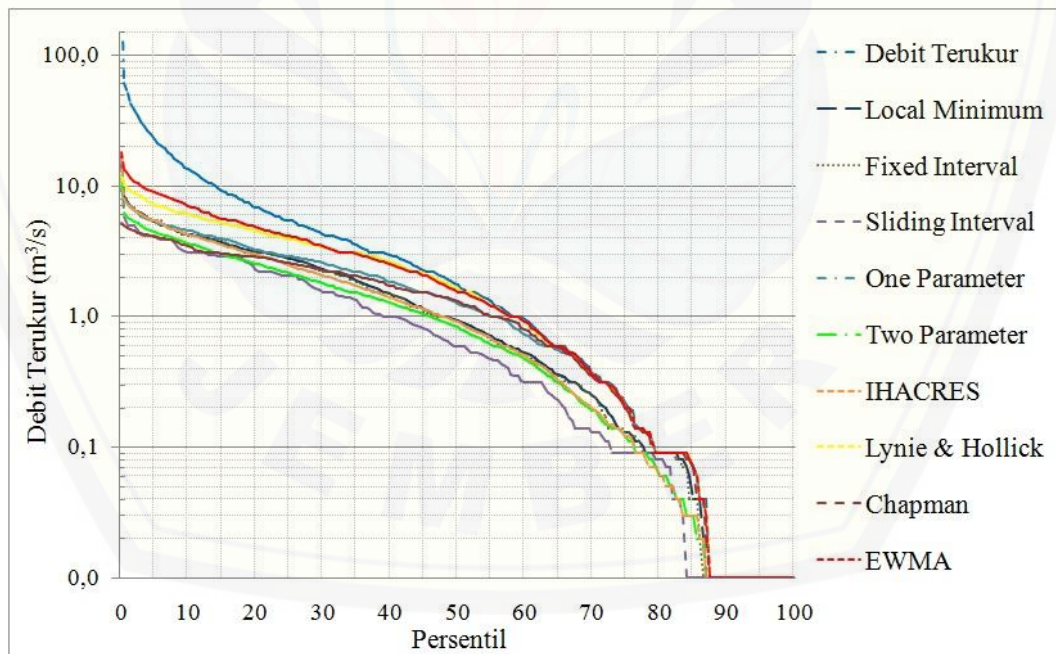
Pada Tabel 5.5 dan 5.6 menunjukkan hasil uji statistik *R Square* dari periode kalibrasi dan validasi. Uji statistik  $R^2$  digunakan untuk menunjukkan tingkat kesesuaian antara debit terukur dan debit terhitung. Kriteria optimal dalam uji  $R^2$  ini yaitu jika hasil perhitungan semakin mendekati 1 maka tingkat kesesuaian antara debit terukur dengan debit terhitung semakin baik dan dapat menunjukkan bahwa metode tersebut dapat bekerja dengan baik dalam memperkirakan besarnya *baseflow*. Berdasarkan Tabel 5.5 dan 5.6 dapat terlihat bahwa metode yang memiliki nilai  $R^2$  mendekati 1 yaitu metode Lyne & Hollick dan EWMA. Hal tersebut menunjukkan bahwa kedua metode tersebut memiliki kinerja yang lebih baik dibandingkan dengan metode lainnya. Pada *scatter-plot* (Gambar terlampir) yang dihasilkan oleh kedua metode tersebut menggambarkan sebaran titik yang mendekati garis linier. Hal tersebut menunjukkan bahwa tingkat kesesuaian antara debit terukur dan debit terhitung cukup tinggi.

#### c) *Flow Duration Curve* (FDC)

*Flow Duration Curve* (FDC) digunakan untuk mengurutkan semua data debit dalam rentang waktu dan mem-plot dengan nilai persentase kemunculan dari 0% sampai 100% serta diurutkan dari peringkat terbesar hingga terkecil. FDC digunakan untuk mengevaluasi kinerja dari metode yang digunakan. Gambar 5.1, 5.2 dan 5.3 memuat grafik FDC yang dihasilkan oleh 3 metode grafis dan 6 metode RDF.

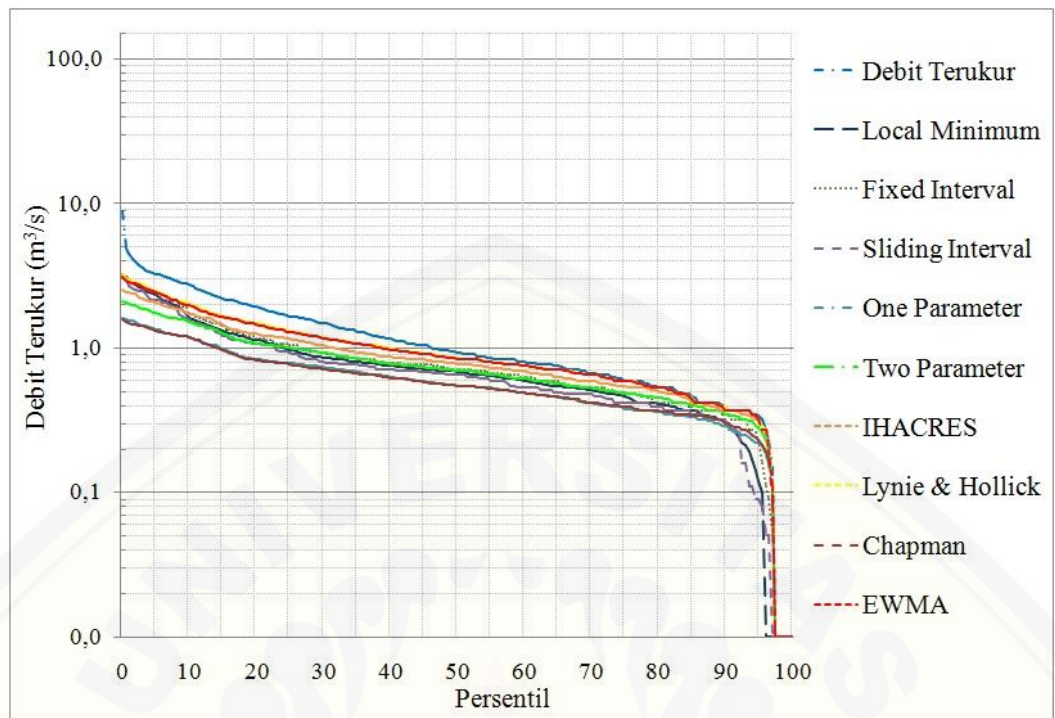


Gambar 5.1 Grafik FDC pada DAS Surabaya-Perning periode panjang 1996 - 2015 (Sumber: Hasil Pengolahan Data, 2017).



Gambar 5.2 Grafik FDC pada DAS Lamong-Simoanggrok periode panjang 1996- 2015 (Sumber: Hasil Pengolahan Data, 2017).





Gambar 5.3 Grafik FDC pada DAS Bangsal-Kedunguneng periode panjang 1996-2015 (Sumber: Hasil Pengolahan Data, 2017).

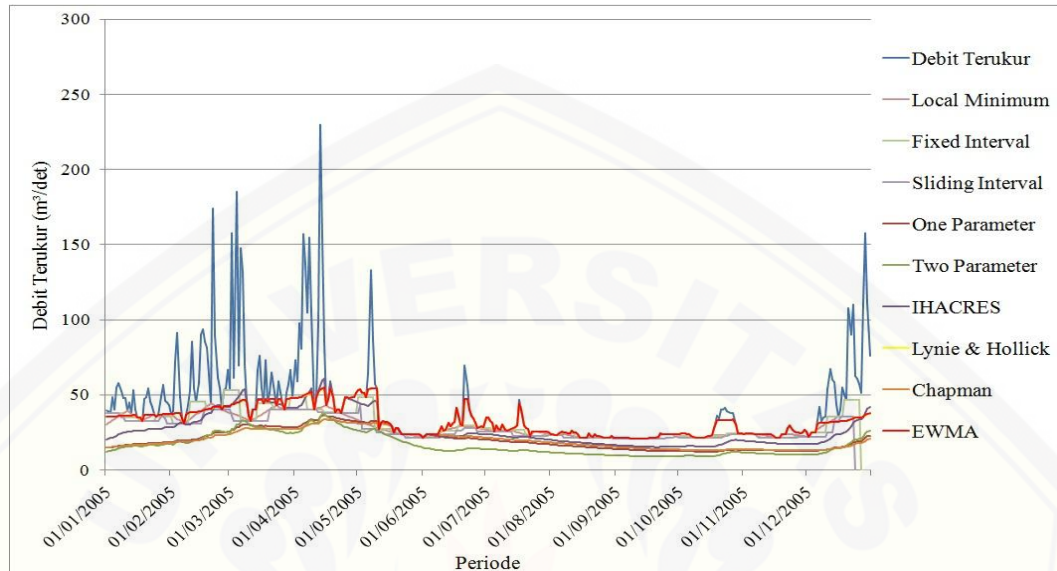
Gambar 5.1, 5.2 dan 5.3 merupakan grafik FDC yang dihasilkan oleh masing masing DAS di UPT PSDA Surabaya. Pada grafik diketahui bahwa debit besar dapat dilihat pada bagian atas (kiri), sementara pada bagian bawah (kanan) menggambarkan debit kecil. Metode pemisahan aliran dasar yang dapat bekerja dengan baik akan menghasilkan grafik yang berhimpit antara debit terukur dengan debit terhitungnya pada bagian bawah (kanan). Hal ini dikarenakan debit kecil identik dengan debit pada saat tidak adanya hujan (musim kemarau) dimana aliran air yang mengalir di sungai merupakan kontribusi *baseflow*. Sedangkan pada bagian atas (kiri) akan terpisah yang menunjukkan musim hujan dimana debit besar sedang terjadi karena adanya limpasan permukaan. Berdasarkan gambar di atas metode yang dapat menunjukkan kinerja terbaik yaitu metode Lyne & Hollick dan EWMA.

## 5.2 Hasil Pemisahan Aliran Dasar

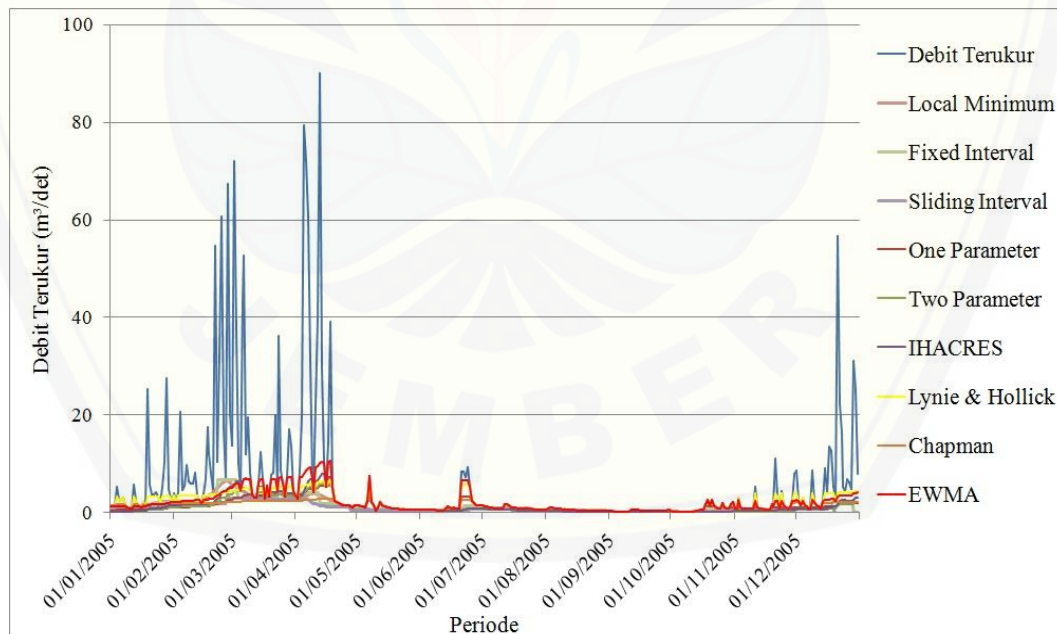
Hasil pemisahan aliran dasar dari 3 metode grafis dan 6 metode RDF disajikan kedalam bentuk grafik. Penyajian dalam bentuk grafik diharapkan dapat mempermudah dalam membandingkan antara debit terukur dan debit terhitung.

### 5.2.1 Pemisahan Aliran Dasar Periode Satu Tahun

Grafik hasil pemisahan aliran dasar dari 3 metode grafis dan 6 metode RDF dalam periode satu tahun disajikan pada Gambar 5.4, 5.5 dan 5.6 berikut ini.

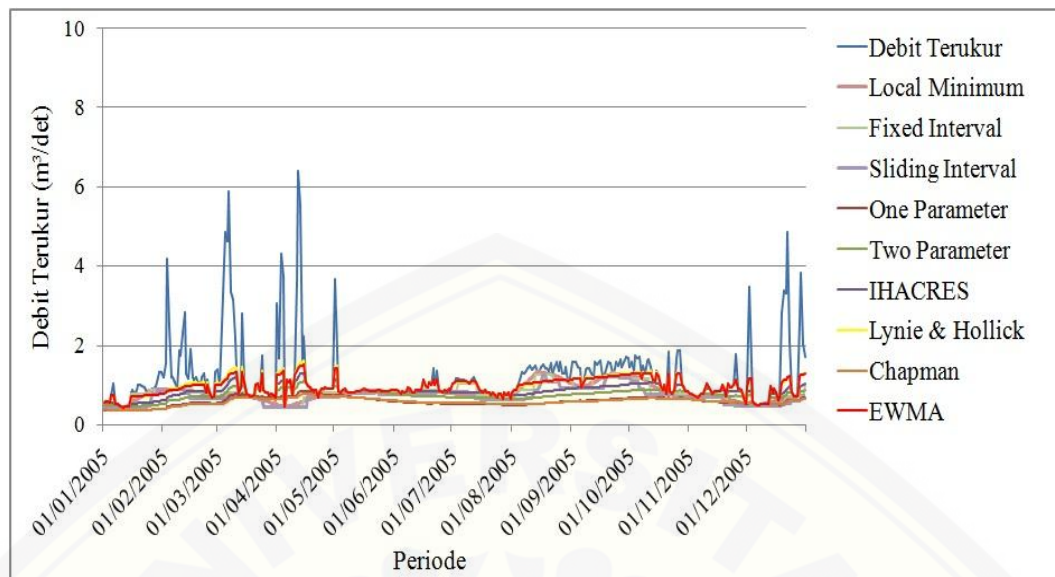


Gambar 5.4 Hasil pemisahan aliran dasar pada DAS Surabaya-Perning periode setahun 1 Januari- 31 Desember 2005 (Sumber: Hasil Pengolahan Data, 2017).



Gambar 5.5 Hasil pemisahan aliran dasar pada DAS Lamong-Simoangrok periode setahun 1 Januari- 31 Desember 2005 (Sumber: Hasil Pengolahan Data, 2017).



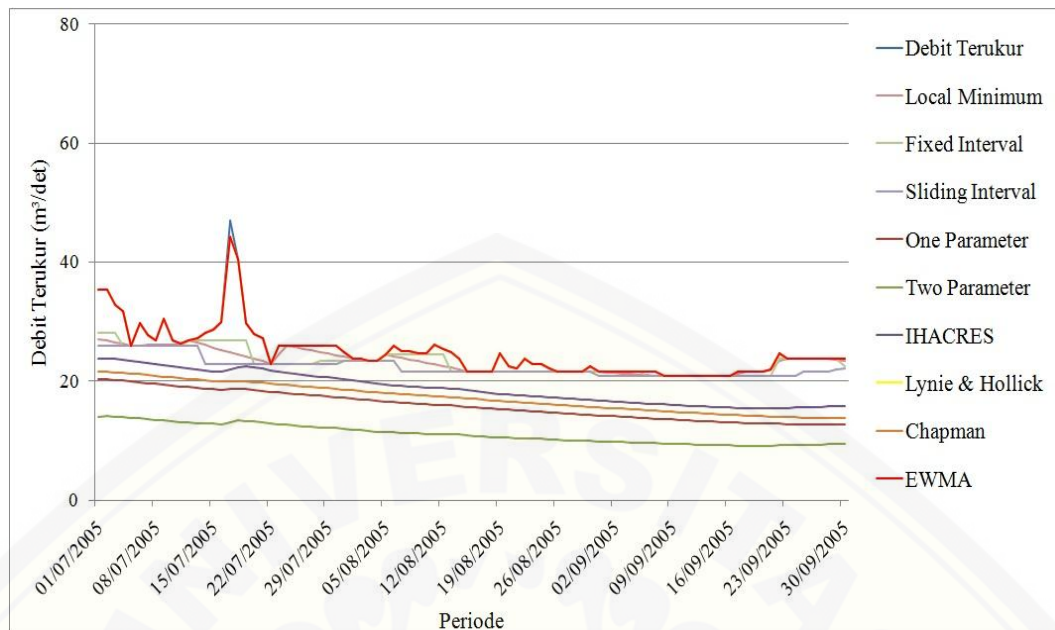


Gambar 5.6 Hasil pemisahan aliran dasar pada DAS Bangsal-Kedunguneng periode setahun 1 Januari- 31 Desember 2005 (Sumber: Hasil Pengolahan Data, 2017).

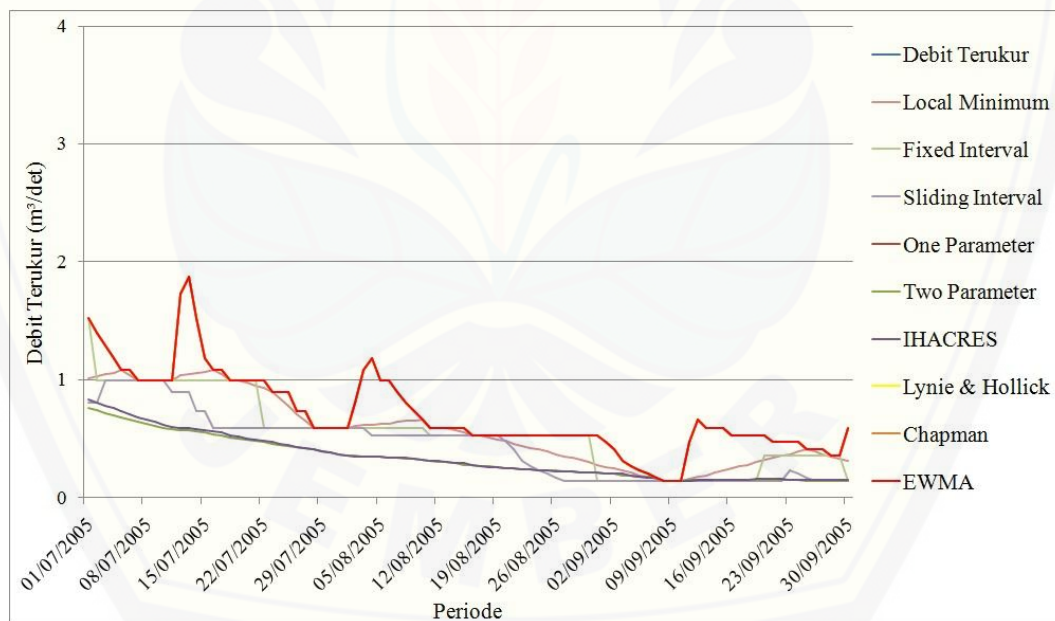
Gambar 5.4, 5.5 dan 5.6 menunjukkan grafik hasil pemisahan antara debit terukur dan terhitung untuk periode tahun 2005. Pada ketiga DAS nilai debit sungai pada musim kemarau cenderung menurun karena hujan sangat sedikit atau hampir tidak adanya hujan yang terjadi pada saat itu. Sedangkan pada musim penghujan debit sungai cenderung meningkat. Berdasarkan Gambar 5.4, 5.5 dan 5.6 menunjukkan bahwa pada tiga DAS di wilayah UPT PSDA Surabaya menghasilkan metode Lyne & Hollick dan EWMA yang memiliki kinerja terbaik karena menghasilkan garis *baseflow* dengan debit terukur yang saling berhimpitan pada saat musim kemarau dan saat musim penghujan dapat memisahkan *baseflow* dengan debit terukur.

### 5.2.2 Pemisahan Aliran Dasar Periode Kering (Juli-September)

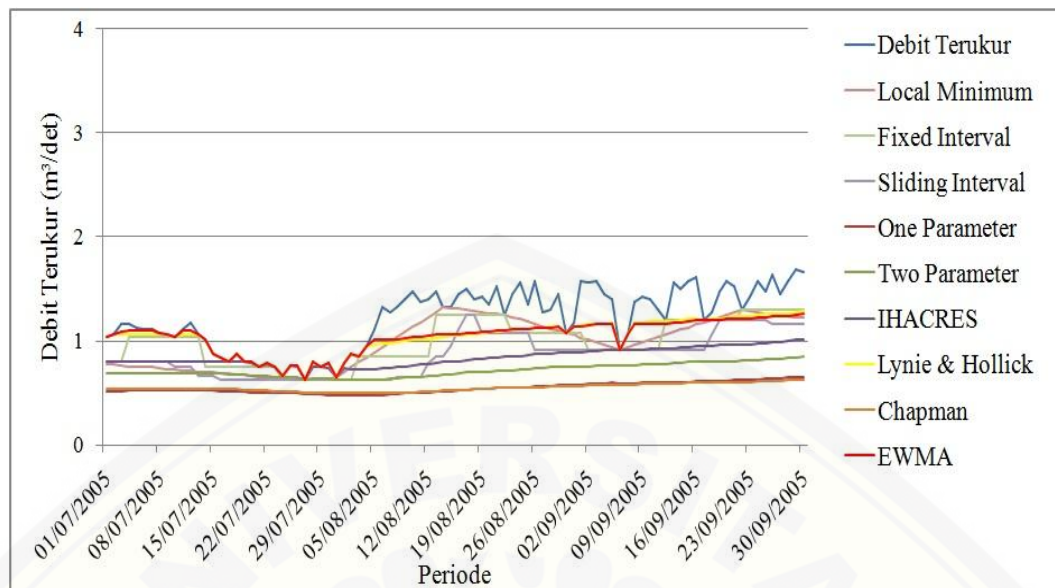
Grafik hasil pemisahan aliran dasar dari 3 metode grafis dan 6 metode RDF dalam periode kering disajikan pada Gambar 5.7, 5.8 dan 5.9 berikut.



Gambar 5.7 Hasil pemisahan aliran dasar pada DAS Surabaya-Perning periode Juli - September 2005 (Sumber : Hasil Pengolahan Data, 2017).



Gambar 5.8 Hasil pemisahan aliran dasar pada DAS Lamong-Simoanggrok periode Juli - September 2005 (Sumber : Hasil Pengolahan Data, 2017).



Gambar 5.9 Hasil pemisahan aliran dasar pada DAS Bangsal-Kedunguneng periode Juli - September 2005 (Sumber : Hasil Pengolahan Data, 2017).

Gambar 5.7, 5.8 dan 5.9 hanya menampilkan hasil perbandingan antara debit terukur dan debit terhitung pada periode kering (Juli-September) dari 3 metode grafis dan 6 metode RDF agar terlihat lebih detail dan jelas kondisi debit yang terjadi. Berdasarkan Gambar 5.7, 5.8 dan 5.9 menunjukkan metode Lyne & Hollick dan EWMA terlihat paling berhimpitan dengan debit terukur. Hal tersebut menunjukkan bahwa kedua metode tersebut memiliki kinerja terbaik karena debit terukur dan debit terhitung saling berhimpitan.

### 5.3 Baseflow Index (BFI)

BFI merupakan perbandingan antara volume aliran dasar dengan volume total aliran sungai. Nilai BFI yang tinggi menunjukkan aliran yang stabil dan mampu mempertahankan aliran selama periode kering. Semakin tinggi nilai BFI maka semakin baik persediaan air yang terdapat pada DAS tersebut. Nilai BFI dari 3 metode grafis dan 6 metode RDF pada masing-masing DAS disajikan pada Tabel 5.7 sebagai berikut.

Tabel 5.7 Nilai *baseflow index* tiga metode grafis dan enam metode RDF

Metode	Surabaya-Perning			Lamong-Simoanggrok			Bangsal-Kedunguneng		
	BFI Min	BFI Max	BFI Rerata	BFI Min	BFI Max	BFI Rerata	BFI Min	BFI Max	BFI Rerata
Local Minimum	0,07	1,00	0,81	0,00	1,00	0,69	0,02	1,00	0,75
Fixed Interval	0,00	1,00	0,82	0,00	1,00	0,66	0,00	1,00	0,78
Sliding Interval	0,00	1,00	0,77	0,00	1,00	0,55	0,00	1,00	0,70
One Parameter	0,01	1,00	0,59	0,00	1,00	0,77	0,01	1,00	0,60
Two Parameter	0,02	1,00	0,47	0,01	1,00	0,56	0,01	1,00	0,74
IHACRES	0,02	1,00	0,75	0,01	1,00	0,58	0,01	1,00	0,82
Lyne & Hollick	0,00	1,00	0,88	0,00	1,00	0,86	0,00	1,00	0,89
Chapman	0,00	1,00	0,60	0,00	1,00	0,74	0,00	1,00	0,60
EWMA	0,01	1,00	0,88	0,01	1,00	0,87	0,02	1,00	0,90

(Sumber : Hasil Pengolahan Data, 2017).

Tabel 5.7 menunjukkan hasil rata-rata BFI dari 3 metode grafis dan 6 metode RDF. Ketersediaan aliran dasar dipengaruhi oleh tinggi rendahnya nilai BFI. Jika nilai BFI rendah maka kontribusi air tanah terhadap total aliran sungai menurun dan akan mengakibatkan terjadinya kekeringan saat musim kemarau. Sedangkan nilai BFI yang tinggi menunjukkan bahwa suatu DAS memiliki aliran yang stabil dan DAS tersebut mampu mempertahankan aliran air selama musim kemarau. Berdasarkan hasil perhitungan metode terbaik yaitu metode Lyne & Hollick dan EWMA hasil rata-rata BFI pada tiga DAS cukup tinggi nilai rata-rata BFI pada masing-masing DAS berturut-turut yaitu DAS Surabaya-Perning 0,88 dan 0,88. DAS Lamong-Simoanggrok 0,86 dan 0,87 sedangkan DAS Bangsal-Kedunguneng 0,89 dan 0,90. hal tersebut menunjukkan bahwa ketiga DAS tersebut memiliki aliran yang stabil dan mampu mempertahankan aliran air selama musim kemarau.



## BAB 6. PENUTUP

### 6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pembahasan pada penelitian yang telah dilakukan, maka kesimpulan yang dapat diambil adalah sebagai berikut.

1. Berdasarkan kriteria pada RMSE, R *Square* dan FDC metode yang memiliki kinerja terbaik dalam memisahkan aliran dasar yaitu metode Lyne & Hollick dan EWMA. Nilai parameter optimal Lyne & Hollick dan EWMA pada DAS Surabaya-Perning yaitu 0,992 dan 0,008; DAS Lamong-Simoangrok 0,997 dan 0,009 serta pada DAS Bangsal-Kedunguneng 0,979 dan 0,016.
2. Berdasarkan rata-rata nilai BFI menggunakan metode Lyne & Hollick dan EWMA. Rata-rata BFI pada ketiga DAS di Wilayah UPT PSDA Surabaya memiliki nilai yang cukup tinggi hal tersebut menunjukkan bahwa ketiga DAS tersebut memiliki aliran yang stabil dan mampu mempertahankan aliran selama musim kemarau.

### 6.2 Saran

Dalam menganalisis aliran dasar diperlukan data yang lengkap karena semakin lengkap data yang digunakan semakin optimal nilai parameter yang diperoleh. hal yang perlu diperhatikan yaitu pada saat penentuan nilai parameter dengan cara *trial and error* karena nilai parameter yang digunakan dapat mempengaruhi kinerja dari 3 metode grafis dan 6 metode RDF.



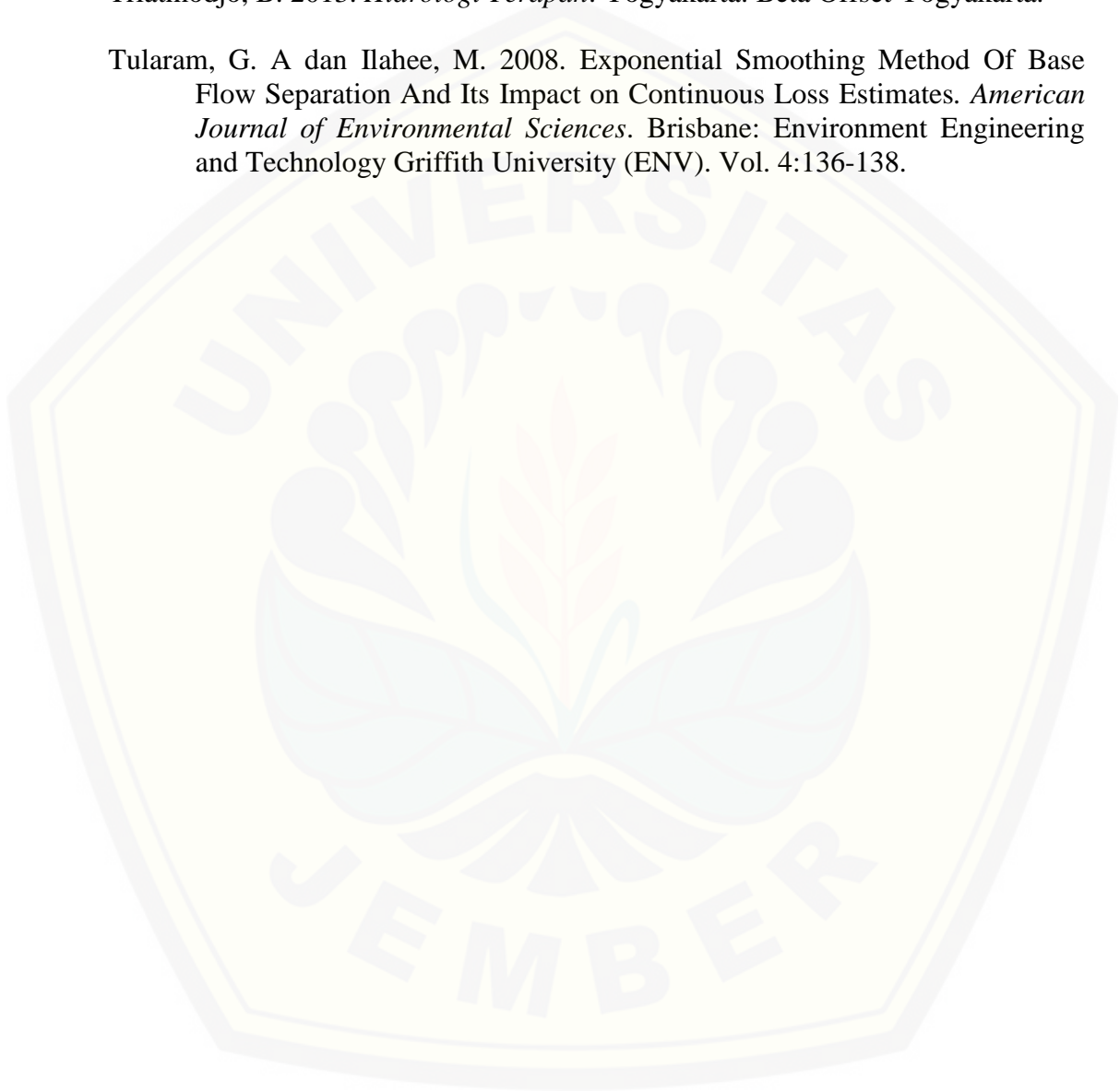
**DAFTAR PUSTAKA**

- Algifari. 2009. *Analisis Regresi Teori, Kasus dan Solusi*. Yogyakarta: BPFE-Yogyakarta.
- Asdak, C. 2004. *Hidrologi dan Pengolahan Daerah Aliran Sungai*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Boughton, W. C. 1993. A Hydrograph-Based Model For Estimating The Water Yield Of Ungauged Catchments In Hydrol And Water Resour. Institution Of Engineers Australia NCP. 317.
- 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*. Australia: Institute of Engineers Australia. Vol. 27: 7-9.
- Chapman, T.G. dan Maxwell, A.I. 1996. Baseflow Separation-Comparison Of Numerical Methods With Tracer Experiments. *Water Resour*. Hobart: Institute of Engineers Australia.
- Indarto. 2010. *Dasar Teori dan Contoh Aplikasi Model Hidrologi*. Jakarta: Bumi Aksara.
- Jakeman, A. J. dan Hornberger, G. M. 1993. How Much Complexity Is Warranted In A Rainfall-runoff Model. *Water Resources Research*. Canberra: Australian National University. Vol. 29:48-54.
- Liensley, R.K., Kohler, M.A., dan Paulhus, J.L. 1982. *Hidrologi untuk insinyur*. Hermawan Y, penerjemah; Sianipar Y, Haryadi F, Editor. Jakarta: Penerbit Erlangga. Terjemahan dari: Hydrology For Engieneers.
- Lyne, V. dan Hollick, M. 1979. Stochastic Time-Variable Rainfall-runoff Modeling. Canberra: Institute of Engineers Australia. *Hydrology and Water Resour*. Vol. 79:89-93.
- Mulla, D.I. dan Addiscott, T.M. 1999. Validation Approaches For Field-, Basin-, And Regional Scale Water Quality Models. In: Assessment Of Non-Point Source Pollution In The Vadose Zone. *Geophysical Monograph 108*. Amirican Geophysical Union, Washington, DC.

Sloto, R.A., dan Crouse, M.Y. 1996. HYSEP: A Computer Program For Streamflow Hydrograph Separation And Analysis. *U.S. Geological Survey, Water Resources Investigations*. Report 96-4040. Pennsylvania: U.S Departement Of The Interior.

Triatmodjo, B. 2013. *Hidrologi Terapan*. Yogyakarta: Beta Offset Yogyakarta.

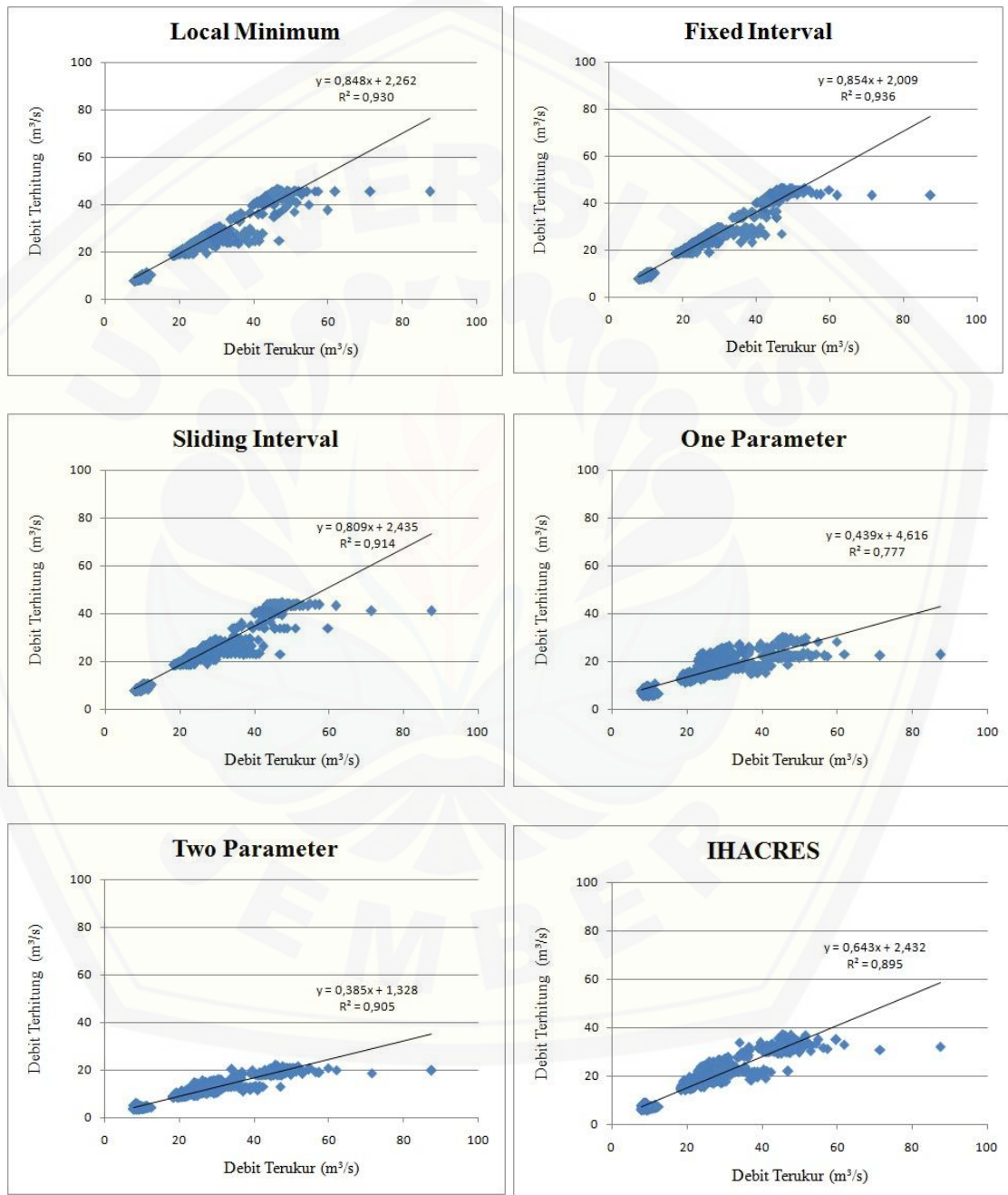
Tularam, G. A dan Ilahee, M. 2008. Exponential Smoothing Method Of Base Flow Separation And Its Impact on Continuous Loss Estimates. *American Journal of Environmental Sciences*. Brisbane: Environment Engineering and Technology Griffith University (ENV). Vol. 4:136-138.

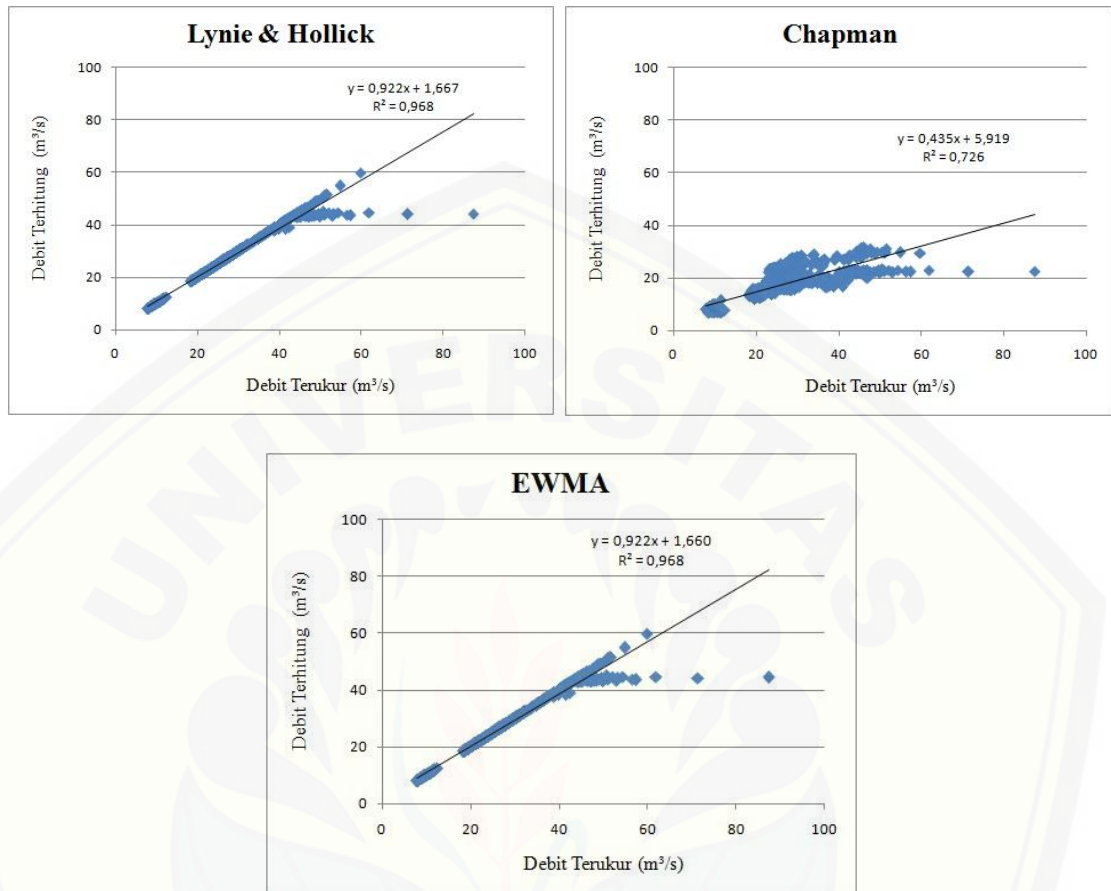


## LAMPIRAN

Lampiran 1. *Scater plot* pada masing-masing DAS periode kalibrasi

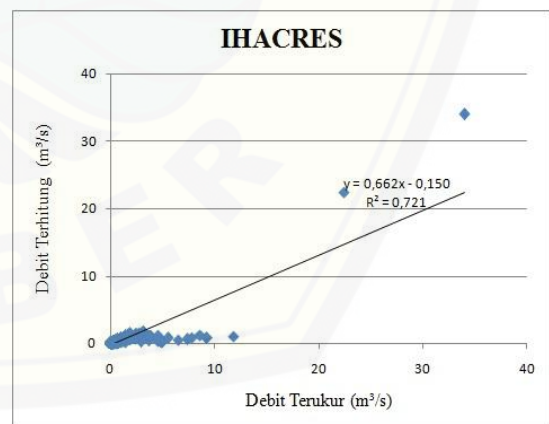
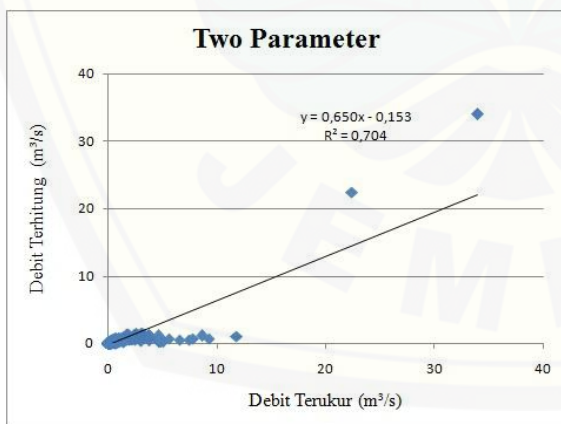
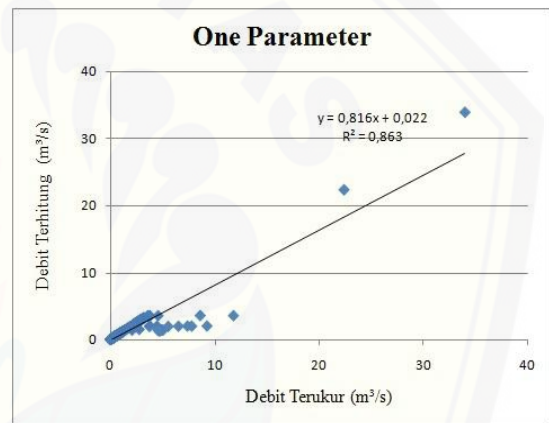
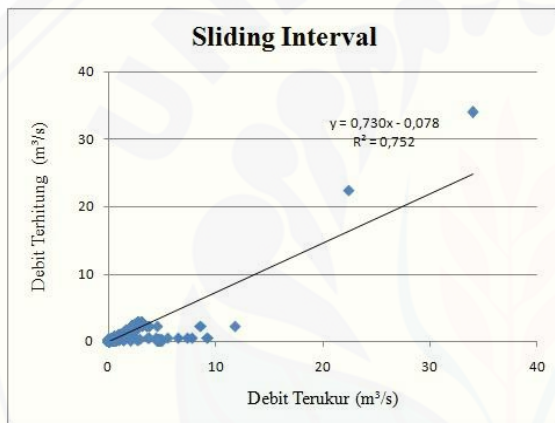
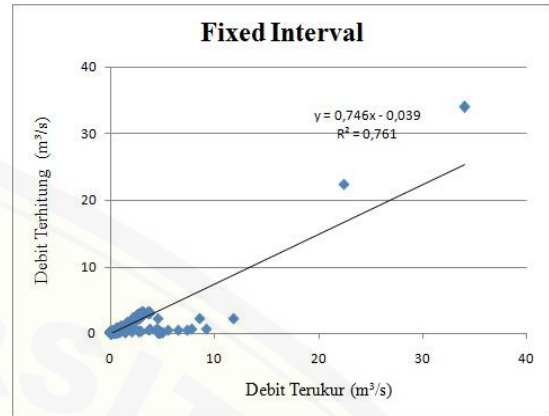
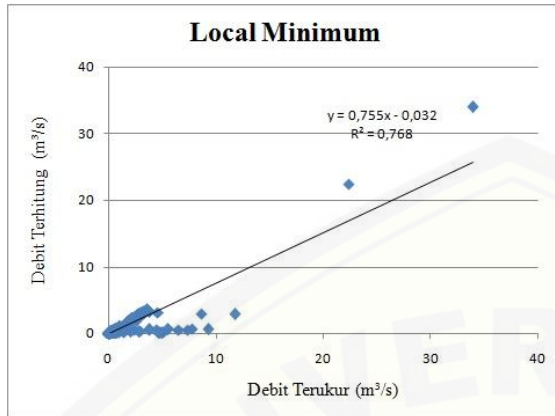
## a. DAS Surabaya-Perning



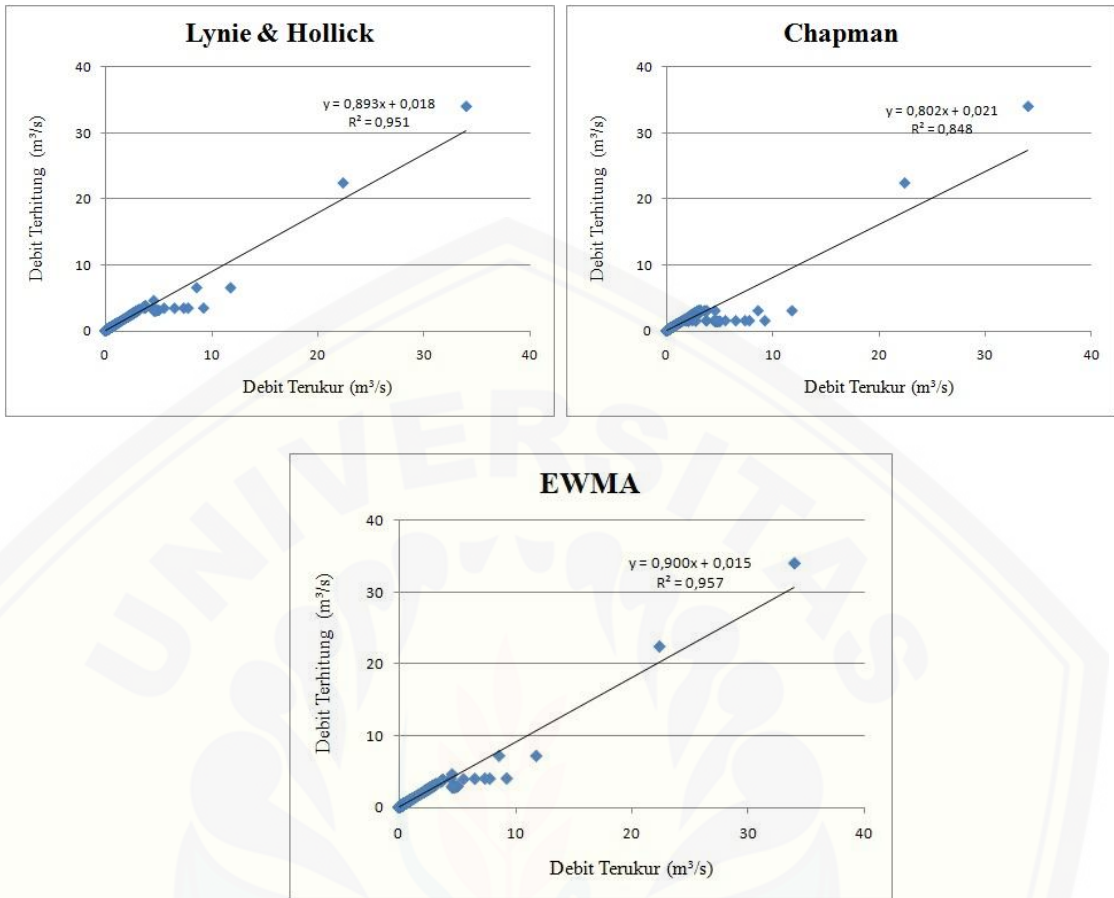


Lampiran A.1 Grafik hubungan antara debit terukur dan debit terhitung pada DAS Surabaya-Perning dari 3 metode grafis dan 6 metode RDF periode Juli-September tahun 1996-2005.

**b. DAS Lamong-Simoanggrok**

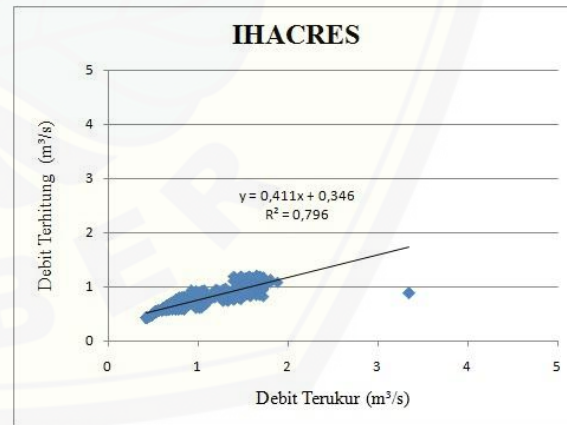
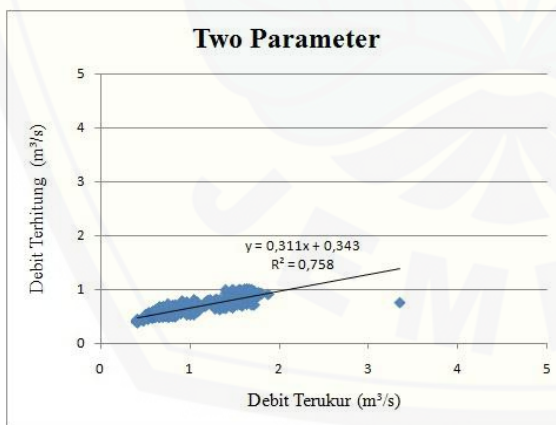
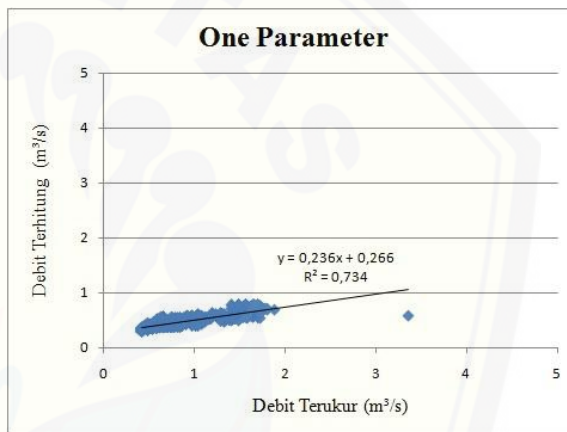
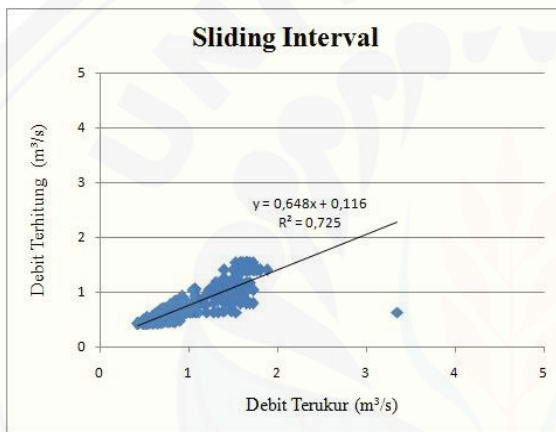
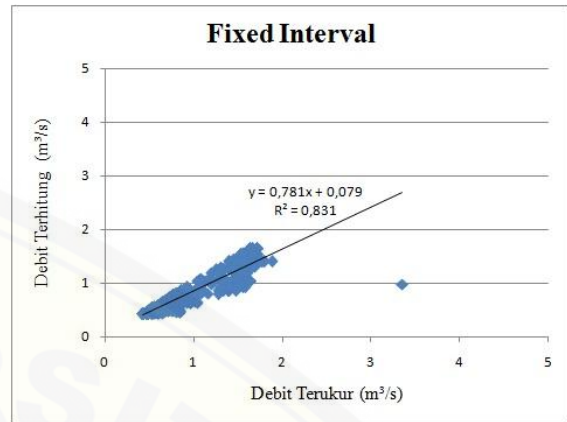
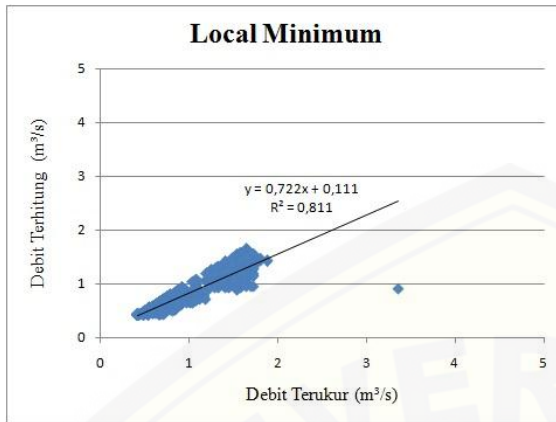


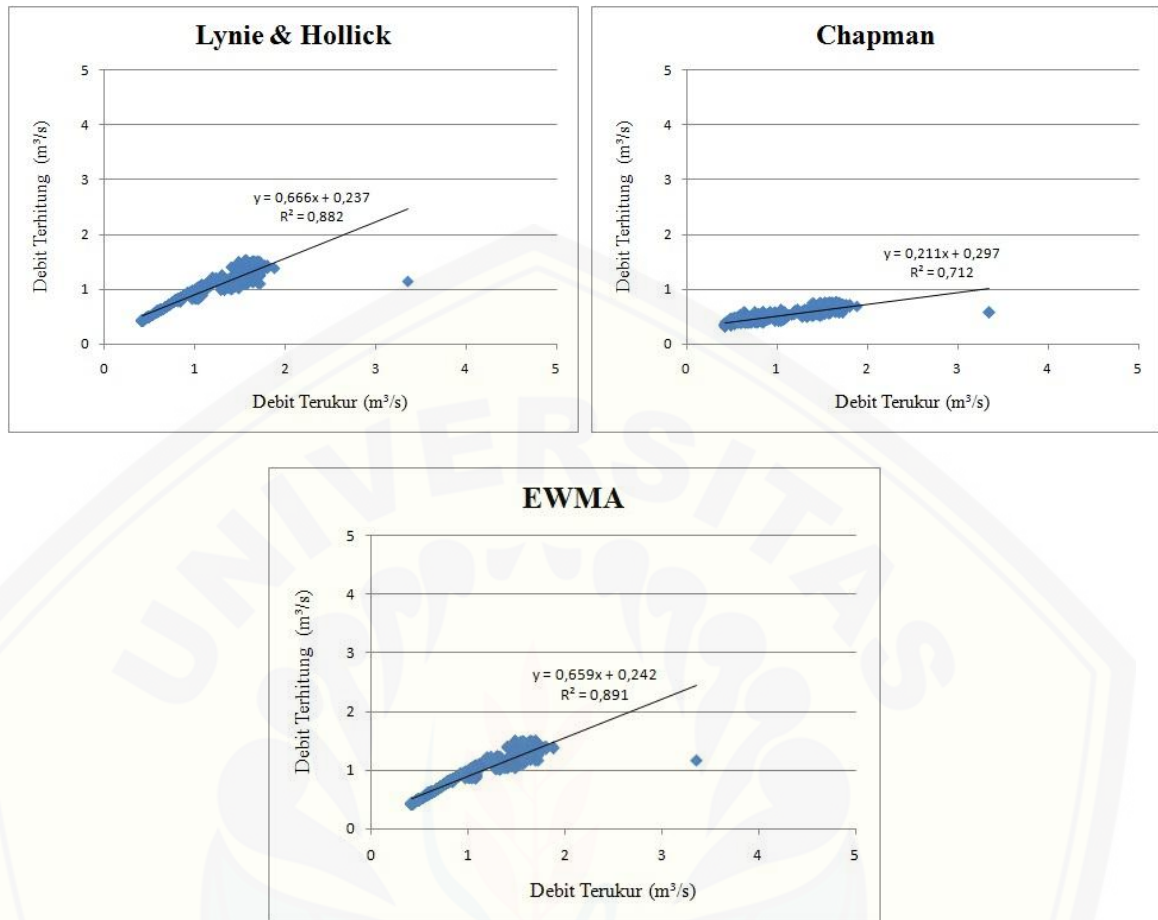




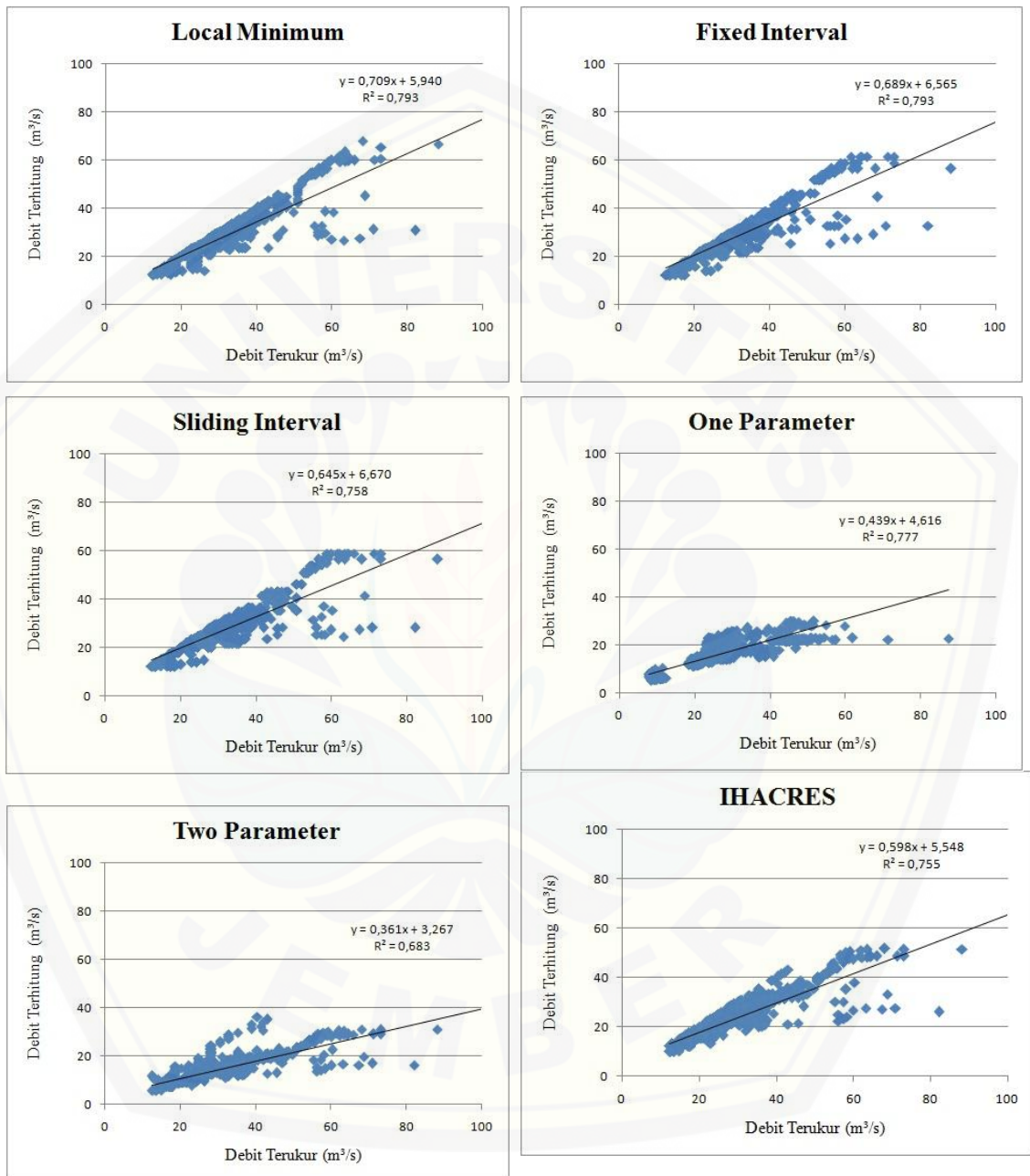
Lampiran B.1 Grafik hubungan antara debit terukur dan debit terhitung pada DAS Lamong-Simoangrok dari 3 metode grafis dan 6 metode RDF periode Juli-September tahun 1996-2005.

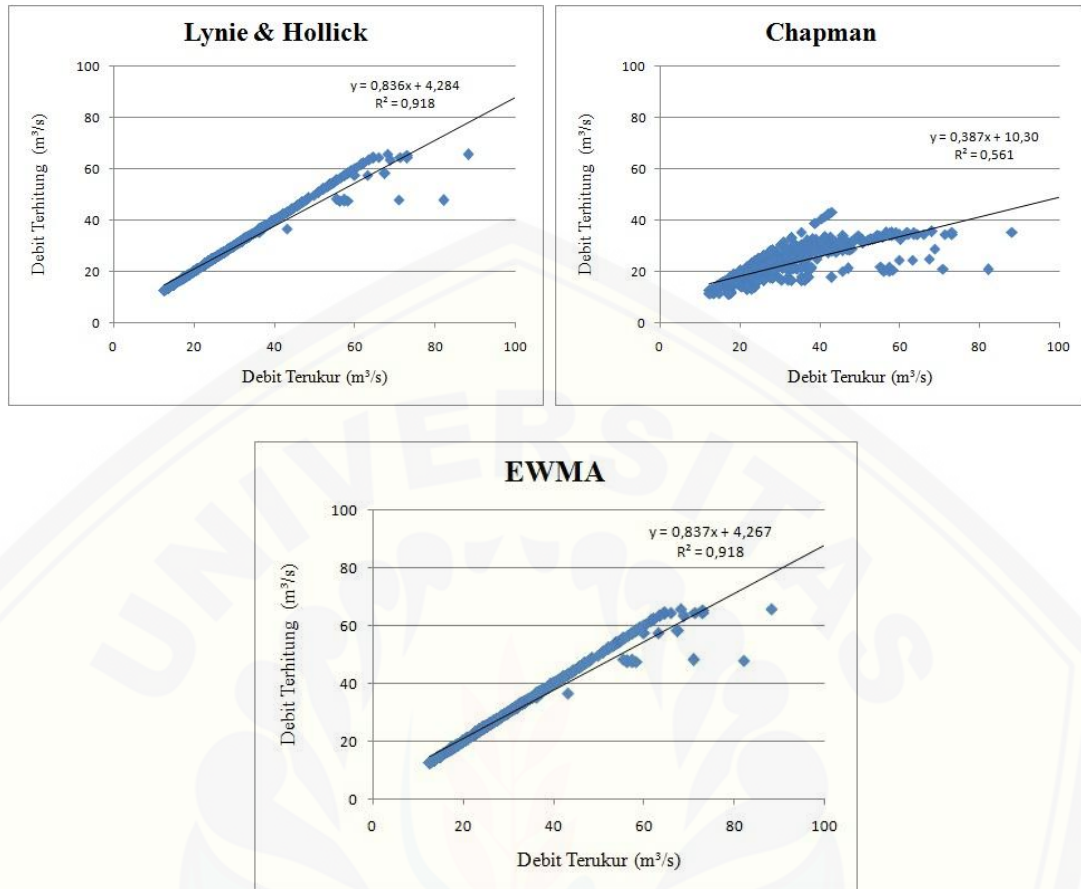
**c. DAS Bangsal-Kedunguneng**





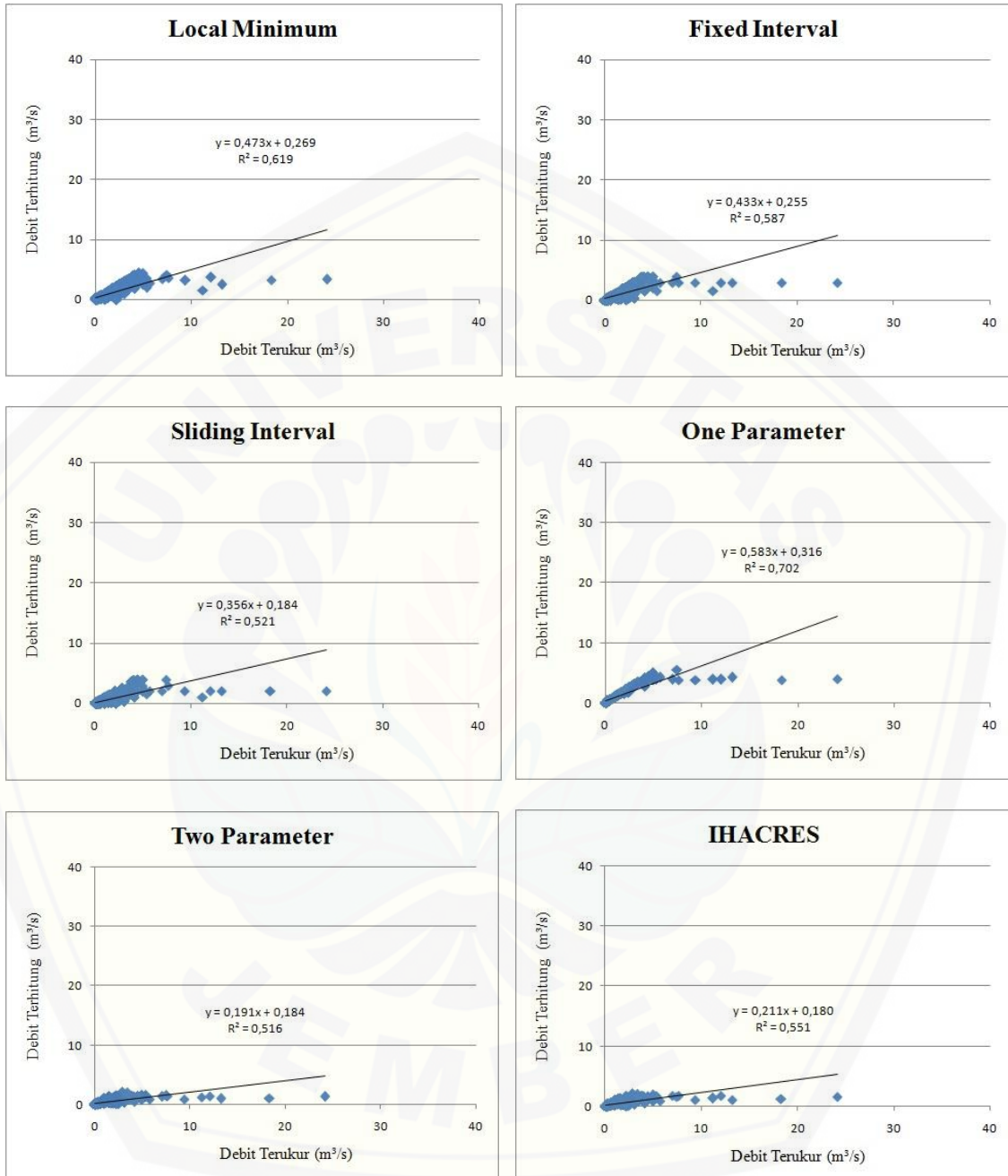
Lampiran C.1 Grafik hubungan antara debit terukur dan debit terhitung pada DAS Bangsal-Kedunguneng dari 3 metode grafis dan 6 metode RDF periode Juli-September tahun 2002-2007.

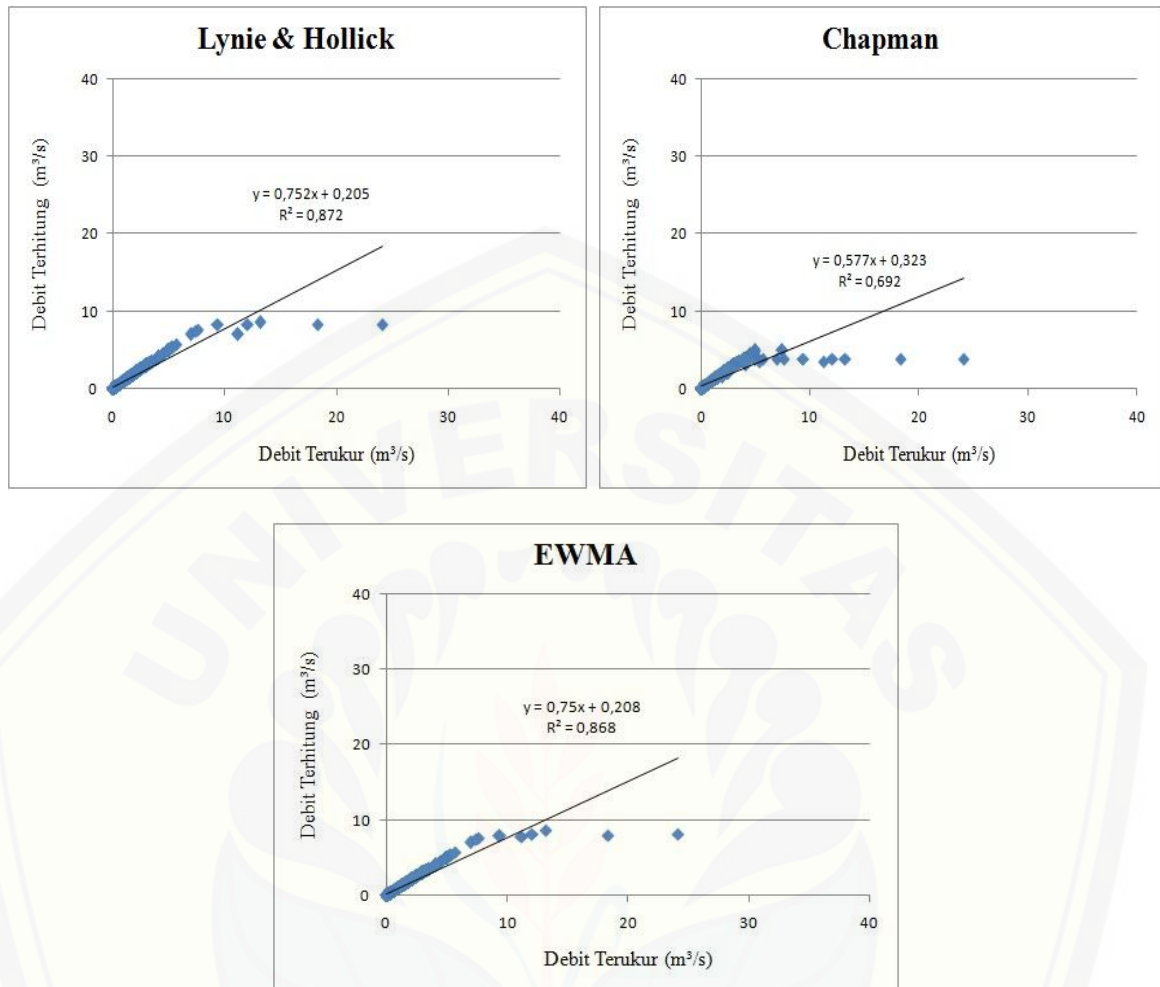
**Lampiran 2. Scater plot pada masing-masing DAS periode validasi****a. DAS Surabaya-Perning**



Lampiran A.2 Grafik hubungan antara debit terukur dan debit terhitung pada DAS Surabaya-Perning dari 3 metode grafis dan 6 metode RDF periode Juli-September tahun 2006-2015.

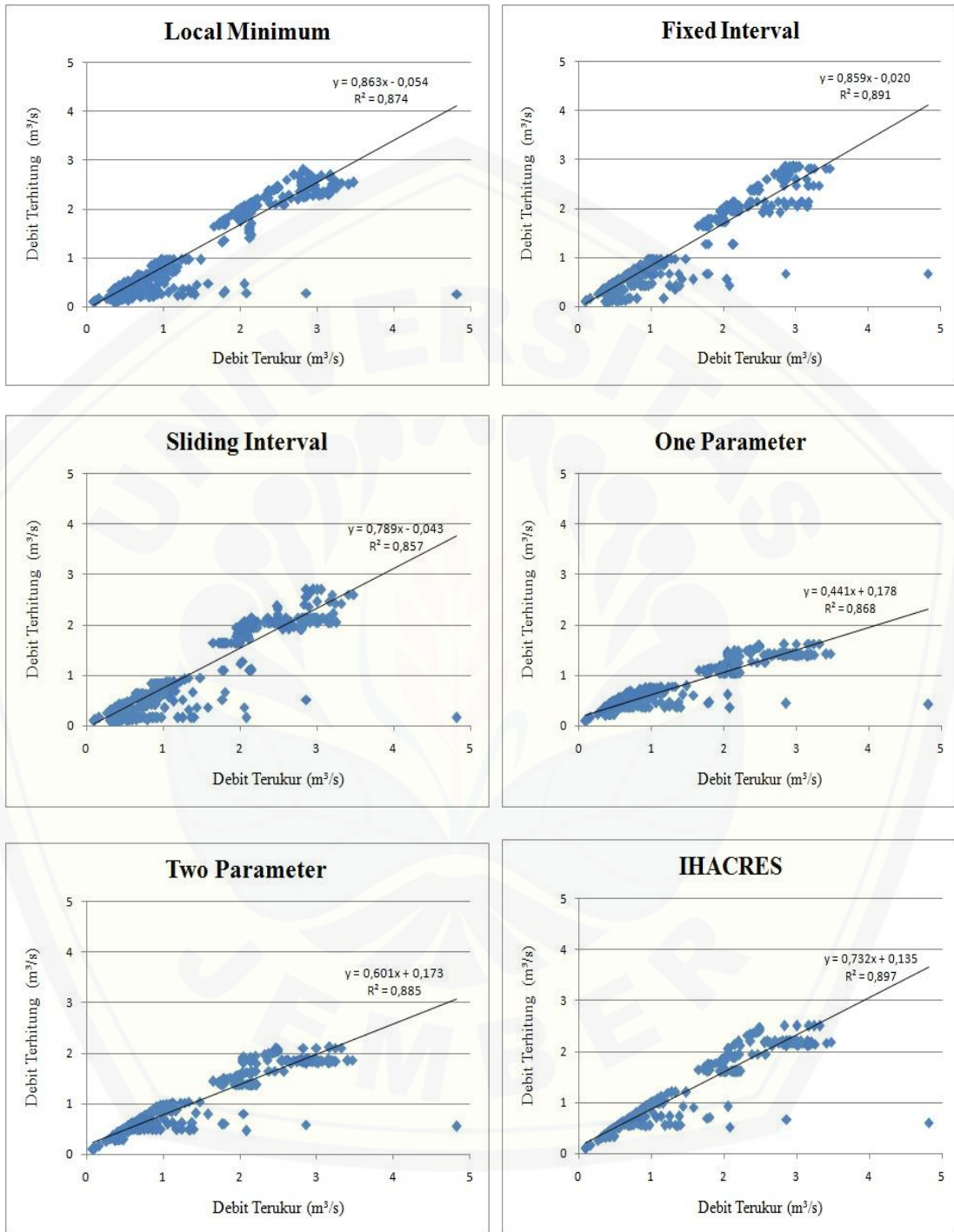


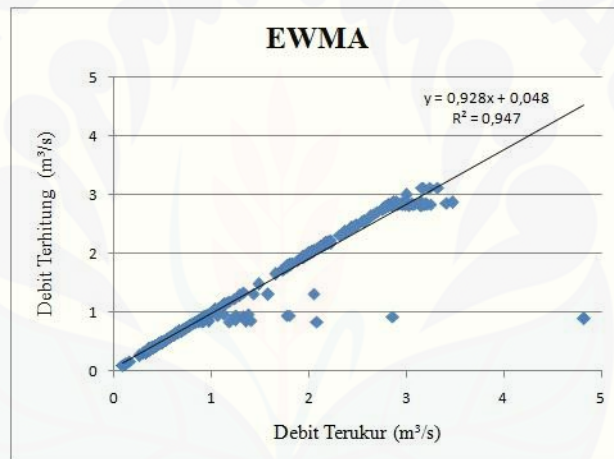
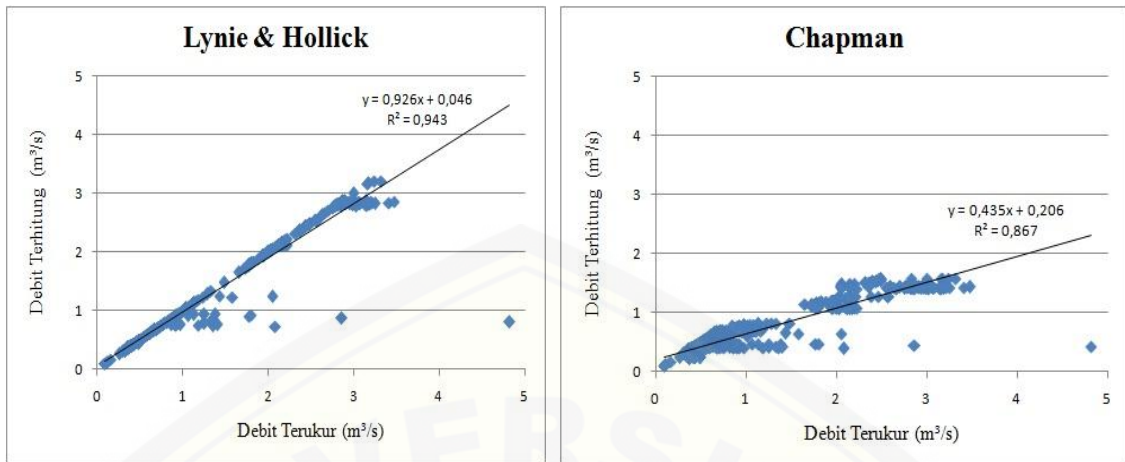
**b. DAS Lamong-Simoanggrok**



Lampiran B.2 Grafik hubungan antara debit terukur dan debit terhitung pada DAS Lamong-Simoangrok dari 3 metode grafis dan 6 metode RDF periode Juli-September tahun 2006-2015.

**c. DAS Bangsal-Kedunguneng**





Lampiran C.2 Grafik hubungan antara debit terukur dan debit terhitung pada DAS Bangsal-Kedunguneng dari 3 metode grafis dan 6 metode RDF periode Juli-September tahun 2008-2015.