



**ANALISIS KARAKTERISTIK HIDROLOGI MENGGUNAKAN  
METODE *INDICATORS OF HYDROLOGIC ALTERATION*  
(IHA) PADA SUB-DAS BRANTAS KERTOSONO DAN  
SUB-DAS BRANTAS PLOSO**

**SKRIPSI**

Oleh

**Mohammad Khairul Umam  
NIM 141710201042**

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



**ANALISIS KARAKTERISTIK HIDROLOGI MENGGUNAKAN  
METODE *INDICATORS OF HYDROLOGIC ALTERATION*  
(IHA) PADA SUB-DAS BRANTAS KERTOSONO DAN  
SUB-DAS BRANTAS PLOSO**

**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

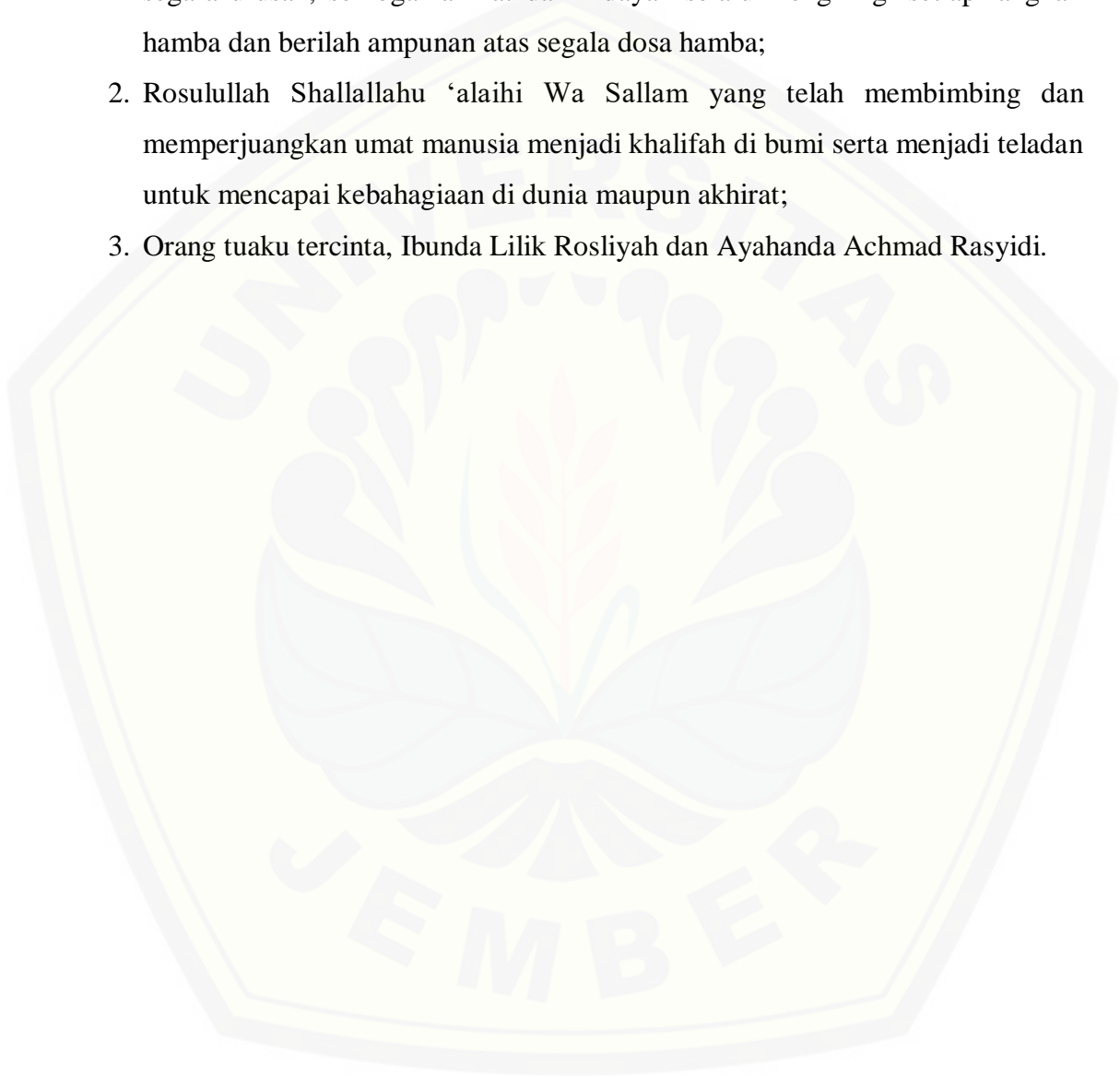
**Mohammad Khairul Umam**  
**NIM 141710201042**

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

### PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk :

1. Allah Subhana Wa Ta'ala, puji syukur kehadiratNya yang telah memudahkan segala urusan, semoga rahmat dan hidayah selalu mengiringi setiap langkah hamba dan berilah ampunan atas segala dosa hamba;
2. Rosulullah Shallallahu 'alaihi Wa Sallam yang telah membimbing dan memperjuangkan umat manusia menjadi khalifah di bumi serta menjadi teladan untuk mencapai kebahagiaan di dunia maupun akhirat;
3. Orang tuaku tercinta, Ibunda Lilik Rosliyah dan Ayahanda Achmad Rasyidi.



### MOTTO

“Hai orang-orang beriman, bersabarlah kamu dan kuatkanlah kesabaranmu dan tetaplah bersiap siaga dan bertaqwalah kepada Allah supaya kamu beruntung.”

(terjemahan Surat *Ali Imran* ayat 200)<sup>\*)</sup>

“Maka sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan. Sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan. Maka apabila engkau telah selesai (dari sesuatu urusan), tetaplah bekerja keras (untuk urusan yang lain). Dan hanya kepada Tuhanmulah engkau berharap.”

(terjemahan Surat *Al-Insyirah* ayat 6-8)<sup>\*\*)</sup>

---

<sup>\*)</sup> Departemen Agama Republik Indonesia. 2010. *Al Qur'an dan Terjemahannya*. Bandung: Jabal.

<sup>\*\*)</sup> Departemen Agama Republik Indonesia . 1998. *Al Qur'an dan Terjemahannya*. Semarang: PT Kumudasmoro Grafindo.

**PERNYATAAN**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Mohammad Khairul Umam

NIM : 141710201042

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya tulis ilmiah yang berjudul “Analisis Karakteristik Hidrologi menggunakan Metode *Indicators of Hydrologic Alteration* (IHA) pada Sub-DAS Brantas Ploso dan Sub-DAS Brantas Kertosono” 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, 17 Januari 2019  
Yang menyatakan,

Mohammad Khairul Umam  
NIM 141710201042

**PENGESAHAN**

Skripsi berjudul “Analisis Karakteristik Hidrologi Menggunakan Metode *Indicators of Hydrologic Alteration* (IHA) pada Sub-DAS Brantas Kertosono dan Sub-DAS Brantas Ploso” karya Mohammad Khairul Umam telah diuji dan disahkan pada:

Hari, tanggal :

Tempat : Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember

Menyetujui:

Dosen Pembimbing Utama

Dosen Pembimbing Anggota

Prof. Dr. Indarto, S.T.P., D.E.A  
NIP. 19700101 199512 1001

Askin S.TP., M.M.T  
NIP. 19700830 200003 1001

Tim Penguji:

Ketua Penguji

Penguji Anggota

Dr. Idah Andriyani, S.T.P., M.T.  
NIP. 19760321 200212 2001

Dr. Ir. Bambang Marhaenanto, M.Eng.  
NIP. 19631212 199003 1002

Mengesahkan  
Dekan Fakultas Teknologi Pertanian  
Universitas Jember

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



## RINGKASAN

**ANALISIS PERUBAHAN ALIRAN PADA SUB-DAS BRANTAS PLOSO DAN SUB-DAS BRANTAS KERTOSONO;** Mohammad Khairul Umam, 141710201042; 2018; 40 halaman; Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember.

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi perubahan karakteristik hidrologi pada suatu DAS. Penelitian dilakukan pada sub-DAS Brantas Ploso dan Brantas Kertosono. Analisis dilakukan menggunakan *Indikator of Hydrologic Alteration* (IHA). Input utama adalah data debit harian dari kedua sub-DAS mulai tahun 1996 hingga 2017. Kemudian, data deret waktu dibagi menjadi dua periode, periode pra-dampak (1996-2006) dan periode pasca-dampak (2007-2017). Sejumlah 33 parameter IHA yang terklasifikasi ke dalam 5 kategori digunakan untuk mengevaluasi perubahan tersebut. Hasil penilaian menggunakan 33 parameter IHA selanjutnya digunakan untuk perhitungan RVA. Perhitungan RVA digunakan untuk menemukan perubahan yang terjadi dari periode pra-dampak hingga periode pasca-dampak. Penelitian ini juga menggunakan *Environmental Flow Components* (EFC) dan *Flow Duration Curves* (FDC) untuk analisis debit pada ke dua sub-DAS. Analisis EFC memberikan informasi tentang kelima komponen aliran yaitu: aliran rendah (*low flow*), aliran yang sangat rendah (*extreme low flow*), aliran tinggi (*high flow*), banjir kecil (*small flood*), dan banjir besar (*flood*). Selanjutnya, analisis FDC digunakan untuk menyatakan frekuensi kejadian debit dari suatu seri rentang waktu. Hasil penelitian menunjukkan adanya perbedaan nilai parameter yang mengindikasikan perubahan hidrologi antara periode pra-dampak dan periode pasca-dampak. Hasil analisis RVA menunjukkan peningkatan aliran di sub-DAS Ploso dan sub-DAS Kertosono. Kedua sub-DAS mengalami peningkatan keseluruhan pada parameter kondisi aliran bulanan, besar kondisi aliran ekstrim tahunan, dan rata-rata dan frekuensi perubahan kondisi aliran. Hasil analisis EFC dapat memberikan informasi tentang aliran yang berpotensi memicu terjadinya banjir dan kekeringan. Sub-DAS Ploso berpotensi mengalami banjir kecil dengan debit sebesar 2294 m<sup>3</sup>/detik yang berlangsung selama 6 hari dengan kemungkinan terjadi 0,5 kali setiap 2 tahun. Hasil analisis FDC pada persentil 20 sampai dengan persentil 50 menunjukkan aliran debit sungai pada kategori *high flow* sedangkan persentil 51 sampai dengan persentil 80 menunjukkan aliran debit sungai pada kategori *low flow*. Pada kedua sub-DAS, aliran pada periode pra-dampak lebih rendah daripada aliran pada periode pasca-dampak.

## SUMMARY

**ANALYSIS OF HYDROLOGICAL ALTERATION AT BRANTAS-PLOSO AND BRANTAS-KERTOSONO SUB-WATERSHEDS**; Mohammad Khairul Umam, 141710201042; 2018; 40 pages; Department of Agricultural Engineering; Faculty of Agricultural Technology; University of Jember.

This research proposes to evaluate change in hydrological characteristics of the watershed. The study was conducted at Brantas Ploso and Brantas Kertosono sub-watersheds. The analysis was completed using the Indicator of Hydrologic Alteration (IHA). The main input is the daily discharge data series from the two sub-watersheds from 1996 to 2017. Then, the time series data is divided into two periods, the pre-impact period (1996-2006) and the post-impact period (2007-2017). A total of 33 IHA parameters classified into 5 categories were used to evaluate the change. The results of the assessment using 33 IHA parameters are then used for RVA calculations. RVA calculations were used to discover changes occurring from the pre-impact period to the post-impact period. The data series from the two watersheds also analysed using Environmental Flow Components (EFC) and Flow Duration Curves (FDC). EFC analysis provide information for the five streams of flow component, i.e.: low-flow, extreme low-flow, high-flow, small-flood, and flood. Furthermore, FDC analysis was used to show the frequency of the flow events. The result of the research shows the difference in parameter value that indicating the hydrological change between the pre-impact period and the post-impact period. RVA analysis results show an increased flow in the Ploso and Kertosono sub-watersheds. Watershed experience an overall increased in magnitude of monthly water conditions, duration of annual extreme water flow. The results of the EFC analysis provide information about flows that potentially triggering the flood and drought event. The Ploso sub-watershed has potentially experience a small flood with a value  $2294 \text{ m}^3/\text{s}$  which last for 6 days with a chance of occurring 0,5 times every 2 years. The result of FDC analysis at 20<sup>th</sup> to 50<sup>th</sup> percentile shows the flow at the high-flow category, whereas the 51 to the 80<sup>th</sup> percentile shows the low-flow component. In both two sub-watersheds, the flow at pre-impact period is lower than the flow in post-impact period.



## PRAKATA

Puji Syukur kehadirat Allah SWT, atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi berjudul “Analisis Karakteristik Hidrologi menggunakan Metode *Indicators of Hydrologic Alteration* (IHA) pada Sub-DAS Brantas Ploso dan Sub-DAS Brantas Kertosono”. 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 terimakasih kepada:

1. Kedua orang tua tercinta, Ayahanda Rasyid dan Ibunda Lilik tercinta yang mendoakan dan memotivasi setiap waktu;
2. Prof. Dr. Indarto, S.T.P., D.E.A., selaku Dosen Pembimbing Utama dan Akademik yang telah meluangkan tenaga, waktu, pikiran, dan perhatian dalam membimbing penulisan skripsi ini serta membimbing penulis selama menjadi mahasiswa;
3. Askin, S.T.P., MMT., selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah meluangkan tenaga, waktu, pikiran, dan perhatian dalam membimbing penulisan skripsi ini;
4. Dr. Dedy Wirawan Soediby, S.T.P., M.Si., selaku dosen dan Komisi Bimbingan Jurusan Teknik Pertanian;
5. Seluruh dosen pengampu mata kuliah, terima kasih atas ilmu dan pengalaman yang diberikan serta bimbingan selama studi di Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember;
6. Seluruh staf dan karyawan di lingkungan Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember, terima kasih atas bantuan dalam mengurus administrasi dan lainnya;
7. UKM-Kesenian Dolanan Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember yang telah memberikan banyak pelajaran kehidupan. Terima kasih atas pengalaman kesenian dan organisasinya yang sangat mengesankan;

8. Badan Eksekutif Mahasiswa Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember, terima kasih atas pengalaman organisasinya;
9. Rizal, Idho, Firman, Yoga, Purwoko, Nanda, dan Sri Rohma selaku Teman-teman satu tim penelitian Sistem Informasi Geografis 2014. Terima kasih atas bantuan dan kerjasamanya;
10. Teman-teman TEP-A 2014 dan teman seangkatan 2014 yang penuh dengan semangat dan kasih sayang, terima kasih atas nasehat dan motivasinya;
11. Isfi Roni Rohman S.T., Nur Defitri Herlinda S.TP., dan Ega Wiratama S.TP. selaku kakak-kakak angkatan yang membantu dalam proses penyusunan skripsi. Terima kasih atas waktu, pikiran, dan saran yang diberikan;
12. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu yang telah membantu baik tenaga maupun pikiran dalam pelaksanaan penelitian dan penyusunan skripsi ini.

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

Jember, 17 Januari 2019

Penulis

DAFTAR ISI

|   | Halaman |
|---|---------|
| <b>HALAMAN JUDUL</b> .....                                      | i       |
| <b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....                                | iii     |
| <b>HALAMAN MOTTO</b> .....                                      | iv      |
| <b>HALAMAN PERNYATAAN</b> .....                                 | v       |
| <b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....                                  | vi      |
| <b>RINGKASAN / SUMMARY</b> .....                                | vii     |
| <b>PRAKATA</b> .....  | ix      |
| <b>DAFTAR ISI</b> .....   | xi      |
| <b>DAFTAR TABEL</b> .....                                       | xiii    |
| <b>DAFTAR GAMBAR</b> .....                                      | xiv     |
| <b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....                                    | xv      |
| <b>BAB 1. PENDAHULUAN</b> .....                                 | 1       |
| <b>1.1 Latar Belakang</b> .....                                 | 1       |
| <b>1.2 Perumusan Masalah</b> .....                              | 2       |
| <b>1.3 Tujuan</b> .....   | 2       |
| <b>1.4 Manfaat</b> .....  | 2       |
| <b>BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....                            | 3       |
| <b>2.1 Daaerah Aliran Sungai (DAS)</b> .....                    | 3       |
| <b>2.2 Indicators of Hydrologic Alteration (IHA)</b> .....      | 3       |
| <b>2.3 Range of Variability Approach (RVA)</b> .....            | 4       |
| <b>2.4 Enviromental Flow Component (EFC)</b> .....              | 5       |
| <b>2.5 Flow Duration Curve (FDC)</b> .....                      | 7       |
| <b>2.6 Penelitian Terdahulu</b> .....                           | 7       |
| <b>BAB 3. METODE PENELITIAN</b> .....                           | 11      |
| <b>3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian</b> .....                    | 11      |
| <b>3.2 Alat dan Bahan Penelitian</b> .....                      | 11      |
| <b>3.3 Tahapan Penelitian</b> .....                             | 12      |
| 3.3.1 Studi Literatur .....                                     | 13      |
| 3.3.2 Inventarisasi Data.....                                   | 13      |
| 3.3.3 Pengolahan Data Debit dengan <i>Microsoft Excel</i> ..... | 13      |
| 3.3.4 Analisis <i>parameter IHA</i> .....                       | 13      |
| 3.3.5 Analisis <i>Range of Variability Approach (RVA)</i> ..... | 14      |
| 3.3.6 Analisis <i>Enviromental Flow Component (EFC)</i> .....   | 14      |
| 3.3.7 Analisis <i>Flow Duration Curve (FDC)</i> .....           | 15      |
| <b>BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....                        | 17      |
| <b>4.1 Karakteristik DAS</b> .....                              | 17      |

|  |           |
|--|-----------|
| 4.1.1 Luas dan Bentuk DAS .....                              | 17        |
| 4.1.2 Karakteristik Hujan .....                              | 18        |
| 4.1.3 Karakteristik Debit .....                              | 18        |
| 4.1.4 Peruntukan Lahan.....                                  | 20        |
| 4.1.5 Jenis Tanah .....                                      | 21        |
| <b>4.2 Analisis 33 Parameter IHA dengan RVA.....</b>         | <b>23</b> |
| 4.2.1 Perubahan Aliran Bulanan .....                         | 25        |
| 4.2.2 Besar dan Durasi Kondisi Aliran Ekstrem .....          | 26        |
| 4.2.3 Waktu Terjadi Aliran Ekstrem.....                      | 31        |
| 4.2.4 Frekuensi dan Durasi Kejadian Aliran Tinggi dan Rendah | 33        |
| 4.2.5 Kenaikan dan Penurunan Hidrograf .....                 | 34        |
| <b>4.3 <i>Enviromental Flow Component</i> (EFC) .....</b>    | <b>36</b> |
| 4.3.1 <i>Extreme Low Flow</i> .....                          | 37        |
| 4.3.2 <i>High Flow</i> .....                                 | 38        |
| 4.3.3 <i>Small Flood</i> .....                               | 39        |
| 4.3.4 <i>Large Flood</i> .....                               | 40        |
| <b>4.4 <i>Flow Duration Curves</i> (FDC) .....</b>           | <b>41</b> |
| <b>BAB 5. PENUTUP .....</b>                                  | <b>43</b> |
| 5.1 Kesimpulan.....  | 43        |
| 5.2 Saran.....   | 43        |
| <b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>                                  | <b>44</b> |
| <b>LAMPIRAN .....</b>  | <b>46</b> |

**DAFTAR TABEL**

|   | Halaman |
|---|---------|
| 2.1 Penelitian terdahulu .....                        | 8       |
| 4.1 Luas dan bentuk DAS .....                         | 17      |
| 4.2 Karakteristik hujan .....                         | 18      |
| 4.3 Karakteristik debit .....                         | 19      |
| 4.4 Peruntukan lahan di wilayah UPT PSDA Kediri ..... | 21      |
| 4.5 Jenis tanah di wilayah UPT PSDA Kediri .....      | 22      |
| 4.6 Hasil analisis <i>extreme low flow</i> .....      | 37      |
| 4.7 Hasil analisis <i>high flow</i> .....             | 38      |
| 4.8 Hasil analisis <i>small flood</i> .....           | 39      |
| 4.9 Hasil analisis <i>large flood</i> .....           | 40      |

**DAFTAR GAMBAR**

|   | Halaman |
|---|---------|
| 2.1 Contoh grafik hasil analisis metode RVA .....   | 5       |
| 2.2 Kelima komponen aliran dalam kategori EFC .....   | 6       |
| 2.3 Contoh grafik FDC.....  | 7       |
| 3.1 Peta Lokasi penelitian pada sub-DAS Brantas Kertosono dan sub-DAS<br>Brantas Ploso di wilayah UPT PSDA Kediri ..... | 11      |
| 4.1 Peta peruntukan lahan pada wilayah UPT PSDA Kediri .....  | 20      |
| 4.2 Peta jenis tanah di wilayah UPT PSDA Kediri .....   | 22      |
| 4.2 Perubahan nilai hidrologi 33 parameter IHA pada sub-DAS Ploso .....   | 23      |
| 4.4 Perubahan nilai hidrologi 33 parameter IHA pada sub-DAS Kertosono...  | 24      |
| 4.5 Perubahan aliran bulanan sub-DAS Ploso.....   | 25      |
| 4.6 Perubahan aliran bulanan sub-DAS Kertosono .....  | 25      |
| 4.7 Aliran ekstrem harian .....   | 26      |
| 4.8 Aliran ekstrem 3-harian.....  | 27      |
| 4.9 Aliran ekstrem 7-harian.....  | 28      |
| 4.10 Aliran ekstrem 30-harian .....   | 29      |
| 4.11 Aliran ekstrem 90-harian .....   | 30      |
| 4.12 Aliran <i>base flow index</i> .....  | 31      |
| 4.13 Tanggal kejadian aliran 1 hari terkecil dan terbesar .....   | 32      |
| 4.14 <i>High and low pulse count</i> .....  | 33      |
| 4.15 <i>High and low pulse duration</i> .....   | 34      |
| 4.16 Kenaikan hidrograf.....  | 35      |
| 4.17 Penurunan hidrograf.....   | 35      |
| 4.18 Hasil analisis EFC pada sub-DAS Ploso .....  | 36      |
| 4.19 Hasil Analisis EFC pada sub-DAS Kertosono .....  | 36      |
| 4.20 Kurva durasi aliran pada sub-DAS Ploso.....  | 41      |
| 4.21 Kurva durasi aliran pada sub-DAS Kertosono .....   | 42      |



**DAFTAR LAMPIRAN**

|   | Halaman |
|---|---------|
| Lampiran 1. Rekapitulasi statistik debit tahunan..... | 46      |
| Lampiran 2. Non-Parametric RVA scorecard .....        | 51      |
| Lampiran 3. Interpretasi Daily EFC .....              | 58      |



## BAB 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Daerah aliran sungai (DAS) merupakan wilayah yang dibatasi oleh punggung-punggung gunung dan air yang jatuh di dalam batas tersebut, mengalir dari bagian hulu DAS melalui anak-anak sungai ke sungai utama menuju ke laut (Indarto, 2010:57). Proses hidrologi di dalam DAS dipengaruhi secara langsung oleh variabel masukan berupa hujan yang masuk ke dalam DAS dan secara tidak langsung oleh variabel iklim lainnya (evaporasi, temperatur, kecepatan angin, dan kelembaban udara) maupun pengaruh lain seperti pembangunan di sekitar DAS.

Ketersediaan air di sungai akan menentukan terpenuhinya kebutuhan akan air bagi keperluan irigasi, air bersih untuk masyarakat, industri, perkebunan, wisata dan keperluan lainnya. Oleh karena itu, analisis statistik terhadap karakteristik aliran sungai dapat membantu pengelola DAS untuk memahami karakteristik aliran di sungai sebagai fungsi waktu, mengantisipasi kemungkinan terjadinya kekurangan air karena ketidak-seimbangan antara kebutuhan dan ketersediaan pada periode tertentu, mengantisipasi potensi kejadian bencana banjir atau kekeringan, dan mengantisipasi dampak bangunan (bendung atau struktur lain) di atas sungai terhadap ekologi sungai.

*Indicators of Hydrologic Alteration* (IHA) merupakan salah satu metode statistik untuk menganalisis terjadinya perubahan aliran di sungai. Analisis karakteristik hidrologi menggunakan metode IHA dapat dijadikan parameter untuk mengevaluasi sistem hidrologi dari suatu DAS. Metode IHA juga dapat menjadi faktor penunjang dalam merencanakan pengelolaan DAS pada waktu yang akan datang. Dalam penelitian ini, analisis karakteristik hidrologi dilakukan pada Sub-DAS Brantas Ploso dan Sub-DAS Brantas Kertosono karena kedua Sub-DAS tersebut belum pernah dilakukan analisis IHA. Kedua outlet Sub-DAS tersebut ada di wilayah administrasi UPT PSDA Kediri.

## 1.2 Perumusan Masalah

Analisis karakteristik hidrologi perlu dilakukan untuk mengantisipasi potensi kejadian banjir maupun kekeringan. Selama ini, Sub-DAS Brantas Ploso dan Sub-DAS Brantas Kertosono di wilayah UPT PSDA Kediri belum pernah dilakukan analisis IHA. Oleh karena itu, perlu dilakukan analisis menggunakan metode IHA pada kedua sub-DAS tersebut. Metode IHA mencakup analisis parameter IHA, analisis *Range of Variability Approach* (RVA), analisis *Environmental Flow Component* (EFC), dan analisis *Flow Duration Curves* (FDC). Data yang digunakan adalah data debit harian selama 22 tahun pada masing-masing sub-DAS.

## 1.3 Tujuan

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini ialah sebagai berikut.

1. Mengetahui perubahan karakteristik hidrologi dari periode awal ke periode akhir.
2. Mengetahui kecenderungan terjadinya banjir dan kekeringan pada masa yang akan datang.
3. Mengetahui perubahan ketersediaan air dari periode awal ke periode akhir.

## 1.4 Manfaat

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Bagi dinas terkait, penelitian ini dapat memberikan informasi terkait analisis perubahan karakteristik hidrologi pada suatu DAS.
2. Bagi pendidikan, penelitian ini diharapkan menambah wawasan dan pengetahuan ilmu tentang analisis karakteristik hidrologi suatu DAS.

## BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.2 Daerah Aliran Sungai (DAS)

Menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia (2012) daerah aliran sungai yang selanjutnya disebut DAS adalah suatu wilayah daratan yang merupakan satu kesatuan dengan sungai dan anak-anak sungainya, yang berfungsi menampung, menyimpan dan mengalirkan air yang berasal dari curah hujan ke danau atau ke laut secara alami. DAS menunjukkan suatu luasan yang berkontribusi pada aliran permukaan. Luas DAS sangat relatif tergantung dari luas daerah tangkapan hujan yang berkontribusi menghasilkan aliran air. Luas DAS dapat beberapa kilometer persegi hingga ratusan kilometer persegi.

### 2.3 *Indicators of Hydrologic Alteration (IHA)*

*Indicators of Hydrologic Alteration (IHA)* adalah salah satu metode yang digunakan untuk mengevaluasi dampak ekologi dari perubahan aliran (debit di sungai). Analisis *trend* menggunakan IHA terdapat dua pilihan yang pertama menggunakan kombinasi dua periode dan menggunakan satu waktu periode. IHA menggunakan 33 parameter untuk menyatakan indikator terkait dengan perubahan aliran di sungai. Analisis yang dapat dilakukan mencakup: analisis regresi linier untuk mendeteksi adanya kecenderungan (*trend detection*), analisis RVA (*Range of Variability Approach*), dan analisis EFC (*Environmental Flow Components*). IHA dapat digunakan untuk analisis statistik yang sifatnya parametrik dan non-parametrik. Pada umumnya statistik non parametrik lebih baik digunakan dibandingkan dengan statistik parametrik, hal ini dikarenakan banyak data debit yang tidak terdistribusi normal (Richter *et al.*, 1996).

Sejumlah 33 parameter IHA dibagi ke dalam lima grup parameter sebagai berikut (Mathews & Richter, 2007).

- a. Kondisi aliran bulanan, di dalamnya terdapat nilai mean dan median bulanan, di dalamnya terdapat 12 sub parameter pada analisis aliran bulanan.

- b. Kondisi aliran ekstrim harian 1-hari, 3-hari, 7-hari, 30-hari, dan 90-hari terkecil dan terbesar, diambil dari perubahan rata-rata dan menghitung *base flow index* selama tujuh hari aliran terkecil. Grup ini memiliki 12 parameter.
- c. Waktu terjadi aliran ekstrim, terdiri dari parameter tanggal pada saat 1-hari terkecil dan tanggal pada saat 1-hari terbesar. Grup ini memiliki 2 parameter.
- d. Kondisi frekuensi dan durasi dari aliran tinggi dan aliran rendah, terdapat parameter jumlah aliran rendah dan tinggi setiap tahun dan lamanya aliran rendah dan tinggi. Grup ini memiliki 4 sub parameter.
- e. Tingkat dan frekuensi perubahan kondisi aliran, terdapat parameter kenaikan hidrograf dan penurunan hidrograf. Grup ini memiliki 2 parameter.

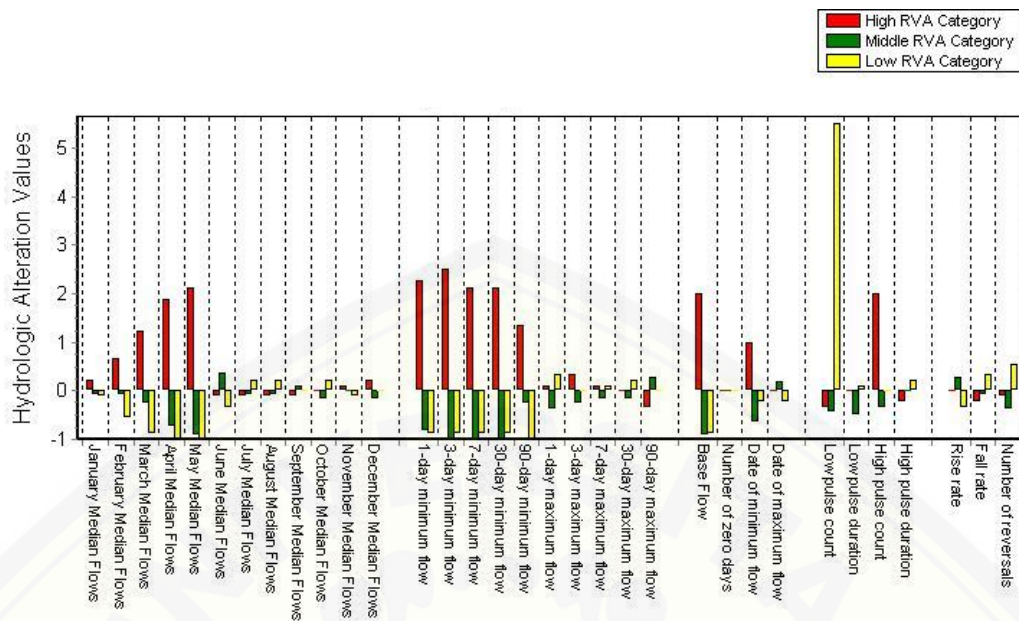
#### **2.4 Range of Variability Approach (RVA)**

Analisis RVA merupakan analisis perbandingan nilai aliran antara 2 periode waktu. RVA menggunakan nilai-nilai parameter IHA sebagai referensi untuk menentukan apakah suatu rezim aliran telah berubah dari keadaan alaminya (Richter *et al.*, 1997). Analisis RVA menghasilkan serangkaian faktor perubahan hidrologi yang mengukur tingkat perubahan dari 33 parameter aliran IHA. RVA mengklasifikasikan aliran ke dalam tiga kategori sebagai berikut (Rybicki, 2009:14).

- a. Kategori RVA terendah dibatasi oleh nilai persentil 0 sampai persentil 33.
- b. Kategori RVA menengah dibatasi oleh nilai persentil 34 sampai persentil 67.
- c. Kategori RVA tertinggi dibatasi oleh nilai persentil 68 sampai persentil 100.

Hasil nilai dari parameter IHA yang sudah dibagi menggunakan periode awal dan periode akhir, dihitung frekuensinya menggunakan kategori RVA. Setelah diketahui frekuensi dari ketiga kategori, RVA menghitung perubahan nilai hidrologi menggunakan perbedaan frekuensi pada periode awal dan periode akhirdi setiap kategori sehingga menghasilkan contoh grafik pada Gambar 2.1.





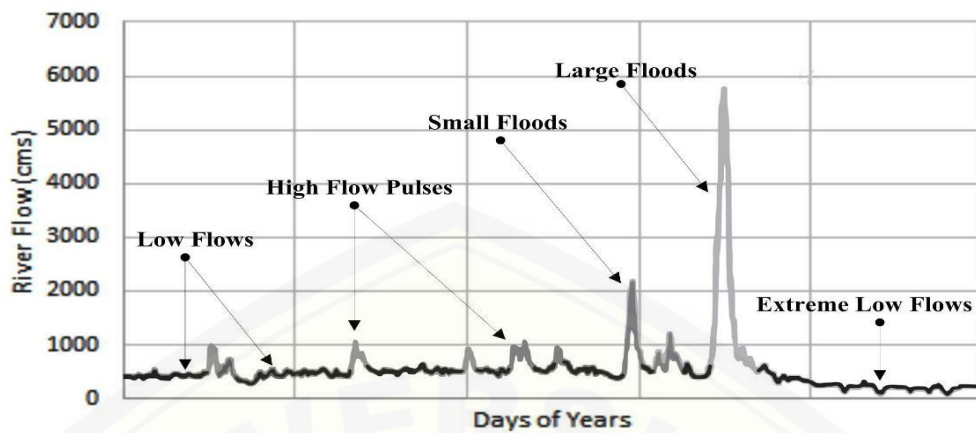
Gambar 2.1 Contoh grafik hasil analisis metode RVA (Opperman, 2006).

Corsedo (2013) menyatakan bahwa perubahan nilai hidrologi dari ketiga kategori menghasilkan nilai positif atau negatif. Nilai perubahan hidrologi positif menyatakan adanya indikasi perubahan hidrologi yang meningkat dari periode awal ke periode akhir. Nilai perubahan hidrologi negatif menyatakan adanya indikasi perubahan hidrologi yang menurun dari periode awal ke periode akhir.

### 2.5 Environmental Flow Components (EFC)

IHA dilengkapi dengan lima jenis aliran yang masuk ke dalam *Environmental Flow Components* (EFC) yaitu: aliran rendah (*base/low flow*), aliran yang sangat rendah (*extreme low flow*), aliran tinggi (*high flow*), banjir kecil (*small flood*), dan banjir besar (*large flood*). Kelima jenis aliran tersebut bermanfaat dan sangat terkait dengan fungsi ekologi sungai (Mathews and Richter, 2007). Kelima jenis aliran EFC dapat dilihat pada Gambar 2.2.





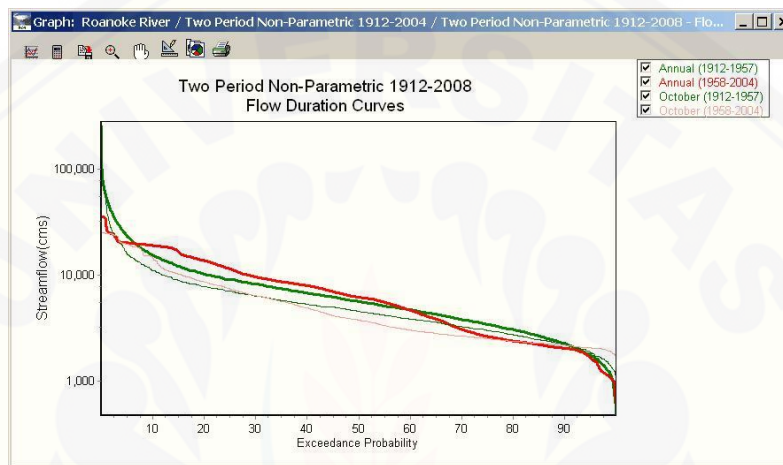
Gambar 2.2 Kelima komponen aliran dalam kategori EFC (Mathews and Richter, 2007).

Kelima jenis aliran dalam kategori EFC diuraikan sebagai berikut (Rybicki, 2009).

- a. Aliran rendah (*low flows*) adalah kondisi aliran dominan di sebagian besar sungai. Setelah musim hujan berlalu dan limpasan dari daerah tangkapan air surut, sungai kembali ke tingkat aliran dasar.
- b. Aliran sangat rendah (*extreme low flows*) biasanya terjadi selama musim kemarau. Aliran sungai berada pada level sangat rendah sehingga mengakibatkan kekeringan.
- c. Aliran sangat tinggi (*high-flow pulses*) adalah kondisi kenaikan air yang tidak melampaui sungai. Keadaan ini merupakan masalah yang penting dan perlu dikembalikan pada kondisi aliran rendah.
- d. Banjir kecil (*small floods*) terjadi ketika debit sungai yang meluap dari saluran utama namun tidak menyebabkan terjadinya kerusakan besar pada ekosistem di sekitarnya.
- e. Banjir besar (*large floods*) terjadi ketika debit sungai yang meluap dari saluran utama dan menyebabkan terjadinya kerusakan besar pada ekosistem disekitarnya sehingga harus menata kembali aspek biologis dan fisik struktur sungai dan dataran banjirnya.

## 2.6 Flow Duration Curves (FDC)

Kurva durasi aliran (*flow duration curves*) adalah metode sederhana untuk menyatakan frekuensi kejadian debit dari data rentang waktu. FDC dihitung terpisah untuk setiap periode analisis (periode awal dan periode akhir). FDC dibuat dengan cara merangking semua data yang ada dalam rentang waktu tertentu dan memplotkan dalam persentase (Rybicki, 2009). Contoh grafik FDC dapat dilihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Contoh grafik FDC (Rybicki, 2009).

*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).

## 2.7 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu yang memiliki acuan berupa teori-teori atau temuan-temuan melalui hasil berbagai penelitian sebelumnya merupakan hal yang sangat perlu dan dapat dijadikan sebagai data pendukung. Beberapa data pendukung dan dasar acuan dalam penelitian ini disajikan pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Daftar penelitian terdahulu

| No. | Peneliti                          | Judul Penelitian   | Hasil Penelitian  | Tahun |
|-----|-----------------------------------|--|---|-------|
| 1.  | Jeff Opperman                     | <i>Indicators of Hydrologic Alteration Analysis for the Patuca River</i>   | Faktor perubahan hidrologi terbesar pada Sungai Patuca yaitu peningkatan baseflows, aliran rendah dan aliran bulanan dari february sampai mei. Kejadian aliran rendah ekstrem diproyeksikan hampir tidak pernah terjadi. Besarnya aliran terkecil tiga puluh hari diperkirakan akan meningkat.  | 2006  |
| 2.  | Ellen C, Tejan                    | <i>Indicators of Hyrlogic Alteration (IHA) Analysis of Selected Stream on The Arbuckle-Simpson Aquifer</i>                           | Median Aliran bulanan berkisar dari 40 cfs hingga 55 cfs. nilai aliran rendah berkisar dari 33 cfs hingga 14 cfs. sebagian besar peristiwa aliran rendah yang ekstrim terjadi pada akhir musim panas atau musim gugur, memiliki nilai antara 25 sampai 30 cfs. peristiwa aliran rendah ekstrim jatuh dalam periode Agustus hingga November.   | 2008  |
| 3.  | Ruth Mathews and Brian D. Richter | <i>Application Of The Indicators Of Hydrologic Alteration Software In Environmental Flow</i>   | <i>IHA</i> telah terbukti bermanfaat untuk karakterisasi dan perubahan aliran sungai. versi baru <i>IHA</i> disertakan rangkaian “ <i>EFC</i> ”. <i>EFC</i> pada <i>IHA</i> digunakan untuk pengembangan rekomendasi aliran lingkungan. output dari <i>EFC</i> menjadi pembangun model aliran-ekologi yang mengarah pada rekomendasi aliran lingkungan.   | 2007  |
| 4.  | U.S. Geological Survey (USGS)     | <i>Applying Indicators Of Hydrologic Alteration To Texas Streams: Overview Of Methods With Examples From The Trinity River Basin</i> | Penurunan pada jumlah spesies ikan yang diamati (di DAS) tingkat, dan perubahan komunitas ikan terkait dengan penurunan ini, tampaknya terutama disebabkan oleh habitat modifikasi yang terkait dengan proyek pengembangan air seperti waduk. Analisis <i>IHA</i> dapat menyediakan perkiraan pertama dari risiko ekologis terhadap akuatik.  | 2003  |
| 5.  | Mariusz Sojka dan Joanna Jaskuła  | <i>The Impact Of The Kowalskie Reservoir On The Hydrological Regime Alteration Of The Glówna River</i>                               | Dampak waduk Kowalskie pada rezim hidrologi dibuat atas dasar metode <i>RVA</i> . Penilaian ini didasarkan pada analisis rangkaian aliran dari periode 1971-2012. Kowalskie memiliki dampak pada dua kelompok parameter aliran yang mencirikan frekuensi dan durasi puncak tinggi dan rendah serta laju dan frekuensi perubahan kondisi air. Selain itu operasi waduk memiliki efek positif pada karakteristik aliran terkecil dan indeks aliran dasar. | 2016  |

Tabel 2.1 (Lanjutan)

| No. | Peneliti                | Judul Penelitian   | Hasil Penelitian  | Tahun |
|-----|-------------------------|--|---|-------|
| 6.  | Shaw, D.T               | <i>The impacts of upstream dams, groundwater withdrawals and climate variability on baseflows of Altamaha river</i>                              | IHA digunakan untuk menganalisis tren statistik arus rendah di 5 aliran dataran pantai di DAS Altamaha dan empat di daerah aliran sungai yang berdekatan di Georgia untuk mendapatkan pemahaman yang lebih baik tentang penyebab penurunan nyata pada arus dasar Altamaha. Efek dari bendungan tenaga air hulu terbukti kurang serius yang dipikirkan sebelumnya, namun usulan untuk banyak bendungan baru di Piedmont menimbulkan ancaman masa depan yang signifikan. Dengan menganalisis aliran sungai dari daerah aliran sungai yang relatif tidak terdefinisi dengan berbagai ukuran di sepanjang Altamaha dan cekungan yang berdekatan, ditemukan bahwa penurunan arus dasar tampaknya merupakan hasil regional. | 2001  |
| 7.  | Schuler, G. dan C. Apse | <i>Analysis of hydrologic alteration on Delaware River tributaries. The Neversink River Program.</i>   | IHA digunakan untuk menganalisis bagaimana rezim hidrologi di Sungai Delaware Timur, Sungai Delaware Bagian Barat, dan Sungai Neversink telah berubah sejak pembangunan bendungan pasokan air di masing-masing sungai utama Sungai Delaware ini. Karena aliran rezim setiap sungai ditemukan telah berubah secara signifikan, kemampuan RVA digunakan untuk memberikan target arus yang dapat digunakan dalam menentukan pelepasan bendungan yang lebih tepat ke masing-masing anak sungai.   | 2000  |
| 8.  | Pike, Shawn             | <i>Offstream storage investigations – third progress report on determining impacts of offstream storage diversions on Sacramento River flows</i> | Menganalisis aliran Sungai Sacramento selama tiga periode (sebelum Bendungan Shasta, setelah bendungan Shasta tapi di depan Dam, bendungan pasca-Trinity) di empat stasiun pengukuran arus yang berbeda. Analisis IHA menunjukkan perubahan substansial dalam volume arus bulanan; pengurangan maxima satu, tiga dan tujuh hari; Julian tanggal aliran tahunan maksimum; dan hidrograf naik dan turun. Informasi ini dapat digunakan untuk merancang eksperimen aliran untuk memulihkan hutan kapas.  | 2000  |
| 9.  | Peterson, D.            | <i>The development of process-based restoration strategies for re-vegetating floodplain sites along the Sacramento River</i>                     | Perangkat lunak IHA digunakan untuk menganalisis waktu bersejarah arus puncak musim semi untuk Sungai Sacramento, CA. Percobaan dilakukan dengan menggunakan pendekatan RVA untuk menentukan respon komunitas tanaman riparian terhadap waktu banjir alternatif. Waktu banjir ditemukan untuk secara signifikan mempengaruhi komposisi spesies kohort bibit, namun kompetisi antar-spesifik memainkan peran penting dalam kelangsungan hidup selanjutnya. Faktor ekologis dan fisik memainkan peran penting dalam menentukan komposisi spesies dari situs restorasi berbasis proses.  | 2001  |

Tabel 2.1 (Lanjutan)

| No. | Peneliti                            | Judul Penelitian   | Hasil Penelitian   | Tahun |
|-----|-------------------------------------|--|--|-------|
| 10. | Departemen Sumber Daya Alam Ontario | <i>Understanding Stream Processes and the Effects of Altered Flow Regimes on Riverine Ecosystems.</i>                  | Laporan ini mengemukakan teori di balik arahan perencanaan pengelolaan air yang dipersyaratkan di Ontario, Kanada. Laporan tersebut menyebutkan RVA sebagai metode untuk menentukan rezim aliran alam. Laporan tersebut mengadopsi pandangan bahwa rezim aliran sungai harus mengandung parameter hidrologi yang dianalisis oleh IHA & RVA. Semua komponen rezim aliran alam, termasuk variabilitas antar suku akan dibahas dalam setiap dokumen perencanaan daerah aliran sungai. | 2002  |
| 11. | Departemen Konservasi Missouri      | <i>DAS Salt River - Hidrologi</i>  | The Clarence Cannon Dam, di Sungai Salt, dibangun mulai tahun 1970 dan selesai pada tahun 1983. Kualitas air adalah masalah utama karena arusnya rendah. Analisis IHA & RVA dilakukan dengan menggunakan data pre -dam dari tahun 1923-1970, dan data pasca bendungan dari tahun 1983-1996. Data ini akan digunakan untuk membantu menentukan kebutuhan aliran instream yang diperlukan untuk meningkatkan kualitas air.   | 2004  |
| 12. | Meyer, J.L. et al                   | <i>. Indicators of Hydrologic Alterations in Response to a Changing Climate. North American Benthological Society.</i> | IHA digunakan sebagai alat untuk mengidentifikasi dampak penting perubahan iklim di masa depan di Sungai Cle Elum di Washington, dan Sungai Apalachicola-Chattahoochee-Flint di Amerika Serikat bagian tenggara. "Makalah ini menjelaskan perubahan ekologi yang mungkin terjadi sebagai respon terhadap perubahan rezim hidrologi yang diperkirakan selama 50 tahun ke depan.   | 2002  |



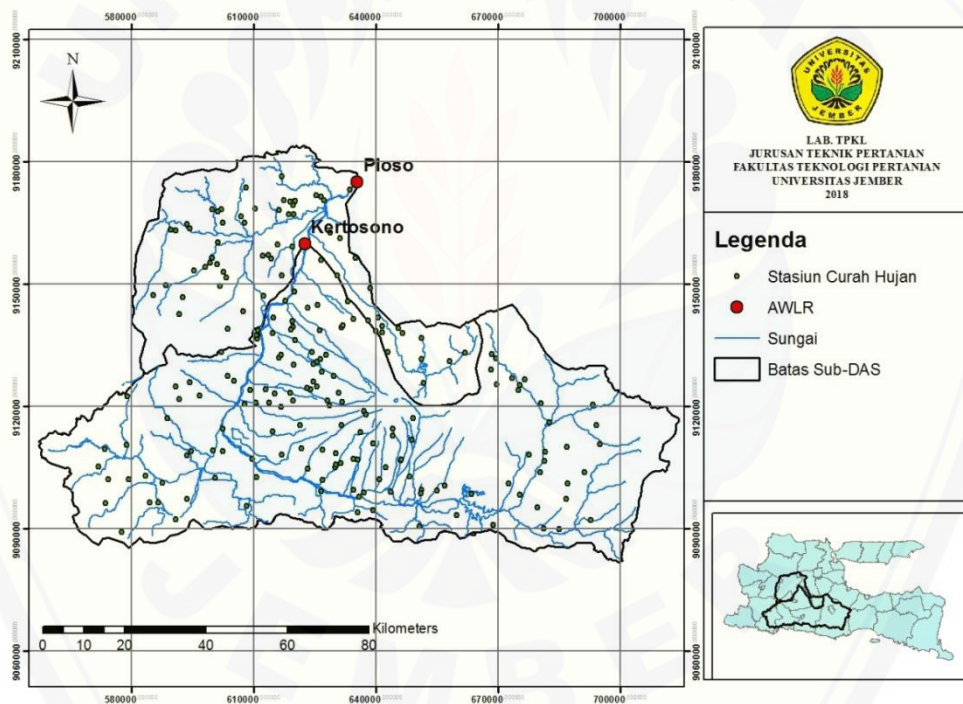
### BAB 3. METODE PENELITIAN

#### 3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian

Lokasi Pengamatan dilakukan di dua sub-DAS wilayah UPT PSDA Kediri. Data pengamatan mencakup sub-DAS Brantas Ploso dan sub-DAS Brantas Kertosono (Gambar 3.1).

Pengolahan data dilakukan di Laboratorium Teknik Pengendalian dan Konservasi Lingkungan Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember.

Waktu penelitian ini akan dilaksanakan mulai bulan Februari 2018 sampai bulan Juni 2018.



Gambar 3.1 Peta Lokasi penelitian pada sub-DAS Brantas Kertosono dan sub-DAS Brantas Ploso di wilayah UPT PSDA Kediri

#### 3.2 Alat dan Bahan Penelitian

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

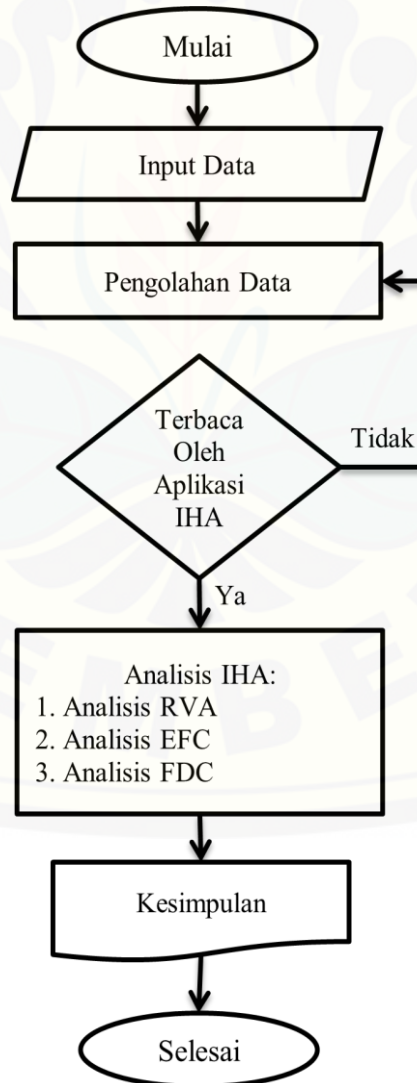
- a. Seperangkat PC (*Personal Computer*) digunakan untuk mengolah data.
- b. *Microsoft Excel 2007/2010* digunakan untuk mengolah data debit.
- c. *Software IHA (Indicators of Hydrologic Alteration)* digunakan untuk menganalisis data debit.



Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah data debit harian mulai tanggal 1 Januari 1996 sampai tanggal 31 Desember 2017 di sub-DAS Brantas Kertosono dan sub-DAS Brantas Ploso pada wilayah UPT PSDA di Kediri. Data tersebut diperoleh dari Dinas Pengairan Provinsi Jawa Timur yang telah diinventarisasi oleh Laboratorium Teknik Pengendalian dan Konservasi Lingkungan Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember. Data debit harian ini digunakan untuk analisis hidrologi.

### 3.3 Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian ini dilakukan dengan tahapan yang disajikan dalam diagram alir pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Diagram alir penelitian

### 3.3.1 Input Data

Data yang diinput adalah data debit harian mulai tanggal 1 Januari 1996 sampai tanggal 31 Desember 2017 di sub-DAS Brantas Kertosono dan sub-DAS Brantas Ploso pada wilayah UPT PSDA di Kediri. Data debit tersebut terdiri dari 22 tahun data debit harian sub-DAS Brantas Kertosono dan 22 tahun data debit harian sub-DAS Brantas Ploso. Data debit tersebut diperoleh dari UPT PSDA di Kediri.

### 3.3.2 Pengolahan Data

Pengolahan data dilakukan menggunakan *Microsoft Excel*. Pertama, data debit harian selama 22 tahun diurutkan ke dalam dalam dua kolom. Kolom pertama berisi tanggal dan kolom kedua berisi data debit dengan satuan  $m^3/detik$ . Data diurutkan dan dikoreksi terhadap penulisan, kelengkapan data dan kejanggalan lainnya. Dengan demikian data sudah siap disimpan kedalam format *\*csv*, selanjutnya data diubah dalam format *\*txt* agar dapat dibaca oleh *software Indicators of Hydrologic Alteration (IHA)*. Jika terbaca, maka data debit harian dapat dilakukan analisis IHA dan jika tidak dapat terbaca, maka dilakukan koreksi kembali terhadap penulisan, kelengkapan data, dan kejanggalan lainnya.

### 3.3.3 Analisis IHA

Analisis IHA terdiri dari 3 metode analisis yaitu analisis RVA, EFC, dan FDC yang mempunyai metode sebagai berikut.

#### 1. Analisis Analisis *Range of Variability Approach (RVA)*

Nilai IHA dihasilkan dan dihitung dalam periode harian, bulanan, dan tahunan. Analisis IHA mempunyai empat langkah sebagai berikut.

- a. Mendefinisikan data series debit pada suatu DAS yang kemudian mendefinisikan periode awal dan periode akhir.
- b. Menghitung nilai dari parameter hidrologi. IHA akan menghitung 33 parameter hidrologi setiap tahun pada setiap data series. Satu dari setiap periode awal data series dan satu untuk nilai periode akhir data series.

- c. Menghitung data tahunan yang selanjutnya dihitung ukuran kecenderungan dan penyebaran dari 33 parameter pada setiap data series yang didasarkan pada nilai yang telah dihitung pada langkah kedua.
- d. Membandingkan antara periode awal dan periode akhir data series, selanjutnya ditampilkan setiap hasil dengan titik persentil dan nilai penyimpangan dari setiap periode (periode akhir) yang berhubungan dengan periode sebelumnya (periode awal).

*Range of Variability Approach* (RVA) digunakan untuk menganalisis perubahan hidrologi yang dapat terjadi pada dua rentang waktu yaitu periode awal (dari 1996–2006) dan periode akhir (dari 2007–2017). Rybicki (2009) menjelaskan bahwa RVA menghasilkan tiga kategori ukuran yaitu kategori terendah berisi semua nilai dari persentil 0-33, kategori menengah berisi semua nilai dari persentil 34-67, kategori tertinggi berisi semua nilai dari persentil 68-100. Setelah diketahui masuk ke dalam salah satu kategori tersebut, selanjutnya dihitung nilai frekuensi dari periode awal dan periode akhir dari parameter IHA. Penentuan nilai RVA dan persentil dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$RVA = \frac{(\text{Frekuensi } post \text{ impac period} - \text{Frekfensi } pre \text{ impact period})}{\text{Frekfensi } pre \text{ impact period}} \dots\dots\dots(3.1)$$

$$Pi = \frac{i(n+1)}{100} \dots\dots\dots(3.2)$$

Keterangan: Pi = persentil ke-i  
 i = 1, 2, 3, 4, 5, ....., 100  
 n = jumlah data

## 2. Analisis *Enviromental Flow Componen* (EFC)

Analisis kelima jenis aliran lingkungan dilakukan dengan menggunakan metode ambang batas. Analisis kelima jenis aliran ini didasarkan dari seluruh data aliran debit selama rentang waktu (tidak menggunakan periode awal dan periode akhir). Alogaritma EFC melakukan 3 fase penyaringan untuk memilah kejadian debit dan mengklasifikasikan ke dalam satu jenis aliran EFC. Fase pertama, setiap data harian diidentifikasi apakah masuk kedalam *low flow* (kelas 1) atau *high flow* (kelas 2). Fase kedua setiap *high flow* dipisahkan kedalam *high flow* (kelas 2), *small flood* (kelas 3), atau *large flood* (kelas 4). Fase ketiga, setiap *low flow*

diklasifikasikan ke dalam salah satu jenis aliran yaitu *extreme low flow* (kelas 0) atau *low flow* (kelas 1).

Pada grafik kejadian banjir akan ditunjukkan ambang batas yang menunjukkan nilai banjir pada periode tersebut.

- a. Ambang batas untuk nilai aliran sangat rendah (*extreme low flow*) yaitu seluruh aliran yang diklasifikasikan dibawah persentil 10.
- b. Ambang batas aliran rendah (*low flow*) yaitu seluruh aliran nilai yang telah diklasifikasikan sebagai persentil 10-75 dari seluruh aliran debit harian.
- c. Ambang batas aliran tinggi (*high flow*) yaitu seluruh aliran lebih besar dari nilai yang telah diklasifikasikan dari ambang batas aliran rendah. Parameter ini dapat diklasifikasikan sebagai persentil 76-89 dari seluruh aliran debit harian.
- d. Ambang batas banjir kecil (*small flood*) yaitu semua peristiwa aliran tinggi yang memiliki puncak mengalir lebih besar dari aliran tinggi. Nilai aliran, atau persentil dari semua aliran harian. Parameter ini dihitung jika nilai aliran debit sungai lebih dari atau sama dengan persentil 90 setiap 2 tahun.
- e. Ambang batas banjir besar (*large flood*) yaitu peristiwa aliran tinggi yang memiliki puncak aliran lebih besar dari banjir kecil. Aliran diklasifikasikan ke dalam banjir besar jika melebihi ambang batas dari persentil 99 setiap 10 tahun sekali.

### 3. *Flow Duration Curve* (FDC)

*Flow Duration Curves* (FDC) adalah metode sederhana untuk menyatakan frekuensi kejadian debit dari suatu seri data rentang waktu. FDC dibuat dengan cara merangking semua data yang ada dalam rentang waktu tertentu dan memplotkan dalam persentase. Metode FDC menggunakan data debit diklasifikasikan menjadi harian, bulanan dan tahunan. FDC dihitung dengan menggunakan langkah-langkah sebagai berikut.

- a. Mengurutkan nilai data debit dari nilai terbesar hingga terkecil.
- b. Menetapkan posisi rangking dari data debit (M), dimulai dengan 1 untuk nilai debit terbesar.
- c. Menghitung persentase kejadian (P) sebagai berikut.

$$P = 100 \times \frac{M}{(n+1)} \dots \dots \dots (3.3)$$

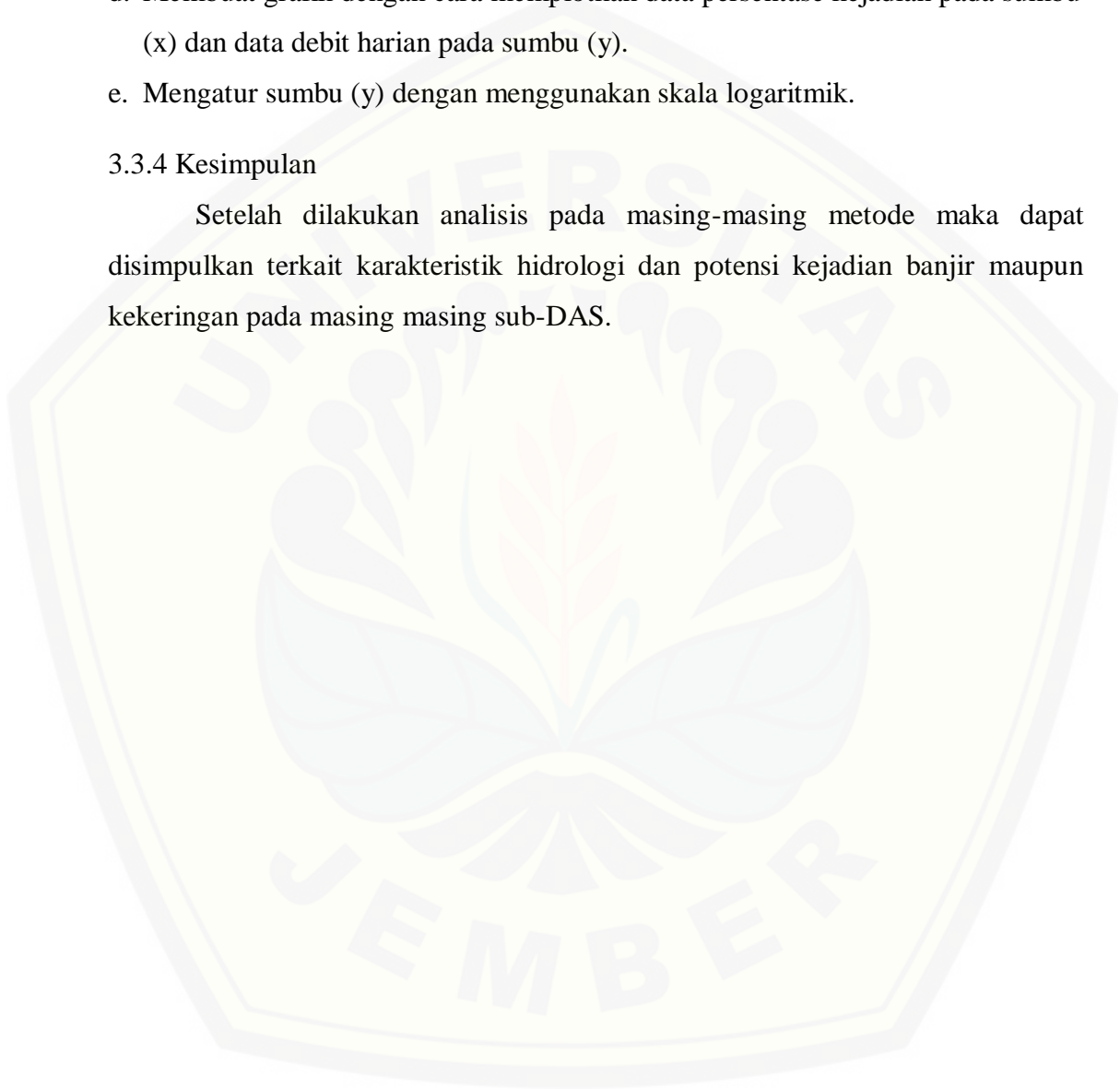
Keterangan:

- P = probabilitas dari debit air
- M = posisi ranking dari data debit
- n = jumlah data

- d. Membuat grafik dengan cara memplotkan data persentase kejadian pada sumbu (x) dan data debit harian pada sumbu (y).
- e. Mengatur sumbu (y) dengan menggunakan skala logaritmik.

#### 3.3.4 Kesimpulan

Setelah dilakukan analisis pada masing-masing metode maka dapat disimpulkan terkait karakteristik hidrologi dan potensi kejadian banjir maupun kekeringan pada masing masing sub-DAS.





## BAB 5. PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan, maka kesimpulan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Sub-DAS Ploso dan sub-DAS Kertosono mengalami peningkatan kuantitas aliran secara keseluruhan pada parameter kondisi aliran bulanan, besar kondisi aliran ekstrim tahunan, dan rata-rata dan frekuensi perubahan kondisi aliran.
2. Sub-DAS Ploso mengalami peningkatan nilai perubahan hidrologi terbesar pada 1, 3, dan 7 *day maximum flow* dan *Rise rate* dengan nilai perubahan hidrologi sebesar 2,33 yang menunjukkan bahwa telah terjadi peningkatan sebesar 233% pada periode akhir. Sub-DAS Kertosono mengalami peningkatan nilai perubahan hidrologi terbesar pada *High pulse count* dengan nilai perubahan hidrologi sebesar 2,75 yang menunjukkan bahwa telah terjadi peningkatan sebesar 275% pada periode akhir.
3. Sub-DAS Ploso berpotensi mengalami banjir kecil peluang terjadi 50% setiap 2 tahunnya. Sub-DAS Ploso memiliki kecenderungan 12 kali terjadi debit tinggi setiap tahunnya dan untuk sub-DAS Kertosono memiliki kecenderungan 8 kali terjadi debit tinggi setiap tahunnya.
4. Kurva durasi aliran periode akhir berada diatas kurva durasi aliran periode awal pada sub-DAS Ploso dan sub-DAS Kertosono. Hal ini menunjukkan terjadinya peningkatan kuantitas aliran debit dari periode awal ke periode akhir pada kedua sub-DAS yang berarti ketersediaan air semakin melimpah pada periode kedua (2007-2017).

### 5.2 Saran

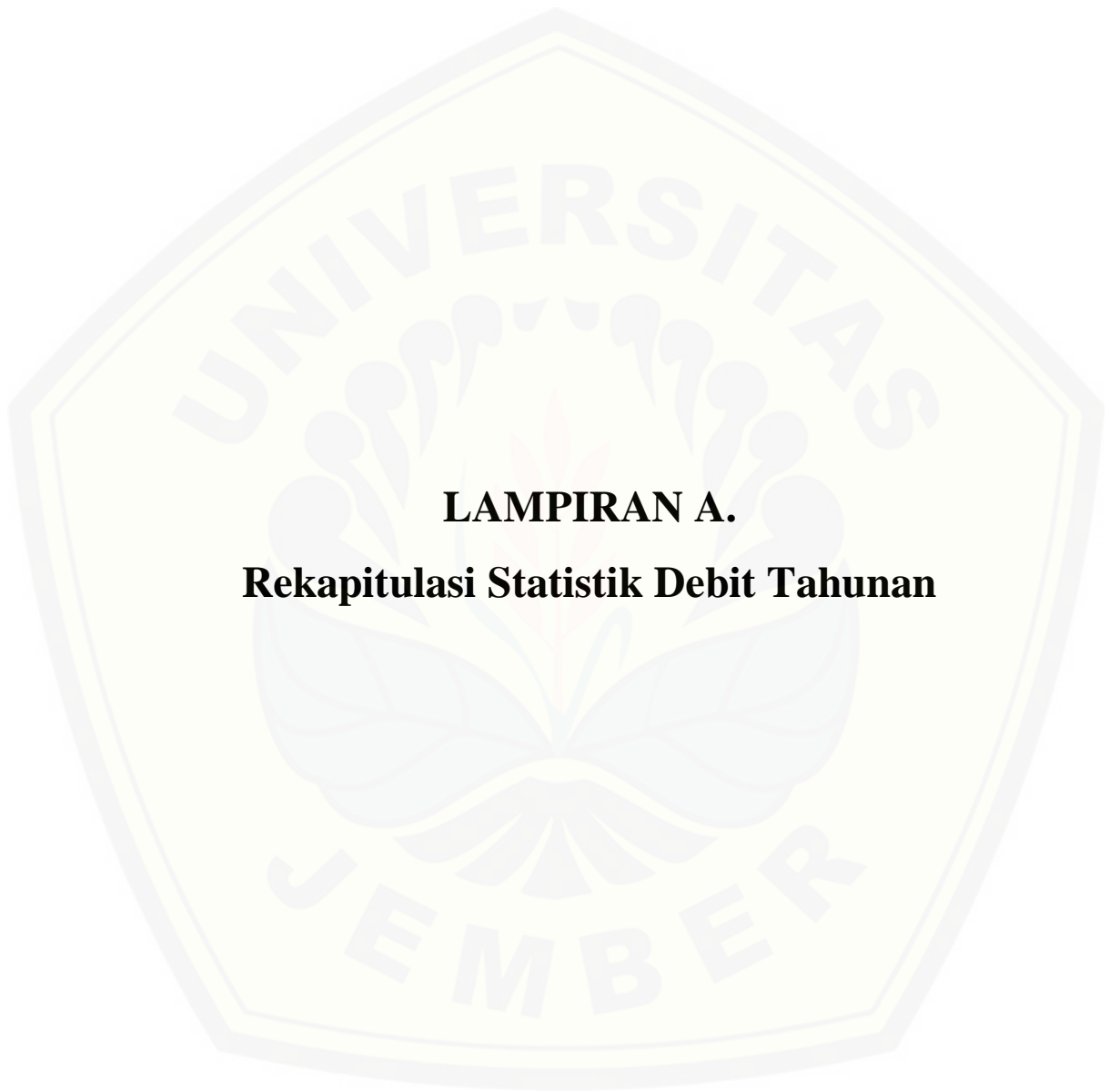
Penelitian lebih lanjut perlu adanya informasi tambahan terkait perubahan kondisi sungai maupun bendungan untuk mengetahui lebih jelas penyebab perubahan aliran pada sub-DAS serta analisis terkait pengaruh perubahan karakteristik hidrologi pada tanaman tertentu.



**DAFTAR PUSTAKA**

- Corsedo, J. S. L. L. 2013. Application of Indicator of Hydrologic Alteration in Portugis Rivers Impact by Dam. Portugal. Tecnico Lisboa.
- Darmawijaya, I. 1992. *Klasifikasi Tanah*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Indarto. 2010. *Teori Hidrologi dasar dan contoh Aplikasi Model*. Jakarta: Bumi Aksara.
- Mathews, R., dan B. Richter. 2007. Application of the Indicator of Hydrologic Alteration Software in Enviromental Flow Setting. American Water Associtation Vol. 43 (5) 1400-1413.
- Meyer, J.L. *et al.* 2002. Indicators of Hydrologic Alterations in Response to a Changing Climate. North American Benthological Society.
- Missouri Department of Conservation. 2004. Salt River Watershed - Hydrology. <http://www.mdc.com/mo.gov/fish/watershed/salt> [Diakses pada 19 Oktober 2018].
- Ontario Ministry of Natural Resources. 2002. Understanding Stream Processes and the Effects of Altered Flow Regimes on Riverine Ecosystems. Waterpower Project.
- Opperman J. 2006. Indicators of Hydrologic Alteration Analysis for the Patuca River.  
<https://www.google.co.id/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwjYy-W03brcAhXNXisKHZziDicQFjAAegQIARAC&url=https%3A%2F%2Fwww.conservationgateway.org%2FDocuments%2FPatuca%2520IHA%2520report%2520v2.pdf&usg=AOvVaw05moxMo0AceSvrnbXeguN.pdf>  
[Diakses pada 14 Oktober 2018].
- Pemerintah Republik Indonesia Nomor 37 Tahun 2012. *Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. 1 Maret 2012. Jakarta.
- Peterson, D. 2001. The development of process-based restoration strategies for re-vegetating floodplain sites along the Sacramento River, CA. Master's thesis title. California University, Chico, CA. Dept. of Biology.

- Pike, Shawn. 2000. Offstream storage investigations – third progress report on determining impacts of offstream storage diversions on Sacramento River flows, Indicators of Hydrologic Alteration results. Internal memo: The Resources Agency, Dept. of Water Resources, Sacramento.
- Richter, B.D., J.V. Baumgartner, J. Powell, dan D.P Braun. 1996. A method for assessing hydrologic alteration within ecosystems. Conservation Biology. Posted to nature.org with permission from Blackwell Science, publisher of Conservation Biology. Vol 10 (4), 1163-1174.
- Richter, B.D., J.V. Baumgartner, R. Wigington, dan D.P Braun. 1997. How much water does a river need?. Freshwater Biology. Posted to nature.org with permission from Blackwell Science, publisher of Freshwater Biology. Vol 37, 231-249.
- Rybicki, T. 2009. Indicator of Hydrology Alteration Version 7.1 User Manual. United State of Amerika: The Nature Coservancy.
- Schuler, G. and C. Apse. 2000. Analysis of hydrologic alteration on Delaware River tributaries. The Neversink River Program. Internal working paper: The Nature Conservancy.
- Shaw, D.T. 2001. The impacts of upstream dams, groundwater withdrawals and climate variability on baseflows of Altamaha River, Georgia. Internal Report: The Nature Conservancy.
- Sojka M., dan J. Jaskuła., 2016. The Impact Of The Kowalskie Reservoir On The Hydrological Regime Alteration Of The Główna River. [https://www.researchgate.net/publication/308387697\\_The\\_impact\\_of\\_the\\_Kowalskie\\_reservoir\\_on\\_the\\_hydrological\\_regime\\_alteration\\_of\\_the\\_Glowna\\_river](https://www.researchgate.net/publication/308387697_The_impact_of_the_Kowalskie_reservoir_on_the_hydrological_regime_alteration_of_the_Glowna_river) [Diakses pada 14 Oktober 2018].
- Tejan E. C., dan C. S. Haase. 2007. Indicators of Hyrlogic Alteration (IHA) Analysis of Selected Stream on The Arbuckle-Simpson Aquifer, South Central Oklahoma.
- USGS. 2003. Applying Indicator of Hydrology Alteration to Texas Streams Overview of Methods with Examples from Trinity River Basin. Texas: The Nature Coservancy. [http://pubs.usgs.gov/fs/fs12803/pdf/FS\\_128-03.pdf](http://pubs.usgs.gov/fs/fs12803/pdf/FS_128-03.pdf) [Diakses pada 14 Agustus 2018].



**LAMPIRAN A.**

**Rekapitulasi Statistik Debit Tahunan**



## Lampiran A

### A1. Sub-DAS Ploso

| Year | January | February | March | April | May   | June  | July  | August | September | October | November | December | 1-day min | 3-day min | 7-day min | 30-day min |
|------|---------|----------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-----------|---------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|------------|
| 1996 | 318     | 388      | 288   | 171   | 41,3  | 25,9  | 18,5  | 25,3   | 7,925     | 19,7    | 72,45    | 93,9     | 0,73      | 2,833     | 4,426     | 8,221      |
| 1997 | 72,8    | 315      | 90,6  | 130,5 | 99,9  | 53,5  | 47,2  | 34,8   | 32,1      | 30,8    | 25,75    | 44,3     | 18,6      | 19,4      | 20,04     | 24,65      |
| 1998 | 48,2    | 260,5    | 219   | 221   | 116   | 342,5 | 238   | 110    | 117,5     | 156     | 227      | 201      | 28,7      | 29,1      | 35,13     | 71,29      |
| 1999 | 407     | 261,5    | 505   | 534,5 | 204   | 92,2  | 86,8  | 86,5   | 40,6      | 43,9    | 126      | 148      | 29,2      | 30,83     | 32,64     | 37,34      |
| 2000 | 163     | 261      | 308   | 299   | 159   | 88,65 | 39,1  | 46,1   | 53,1      | 77,1    | 263      | 103      | 36,7      | 36,83     | 37,71     | 39,05      |
| 2001 | 243     | 298      | 275   | 355,5 | 59,4  | 94,2  | 44,7  | 36,4   | 38,1      | 74,6    | 71,45    | 85,8     | 32,2      | 32,83     | 33,76     | 35,81      |
| 2002 | 452     | 519,1    | 319,4 | 350,8 | 147,2 | 82,46 | 69,47 | 52,86  | 46,17     | 33,3    | 41,06    | 58,51    | 26,94     | 27,21     | 28,76     | 32,81      |
| 2003 | 468,8   | 472,6    | 258,6 | 316,5 | 275,6 | 80,07 | 44,24 | 40,54  | 31,74     | 42,1    | 102,4    | 379,9    | 28,15     | 28,97     | 29,75     | 32,28      |
| 2004 | 195,9   | 329      | 382   | 134,5 | 72,4  | 38,03 | 25,01 | 10,57  | 15,25     | 15,25   | 10,68    | 22,81    | 4,57      | 5,627     | 6,549     | 12,59      |
| 2005 | 9,11    | 11,13    | 143,8 | 110   | 52,25 | 11,51 | 6,59  | 6,43   | 7,26      | 14,97   | 19,59    | 248,7    | 3,61      | 3,61      | 5,649     | 6,471      |
| 2006 | 231,3   | 197,3    | 131,5 | 287,1 | 56,59 | 24,45 | 13,14 | 11,46  | 10,46     | 11,69   | 20,24    | 34,68    | 8,15      | 8,793     | 9,431     | 15,75      |
| 2007 | 289,8   | 545,5    | 350,8 | 1012  | 377,8 | 279,1 | 198,7 | 162,9  | 230,6     | 202,9   | 505,1    | 581,1    | 112,9     | 145,7     | 162,3     | 187,3      |
| 2008 | 644,6   | 511,4    | 1255  | 848,7 | 369,3 | 231,3 | 201,5 | 229,7  | 235,2     | 280,9   | 599,4    | 414,9    | 135,9     | 157,6     | 163,3     | 219        |
| 2009 | 390,6   | 882,6    | 575,5 | 602,3 | 419,5 | 316,5 | 336,8 | 255,3  | 262,8     | 270,5   | 320,3    | 277,4    | 197,3     | 207,3     | 219,7     | 286,5      |
| 2010 | 496,1   | 762,6    | 797,9 | 501,2 | 860,9 | 356,9 | 279,1 | 220,5  | 364,2     | 317,5   | 1216     | 1000     | 200,1     | 205,3     | 209,6     | 223,4      |
| 2011 | 583,9   | 365,2    | 311,8 | 400,5 | 273,9 | 251,2 | 253,7 | 258,6  | 261,1     | 234,4   | 241,5    | 397,2    | 207,2     | 210,2     | 216,8     | 235,2      |
| 2012 | 1465    | 829      | 912   | 482,5 | 289,8 | 262   | 211,6 | 184,9  | 156,7     | 179,5   | 233,1    | 511,4    | 107,1     | 109,6     | 115,8     | 142,4      |
| 2013 | 1016    | 1493     | 1040  | 998,2 | 359   | 1106  | 503,7 | 169,2  | 166,6     | 84,91   | 182,2    | 1110     | 11,23     | 46,49     | 51,2      | 87,61      |
| 2014 | 506,2   | 341,8    | 262   | 428,7 | 334,8 | 290,7 | 293,4 | 240,7  | 148,4     | 95,13   | 96,6     | 696,5    | 41,58     | 42,81     | 45,22     | 58,98      |
| 2015 | 401,6   | 761      | 553,6 | 566   | 270,5 | 100,1 | 37,54 | 18,16  | 7,43      | 5,96    | 5,96     | 390,6    | 4,31      | 4,353     | 4,57      | 5,623      |
| 2016 | 359     | 615,2    | 635,7 | 227,4 | 216   | 322   | 309,9 | 191,7  | 143,8     | 5,96    | 344      | 491,1    | 4,31      | 4,353     | 4,57      | 5,763      |
| 2017 | 665,6   | 517,3    | 496,1 | 432,1 | 98,7  | 55,64 | 58,51 | 33,3   | 18,01     | 24,26   | 85,73    | 511,4    | 14,7      | 14,97     | 15,84     | 17,99      |

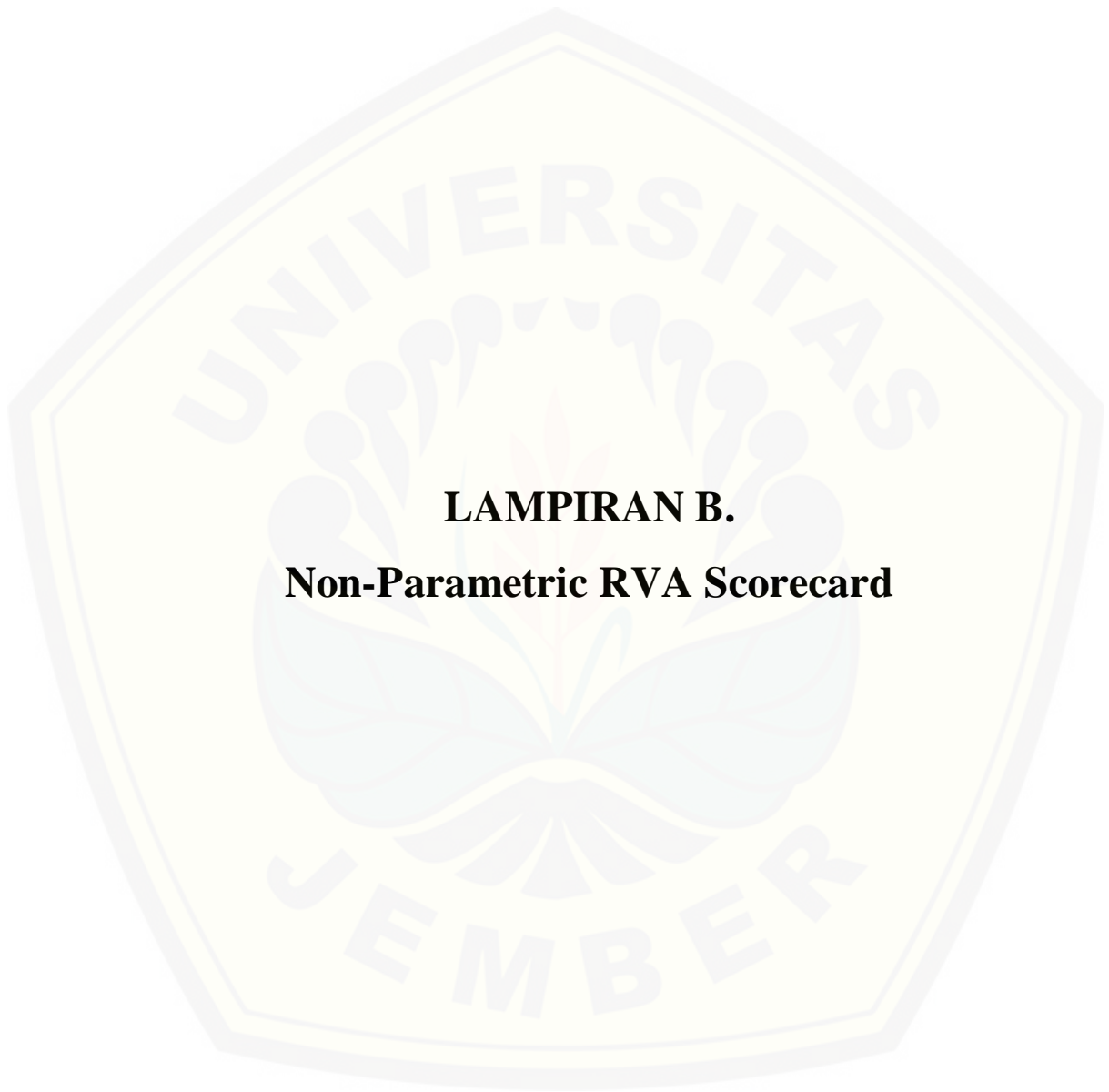
# Digital Repository Universitas Jember

| Year | 90-day min | 1-day max | 3-day max | 7-day max | 30-day max | 90-day max | Zero days | Base flow | Date min | Date max | Lo pulse # | Lo pulse L | Hi pulse # | Hi pulse L | Rise rate | Fall rate |
|------|------------|-----------|-----------|-----------|------------|------------|-----------|-----------|----------|----------|------------|------------|------------|------------|-----------|-----------|
| 1996 | 21,83      | 919       | 678,7     | 585       | 420,5      | 366,9      | 0         | 0,0299    | 259      | 108      | 16         | 3,5        | 12         | 4,5        | 10,7      | -14       |
| 1997 | 28,29      | 598       | 539       | 495,9     | 330,3      | 195,8      | 0         | 0,2261    | 313      | 40       | 7          | 2          | 7          | 2          | 5         | -5,4      |
| 1998 | 144        | 1168      | 926,3     | 799,3     | 392,5      | 287,1      | 0         | 0,1477    | 14       | 168      | 3          | 4          | 24         | 4,5        | 39        | -35       |
| 1999 | 57,89      | 969       | 932       | 858,1     | 644,1      | 487,3      | 0         | 0,1433    | 286      | 108      | 11         | 1          | 14         | 3,5        | 16        | -14,45    |
| 2000 | 46,11      | 881       | 781       | 565,9     | 426,1      | 332,6      | 0         | 0,2086    | 199      | 74       | 5          | 3          | 21         | 4          | 7         | -17,25    |
| 2001 | 39,61      | 1015      | 898,7     | 734,7     | 546,7      | 406,1      | 0         | 0,1977    | 220      | 87       | 9          | 3          | 20         | 2          | 12,2      | -13,75    |
| 2002 | 41,22      | 1052      | 749,1     | 670,4     | 565,1      | 437        | 0         | 0,1517    | 302      | 1        | 5          | 2          | 4          | 51         | 4,91      | -4,71     |
| 2003 | 38,69      | 1401      | 1004      | 850,9     | 545,1      | 400,7      | 0         | 0,1308    | 263      | 328      | 7          | 8          | 6          | 9          | 11,02     | -8,925    |
| 2004 | 19,86      | 1915      | 1329      | 910,7     | 694,4      | 449,5      | 0         | 0,03932   | 229      | 339      | 26         | 4          | 19         | 1          | 26,92     | -17,19    |
| 2005 | 8,176      | 1153      | 714,4     | 602       | 320,8      | 132,5      | 0         | 0,08193   | 20       | 352      | 23         | 5          | 10         | 1          | 7,48      | -6,13     |
| 2006 | 18,34      | 2644      | 1937      | 1087      | 463,3      | 328,7      | 0         | 0,06456   | 230      | 5        | 33         | 4          | 22         | 1          | 25,27     | -20,41    |
| 2007 | 226,4      | 3929      | 2221      | 1970      | 1376       | 917,2      | 0         | 0,317     | 28       | 117      | 0          |            | 50         | 1          | 92,04     | -81,83    |
| 2008 | 237,4      | 5064      | 3837      | 2579      | 1664       | 1072       | 0         | 0,2871    | 190      | 82       | 0          |            | 27         | 2          | 115,9     | -77,39    |
| 2009 | 293,7      | 2711      | 1920      | 1624      | 1131       | 852,3      | 0         | 0,4524    | 255      | 34       | 0          |            | 37         | 3          | 83,11     | -60,85    |
| 2010 | 280,6      | 3873      | 2735      | 2068      | 1376       | 927,6      | 0         | 0,3154    | 234      | 119      | 0          |            | 5          | 5          | 47,87     | -56,02    |
| 2011 | 251,9      | 1223      | 1084      | 890       | 619,5      | 453,5      | 0         | 0,6495    | 16       | 27       | 0          |            | 39         | 3          | 20,25     | -19,53    |
| 2012 | 170,7      | 3450      | 2942      | 2216      | 1544       | 1204       | 0         | 0,2184    | 283      | 68       | 0          |            | 8          | 10         | 35,73     | -22,84    |
| 2013 | 126,8      | 4469      | 3281      | 2523      | 1815       | 1497       | 0         | 0,06334   | 331      | 159      | 1          | 1          | 9          | 8          | 80,26     | -64,15    |
| 2014 | 115,7      | 2725      | 2614      | 2044      | 848,6      | 534,9      | 0         | 0,1259    | 313      | 6        | 0          |            | 16         | 8          | 53,73     | -16       |
| 2015 | 6,521      | 2215      | 2069      | 1573      | 914,7      | 691,4      | 0         | 0,01608   | 304      | 46       | 1          | 140        | 1          | 114        | 46,95     | -5,49     |
| 2016 | 127,4      | 1401      | 1066      | 965,6     | 751,6      | 536,7      | 0         | 0,01301   | 304      | 43       | 1          | 31         | 9          | 8          | 35,47     | -14,51    |
| 2017 | 24,06      | 1725      | 1511      | 1176      | 858,9      | 646        | 0         | 0,05987   | 254      | 18       | 2          | 43,5       | 4          | 26,5       | 25,18     | -5,67     |

## A2. Sub-DAS Kertosono

| Year | January | February | March | April | May   | June  | July  | August | September | October | November | December | 1-day min | 3-day min | 7-day min | 30-day min |
|------|---------|----------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-----------|---------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|------------|
| 1996 | 166     | 206      | 213   | 178   | 62,6  | 66,2  | 47,7  | 53,3   | 45,2      | 52,5    | 107      | 67,9     | 27        | 36,87     | 40,63     | 43,86      |
| 1997 | 101     | 341      | 61    | 96,1  | 44,8  | 38,55 | 42,1  | 44     | 40,7      | 39,2    | 37,15    | 45,3     | 26,6      | 29,3      | 30,11     | 37,65      |
| 1998 | 63,5    | 219,5    | 210   | 254   | 184   | 216   | 185   | 68,6   | 74,8      | 97,5    | 165      | 158      | 37        | 43,9      | 48,41     | 62,87      |
| 1999 | 313     | 226      | 308   | 326   | 110   | 55,85 | 52,3  | 49,2   | 43,3      | 55,5    | 149,5    | 80,5     | 37,5      | 38,4      | 39,83     | 41,99      |
| 2000 | 119     | 183      | 240   | 246,5 | 169   | 90,45 | 48,6  | 51,5   | 64,4      | 86,8    | 228,5    | 75,9     | 43,1      | 44,77     | 46,6      | 48,97      |
| 2001 | 226     | 294,5    | 232   | 325   | 96,7  | 114   | 66,1  | 34,9   | 35,8      | 98,6    | 102      | 67,8     | 15        | 32,6      | 33,49     | 34,44      |
| 2002 | 35,87   | 116,7    | 77,52 | 60,68 | 146,5 | 102   | 89,01 | 82,42  | 69,88     | 65,67   | 59,9     | 105,4    | 1,99      | 1,99      | 1,99      | 54,26      |
| 2003 | 92,99   | 101,4    | 57,92 | 101,2 | 64,98 | 47,99 | 41,39 | 25,88  | 16,35     | 22,28   | 25,31    | 85,11    | 2,83      | 7,003     | 8,959     | 14,71      |
| 2004 | 90,99   | 286,3    | 323   | 92,99 | 46,04 | 19,32 | 18,91 | 11,88  | 5,5       | 4,98    | 4,475    | 9,65     | 2,56      | 2,8       | 3,24      | 3,905      |
| 2005 | 62,59   | 138,5    | 118,4 | 130,7 | 18,91 | 17,61 | 19,32 | 17,71  | 16,35     | 14,49   | 21,41    | 107,5    | 3,68      | 4,357     | 6,739     | 12,76      |
| 2006 | 109,7   | 354,1    | 350,9 | 355,5 | 175,9 | 132,7 | 64,64 | 62,59  | 58,09     | 69,53   | 117,5    | 135,9    | 49,05     | 49,87     | 51,49     | 58,29      |
| 2007 | 171,7   | 190,4    | 251,4 | 397,2 | 149,9 | 99,11 | 81,27 | 80,14  | 70,95     | 77,52   | 157,7    | 292,1    | 56,61     | 58,47     | 60,65     | 69,16      |
| 2008 | 251,4   | 269,6    | 408,1 | 272,7 | 177   | 127,5 | 99,1  | 105,4  | 109,7     | 230,3   | 323      | 193,2    | 81,27     | 87,76     | 95,37     | 99,66      |
| 2009 | 212,8   | 480,4    | 340,3 | 299,4 | 257,6 | 216,8 | 198,7 | 194,8  | 183,9     | 166,5   | 193,7    | 224,4    | 92,99     | 97,09     | 113,4     | 158,7      |
| 2010 | 286,9   | 417,3    | 383,5 | 454,3 | 480,3 | 332,7 | 235,1 | 279,8  | 368,8     | 405,9   | 502,9    | 622,3    | 207,1     | 218,9     | 222,8     | 235,1      |
| 2011 | 700,5   | 744      | 522,5 | 437,3 | 409,6 | 204   | 142,1 | 204,9  | 208,3     | 199,8   | 348,1    | 411,9    | 130,7     | 132,6     | 138       | 143        |
| 2012 | 488,5   | 464,2    | 528,4 | 359,5 | 285,6 | 299,4 | 175,9 | 127,9  | 124,1     | 136,8   | 160,9    | 365,2    | 105,4     | 108,1     | 113,6     | 124,4      |
| 2013 | 557,5   | 520,8    | 394,6 | 456,2 | 421,1 | 443,4 | 312,1 | 247,2  | 164,5     | 133,1   | 341      | 483,6    | 113,1     | 115,2     | 120,9     | 132,1      |
| 2014 | 617,7   | 401,8    | 328,5 | 309,8 | 274   | 288,2 | 258,3 | 260,7  | 236       | 258,3   | 277,5    | 590,8    | 174,3     | 183,8     | 202,2     | 236,2      |
| 2015 | 534,4   | 525,9    | 432,7 | 490,5 | 230,3 | 153,1 | 153,4 | 137,8  | 74,58     | 82,8    | 102,6    | 202,6    | 59,9      | 63,06     | 66,41     | 74,79      |
| 2016 | 387,2   | 560,1    | 573,2 | 484,5 | 189,3 | 404   | 289,5 | 245,3  | 276,6     | 432,7   | 515,4    | 469,8    | 132,1     | 134,5     | 147,1     | 194,4      |
| 2017 | 402,1   | 490,5    | 417,3 | 440,5 | 270,2 | 222,4 | 193,2 | 156,4  | 118,9     | 134,9   | 273,7    | 437,3    | 95,01     | 98,85     | 108,5     | 116,4      |

| Year | 90-day<br>min | 1-day<br>max | 3-day<br>max | 7-day<br>max | 30-day<br>max | 90-day<br>max | Zero<br>days | Base<br>flow | Date<br>min | Date<br>max | Lo<br>pulse # | Lo<br>pulse L | Hi<br>pulse # | Hi<br>pulse L | Rise<br>rate | Fall<br>rate |
|------|---------------|--------------|--------------|--------------|---------------|---------------|--------------|--------------|-------------|-------------|---------------|---------------|---------------|---------------|--------------|--------------|
| 1996 | 51,19         | 418          | 368,3        | 340          | 209,4         | 197,5         | 0            | 0,3741       | 104         | 108         | 19            | 1             | 13            | 3             | 7,5          | -9,1         |
| 1997 | 38,27         | 829          | 578          | 531          | 356,6         | 194,6         | 0            | 0,3531       | 262         | 37          | 32            | 2             | 3             | 10            | 5,35         | -5,65        |
| 1998 | 89,01         | 540          | 421,7        | 341,9        | 260,2         | 241,2         | 0            | 0,2924       | 244         | 77          | 2             | 1             | 11            | 5             | 10           | -11          |
| 1999 | 47,04         | 712          | 658,3        | 565,3        | 393,3         | 325,3         | 0            | 0,2583       | 277         | 108         | 5             | 6             | 15            | 5             | 8,5          | -12,8        |
| 2000 | 55,54         | 584          | 430          | 342,9        | 282,5         | 253,9         | 0            | 0,3197       | 231         | 109         | 0             |               | 16            | 4             | 13           | -14          |
| 2001 | 49,07         | 582          | 490,3        | 446,6        | 349,7         | 306,6         | 0            | 0,219        | 286         | 72          | 6             | 3,5           | 14            | 5             | 13,9         | -15,95       |
| 2002 | 58,72         | 473,1        | 252,2        | 190,6        | 152,6         | 114,4         | 0            | 0,02226      | 260         | 30          | 12            | 3             | 19            | 1             | 10,32        | -12,19       |
| 2003 | 22,35         | 336,8        | 262,6        | 205,2        | 140,8         | 93,07         | 0            | 0,1373       | 73          | 339         | 29            | 1             | 11            | 1             | 8,15         | -8,07        |
| 2004 | 6,017         | 749,9        | 695,6        | 647,9        | 518           | 287,1         | 0            | 0,03453      | 352         | 56          | 8             | 11,5          | 6             | 2,5           | 4,355        | -4,51        |
| 2005 | 16,14         | 343,8        | 296          | 226,6        | 188,5         | 138,8         | 0            | 0,108        | 281         | 66          | 15            | 2             | 14            | 2,5           | 5            | -5,585       |
| 2006 | 62,32         | 825,2        | 723,7        | 546,8        | 405,9         | 375,6         | 0            | 0,2869       | 274         | 78          | 0             |               | 9             | 3             | 13,26        | -8,22        |
| 2007 | 76,89         | 931,4        | 780,5        | 564,2        | 437           | 297,1         | 0            | 0,3281       | 272         | 362         | 0             |               | 14            | 8,5           | 15,66        | -15,19       |
| 2008 | 103,5         | 789,6        | 731          | 634,9        | 476,9         | 366,8         | 0            | 0,4181       | 341         | 85          | 0             |               | 12            | 4             | 21,26        | -22,21       |
| 2009 | 176,9         | 1139         | 1092         | 965,9        | 606,8         | 415,7         | 0            | 0,4308       | 4           | 54          | 0             |               | 5             | 3             | 15,41        | -14,55       |
| 2010 | 284,8         | 1290         | 1107         | 944,8        | 613           | 542,5         | 0            | 0,523        | 184         | 314         | 0             |               | 0             |               | 37,8         | -34,19       |
| 2011 | 181,3         | 994,8        | 898,4        | 869,6        | 747,8         | 655,7         | 0            | 0,3633       | 206         | 13          | 0             |               | 2             | 186           | 14,11        | -14,38       |
| 2012 | 129,1         | 648,8        | 632          | 597,5        | 540,7         | 489,6         | 0            | 0,375        | 224         | 63          | 0             |               | 1             | 304           | 9,45         | -9,03        |
| 2013 | 162,6         | 990,4        | 878,5        | 784,6        | 589,9         | 501,4         | 0            | 0,3197       | 275         | 159         | 0             |               | 4             | 3,5           | 11,98        | -12,31       |
| 2014 | 249,8         | 830,3        | 813          | 797,7        | 633,2         | 468,4         | 0            | 0,5768       | 297         | 7           | 0             |               | 0             |               | 12,53        | -12,37       |
| 2015 | 85,74         | 715,8        | 690,4        | 648,5        | 568,6         | 495,5         | 0            | 0,2513       | 268         | 102         | 0             |               | 19            | 2             | 11           | -15,58       |
| 2016 | 291,6         | 730,3        | 723,9        | 683,6        | 602,5         | 550,1         | 0            | 0,3602       | 145         | 346         | 0             |               | 2             | 217,5         | 30,45        | -31,78       |
| 2017 | 132,7         | 687,2        | 659,2        | 625,4        | 531,9         | 470,4         | 0            | 0,3629       | 266         | 62          | 0             |               | 7             | 1             | 23,18        | -19,02       |



**LAMPIRAN B.**

**Non-Parametric RVA Scorecard**



## Lampiran B. Non-Parametric RVA Scorecard

### B1. Sub-DAS Ploso

|                           | Pre-impact period: 1996-2005 |            |         |         | Post-impact period: 2006-2017 |            |         |         | RVA Boundaries |        | Hydrologic Alteration |
|---------------------------|------------------------------|------------|---------|---------|-------------------------------|------------|---------|---------|----------------|--------|-----------------------|
|                           | Coeff. of                    |            | Minimum | Maximum | Coeff. of                     |            | Minimum | Maximum | Low            | High   | (Middle Category)     |
|                           | Medians                      | Dispersion |         |         | Medians                       | Dispersion |         |         |                |        |                       |
| <b>Parameter Group #1</b> |                              |            |         |         |                               |            |         |         |                |        |                       |
| January                   | 219,4                        | 1,602      | 9,11    | 468,8   | 501,2                         | 0,5856     | 231,3   | 1465    | 129,6          | 350,9  | -0,5833               |
| February                  | 306,5                        | 0,4838     | 11,13   | 519,1   | 580,4                         | 0,7077     | 197,3   | 1493    | 261,3          | 350,8  | -0,7917               |
| March                     | 281,5                        | 0,479      | 90,6    | 505     | 564,6                         | 0,9954     | 131,5   | 1255    | 244            | 312,2  | -0,5833               |
| April                     | 260                          | 0,8403     | 110     | 534,5   | 491,8                         | 0,7717     | 227,4   | 1012    | 157,5          | 329,2  | -0,5833               |
| May                       | 108                          | 1,043      | 41,3    | 275,6   | 312,3                         | 0,4675     | 56,59   | 860,9   | 67,59          | 151,6  | -0,7917               |
| June                      | 81,27                        | 0,7101     | 11,51   | 342,5   | 270,6                         | 0,6939     | 24,45   | 1106    | 47,78          | 89,96  | -0,7917               |
| July                      | 44,47                        | 1,134      | 6,59    | 238     | 232,6                         | 0,9122     | 13,14   | 503,7   | 33,89          | 55,44  | -0,7917               |
| August                    | 38,47                        | 1,031      | 6,43    | 110     | 188,3                         | 0,9148     | 11,46   | 258,6   | 31,29          | 48,6   | -0,7917               |
| September                 | 35,1                         | 0,9824     | 7,26    | 117,5   | 161,7                         | 1,269      | 7,43    | 364,2   | 25,64          | 42,66  | -1                    |
| October                   | 37,7                         | 1,502      | 14,97   | 156     | 137,3                         | 1,796      | 5,96    | 317,5   | 26,69          | 55,26  | -1                    |
| November                  | 71,95                        | 1,766      | 10,68   | 263     | 237,3                         | 1,586      | 5,96    | 1216    | 35,4           | 111,1  | -0,5833               |
| December                  | 98,45                        | 1,605      | 22,81   | 379,9   | 501,2                         | 0,5495     | 34,68   | 1110    | 75,7           | 167,6  | -1                    |
| <b>Parameter Group #2</b> |                              |            |         |         |                               |            |         |         |                |        |                       |
| 1-day minimum             | 27,55                        | 0,9301     | 0,73    | 36,7    | 74,32                         | 2,328      | 4,31    | 207,2   | 13,41          | 28,89  | -0,7917               |
| 3-day minimum             | 28,09                        | 0,9332     | 2,833   | 36,83   | 78,06                         | 2,345      | 4,353   | 210,2   | 14,3           | 29,74  | -0,7917               |
| 7-day minimum             | 29,25                        | 0,9495     | 4,426   | 37,71   | 83,51                         | 2,239      | 4,57    | 219,7   | 15,05          | 33,06  | -0,7917               |
| 30-day minimum            | 32,55                        | 0,8073     | 6,471   | 71,29   | 115                           | 1,791      | 5,623   | 286,5   | 20,18          | 36,38  | -1                    |
| 90-day minimum            | 39,15                        | 0,708      | 8,176   | 144     | 149,1                         | 1,35       | 6,521   | 293,7   | 25,9           | 43,03  | -1                    |
| 1-day maximum             | 1034                         | 0,3065     | 598     | 1915    | 2718                          | 0,7607     | 1223    | 5064    | 950,5          | 1158   | -1                    |
| 3-day maximum             | 839,8                        | 0,2913     | 539     | 1329    | 2145                          | 0,5954     | 1066    | 3837    | 736,2          | 928,4  | -1                    |
| 7-day maximum             | 702,6                        | 0,3879     | 495,9   | 910,7   | 1797                          | 0,5954     | 890     | 2579    | 595,7          | 818,4  | -1                    |
| 30-day maximum            | 485,6                        | 0,4281     | 320,8   | 694,4   | 1023                          | 0,7103     | 463,3   | 1815    | 410,1          | 553,5  | -0,7917               |
| 90-day maximum            | 383,8                        | 0,4581     | 132,5   | 487,3   | 771,9                         | 0,6484     | 328,7   | 1497    | 315,8          | 417,5  | -0,7917               |
| Number of zero days       | 0                            | 0          | 0       | 0       | 0                             | 0          | 0       | 0       | 0              | 0      | 0                     |
| Base flow index           | 0,1455                       | 0,8877     | 0,0299  | 0,2261  | 0,1722                        | 1,486      | 0,01301 | 0,6495  | 0,1127         | 0,1687 | -0,7917               |

|                             | Pre-impact period: 1996-2005 |            |           |         | Post-impact period: 2006-2017 |            |           |         | RVA Boundaries |        | Hydrologic Alteration |
|-----------------------------|------------------------------|------------|-----------|---------|-------------------------------|------------|-----------|---------|----------------|--------|-----------------------|
|                             | Coeff. of                    |            | Coeff. of |         | Coeff. of                     |            | Coeff. of |         | Low            | High   | (Middle Category)     |
|                             | Medians                      | Dispersion | Minimum   | Maximum | Medians                       | Dispersion | Minimum   | Maximum |                |        |                       |
| Parameter Group #3          |                              |            |           |         |                               |            |           |         |                |        |                       |
| Date of minimum             | 244                          | 0,3709     | 14        | 313     | 293,5                         | 0,2391     | 16        | 331     | 212,2          | 271,5  | -0,1667               |
| Date of maximum             | 57                           | 0,3422     | 1         | 352     | 44,5                          | 0,2404     | 5         | 159     | 82,19          | 227,2  | -0,375                |
| Parameter Group #4          |                              |            |           |         |                               |            |           |         |                |        |                       |
| Low pulse count             | 8                            | 1,594      | 3         | 26      | 0                             | 0          | 0         | 33      | 6,26           | 12,85  | -1                    |
| Low pulse duration          | 3,25                         | 0,6923     | 1         | 8       | 31                            | 2,879      | 1         | 140     | 2,63           | 4      | -0,8333               |
| High pulse count            | 13                           | 1,038      | 4         | 24      | 12,5                          | 2,3        | 1         | 50      | 8,89           | 19,37  | -0,375                |
| High pulse duration         | 3,75                         | 1,033      | 1         | 51      | 6,5                           | 1,115      | 1         | 114     | 2              | 4,5    | -0,5833               |
| The low pulse threshold is  |                              |            | 38,9      |         |                               |            |           |         |                |        |                       |
| The high pulse threshold is |                              |            | 254       |         |                               |            |           |         |                |        |                       |
| Parameter Group #5          |                              |            |           |         |                               |            |           |         |                |        |                       |
| Rise rate                   | 10,86                        | 1,126      | 4,91      | 39      | 47,41                         | 1,151      | 20,25     | 115,9   | 7,302          | 13,61  | -1                    |
| Fall rate                   | -13,88                       | -0,8114    | -35       | -4,71   | -21,63                        | -2,24      | -81,83    | -5,49   | -15,46         | -7,891 | -0,7917               |
| Number of reversals         | 179                          | 0,2598     | 147       | 202     | 160,5                         | 0,8785     | 62        | 226     | 159,4          | 194    | -0,5833               |

|                     | Middle RVA Category |          |         | High RVA Category |          |         | Low RVA Category |          |         |
|---------------------|---------------------|----------|---------|-------------------|----------|---------|------------------|----------|---------|
|                     | Expected            | Observed | Alter.  | Expected          | Observed | Alter.  | Expected         | Observed | Alter.  |
| Parameter Group #1  |                     |          |         |                   |          |         |                  |          |         |
| January             | 4,8                 | 2        | -0,5833 | 3,6               | 10       | 1,778   | 3,6              | 0        | -1      |
| February            | 4,8                 | 1        | -0,7917 | 3,6               | 10       | 1,778   | 3,6              | 1        | -0,7222 |
| March               | 4,8                 | 2        | -0,5833 | 3,6               | 9        | 1,5     | 3,6              | 1        | -0,7222 |
| April               | 4,8                 | 2        | -0,5833 | 3,6               | 10       | 1,778   | 3,6              | 0        | -1      |
| May                 | 4,8                 | 1        | -0,7917 | 3,6               | 10       | 1,778   | 3,6              | 1        | -0,7222 |
| June                | 4,8                 | 1        | -0,7917 | 3,6               | 10       | 1,778   | 3,6              | 1        | -0,7222 |
| July                | 4,8                 | 1        | -0,7917 | 3,6               | 10       | 1,778   | 3,6              | 1        | -0,7222 |
| August              | 4,8                 | 1        | -0,7917 | 3,6               | 9        | 1,5     | 3,6              | 2        | -0,4444 |
| September           | 4,8                 | 0        | -1      | 3,6               | 9        | 1,5     | 3,6              | 3        | -0,1667 |
| October             | 4,8                 | 0        | -1      | 3,6               | 8        | 1,222   | 3,6              | 4        | 0,1111  |
| November            | 4,8                 | 2        | -0,5833 | 3,6               | 8        | 1,222   | 3,6              | 2        | -0,4444 |
| December            | 4,8                 | 0        | -1      | 3,6               | 11       | 2,056   | 3,6              | 1        | -0,7222 |
| Parameter Group #2  |                     |          |         |                   |          |         |                  |          |         |
| 1-day minimum       | 4,8                 | 1        | -0,7917 | 3,6               | 7        | 0,9444  | 3,6              | 4        | 0,1111  |
| 3-day minimum       | 4,8                 | 1        | -0,7917 | 3,6               | 8        | 1,222   | 3,6              | 3        | -0,1667 |
| 7-day minimum       | 4,8                 | 1        | -0,7917 | 3,6               | 8        | 1,222   | 3,6              | 3        | -0,1667 |
| 30-day minimum      | 4,8                 | 0        | -1      | 3,6               | 8        | 1,222   | 3,6              | 4        | 0,1111  |
| 90-day minimum      | 4,8                 | 0        | -1      | 3,6               | 9        | 1,5     | 3,6              | 3        | -0,1667 |
| 1-day maximum       | 4,8                 | 0        | -1      | 3,6               | 12       | 2,333   | 3,6              | 0        | -1      |
| 3-day maximum       | 4,8                 | 0        | -1      | 3,6               | 12       | 2,333   | 3,6              | 0        | -1      |
| 7-day maximum       | 4,8                 | 0        | -1      | 3,6               | 12       | 2,333   | 3,6              | 0        | -1      |
| 30-day maximum      | 4,8                 | 1        | -0,7917 | 3,6               | 11       | 2,056   | 3,6              | 0        | -1      |
| 90-day maximum      | 4,8                 | 1        | -0,7917 | 3,6               | 11       | 2,056   | 3,6              | 0        | -1      |
| Number of zero days | 12                  | 12       | 0       | 0                 | 0        | 0       | 0                | 0        | 0       |
| Base flow index     | 4,8                 | 1        | -0,7917 | 3,6               | 6        | 0,6667  | 3,6              | 5        | 0,3889  |
| Parameter Group #3  |                     |          |         |                   |          |         |                  |          |         |
| Date of minimum     | 4,8                 | 4        | -0,1667 | 3,6               | 5        | 0,3889  | 3,6              | 3        | -0,1667 |
| Date of maximum     | 4,8                 | 3        | -0,375  | 3,6               | 0        | -1      | 3,6              | 9        | 1,5     |
| Parameter Group #4  |                     |          |         |                   |          |         |                  |          |         |
| Low pulse count     | 4,8                 | 0        | -1      | 3,6               | 1        | -0,7222 | 3,6              | 11       | 2,056   |
| Low pulse duration  | 6                   | 1        | -0,8333 | 2,4               | 3        | 0,25    | 3,6              | 1        | -0,7222 |
| High pulse count    | 4,8                 | 3        | -0,375  | 3,6               | 5        | 0,3889  | 3,6              | 4        | 0,1111  |
| High pulse duration | 7,2                 | 3        | -0,5833 | 2,4               | 7        | 1,917   | 2,4              | 2        | -0,1667 |
| Parameter Group #5  |                     |          |         |                   |          |         |                  |          |         |
| Rise rate           | 4,8                 | 0        | -1      | 3,6               | 12       | 2,333   | 3,6              | 0        | -1      |
| Fall rate           | 4,8                 | 1        | -0,7917 | 3,6               | 2        | -0,4444 | 3,6              | 9        | 1,5     |
| Number of reversals | 4,8                 | 2        | -0,5833 | 3,6               | 4        | 0,1111  | 3,6              | 6        | 0,6667  |

## B2. Sub-DAS Kertosono

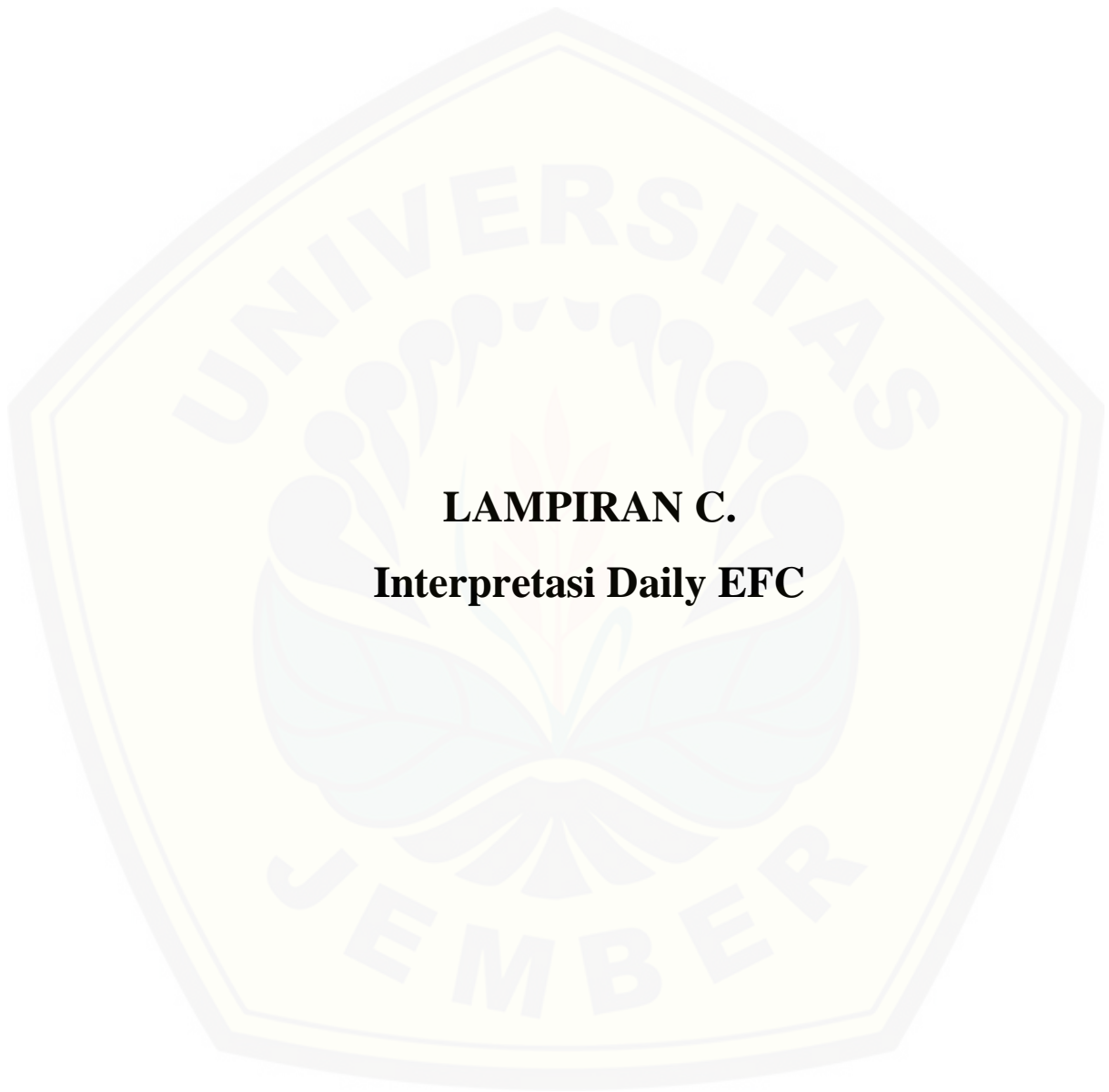
|                     | Pre-impact period: 1996-2005 |            |         |         | Post-impact period: 2006-2017 |            |         |         | RVA Boundaries |        | Hydrologic Alteration |
|---------------------|------------------------------|------------|---------|---------|-------------------------------|------------|---------|---------|----------------|--------|-----------------------|
|                     | Coeff. of                    |            |         |         | Coeff. of                     |            |         |         | Low            | High   | (Middle Category)     |
|                     | Medians                      | Dispersion | Minimum | Maximum | Medians                       | Dispersion | Minimum | Maximum |                |        |                       |
| Parameter Group #1  |                              |            |         |         |                               |            |         |         |                |        |                       |
| January             | 97                           | 1,214      | 35,87   | 313     | 394,6                         | 0,8344     | 109,7   | 700,5   | 80,82          | 136,4  | -0,7917               |
| February            | 212,8                        | 0,7298     | 101,4   | 341     | 472,3                         | 0,3358     | 190,4   | 744     | 166,5          | 248,3  | -0,7917               |
| March               | 211,5                        | 0,8681     | 57,92   | 323     | 401,4                         | 0,3914     | 251,4   | 573,2   | 103,3          | 235    | -1                    |
| April               | 154,4                        | 1,143      | 60,68   | 326     | 417,3                         | 0,3224     | 272,7   | 490,5   | 99,3           | 249,3  | -1                    |
| May                 | 80,84                        | 1,316      | 18,91   | 184     | 263,9                         | 0,7524     | 149,9   | 480,3   | 56,47          | 123,5  | -1                    |
| June                | 61,03                        | 1,168      | 17,61   | 216     | 219,6                         | 0,8496     | 99,11   | 443,4   | 44,49          | 94,73  | -1                    |
| July                | 48,15                        | 0,7467     | 18,91   | 185     | 184,5                         | 0,7728     | 64,64   | 312,1   | 41,84          | 57,41  | -1                    |
| August              | 46,6                         | 0,7143     | 11,88   | 82,42   | 175,6                         | 0,7727     | 62,59   | 279,8   | 31,56          | 52,17  | -1                    |
| September           | 42                           | 1,177      | 5,5     | 74,8    | 144,3                         | 1,01       | 58,09   | 368,8   | 28,6           | 52,3   | -1                    |
| October             | 54                           | 1,28       | 4,98    | 98,6    | 151,7                         | 1,028      | 69,53   | 432,7   | 32,94          | 73,49  | -0,7917               |
| November            | 80,95                        | 1,594      | 4,475   | 228,5   | 275,6                         | 0,6813     | 102,6   | 515,4   | 32,77          | 122,7  | -0,5833               |
| December            | 78,2                         | 0,5593     | 9,65    | 158     | 388,6                         | 0,7002     | 135,9   | 622,3   | 67,86          | 92,61  | -1                    |
| Parameter Group #2  |                              |            |         |         |                               |            |         |         |                |        |                       |
| 1-day minimum       | 20,8                         | 1,652      | 1,99    | 43,1    | 100,2                         | 0,664      | 49,05   | 207,1   | 3,366          | 30,7   | -1                    |
| 3-day minimum       | 30,95                        | 1,157      | 1,99    | 44,77   | 103,5                         | 0,6259     | 49,87   | 218,9   | 6,024          | 37,43  | -1                    |
| 7-day minimum       | 31,8                         | 1,14       | 1,99    | 48,41   | 113,5                         | 0,6274     | 51,49   | 222,8   | 8,137          | 40,12  | -1                    |
| 30-day minimum      | 39,82                        | 0,9059     | 3,905   | 62,87   | 128,3                         | 0,8145     | 58,29   | 236,2   | 27,14          | 45,75  | -1                    |
| 90-day minimum      | 48,05                        | 0,7395     | 6,017   | 89,01   | 147,6                         | 0,9651     | 62,32   | 291,6   | 32,38          | 52,8   | -1                    |
| 1-day maximum       | 561                          | 0,574      | 336,8   | 829     | 827,7                         | 0,3313     | 648,8   | 1290    | 452,7          | 631,4  | -1                    |
| 3-day maximum       | 425,8                        | 0,729      | 252,2   | 695,6   | 755,7                         | 0,2576     | 632     | 1107    | 341,6          | 522,8  | -1                    |
| 7-day maximum       | 342,4                        | 0,9298     | 190,6   | 647,9   | 666                           | 0,3711     | 546,8   | 965,9   | 298            | 477,8  | -1                    |
| 30-day maximum      | 271,4                        | 0,6864     | 140,8   | 518     | 579,2                         | 0,2085     | 405,9   | 747,8   | 201,6          | 352,3  | -1                    |
| 90-day maximum      | 219,4                        | 0,7259     | 93,07   | 325,3   | 480                           | 0,3053     | 297,1   | 655,7   | 174            | 266,2  | -1                    |
| Number of zero days | 0                            | 0          | 0       | 0       | 0                             | 0          | 0       | 0       | 0              | 0      | 0                     |
| Base flow index     | 0,2386                       | 0,999      | 0,02226 | 0,3741  | 0,3631                        | 0,2914     | 0,2513  | 0,5768  | 0,1265         | 0,3025 | -0,5833               |

|                             | Pre-impact period: 1996-2005 |            |           |         | Post-impact period: 2006-2017 |            |           |         | RVA Boundaries |        | Hydrologic Alteration |
|-----------------------------|------------------------------|------------|-----------|---------|-------------------------------|------------|-----------|---------|----------------|--------|-----------------------|
|                             | Coeff. of                    |            | Coeff. of |         | Coeff. of                     |            | Coeff. of |         | Low            | High   | (Middle Category)     |
|                             | Medians                      | Dispersion | Minimum   | Maximum | Medians                       | Dispersion | Minimum   | Maximum |                |        |                       |
| Parameter Group #3          |                              |            |           |         |                               |            |           |         |                |        |                       |
| Date of minimum             | 269,5                        | 0,1687     | 73        | 352     | 267                           | 0,2329     | 4         | 341     | 239,2          | 278,5  | 0,04167               |
| Date of maximum             | 69                           | 0,1988     | 30        | 339     | 58                            | 0,2309     | 7         | 362     | 62,3           | 108    | -0,3333               |
| Parameter Group #4          |                              |            |           |         |                               |            |           |         |                |        |                       |
| Low pulse count             | 10                           | 1,725      | 0         | 32      | 0                             | 0          | 0         | 0       | 5,63           | 16,48  | -1                    |
| Low pulse duration          | 2                            | 1,875      | 1         | 11,5    |                               |            |           |         | 1,3            | 3,35   | -1                    |
| High pulse count            | 13,5                         | 0,4074     | 3         | 19      | 4,5                           | 2,222      | 0         | 19      | 11             | 14,37  | -0,6667               |
| High pulse duration         | 3,5                          | 0,8214     | 1         | 10      | 3,75                          | 50,97      | 1         | 304     | 2,5            | 5      | -0,5238               |
| The low pulse threshold is  |                              |            | 42,82     |         |                               |            |           |         |                |        |                       |
| The high pulse threshold is |                              |            | 156,2     |         |                               |            |           |         |                |        |                       |
| Parameter Group #5          |                              |            |           |         |                               |            |           |         |                |        |                       |
| Rise rate                   | 8,325                        | 0,688      | 4,355     | 13,9    | 14,76                         | 0,717      | 9,45      | 37,8    | 6,705          | 10,12  | -0,7917               |
| Fall rate                   | -10,05                       | -0,7429    | -15,95    | -4,51   | -14,87                        | -0,6111    | -34,19    | -8,22   | -12,42         | -7,175 | -0,1667               |
| Number of reversals         | 176                          | 0,09943    | 148       | 186     | 162,5                         | 0,1369     | 146       | 186     | 168,9          | 179,9  | -0,7917               |



# Digital Repository Universitas Jember

|                     | Middle RVA Category |          |         | High RVA Category |          |         | Low RVA Category |          |         |
|---------------------|---------------------|----------|---------|-------------------|----------|---------|------------------|----------|---------|
|                     | Expected            | Observed | Alter.  | Expected          | Observed | Alter.  | Expected         | Observed | Alter.  |
| Parameter Group #1  |                     |          |         |                   |          |         |                  |          |         |
| January             | 4,8                 | 1        | -0,7917 | 3,6               | 11       | 2,056   | 3,6              | 0        | -1      |
| February            | 4,8                 | 1        | -0,7917 | 3,6               | 11       | 2,056   | 3,6              | 0        | -1      |
| March               | 4,8                 | 0        | -1      | 3,6               | 12       | 2,333   | 3,6              | 0        | -1      |
| April               | 4,8                 | 0        | -1      | 3,6               | 12       | 2,333   | 3,6              | 0        | -1      |
| May                 | 4,8                 | 0        | -1      | 3,6               | 12       | 2,333   | 3,6              | 0        | -1      |
| June                | 4,8                 | 0        | -1      | 3,6               | 12       | 2,333   | 3,6              | 0        | -1      |
| July                | 4,8                 | 0        | -1      | 3,6               | 12       | 2,333   | 3,6              | 0        | -1      |
| August              | 4,8                 | 0        | -1      | 3,6               | 12       | 2,333   | 3,6              | 0        | -1      |
| September           | 4,8                 | 0        | -1      | 3,6               | 12       | 2,333   | 3,6              | 0        | -1      |
| October             | 4,8                 | 1        | -0,7917 | 3,6               | 11       | 2,056   | 3,6              | 0        | -1      |
| November            | 4,8                 | 2        | -0,5833 | 3,6               | 10       | 1,778   | 3,6              | 0        | -1      |
| December            | 4,8                 | 0        | -1      | 3,6               | 12       | 2,333   | 3,6              | 0        | -1      |
| Parameter Group #2  |                     |          |         |                   |          |         |                  |          |         |
| 1-day minimum       | 4,8                 | 0        | -1      | 3,6               | 12       | 2,333   | 3,6              | 0        | -1      |
| 3-day minimum       | 4,8                 | 0        | -1      | 3,6               | 12       | 2,333   | 3,6              | 0        | -1      |
| 7-day minimum       | 4,8                 | 0        | -1      | 3,6               | 12       | 2,333   | 3,6              | 0        | -1      |
| 30-day minimum      | 4,8                 | 0        | -1      | 3,6               | 12       | 2,333   | 3,6              | 0        | -1      |
| 90-day minimum      | 4,8                 | 0        | -1      | 3,6               | 12       | 2,333   | 3,6              | 0        | -1      |
| 1-day maximum       | 4,8                 | 0        | -1      | 3,6               | 12       | 2,333   | 3,6              | 0        | -1      |
| 3-day maximum       | 4,8                 | 0        | -1      | 3,6               | 12       | 2,333   | 3,6              | 0        | -1      |
| 7-day maximum       | 4,8                 | 0        | -1      | 3,6               | 12       | 2,333   | 3,6              | 0        | -1      |
| 30-day maximum      | 4,8                 | 0        | -1      | 3,6               | 12       | 2,333   | 3,6              | 0        | -1      |
| 90-day maximum      | 4,8                 | 0        | -1      | 3,6               | 12       | 2,333   | 3,6              | 0        | -1      |
| Number of zero days | 12                  | 12       | 0       | 0                 | 0        | 0       | 0                | 0        | 0       |
| Base flow index     | 4,8                 | 2        | -0,5833 | 3,6               | 10       | 1,778   | 3,6              | 0        | -1      |
| Parameter Group #3  |                     |          |         |                   |          |         |                  |          |         |
| Date of minimum     | 4,8                 | 5        | 0,04167 | 3,6               | 2        | -0,4444 | 3,6              | 5        | 0,3889  |
| Date of maximum     | 6                   | 4        | -0,3333 | 2,4               | 4        | 0,6667  | 3,6              | 4        | 0,1111  |
| Parameter Group #4  |                     |          |         |                   |          |         |                  |          |         |
| Low pulse count     | 4,8                 | 0        | -1      | 3,6               | 0        | -1      | 3,6              | 12       | 2,333   |
| Low pulse duration  | 3,6                 | 0        | -1      | 3,6               | 0        | -1      | 3,6              | 0        | -1      |
| High pulse count    | 6                   | 2        | -0,6667 | 3,6               | 1        | -0,7222 | 2,4              | 9        | 2,75    |
| High pulse duration | 8,4                 | 4        | -0,5238 | 1,2               | 4        | 2,333   | 2,4              | 2        | -0,1667 |
| Parameter Group #5  |                     |          |         |                   |          |         |                  |          |         |
| Rise rate           | 4,8                 | 1        | -0,7917 | 3,6               | 11       | 2,056   | 3,6              | 0        | -1      |
| Fall rate           | 4,8                 | 4        | -0,1667 | 3,6               | 0        | -1      | 3,6              | 8        | 1,222   |
| Number of reversals | 4,8                 | 1        | -0,7917 | 3,6               | 2        | -0,4444 | 3,6              | 9        | 1,5     |



**LAMPIRAN C.**  
**Interpretasi Daily EFC**

C1. Sub-DAS Ploso

|                                    | Medians | Coeff. of Disp. |
|------------------------------------|---------|-----------------|
| EFC Low flows                      |         |                 |
| January Low Flow                   | 265,3   | 0,7476          |
| February Low Flow                  | 291,6   | 0,4708          |
| March Low Flow                     | 272,3   | 0,3241          |
| April Low Flow                     | 267     | 0,5614          |
| May Low Flow                       | 192     | 0,8739          |
| June Low Flow                      | 97,13   | 2,13            |
| July Low Flow                      | 78,14   | 2,626           |
| August Low Flow                    | 86,5    | 1,946           |
| September Low Flow                 | 85,3    | 2,04            |
| October Low Flow                   | 80,21   | 1,966           |
| November Low Flow                  | 120,3   | 1,541           |
| December Low Flow                  | 190,8   | 1,027           |
| EFC Parameters                     |         |                 |
| Extreme low peak                   | 13,74   | 0,4949          |
| Extreme low duration               | 3       | 5,667           |
| Extreme low timing                 | 280     | 0,2083          |
| Extreme low freq.                  | 0       | 0               |
| High flow peak                     | 616,3   | 0,2864          |
| High flow duration                 | 2       | 0,875           |
| High flow timing                   | 51      | 0,2534          |
| High flow frequency                | 12      | 0,75            |
| High flow rise rate                | 162     | 0,8749          |
| High flow fall rate                | -131,5  | -0,7603         |
| Small Flood peak                   | 2294    | 0,4284          |
| Small Flood duration               | 23      | 1,087           |
| Small Flood timing                 | 33,5    | 0,2377          |
| Small Flood freq.                  | 0,5     | 6               |
| Small Flood riserate               | 372,6   | 1,196           |
| Small Flood fallrate               | -196,2  | -3,425          |
| Large flood peak                   | 4726    | 0,1431          |
| Large flood duration               | 56,25   | 0,06222         |
| Large flood timing                 | 92,25   | 0,05601         |
| Large flood freq.                  | 0       | 0               |
| Large flood riserate               | 197,2   | 0,1896          |
| Large flood fallrate               | -136,2  | -0,1371         |
| EFC low flow threshold:            |         |                 |
| EFC high flow threshold:           |         | 403,9           |
| EFC extreme low flow threshold:    |         | 23,53           |
| EFC small flood minimum peak flow: |         |                 |
| EFC large flood minimum peak flow: |         | 1563            |
|                                    |         | 4307            |

C2. Sub-DAS Kertosono

|                                    | Medians | Coeff. of Disp. |
|------------------------------------|---------|-----------------|
| EFC Low flows                      |         |                 |
| January Low Flow                   | 166     | 0,9059          |
| February Low Flow                  | 212     | 0,5382          |
| March Low Flow                     | 210,3   | 0,6835          |
| April Low Flow                     | 239,3   | 0,6433          |
| May Low Flow                       | 153,7   | 0,8998          |
| June Low Flow                      | 130,1   | 1,122           |
| July Low Flow                      | 99,1    | 1,468           |
| August Low Flow                    | 93,9    | 1,547           |
| September Low Flow                 | 74,8    | 1,682           |
| October Low Flow                   | 106     | 1,09            |
| November Low Flow                  | 142,1   | 0,72            |
| December Low Flow                  | 126,6   | 0,9635          |
| EFC Parameters                     |         |                 |
| Extreme low peak                   | 34,9    | 0,2976          |
| Extreme low duration               | 2       | 1,25            |
| Extreme low timing                 | 244     | 0,4003          |
| Extreme low freq.                  | 0       | 0               |
| High flow peak                     | 393     | 0,1876          |
| High flow duration                 | 2       | 1,313           |
| High flow timing                   | 69,75   | 0,224           |
| High flow frequency                | 7,5     | 1,5             |
| High flow rise rate                | 56,3    | 1,992           |
| High flow fall rate                | -57,58  | -1,522          |
| Small Flood peak                   | 774,7   | 0,1263          |
| Small Flood duration               | 23,5    | 3,335           |
| Small Flood timing                 | 50      | 0,182           |
| Small Flood freq.                  | 0       | 0               |
| Small Flood riserate               | 41,33   | 5,629           |
| Small Flood fallrate               | -44,65  | -1,813          |
| Large flood peak                   | 1199    | 0,1004          |
| Large flood duration               | 96,25   | 1,397           |
| Large flood timing                 | 135,3   | 0,444           |
| Large flood freq.                  | 0       | 0               |
| Large flood riserate               | 34,36   | 0,661           |
| Large flood fallrate               | -47,64  | -1,421          |
| EFC low flow threshold:            |         |                 |
| EFC high flow threshold:           |         | 319,6           |
| EFC extreme low flow threshold:    |         | 40,6            |
| EFC small flood minimum peak flow: |         |                 |
| EFC large flood minimum peak flow: |         | 713,9           |
|                                    |         | 1094            |

