

**MODEL HIDROLOGI IFAS  
UNTUK MEMPREDIKSI KECUKUPAN AIR IRIGASI DI DAS CILIWUNG**

Oleh  
**ASTINGGARA YAHYA FEBRIANTO**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA**



**UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
FAKULTERAS PERTANIAN**

**MALANG**

**2016**

**MODEL HIDROLOGI IFAS  
UNTUK MEMPREDIKSI KECUKUPAN AIR IRIGASI DI DAS CILIWUNG**

Oleh

**Astinggara Yahya Febrianto**

**125040201111036**

**PROGRAM STUDI AGROEKOTEKNOLOGI  
MINAT MANAJEMEN SUMBERDAYA LAHAN**

**SKRIPSI**

**Diajukan sebagai salah Satu syarat untuk memperoleh  
Gelar Sarjana Pertanian Strata Satu (S-1)**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA**

**FAKULTERAS PERTANIAN**

**PROGRAM STUDI AGROEKOTEKNOLOGI**

**MALANG**

**2016**

## PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa segala pernyataan dalam skripsi ini merupakan hasil penelitian saya sendiri, dengan bimbingan komisi pembimbing. Skripsi ini tidak pernah diajukan untuk memperoleh gelar di perguruan tinggi manapun dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang dengan jelas ditunjukkan rujukannya dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Malang, November 2016

Astinggara Yahya Febrianto



## LEMBAR PERSETUJUAN

Judul : Model Hidrologi Ifas Untuk Memprediksi Kecukupan  
Air Irigasi di DAS Ciliwung  
Nama : Astinggara Yahya Febrianto  
NIM : 125040201111036  
Jurusan : Tanah  
Program Studi : Agroekoteknologi  
Laboratorium : Pedologi dan Sistem Informasi Sumberdaya Lahan  
(PSISDL)  
Menyetujui : Dosen Pembimbing

Disetujui  
Pembimbing Utama, Pembimbing Kedua,

Dr. Ir. Sudarto, MS.  
NIP . 19560317 198303 1 003

Adang Hamdani SP. MSi.  
NIP. 19741226 200212 1 002

Diketahui  
a.n Dekan

Ketua Jurusan Tanah

Prof. Dr. Ir. Zaenal Kusuma, SU.  
NIP. 19540501 198103 1 006

Tanggal Persetujuan :



Skripsi Ini Kupersembahkan  
Untuk Orang Tua dan Kedua Adik Saya  
Serta Teman-teman Jurusan Tanah  
**BRAWIJAYA**

## RINGKASAN

Astinggara Yahya Febrianto. 125040201111036. **Model Hidrologi IFAS untuk Memprediksi Kecukupan Air Irigasi di DAS Ciliwung.** Di bawah bimbingan Sudarto sebagai pembimbing utama dan Adang Hamdani sebagai pembimbing pendamping.

Daerah Aliran Sungai (DAS) adalah suatu wilayah daratan yang dibatasi topografi dengan sungai dan anak-anak sungainya, yang berfungsi menampung, menyimpan dan mengalirkan air yang berasal dari curah hujan ke danau atau ke laut sampai dengan daerah perairan yang masih terpengaruh aktivitas daratan. Air yang dihasilkan dari DAS juga menjadi ancaman bencana seperti banjir dan sedimentasi hasil angkutan partikel tanah oleh aliran air. Pengelolaan dan pengendalian sumber daya air dapat dilakukan dengan mengetahui jumlah besaran air yang diperlukan dalam suatu lingkup budidaya pertanian. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui keakuratan aplikasi model hidrologi IFAS di DAS Ciliwung dan mengetahui kecukupan air irigasi pada masing-masing outlet bendung di DAS Ciliwung sesuai musim tahun 2015 yang dilaksanakan periode Februari – April 2016 di outlet DAS Ciliwung yaitu pada outlet bendung Cibalok dan stasiun klimatologi Citeko Jawa Barat.

Salah satu model yang dapat digunakan simulasi permodelan hidrologi adalah Integrated Flood Analysis System (IFAS). Analisis dengan menggunakan model hidrologi merupakan suatu alternatif untuk memprediksi ketersediaan air irigasi. Selanjutnya dilakukan analisis data dengan menggunakan uji *Nash-Sutcliffe* (NSE). Hasil penelitian menunjukkan bahwa aplikasi model IFAS dapat digunakan dalam memprediksi debit air irigasi dengan tingkat keakuratan 0,72 (72%), serta debit simulasi ketersediaan air dan nilai kebutuhan air DI di DAS Ciliwung, pada musim tanam satu Bendung Cibanon mengalami defisit sebesar 122 (liter/det/ha), sedangkan Bendung Cibalok, Katulampa, Bantarjati dan Kranji memiliki surplus dengan nilai kecukupan 914(liter/det/ha), 1677.15 (liter/det/ha), 3705.5 (liter/det/ha) dan 4355.5 (liter/det/ha) secara berturut-turut. Musim tanam ke-dua keseluruhan bendung berada pada kondisi surplus.

## SUMMARY

Astinggara Yahya Febrianto. 125040201111036. IFAS Hydrology Model for Predicting Irrigation Water Sufficiency in Ciliwung. Under the guidance of Sudarto as the main supervisor and Adang Hamdani as supervisor companion.

---

Watershed is an area of land bounded by the topography of rivers and its tributaries, that functioning collect, store, and drain water that comes from rainfall to the lake or into the sea until the water area is still affected by land activities. Water that produced from watershed also be disaster threats such as floods and sediment transport resultiters of soil particles by water flow. Management and control of water resources can be done by knowing the amount of water required in a scope of agriculiterure. This study was conducted to determine the accuracy of the application of hydrologic models IFAS in Ciliwung watershed and the adequacy of irrigation water at each dam outlet in Ciliwung watershed according to season 2015 which held on period from February to April 2016, namely Ciliwung watershed outlet on the outlet dam Cibalok and climatological stations Citeko West Java.

One model that can be used simulated hydrological modeling is the Integrated Flood Analysis System (IFAS). Analysis by using a hydrological model is an aliterernative to predict the availability of irrigation water. Further analysis of test data using Nash-Sutcliffe (NSE).The resultiters showed the application of the model IFAS can be used in predicting the debits of irrigation water to the level of accuracy of 0.72 (72%), as well as simulated debit water availability and value of irrigation area water needs in Ciliwung watershed, in the planting season of the Cibanon's dam deficit of 122 (liter/sec/ha), while the Cibalok, Katulampa, Bantarjati and Kranji's dam has a surplus with the value of the adequacy of 914 (liter/sec/ha), 1677.15 (liter/sec/ha), 3705.5 (liter/sec/ha) and 4355.5 (liter/sec/ha) respectively. The second's planting season overall dam area almost in surplus conditions.

## KATA PENGANTAR

Puji syukur dipanjatkan kehadirat Allah SWT atas limpahan Rahmat dan Hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan proposal skripsi dengan judul “Model Hidrologi IFAS Untuk Memprediksi Kecukupan Air Irigasi di DAS Ciliwung”. Pada kesempatan ini, penulis menyampaikan terima kasih kepada :

1. Kedua orang tua saya yang sudah memberikan dukungan kepada saya baik secara materil maupun moril, sehingga penulis dapat melaksanakan pendidikan hingga jenjang perguruan tinggi.
2. Dr. Ir. Sudarto, MS, selaku dosen pembimbing utama yang telah memberikan bimbingan, arahan dan nasehat, sehingga terselesaikannya penulisan usulan penelitian ini.
3. Adang Hamdani SP. MSi, selaku pembimbing kedua, atas bimbingan, pembelajaran dan motivasi selama melaksanakan penelitian di Balai Penelitian Agroklimat dan Hidrologi.
4. Dr. Ir. Budi Kartiwa, CESA, selaku peneliti senior, atas bimbingan, arahan serta nasehat selama melaksanakan penelitian di Balai Penelitian Agroklimat dan Hidrologi.
5. Dr. Ir. Haris Syahbuddin, DEA, selaku kepala balai, atas kesempatan, bimbingan, nasehat serta masukan dalam melakukan penelitian di Balai Penelitian Agroklimat Dan Hidrologi.
6. Haryono, SP.,MM, selaku ketua jasa penelitian, atas bimbingan dan arahan, sehingga penulis dapat melakukan penelitian di Balai Penelitian Agroklimat Dan Hidrologi.
7. Dr. Ir. Popi Rejekiningrum, MS., selaku kordinator program kerja Balai Penelitian Agroklimat dan Hidrologi, atas kesempatan melaksanakan penelitian, arahan dan bimbingan, sehingga penulis dapat melaksanakan penelitian pada salah satu program kerja yang dilaksanakan.
8. Ir. Hendri Sosiawan, CESA, selaku ketua kelompok peneliti Laboratorium Hidrologi, atas kesempatan, bimbingan serta arahan, sehingga peneliti dapat melaksanakan penelitian di dalam lingkup kelompok peneliti Laboratorium Hidrologi Balai Penelitian Agroklimat Dan Hidrologi.

9. Dr. Ir. Nono Sutrisno, MS., Ir. Sidik Haddy Tala'ohu, MM., Ir. Kurmen sudarman,MP., Dhani hendra, ST, Dr. Ir. Nani Heryani, M.Si., Surtiah, SE, selaku kelompok peneliti laboratorium Hidrologi, atas semangat, dukungan, motivasi dan arahan, sehingga penulis dapat melaksanakan penelitian di dalam lingkup kelompok peneliti Laboratorium Hidrologi Balai Penelitian Agroklimat Dan Hidrologi.
10. Husna Alfiani, ST, Catur Nengsumoyo, S.Kom, Yulius Argo Baroto, ST, M. Nur Imansyah, S.Kom, Verawati Sunarya, Dian Maya Sari, STP, Risqa Nurkhaida, STP, Marlina, SP, selaku staf pegawai di Balai Penelitian Agroklimat Dan Hidrologi, atas bimbingan saran maupun dukungan moral kepada penulis, sehingga penulis dapat melaksanakan penelitian di Balai Penelitian Agroklimat Dan Hidrologi.
11. Master Tomi (Tommy Kurniawan, SP) dan Zulfikar Rizky Perdana, SP yang telah memberi andil besar dalam memberikan saran dan masukan bagi terselesaikannya usulan penelitian ini.
12. Rekan-rekan MABOG yang telah memberikan semangat, dukungan, saran serta masukan bagi terselesaikannya usulan penelitian ini.
13. Rekan-rekan SOILER 2012 FPUB yang juga turut memberi semangat dan dukungan bagi penulis dalam menyelesaikan mengerjakan usulan penelitian ini.
14. Sahabat-sahabat dan teman-teman terdekat saya Ollivia Yunitasari, Aris Shodikin, Aulia Rachman Jaya, Hamdan Muzaqi, Rini Agustin, Zuli Kurnia, yang telah memberikan dukungan serta semangat kepada penulis sehingga penulis semangat dalam menyelesaikan skripsi ini.

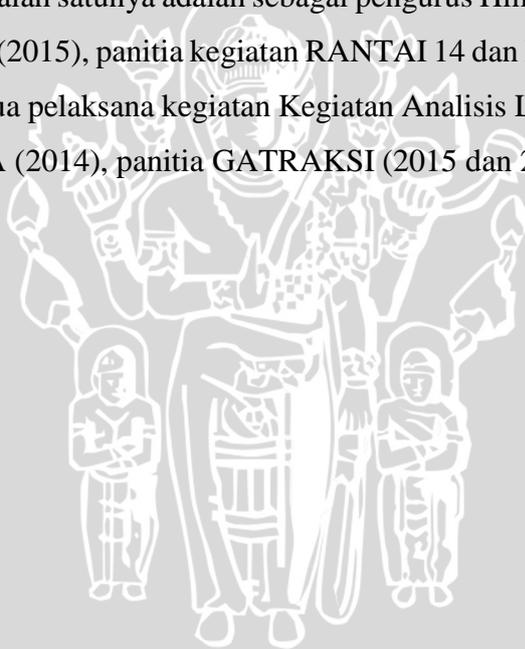
Malang, 23 Maret 2016

Penulis

## RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Bojonegoro pada tanggal 26 Februari 1994 sebagai putra dari Bapak Moch. Warih Cipto Utomo dan Ibu Sujatmi. Penulis menempuh pendidikan sekolah dasar di SDN Kadipaten II Bojonegoro (2000-2006), melanjutkan sekolah menengah pertama di SMP Negeri 1 Bojonegoro (2006-2009), selanjutnya menempuh sekolah menengah atas di SMA Negeri 4 Bojonegoro (2009-2012), dan menempuh pendidikan Strata-1 di Program Studi Agroekoteknologi, Minat Manajemen Sumberdaya Lahan, Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya pada tahun 2012.

Selama menjadi mahasiswa penulis pernah menjadi asisten praktikum Mata Kuliah Teknologi Konservasi Sumberdaya Lahan (2016-2017). Penulis juga aktif dalam ber-organisasi, salah satunya adalah sebagai pengurus Himpunan Mahasiswa Ilmu Tanah Brawijaya (2015), panitia kegiatan RANTAI 14 dan RANTAI 15 (2013 dan 2014), sebagai ketua pelaksana kegiatan Kegiatan Analisis Lahan dan Evaluasi Lahan atau KALDERA (2014), panitia GATRAKSI (2015 dan 2016).



## DAFTAR ISI

RINGKASAN .....	i
SUMMARY .....	ii
KATA PENGANTAR .....	iii
RIWAYAT HIDUP .....	v
DAFTAR ISI .....	vi
DAFTAR TABEL .....	vii
DAFTAR GAMBAR .....	viii
DAFTAR LAMPIRAN .....	ix
<b>I. PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Tujuan .....	3
1.3. Hipotesis .....	3
1.4. Manfaat .....	3
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>5</b>
2.1. Daerah Aliran Sungai .....	5
2.2. Model Hidrologi .....	9
2.3. DAS Ciliwung .....	16
<b>III. METODE PENELITIAN .....</b>	<b>20</b>
3.1. Tempat dan Waktu Penelitian .....	20
3.2. Alat dan Bahan .....	21
3.3. Pelaksanaan Penelitian .....	22
3.4. Tahapan Penelitian .....	24
3.5. Analisis Data .....	28
<b>IV. HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>30</b>
4.1. Karakteristik Morfometri DAS Ciliwung .....	30
4.2. Kalibrasi Model Hidrologi IFAS di DAS Ciliwung .....	35
4.3. Ketersediaan Air Irigasi Pada Masing-Masing Outlet Bendung .....	36
di DAS Ciliwung .....	36
4.4. Kebutuhan Air Irigasi Pada Masing-Masing Outlet Bendung .....	37
di DAS Ciliwung .....	37
4.5. Kecukupan Air Irigasi Pada Masing-Masing Outlet Bendung .....	39
di DAS Ciliwung .....	39
<b>V. PENUTUP .....</b>	<b>43</b>
5.1. Kesimpulan .....	43
5.2. Saran .....	43
DAFTAR PUSTAKA .....	44
LAMPIRAN .....	46

## DAFTAR TABEL

No	Teks	Halaman
1.	Daftar Parameter Model Permukaan.....	13
2.	Daftar Parameter Model Air Tanah.....	14
3.	Daftar Parameter Model Alur Sungai .....	16
4.	Wilayah Administrasi DAS Ciliwung.....	17
5.	Wilayah Aliran Outlet DAS Ciliwung.....	17
6.	Perbandingan Penggunaan Lahan di Hulu dan Tengah DAS Ciliwung .....	19
7.	Alat yang Digunakan dalam Penelitian.....	21
8.	Bahan yang Digunakan dalam Penelitian .....	21
9.	Tabel Kebutuhan Irigasi DI di Outlet DAS Ciliwung Sesuai Musim Tanam. 28	28
10.	Parameter air permukaan aplikasi model hidrologi IFAS.....	30
11.	Parameter air tanah aplikasi model hidrologi IFAS.....	30
12.	Parameter air sungai aplikasi model hidrologi IFAS .....	30
13.	Hasil Perhitungan Karakteristik DAS .....	31
14.	Tabel Perhitungan Jaringan Sungai DAS Ciliwung.....	33
15.	Tabel Nilai Kalibrasi Parameter Model IFAS.....	35
16.	Prediksi Debit Ketersediaan Aliran Air Irigasi Bulanan Tahun 2015 pada Outlet Bendung di DAS Ciliwung (liter/det).....	36
17.	Kebutuhan Air per-Musim Tanam pada Lahan Irigasi di Aliran Outlet DI di DAS Ciliwung (liter/det/ha).....	38
18.	Perbandingan Nilai Prediksi Ketersediaan dan Nilai Kebutuhan Irigasi di DAS Ciliwung (liter/det/ha).....	39
19.	Kecukupan Air Irigasi Outlet Bendung di DAS Ciliwung pada Musim Tanam Satu (liter/det/ha). .....	40
20.	Kecukupan Air Irigasi Outlet Bendung di DAS Ciliwung pada Musim Tanam Dua (liter/det/ha). .....	41
21.	Kecukupan Air Irigasi Outlet Bendung di DAS Ciliwung pada Musim Tanam Tiga (liter/det/ha). .....	41

**DAFTAR GAMBAR**

No	Teks	Halaman
1.	Alur Pikir Penelitian.....	4
2.	Cara Penentuan Orde Sungai .....	7
3.	Skema model tangki PWRI Distributed Model dalam IFAS.....	11
4.	Konsep skema aliran pada model permukaan.....	12
5.	Konsep Skema Aliran Pada Model Air Tanah.....	13
6.	Konsep Skema Aliran Pada Model Alur Sungai.....	14
7.	Peta Lokasi Penelitian.....	20
8.	Alur Kerja Penelitian.....	23
9.	Penentuan Kedalaman Baling-baling dan Jarak Lebar Sungai pada Pengukuran Current Meter.....	25
10.	Peta DAS Ciliwung (Daerah Aliran Sungai) .....	30



## DAFTAR LAMPIRAN

No	Teks	Halaman
1.	Peta Bendung Sungai (Pintu Air) DAS Ciliwung.....	46
2.	Kalibrasi Model Aplikasi Hidrologi IFAS ke-1 (PP1-PT1-PS1).....	46
3.	Kalibrasi Model Aplikasi Hidrologi IFAS ke-2 (PP1-PT1-PS2).....	47
4.	Kalibrasi Model Aplikasi Hidrologi IFAS ke-3 (PP1-PT1-PS3).....	47
5.	Kalibrasi Model Aplikasi Hidrologi IFAS ke-4 (PP2-PT1-PS1).....	48
6.	Kalibrasi Model Aplikasi Hidrologi IFAS ke-5 (PP2-PT1-PS2).....	48
7.	Kalibrasi Model Aplikasi Hidrologi IFAS ke-6 (PP2-PT1-PS3).....	49
8.	Kalibrasi Model Aplikasi Hidrologi IFAS ke-7 (PP3-PT1-PS1).....	49
9.	Kalibrasi Model Aplikasi Hidrologi IFAS ke-8 (PP3-PT1-PS2).....	50
10.	Kalibrasi Model Aplikasi Hidrologi IFAS ke-9 (PP3-PT1-PS3).....	50
11.	Kalibrasi Model Aplikasi Hidrologi IFAS ke-10 (PP4-PT1-PS1).....	51
12.	Kalibrasi Model Aplikasi Hidrologi IFAS ke-11 (PP4-PT1-PS2).....	51
13.	Kalibrasi Model Aplikasi Hidrologi IFAS ke-12 (PP4-PT1-PS3).....	52
14.	Kalibrasi Model Aplikasi Hidrologi IFAS ke-13 (PP5-PT1-PS1).....	52
15.	Kalibrasi Model Aplikasi Hidrologi IFAS ke-14 (PP5-PT1-PS2).....	53
16.	Kalibrasi Model Aplikasi Hidrologi IFAS ke-15 (PP5-PT1-PS3).....	53
17.	Kebutuhan Air Sesuai Luasan dan Masa Tanam DAS Ciliwung .....	54
18.	Perbandingan Nilai Debit Simulasi dan Debit Primer .....	55



## I. PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Daerah Aliran Sungai (DAS) berperan penting bagi kehidupan, berbagai kebutuhan dari segala sektor sangat bergantung pada ketersediaan air suatu DAS. Berbagai sektor, mulai dari pertanian, industri, konsumsi, rumah tangga, wisata, transportasi, dan kebutuhan lainnya sangat bergantung pada ketersediaan air DAS. Namun, air yang dihasilkan dari suatu DAS juga dapat berdampak bencana. Berbagai macam bencana, seperti banjir dan tanah longsor merupakan dampak dari pengelolaan DAS yang kurang tepat pada laju aliran (Run-Of) serta debit aliran sungai pada DAS. Sedimentasi hasil angkutan partikel tanah oleh aliran air, menyebabkan berbagai permasalahan yang berpotensi menyebabkan bencana di bagian hilir DAS. Menurut Sudaryono (2002), potensi air yang dihasilkan dari suatu DAS perlu dikendalikan melalui serangkaian pengelolaan sehingga ancaman bencana banjir pada musim penghujan dapat ditekan sekecil mungkin sehingga jaminan pasokan air pada musim langka hujan (kemarau) tercukupi secara berkelanjutan khususnya pada sektor pertanian dan irigasi.

Eksplorasi sumberdaya alam yang terjadi di hulu DAS Ciliwung, menyebabkan kondisi biofisik yang terus menurun serta berkurangnya daerah resapan air di bagian hulu DAS (Kepmen, 2003). DAS Ciliwung memiliki nilai yang sangat penting pada bagian hulu. Besarnya lahan pertanian di bagian hulu DAS serta pemukiman dan industri ibu kota pada bagian hilir, menjadikan kawasan ini memerlukan pengendalian dan pengelolaan khusus di wilayah hulu khususnya pada sektor budidaya pertanian. Ketersediaan air pada hilir DAS Ciliwung sangat dipengaruhi dengan pengelolaan air yang baik di bagian hulu DAS. Pengelolaan air yang kurang tepat menyebabkan penumpukan dan penimbunan debit aliran di bagian hilir DAS. Berdasarkan data BPDAS Citarum Ciliwung (2007), telah terjadi kenaikan debit maksimum mencapai  $247,6 \text{ m}^3/\text{dtk}$  pada tahun 2002 dan pada tahun 2007 naik hingga sebesar  $278,5 \text{ m}^3/\text{dtk}$  yang mengakibatkan terjadi bencana banjir di DKI Jakarta.

Langkah awal dalam melakukan pengelolaan dan pengendalian sumber daya air adalah dengan mengetahui jumlah besaran air yang diperlukan pada sektor yang membutuhkan. Sektor pertanian merupakan salah satu sektor yang memiliki

kebutuhan air yang besar di bagian hulu DAS Ciliwung. Kebutuhan air yang besar menuntut perlu dilakukannya pengelolaan air irigasi dengan baik dan tepat. Salah satu langkah pengelolaan air yang baik dan tepat dapat diwujudkan dengan melakukan perhitungan kecukupan air irigasi di DAS Ciliwung. Perhitungan kecukupan air secara manual memiliki keterbatasan, diantaranya tenaga kerja, waktu dan keterbatasan data. Hal ini yang mendorong pemanfaatan model perlu diterapkan dalam perhitungan kebutuhan air irigasi di DAS Ciliwung.

Model merupakan konsep dasar perhitungan yang menata rangkaian aturan untuk digunakan dalam mengembangkan sistem yang berperan penting pada pengembangan teori. Dengan sistem pemodelan diharapkan dapat membantu memberikan data kuantitatif dengan tenaga, waktu, biaya yang murah serta dengan keterbatasan data yang tersedia (Farida dan Van Nordwijk, 2004). Salah satu model yang dapat digunakan simulasi permodelan hidrologi adalah *Integrated Flood Analysis System (IFAS)* yang dikembangkan oleh *International Centre for Water Hazard and Risk Management (ICHARM)*, di Jepang. Pengukuran fungsi hidrologi di lapangan membutuhkan tenaga, waktu dan biaya yang banyak karena memerlukan banyak proses yang terlibat di dalam melakukan pengukuran. Model merupakan suatu simulasi terhadap sistem yang ada di alam, namun tidak sama persis dengan sistem di alam melainkan persamaan.

Analisis dengan menggunakan model hidrologi merupakan suatu aliterernatif untuk memprediksi ketersediaan air irigasi. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian tentang aplikasi model hidrologi dalam memprediksi debit sungai di DAS Ciliwung.

### 1.2. Tujuan

1. Untuk mengetahui keakuratan aplikasi model hidrologi IFAS di DAS Ciliwung.
2. Untuk memprediksi kecukupan air irigasi pada masing-masing outlet bendung di DAS Ciliwung sesuai musim tanam tahun 2015.

### 1.3. Hipotesis

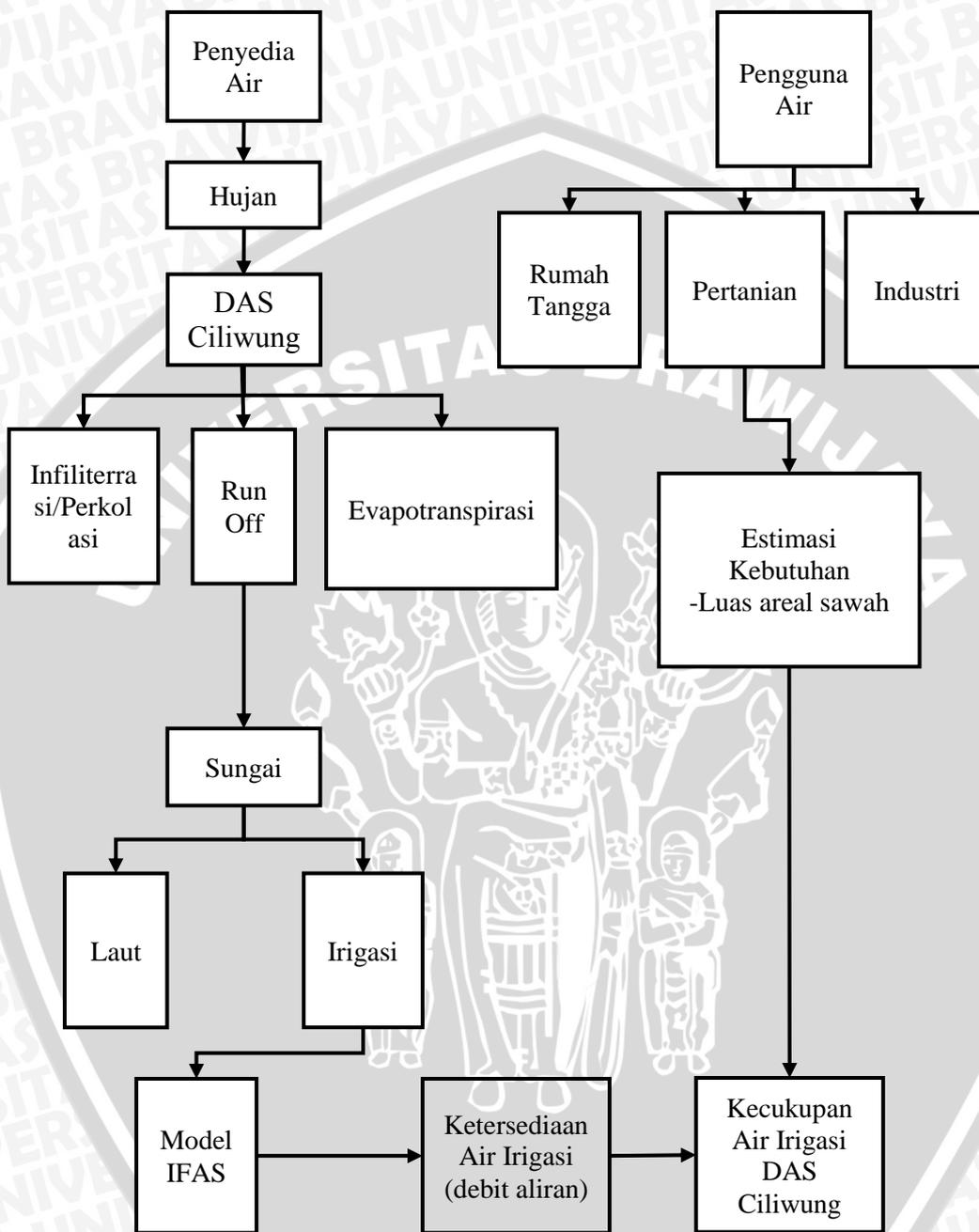
1. Model hidrologi IFAS dapat digunakan untuk memprediksi debit air di DAS Ciliwung.
2. Debit outlet bendung DAS Ciliwung dapat mencukupi kebutuhan air irigasi sesuai musim tanam tahun 2015.

### 1.4. Manfaat

Penelitian ini bermanfaat untuk mengetahui keakuratan model aplikasi hidrologi IFAS dalam memprediksi debit sungai di DAS Ciliwung. Selain itu penelitian juga ini bermanfaat sebagai informasi nilai kecukupan debit irigasi pada masing-masing bendung di DAS Ciliwung tahun 2015.



1.5. Alur Pikir Penelitian



Gambar 1. Alur Pikir Penelitian

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Daerah Aliran Sungai

DAS atau Daerah Aliran Sungai memiliki makna yang luas dan beragam, menurut Paimin (2012), DAS merupakan satuan wilayah alami yang memberikan manfaat produksi serta memberikan pasokan air melalui sungai, air tanah, dan atau mata air, untuk memenuhi berbagai kepentingan hidup, baik untuk manusia, flora maupun fauna. Selanjutnya, menurut Sudaryono (2002), DAS merupakan kesatuan ruang yang terdiri atas unsur abiotik (tanah, air, udara), biotik (vegetasi, binatang dan organisme hidup lainnya) dan kegiatan manusia yang saling berinteraksi dan saling ketergantungan satu sama lainnya. Sedangkan menurut Batubara (2013), Daerah Aliran Sungai atau DAS adalah suatu wilayah daratan yang dibatasi topografi dengan sungai dan anak-anak sungainya, yang berfungsi menampung, menyimpan dan mengalirkan air yang berasal dari curah hujan ke danau atau ke laut sampai dengan daerah perairan yang masih terpengaruh aktivitas daratan.

Dari segi manfaat DAS memiliki manfaat yang cukup kompleks dalam kehidupan. DAS memiliki manfaat dari segala aspek, baik dari segi proses alami, sosial ekonomi kelembagaan, politik, budaya dan teknologi (Sudaryono, 2002). Manfaat lain DAS adalah sebagai pemasok air melalui sungai dan tanah. Kebutuhan manusia akan air sangatlah tinggi sehingga peran DAS sangatlah penting dalam siklus kehidupan.

#### 2.1.1. Morfometri DAS

Morfometri DAS merupakan ukuran kuantitatif karakteristik DAS yang terkait dengan aspek geomorfologi suatu daerah. Karakteristik ini terkait dengan proses pengatusan (drainase) air hujan yang jatuh di dalam DAS. Perilaku air (hidrologi) sungai dalam lahan sebagai akibat adanya aktivitas manusia, juga sangat tergantung dari sifat alami DAS. Karakteristik dasar alami suatu DAS disebut morfometri DAS. Morfometri merupakan sifat atau karakteristik yang dipengaruhi faktor-faktor alamiah dari suatu DAS yang tidak dapat diubah manusia (Supangat, 2012). Menurut Rahayu (2009), parameter yang dapat digunakan untuk mengukur morfometri DAS adalah luas DAS, bentuk DAS, jaringan sungai, kerapatan aliran, pola aliran, dan gradien (kecuraman sungai).

### 2.1.1.1. Luas DAS

DAS merupakan tempat pengumpulan presipitasi ke suatu sistem sungai. Luas daerah aliran dapat diperkirakan dengan mengukur daerah tersebut pada peta topografi. Menurut Purwanto (2013), pengukuran luas DAS jarang dilakukan secara terestrial Karena luasan DAS yang sangat luas. Pembuatan batas DAS dengan menggunakan peta topografi manual *hardcopy* memakan waktu yang lama dan biaya yang besar sehingga diperlukan suatu cara untuk menghemat waktu dan biaya tersebut. Ketersediaan model elevasi permukaan digital atau Digital Surface Model (DSM) dan Sistem Informasi Geografis (SIG) dapat digunakan untuk ekstraksi luas DAS yang cepat, otomatis dan terintegrasi.

### 2.1.1.2. Bentuk DAS

Bentuk DAS mempengaruhi waktu konsentrasi air hujan yang mengalir menuju outlet. Semakin bulat bentuk DAS berarti semakin singkat waktu konsentrasi yang diperlukan, sehingga semakin tinggi fluktuasi banjir yang terjadi. Sebaliknya semakin lonjong bentuk DAS, waktu konsentrasi yang diperlukan semakin lama sehingga fluktuasi banjir semakin rendah. Menurut Rahayu (2009), bentuk DAS secara kuantitatif dapat diperkirakan dengan menggunakan nilai nisbah memanjang (*elongation ratio/Re*) dan kebulatan (*circularity ratio/Rc*).

*Elongation ratio* dihitung dengan rumus adalah sebagai berikut:

$$Re = 1.129 \frac{A^{1/2}}{Lb}$$

Keterangan :

Re = Faktor bentuk

A = Luas DAS (km<sup>2</sup>)

Lb = Panjang sungai utama (km)

*Circularity ratio* dihitung dengan rumus adalah sebagai berikut:

$$Rc = \frac{4\pi A}{P^2}$$

Keterangan :

Rc= Faktor bentuk

A= Luas DAS ( km<sup>2</sup> )

P= Keliling (perimeter) DAS (km)

### 2.1.1.3. Jaringan Sungai

Jaringan sungai dapat mempengaruhi besarnya debit aliran sungai yang dialirkan oleh anak-anak sungainya. Parameter ini dapat diukur secara kuantitatif dari nisbah percabangan yaitu perbandingan antara jumlah alur sungai orde tertentu dengan orde sungai satu tingkat di atasnya. Nilai ini menunjukkan bahwa semakin tinggi nisbah percabangan berarti sungai tersebut memiliki banyak anak-anak sungai dan fluktuasi debit yang terjadi juga semakin besar.

Orde sungai adalah posisi percabangan alur sungai di dalam urutannya terhadap induk sungai pada suatu DAS. Semakin banyak jumlah orde sungai, semakin luas dan semakin panjang pula alur sungainya. Orde sungai dapat ditetapkan dengan metode Horton, Strahler, Shreve, dan Scheidegger. Namun pada umumnya metode Strahler lebih mudah untuk diterapkan dibandingkan dengan metode yang lainnya.

Berdasarkan metode Rahayu (2009), alur sungai paling hulu yang tidak mempunyai cabang disebut dengan orde pertama (orde 1), pertemuan antara orde pertama disebut orde kedua (orde 2), demikian seterusnya sampai pada sungai utama ditandai dengan nomor orde yang paling besar (Gambar 2).



Gambar 2. Cara Penentuan Orde Sungai (Rahayu *et al.*, 2009)

$$R_b = \frac{N_u}{N_{u+1}}$$

Keterangan :

$R_b$  = Indeks tingkat percabangan sungai

$N_u$  = Jumlah alur sungai untuk orde ke- $u$

$N_{u+1}$  = jumlah alur sungai untuk orde ke- $(u + 1)$

Menurut Rahayu (2009), jumlah alur sungai suatu orde dapat ditentukan dari angka indeks percabangan sungai (*'bifurcation ratio'*), dengan persamaan di atas. Rahayu juga menambahkan perhitungan Rb biasa dilakukan dalam unit Sub DAS atau Sub-sub DAS. Untuk memperoleh nilai Rb dari keseluruhan DAS, maka digunakan tingkat percabangan Sungai Rerata Tertimbang (*'Weighted Mean Bifurcation Ratio'*/WRb), yang dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$W_{Rb} = \frac{\sum Rb_{u+1} (N_u + N_{u+1})}{N_u}$$

Keterangan :

Rb= Indeks tingkat percabangan sungai

Nu= Jumlah alur sungai untuk orde ke-u

Nu+1= jumlah alur sungai untuk orde ke-(u + 1)

Hasil persamaan tersebut dapat menyatakan keadaan sebagai berikut:

- Rb < 3: alur sungai mempunyai kenaikan muka air banjir dengan cepat, sedangkan penurunannya berjalan lambat.
- Rb 3 - 5 alur sungai mempunyai kenaikan dan penurunan muka air banjir tidak terlalu cepat atau tidak terlalu lambat.
- Rb > 5: alur sungai mempunyai kenaikan muka air banjir dengan cepat, demikian pula penurunannya akan berjalan dengan cepat.

#### 2.1.1.4. Kerapatan Aliran Sungai

Kerapatan aliran sungai menggambarkan kapasitas penyimpanan air permukaan dalam cekungan-cekungan seperti danau, rawa dan badan sungai yang mengalir di suatu DAS. Menurut Rahayu (2009), kerapatan aliran sungai dapat dihitung dari rasio total panjang jaringan sungai terhadap luas DAS yang bersangkutan. Semakin tinggi tingkat kerapatan aliran sungai, berarti semakin banyak air yang dapat tertampung di badan-badan sungai. Kerapatan aliran sungai adalah suatu angka indeks yang menunjukkan banyaknya anak sungai di dalam suatu DAS. Indeks tersebut dapat diperoleh dengan persamaan:

$$Dd = \frac{L}{A}$$

Keterangan :

Dd= indeks kerapatan aliran sungai (km/km<sup>2</sup>)

L= jumlah panjang sungai 2 termasuk panjang anak-anak sungai (km)

A= luas DAS (km<sup>2</sup>)

Indeks kerapatan aliran sungai diklasifikasikan sebagai berikut:

- Dd: < 0.25 km/km : rendah
- Dd: 0.25 - 10 km/km : sedang
- Dd: 10 - 25 km/km : tinggi
- Dd: > 25 km/km : sangat tinggi

Berdasarkan indeks tersebut dapat dikatakan bahwa indeks kerapatan sungai menjadi kecil pada kondisi geologi yang permeabel, tetapi menjadi besar untuk daerah yang curah hujannya tinggi. Berikut nilai kerapatan aliran sungai:

- < 1 mile/mile (0.62 km/km ), maka DAS akan sering mengalami penggenangan
- > 5 mile/mile (3.10 km/km ), maka DAS akan sering mengalami kekeringan

#### 2.1.1.5. Gradien Sungai

Gradien sungai merupakan perbandingan antara beda elevasi dengan panjang sungai utama. Menurut Rahayu (2009), gradien menunjukkan tingkat kecuraman sungai, semakin besar kecuraman, semakin tinggi kecepatan aliran airnya. Gradien sungai dapat diperkirakan dengan persamaan:

$$Su = \frac{(h_{85} - h_{10})}{0.75 Lb}$$

Keterangan :

Su= gradien sungai

h<sub>85</sub>= elevasi pada titik sejauh 85% dari outlet DAS

h<sub>10</sub>= elevasi pada titik sejauh 10% dari outlet DAS

Lb= panjang sungai utama

## 2.2. Model Hidrologi

Model hidrologi adalah sebuah sajian sederhana dari sebuah system hidrologi yang kompleks. Penggunaan model dalam pegkajian hidrologi biasanya bertujuan untuk meramalkan (*forecasting*). Model hidrologi juga biasa digunakan sebagai sistem peringatan dari manajemen waktu kejadian secara probabilistik dan waktu secara hipotetik dari suat kejadian. Selain itu model hidrologi juga digunakan sebagai pendeteksi masalah, serta pengendalian masalah terkait dengan pengontrolan dan pengaturan terhadap masukan yang dibutuhkan. Model hidrologi

juga dapat melakukan identifikasi masalah, perencanaan, mengekstrapolasi data, memperkirakan pengaruh terhadap lingkungan akibat tingkat perilaku manusia yang berubah/meningkat, serta meneliti proses hidrologi yang terjadi (Emiyati, 2012).

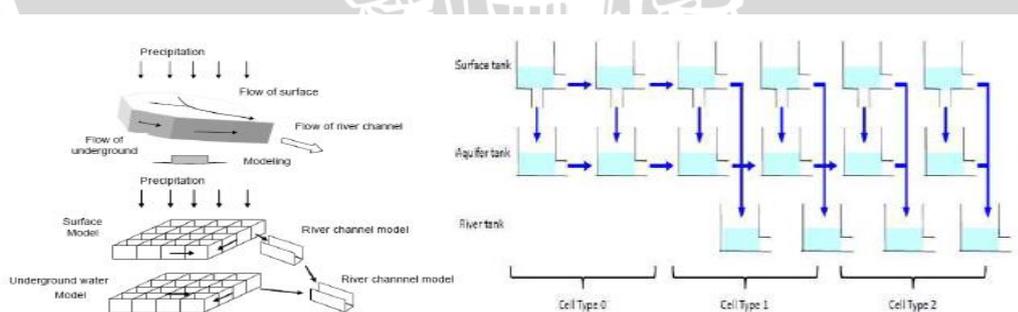
Dalam pemodelan terbagi pada dua ruang jenis, yang pertama adalah jenis pemodelan yang didalamnya mengandung variabel atau parameter model yang tidak memiliki variabilitas ruang dan yang kedua adalah pemodelan dengan jenis model yang memiliki proses dan mekanisme fisik divisualisasikan dalam bentuk keruangan atau biasanya disebut dengan spasial dan non spasial. Model Lumped Parameter adalah model yang didalamnya mengandung variabel atau parameter model yang tidak memiliki variabilitas ruang. Hal ini berarti semua proses dalam DAS terjadi pada satu titik spasial, sedangkan model *Distributed Parameter* merupakan model yang memiliki proses dan mekanisme fisik divisualisasikan dalam bentuk keruangan. Berdasarkan pada teori, model tersebut sangat memuaskan namun data lapangan sering menjadi kendala dalam proses kalibrasi dan verifikasi hasil simulasi.

Beberapa jenis model hidrologi yang termasuk lumped atau pemodelan yang didalamnya mengandung variabel atau parameter model yang tidak memiliki variabilitas ruang diantaranya adalah sebagai berikut: model USLE (*Universal Soil Loss Equation*), CREAMS (*Chemical, Runoff and Erosion from Agricultural Management System*), *Revised-USLE*, *Modified-USLE* dan GLEAMS (*Groundwater Loading Effects on Agricultural Management System*). Model yang termasuk distributed model atau pemodelan yang memiliki proses dan mekanisme fisik divisualisasikan dalam bentuk keruangan adalah WEPP, AGNPS (*Agricultural Non-Point Source Pollution Model*), HEC-1, HEC-HMS, ANSWER dan SWAT (*Soil and Water Assessment Tool*). Selain itu ada untuk DAS dengan ukuran yang lebih luas dapat digunakan *Standfor Watershed Model*, SWMM (*Storm Water Management Model*) dan IFAS (*Integrated Flood Analysis System*). Model model tersebut tergolong model kontinu yang didasarkan pada persamaan kesetimbangan air dalam jangka yang lebih panjang (Emiyati, 2012).

### 2.2.1. IFAS

IFAS merupakan aplikasi pemodelan hidrologi yang sebagian besar data bersumber dari satelit yang diunduh secara langsung dari internet. Data-data tersebut diantaranya adalah data hujan, peta topografi, tata guna lahan, jenis tanah, sungai, dan lain sebagainya (Handayani *et al.*, 2015). Aplikasi ini berfungsi untuk mengetahui besarnya debit pada outlet sungai baik di dalam satuan sungai maupun keseluruhan di dalam DAS. IFAS dikembangkan berbasis Sistem Informasi Geografis (SIG) untuk membuat jaringan saluran sungai dan mengestimasi parameter-parameter standar dalam analisis limpasan berdasarkan data-data satelit dan data-data curah hujan yang ada di lapangan. Parameter-parameter hidrologi pada model tersebut dapat dikalibrasi untuk memperoleh hasil simulasi yang mendekati keadaan sebenarnya (Handayani *et al.*, 2015).

IFAS dikembangkan oleh *International Centre for Water Hazard and Risk Management (ICHARM)*, di Jepang. Program IFAS menggunakan model tangki yang dimodifikasi sebagai dasar pemodelannya, yang disebut *Public Works Research Institute (PWRI) Distributed Model*. Dalam pemodelan hidrologi IFAS model simulasi dan parameter PWRI ver. 2 dibagi dalam 3 bagian, yaitu model permukaan, model air tanah dan model alur sungai. (Handayani *et al.*, 2015). Model simulasi dan parameter PWRI di distribusikan Model ver.2 secara rinci disajikan pada gambar 3.



Gambar 3. Skema model tangki PWRI Distributed Model dalam IFAS (Handayani *et al.*, 2015).

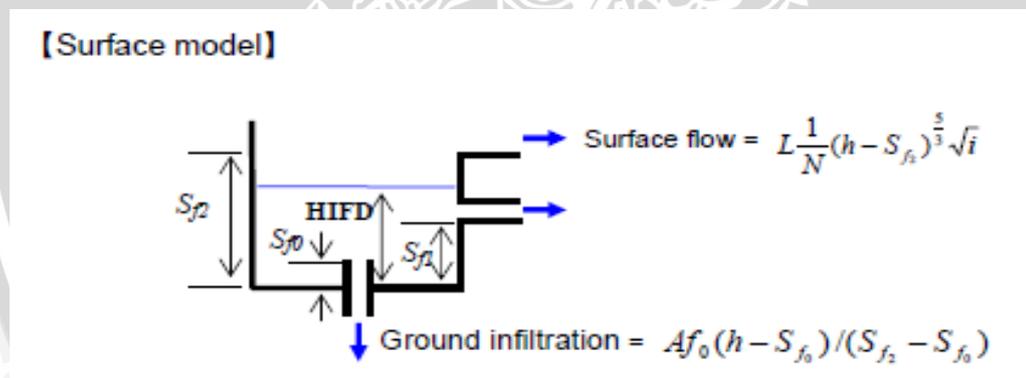
#### 2.2.1.1. Sistem Informasi Geografis (SIG) pada Aplikasi IFAS

IFAS sengaja dikembangkan dengan berbasis Sistem Informasi Geografis. Model ini biasa digunakan untuk membuat jaringan saluran sungai serta

mengestimasi parameter-parameter standar dalam analisis limpasan. Hasil dari pemodelan IFAS bisa ditampilkan berdasarkan data-data satelit dan data-data curah hujan yang ada di lapangan.

### 2.2.1.2. Model Permukaan (*Surface Model*)

Model permukaan adalah sebuah model yang digunakan untuk membagi hujan menjadi aliran permukaan (*surface flow*), aliran antara (*subsurface flow*), dan infiltrasi (*infiltration*). Skema aliran-aliran tersebut seperti ditunjukkan pada Gambar 3. Aliran permukaan dan aliran antara dihitung berdasarkan Hukum Manning, sedangkan infiltrasi dihitung berdasarkan Hukum Darcy. Parameter-parameter yang ada dan harus dikalibrasikan pada model permukaan adalah kapasitas infiltrasi akhir (SKF), tinggi tampungan maksimum (HFMXD), tinggi aliran antara (HFMND), tinggi dimana infiltrasi terjadi (HFOD), koefisien kekasaran permukaan (SNF), koefisien pengaturan aliran antara (FALFX), dan tinggi tampungan awal (HIFD) (Gambar 4) dan (Tabel 1).



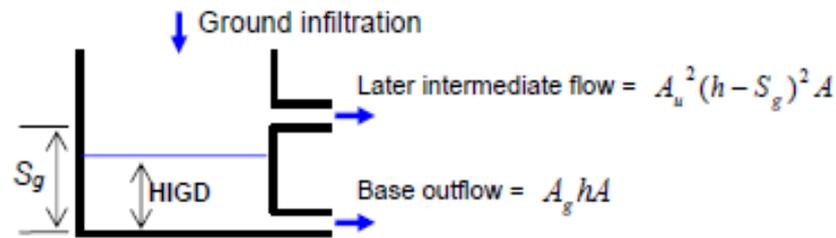
Gambar 4. Konsep skema aliran pada model permukaan (ICHARM, 2009).

### 2.2.1.3. Model Air Tanah (*Ground Water Model*)

Skema aliran pada model air tanah seperti ditunjukkan pada Gambar 4. Aliran yang ada pada model air tanah terdiri atas aliran air tanah tak tekan (*unconfined ground water flows*) dan aliran air tanah tekan (*confined ground water flows*). Parameter-parameter yang ada dan harus dikalibrasikan pada model air tanah adalah koefisien pengaturan aliran antara (AUD), koefisien aliran dasar (AGD),

tinggi tampungan dimana aliran antara terjadi (HCGD), dan tinggi tampungan awal (HIGD) (Gambar 5) dan (Tabel 2).

**[Groundwater model]**



Gambar 5. Konsep Skema Aliran Pada Model Air Tanah (ICHARM, 2009).

Tabel 1. Daftar Parameter Model Permukaan (ICHARM, 2009).

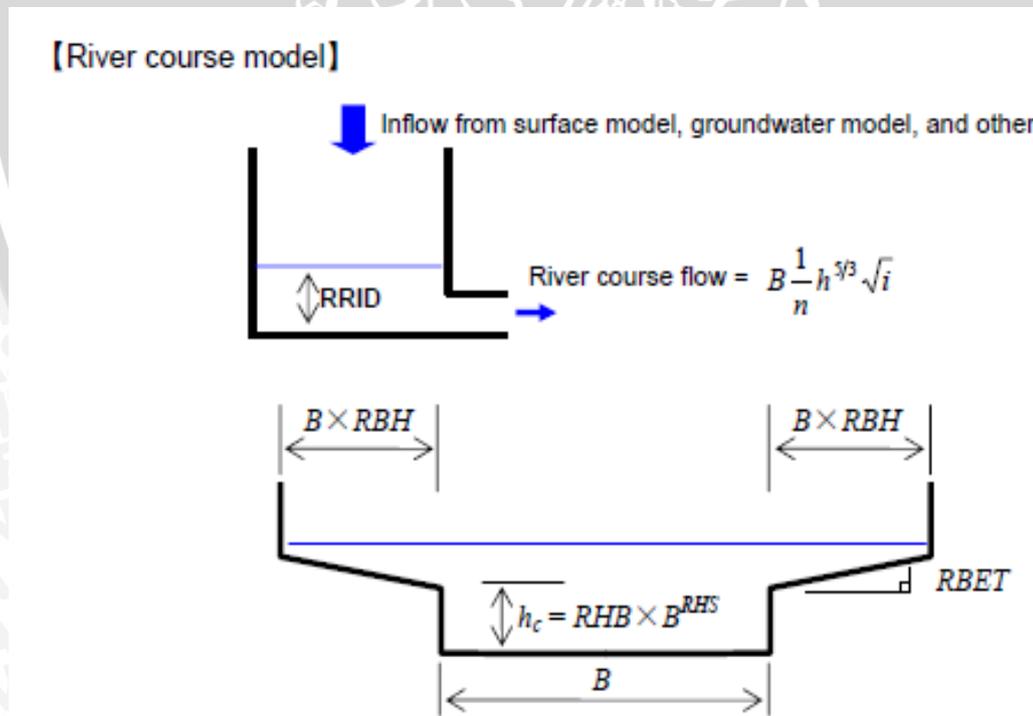
Parameter	Simbol	Notasi	Satuan	Penjelasan
Kapasitas Resapan Akhir	f0	SKF	cm/s	Koefisien ini mengatur aliran air infiltrasi dari permukaan ke bawah tanah. Nilai-nilai perkiraan untuk penggunaan lahan yang berbeda dari referensi terdaftar sebagai berikut: - Untuk sawah dan lahan kota : $10^{-4}$ hingga $10^{-5}$ . - Untuk gunung dan hutan alam : $10^{-3}$ . - Untuk semak aktif : $10^{-2}$
Ketinggian aliran permukaan	Sf2	HFMXD	m	Ketinggian aliran permukaan yang terjadi.
Ketinggian aliran cepat tanah	Sf1	HFMND	m	Ketinggian aliran cepat tanah yang terjadi.
Ketinggian infiltrasi tanah	Sf0	HFOD	m	Ketinggian di mana infiltrasi tanah terjadi. Kapasitas air penyimpanan tidak mengalir jika tingginya kurang dari Sf0.
Koefisien kekasaran permukaan	N	SNF	$m^{1/3}/s$	Koefisien kekasaran permukaan tanah.
Panjang lereng	L	-	m	Panjang lereng pada simulasi model IFAS dapat diatur melalui elevasi pada model.
Koefisien aliran cepat tanah	An	FALFX	-	Faktor regulasi yang menentukan cepat aliran tanah. Ditetapkan sebagai nilai tingkat outflow primer.
Tinggi penyimpanan awal	-	HIFD	m	Nilai awal untuk model permukaan. Yang ditetapkan sebagai 0 m dengan asumsi permukaan kering dan belum terdapat air.

Tabel 2. Daftar Parameter Model Air Tanah (ICHARM, 2009).

Parameter	Simbol	Notasi	Satuan	Penjelasan
Koefisien aliran lambat	Au	AUD	(1/mm/day) <sup>1/2</sup>	Faktor regulasi yang menentukan aliran lambat.
Koefisien aliran dasar	Ag	AGD	1/day	Faktor regulasi yang menentukan aliran dasar.
Tinggi penyimpanan aliran lambat	Sg	HCGD	M	Tinggi penyimpanan di mana aliran lambat terjadi.
Tinggi penyimpanan awal	-	HIGD	M	Nilai awal untuk model air tanah Nilai ini dan Ag yang digunakan untuk menetapkan outflow sebelum banjir datang. Karena Perhitungan tidak lancar ketika HIGD > HCGD, sehingga mengatur HIGD ≤ HCGD.

2.2.1.4. Model Alur Sungai (*River Channel Model*)

Skema aliran pada model alur sungai seperti ditunjukkan pada Gambar 6 dan Tabel 3. Model ini dihitung berdasarkan persamaan Manning.



Gambar 6. Konsep Skema Aliran Pada Model Alur Sungai (ICHARM, 2009).

### 2.2.2. Kalibrasi Model Aplikasi IFAS

Kalibrasi model merupakan suatu proses mengoptimalkan atau secara sistematis menyesuaikan nilai parameter model untuk mendapatkan satu set-parameter yang memberikan estimasi terbaik dari debit sungai yang diamati. Dengan kata lain, proses optimalisasi nilai parameter untuk meningkatkan koherensi antara respon hidrologi DAS yang teramati dan tersimulasi. Dalam penelitian ini, sistem IFAS memiliki beberapa parameter yang dapat dikalibrasikan dengan menggunakan referensi dari data hidrologi daerah yang diamati (data terukur). Jika tidak memiliki data terukur maka harus menggunakan nilai parameter standar. Pada Tabel 1 ditunjukkan penjelasan mengenai cara memilih parameter yang akan dikalibrasi berdasarkan ketersediaan data terukur (Handayani *et al.*, 2015).

Kesalahan pemodelan sesuai dengan kalibrasi kerapatan jaringan pada model aplikasi IFAS dilakukan dengan uji NSE, menurut Gupta (2009), perhitungan NSE dilakukan untuk menilai kekuatan prediksi dari hidrologi model Efisiensi *Nash-Sutcliffe* dapat digunakan untuk kuantitatif menggambarkan akurasi model keluaran debit. Metode ini dapat digunakan untuk menggambarkan akurasi prediksi model debit dengan dua data untuk membandingkan hasil model untuk diamati, pada penelitian ini menggunakan data debit hasil simulasi IFAS dan data debit simulasi pengukuran primer lapang.

$$NSE = 1 - \left[ \frac{\sum (Y_{i \text{ obs}} - Y_{i \text{ sim}})^2}{\sum (Y_{i \text{ obs}} - Y_{\text{ mean}})^2} \right]$$

$Y_{i \text{ obs}}$  adalah hasil nilai debit pengukuran lapang,  $Y_{i \text{ sim}}$  nilai debit pemodelan IFAS,  $Y_{\text{ mean}}$  nilai rata-rata pengukuran lapang.

Tabel 3. Daftar Parameter Model Alur Sungai (ICHARM, 2009).

Parameter	Simbol	Notasi	Satuan	Penjelasan
Luas aliran sungai	B	-	m	Lebar dasar aliran sungai dapat dihitung berdasarkan persamaan aliran sungai yaitu: $B = c \times Q_s$ ; Q adalah outflow
Melanjutkan hukum konstan : c	c	RBW	-	Lanjutan konstan umumnya $c = 3,5$ hingga 7
Melanjutkan hukum konstan : s	s	RBS	-	Lanjutan konstan umumnya $s = 0,5$
Aliran air sungai awal	n	RNS	$m^{-1/3}/s$	koefisien kekasaran Manning $n = 1 / M$
Lapisan bawah tanah (Akuifer) yang terinfiltrasi pada tangki	-	RRID	m	Nilai awal yang digunakan dalam perhitungan
Koefisien perbedaan bentuk	-	RGWD	1/day	Koefisien infiltrasi dari saluran sungai untuk tangki air tanah
Koefisien perbedaan bentuk	-	RHW	-	Tinggi dari saluran aliran rendah ke bank ( $h_c$ ) diperkirakan sebagai $h_c = RHB \times B^{RHS}$
Koefisien perbedaan bentuk	-	RHS	-	Tinggi dari saluran aliran rendah ke bank ( $h_c$ ) diperkirakan sebagai $h_c = RHB \times B^{RHS}$
Koefisien perbedaan bentuk	-	RBH	-	Lebar saluran banjir dan lebar saluran aliran rendah. Lebar saluran banjir = $B \times RBH$ . B adalah lebar saluran sungai
Koefisien perbedaan bentuk	-	RBET	-	gradien vertikal saluran banjir
Koefisien perbedaan bentuk	-	RLCOF	-	Modifikasi bentuk sungai yang memiliki panjang tidak sama

### 2.3. DAS Ciliwung

Daerah Aliran Sungai (DAS) Ciliwung memiliki nilai sangat strategis karena melintasi dua provinsi, yaitu Jawa Barat yang meliputi Kabupaten Bogor, Kota Bogor, dan Kota Depok di bagian hulu dan tengah serta DKI Jakarta di bagian hilir (Tabel 4). Kegiatan pembangunan yang sangat cepat di DKI Jakarta sangat

berpengaruh terhadap pola pemanfaatan lahan bukan hanya pada bagian hilir tetapi juga pada bagian hulu dan tengah (Ratna, 2014).

Tabel 4. Wilayah Administrasi DAS Ciliwung (Profil Ekoregion Jawa, 2015).

Wilayah Administrasi DAS Ciliwung		
Hulu	Tengah	Hilir
Kab Bogor	Kab Bogor	Jakarta Selatan
Kota Bogor	Kota Bogor	Jakarta Pusat
	Kota Depok	Jakarta Barat
		Jakarta Utara

Wilayah aliran yang diiri sungai DAS Ciliwung (Tabel 5) meliputi Kabupaten Bogor, Kota Bogor, Kota Depok, Jakarta Selatan, Jakarta Timur, Jakarta Pusat, Jakarta Barat, dan Jakarta Utara. Dari semua wilayah aliran sungai DAS Ciliwung lokasi bendung hanya berada pada 3 wilayah administrasi, yaitu Kabupaten Bogor, Kota Bogor dan Kota Depok (Ratna, 2014).

Tabel 5. Wilayah Aliran Outlet DAS Ciliwung (Profil Ekoregion Jawa, 2015).

No	Nama bendung	Wilayah yang dialiri
1.	Cibalok	Kab Bogor
2.	Cibanon	Kab Bogor
3.	Katulampa	Kota Bogor
4.	Bantarjati	Kota Bogor
5.	Kranji	Kab Bogor
6.	Kranji	Kota Depok
7.	Banjir Kanal Jakarta	Jakarta Selatan
8.	Banjir Kanal Jakarta	Jakarta Timur
9.	Banjir Kanal Jakarta	Jakarta Pusat
10.	Banjir Kanal Jakarta	Jakarta Barat
11.	Banjir Kanal Jakarta	Jakarta Utara

Hasil analisis peta dan survai lapangan Kunu di tahun 2009 menunjukkan terhadap penggunaan lahan di DAS Ciliwung Hulu dan Tengah periode 1950-1970 dan 1970-2005 disajikan pada Tabel 6. Berdasarkan data yang ditunjukkan pada Tabel 6 diketahui bahwa pada tahun 1950 DAS Ciliwung Hulu dan Tengah didominasi oleh kawasan pertanian yang terdiri atas lahan sawah (56,8 %), lahan perkebunan (12,74 %), kebun campuran (3,49 %), tegalan dan ladang (2,79 %). Selain itu masih terdapat lahan hutan lebat (16,06 %), taman atau kebun raya (0,29 %) dan semak (0,28 %). Sisanya berupa permukiman (6,16 %), sungai, danau dan telaga (1,04 %) dan penggunaan lainnya.

Data pada Tabel 6 juga menunjukkan bahwa pada tahun 1970, luas areal hutan lebat dan sawah mengalami penurunan, masing-masing dari 16,06 % menjadi 13,39 % (turun 2,67 % atau 764 ha) dan 56,8 % menjadi 31,38 % (turun 20,42 % atau 7.281 ha). Kawasan hutan di DAS Ciliwung Hulu sebagian besar merupakan hutan lindung dengan status Hutan Negara.

Luas areal lahan yang meningkat cukup besar adalah kebun campuran, meningkat dari 3,49% menjadi 19,87% (meningkat 16,38% atau 4.693,6 ha), tegalan/ladang dari 2,79% menjadi 6,84% (meningkat 4,05% atau 1.160 ha), padang alang-alang dari 0,35% menjadi 2,25% (meningkat 1,9% atau 545 ha), areal permukiman dari 6,16% menjadi 10,12% (meningkat 3,96%), perkebunan dari 12,74% menjadi 13,90% (meningkat 1,16% atau 334 ha), hutan belukar meningkat dari 0% menjadi 0,49% (meningkat 0,49% atau 141 ha), hutan sejenis dari 0% menjadi 0,09% (meningkat 0,09 % atau 27 ha) dan semak dari 0,28% menjadi 0,34% (meningkat 0,06% atau 17 ha).

Data Tabel 6 menunjukkan bahwa selama kurang lebih 35 tahun berikutnya, kawasan hutan lebat kembali meningkat luasannya dari 13,39% menjadi 17,68% (meningkat 4,29 % atau 1228 ha) dengan laju pertambahan luas tahunan sebesar 0,143% saja. Vegetasi yang mendominasi kawasan hutan lindung merupakan hasil suksesi alami, dengan penyebaran vegetasi yang tidak merata sehingga terdapat kawasan yang terbuka/tanpa vegetasi (Kunu, 2009).

Tabel 6. Perbandingan Penggunaan Lahan di Hulu dan Tengah DAS Ciliwung (Kunu, 2009).

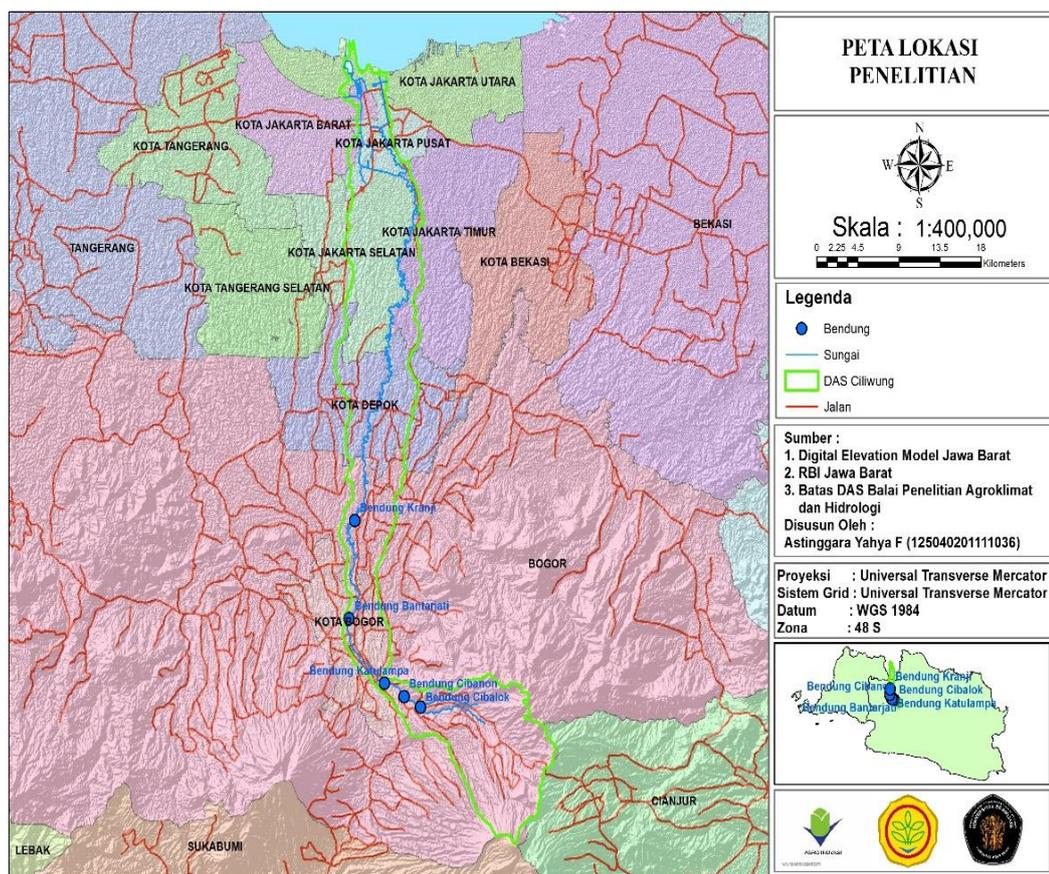
No	Jenis Penggunaan Lahan	Penggunaan Lahan Periode					
		1950		1970		2005	
		ha	%	ha	%	ha	%
1	Hutan lebat	4.599	16,06	3.835	13,39	5.063	17,678
2	Hutan belukar	0	0	141	0,49	409	1,428
3	Hutan sejenis	0	0	27	0,09	22	0,08
4	Taman/Kebun Raya	83	0,29	83	0,29	83	0,29
5	Perkebunan	3.648	12,74	3.982	13,90	2.432	8,49
6	Kebun Campuran	998,6	3,49	5.692	19,87	6.482	22,63
7	Semak	80	0,28	97	0,34	563	1,97
8	Padang Rumput	0	0	0	0	106	0,37
9	Lapangan	0	0	0	0	2	0,007
10	Tanah Kosong Diperuntukkan	0	0	0	0	106	0,37
11	Sawah	16.267	56,8	8.986	31,38	3.684	12,86
12	Tegalan/Ladang	799	2,79	1.959	6,84	2.925	10,21
13	Padang Alang-alang	99	0,35	644	2,25	143	0,499
14	Kolam Air Tawar	0	0	0	0	16	0,056
15	Badan Air (Sungai/Danau/Telaga)	299	1,04	299	1,04	295	1,03
16	Permukiman	1.766,4	6,16	2.894	10,12	4.709	16,44
17	Kawasan Perumahan	0	0	0	0	1.206	4,1
18	Kawasan Industri	0	0	0	0	393	1,372
	<b>TOTAL</b>	<b>28.639</b>	<b>100,00</b>	<b>28.639</b>	<b>100,00</b>	<b>28.639</b>	<b>100,00</b>

### III. METODE PENELITIAN

#### 3.1. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada bulan Februari sampai April 2016. Pengambilan data debit air dan curah hujan penelitian ini dilakukan di wilayah outlet DAS Ciliwung yaitu pada outlet bendung Bendung Cibalok dan stasiun klimatologi Citeko Jawa Barat. Analisa data dilakukan di Laboratorium Hidrologi Balai Penelitian Agroklimat dan Hidrologi, Bogor.

Lokasi bendung yang dilakukan pemodelan berada pada lima titik pengamatan di DAS Ciliwung. Masing-masing pemodelan dilakukan di Daerah Irigasi (DI) Bendung Cibalok, Bendung Cibanon, Bendung Katulampa, Bendung Bantarjati dan Bendung Kranji (Gambar 7).



Gambar 7. Peta Lokasi Penelitian.

### 3.2. Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi alat dalam pengambilan sampel data debit pembanding, alat dalam pengolahan dan pengolahan data debit, dan alat dalam pengolahan data penelitian. Bahan dalam penelitian ini meliputi bahan dalam melakukan pengambilan data primer lapang, selanjutnya data dalam pengolahan data dan data pendukung penelitian, baik berupa data primer maupun data sekunder (Tabel 7 dan 8).

Tabel 7. Alat yang Digunakan dalam Penelitian

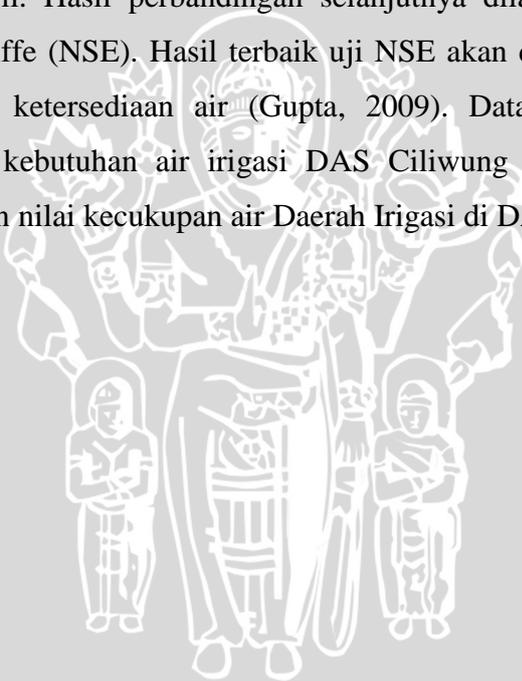
No	Alat	Kegunaan
1.	<i>Current Meter Merk OTT Type Z400</i>	Sebagai alat bantu pengukur kecepatan aliran
2.	Meteran 50m	Sebagai alat bantu pengukur lebar penampang sungai
3.	Penggaris Mistar 5m	Sebagai alat bantu pengukur kedalaman sungai
4.	GPS (Global Position System) <i>type Garmin Oregon 650</i>	Sebagai alat bantu penanda titik dan penentuan lokasi penelitian
5.	Laptop Toshiba SAT L735, core i5, RAM 4Gb, menggunakan Windows 7 Uliterimate	Sebagai alat bantu mengolah data
6.	IFAS 1.2	Sebagai alat bantu melakukan pemodelan hidrologi
7.	ArgGIS 10.2.2	Sebagai alat bantu dalam melakukan analisis spasial
8.	Alat Tulis	Sebagai alat bantu pencatat data di lapangan

Tabel 8. Bahan yang Digunakan dalam Penelitian

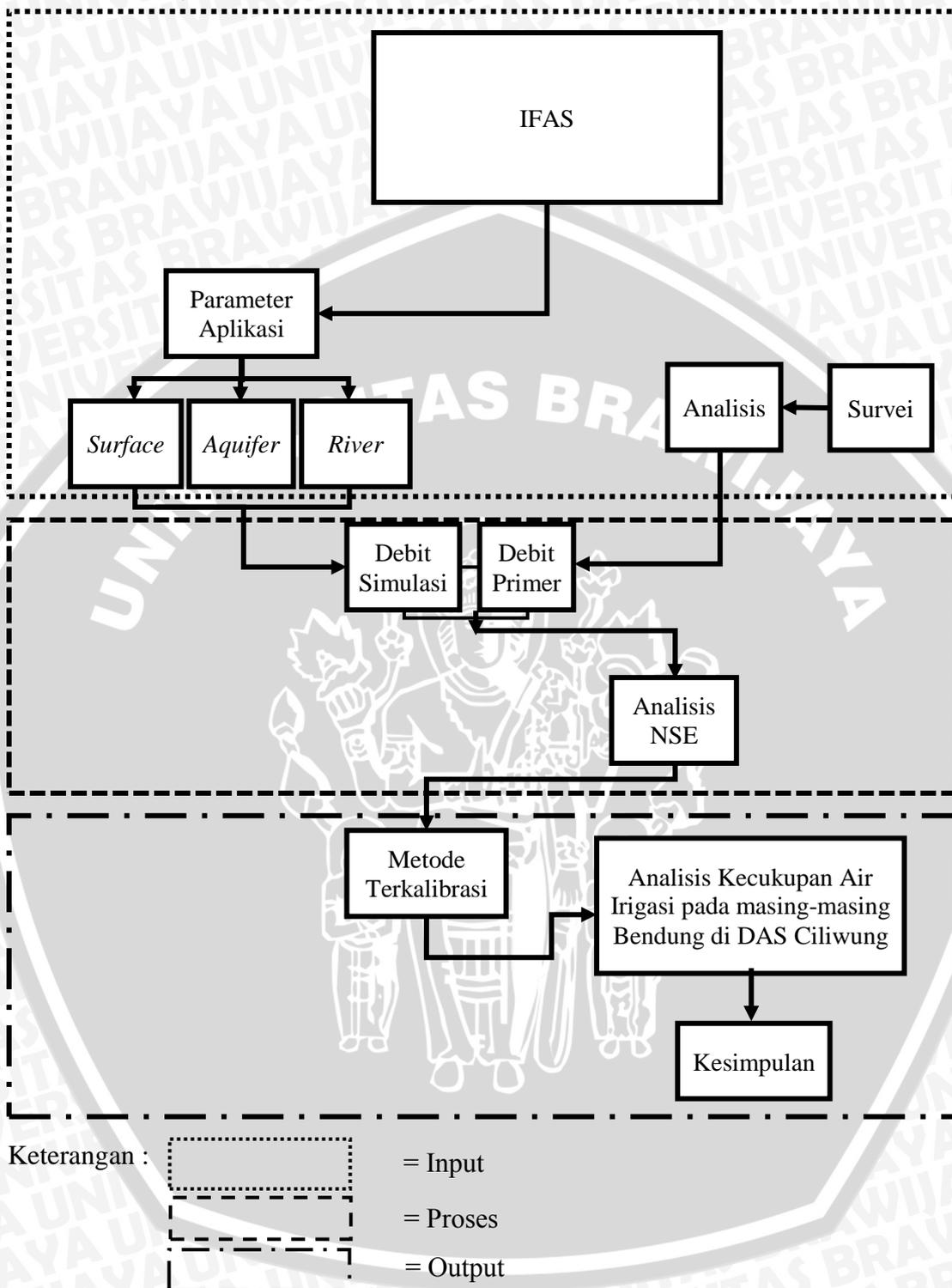
No	Bahan	Kegunaan
1.	Peta RBI Skala 1 : 25.000	Sebagai bahan dalam melakukan analisis spasial
2.	Citra Lansat 8	Sebagai bahan dalam melakukan analisis spasial (penggunaan lahan)
3.	Data debit harian primer tgl 1 April-30 April 2016	Sebagai bahan dalam melakukan kalibrasi model hidrologi
4.	Data curah hujan harian tgl 1 April-30 April 2016	Sebagai bahan dalam melakukan kalibrasi model hidrologi
5.	Data curah hujan harian tahun 2015	Sebagai bahan dalam melakukan analisis debit kecukupan air irigasi tahun 2015
6.	Data Rekapitulasi Rencana Tata Tanam Global Tahun 2015-2016	Sebagai data pembanding kebutuhan air di wilayah aliran DAS Ciliwung

### 3.3. Pelaksanaan Penelitian

Metode yang dilakukan pada penelitian ini adalah dengan menggunakan metode observasi, serta didukung dengan data pemodelan, pelaksanaan penelitian yaitu dengan melakukan analisis biofisik DAS yang nantinya akan digunakan dalam mengkarakterisasi DAS Ciliwung. Karakterisasi biofisik DAS dilakukan dengan maksud menghitung faktor yang mempengaruhi dalam ketersediaan air di pintu air, selanjutnya adalah dengan pengumpulan data primer maupun sekunder yang nantinya akan digunakan dalam pemodelan IFAS. Sebelum dilakukan simulasi pada model IFAS dilakukan kalibrasi parameter model (Tabel 10, 11 dan 12), setelah dilakukan uji pada masing-masing parameter, selanjutnya hasil kalibrasi dibandingkan dengan debit hasil primer pengukuran pada bulan yang sama, yaitu bulan april. Hasil perbandingan selanjutnya dilakukan analisis data dengan uji Nash-Sutcliffe (NSE). Hasil terbaik uji NSE akan dilakukan simulasi sebagai data prediksi ketersediaan air (Gupta, 2009). Data ketersediaan air dibandingkan dengan kebutuhan air irigasi DAS Ciliwung untuk selanjutnya dilakukan perbandingan nilai kecukupan air Daerah Irigasi di DAS Ciliwung.



### 3.3.1. Alur Kerja



Gambar 8. Alur Kerja Penelitian

### 3.4. Tahapan Penelitian

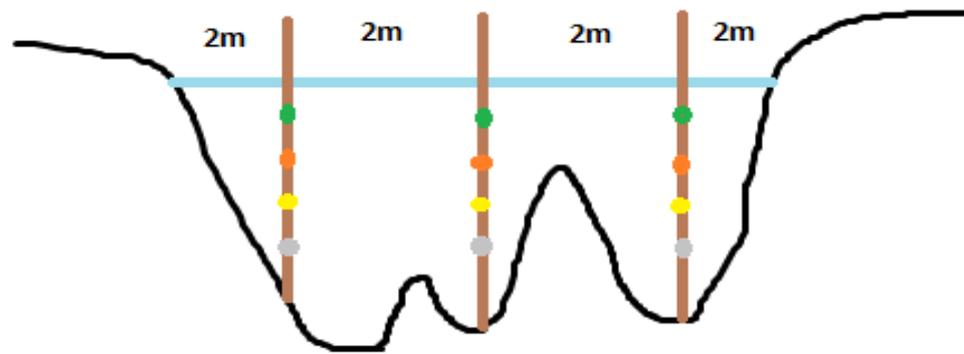
#### 3.4.1. Persiapan

Persiapan dilakukan dengan menyiapkan alat-alat dan bahan yang diperlukan untuk penelitian (Tabel 8 dan 9). Persiapan alat dilakukan dengan melakukan pemeriksaan pada masing-masing alat. Pada persiapan *current* meter dilakukan kalibrasi pada baling-baling *current* meter merk OTT tipe Z400 sehingga didapat konstanta kecepatan baling-baling. Pada persiapan selanjutnya, dilakukan pengkalibrasian pada *Global Position System* (GPS) tipe Garmin Oregon 650. Pada persiapan sistem aplikasi dilakukan pemasangan aplikasi IFAS 1.2 dan ArgGIS 10.2.2 pada perangkat lunak atau laptop Toshiba SAT L735, core i5, RAM 4Gb, dengan Windows 7 Ultimate. Data spasial yang didapat dari laboratorium Informasi Geografis dan Analisis Sistem (IGAS) dilakukan pengecekan data secara spasial dengan menggunakan aplikasi ArgGIS 10.2.2.

#### 3.4.2. Observasi

Observasi dilakukan pada Bendung Cibalok yang berada di wilayah kab. Bogor, kec. Cibinong dan desa Gadok. Tahapan observasi yang dilakukan dengan mengukur luas areal penampang sungai, baik basah dan kering, selanjutnya mengukur kedalaman sungai dengan menggunakan penggaris mistar 5 m dan melakukan pengukuran debit dengan menggunakan alat pengukuran debit yaitu *Current Meter*.

*Current meter* dapat digunakan untuk mengukur debit dari sungai yang memiliki arus yang beragam (Fenton dan Keller, 2001). Pengukuran dengan menggunakan *Current Meter* dilakukan dengan melihat banyaknya putaran baling-baling (kecepatan aliran) selama 30 detik, setelah itu dilakukan pula pengukuran jumlah putaran baling-baling dengan 4 kedalaman baling-baling, yaitu dengan kedalaman 30, 60, 90 dan 120 cm, masing-masing kedalaman baling-baling diaplikasikan sesuai dengan kedalaman sungai yang diukur. Untuk pengukuran menggunakan *Current Meter* selain pengukuran berdasarkan kedalaman sugai pengukuran juga disesuaikan berdasarkan luas penampang sungai, pengukuran dilakukan setiap 2 meter dari tepi sungai (Gambar 9).



Keterangan :

- Ketinggian Baling 120 cm
- Ketinggian Baling 90 cm
- Ketinggian Baling 60 cm
- Ketinggian Baling 30 cm

Gambar 9. Penentuan Kedalaman Baling-baling dan Jarak Lebar Sungai pada Pengukuran *Current Meter*

Pengamatan kecepatan aliran dengan menggunakan *Current Meter* dilakukan pada semua titik pengamatan (Gambar 9), setelah dilakukan pengamatan kecepatan, selanjutnya dilakukan pencatatan keseluruhan data. Setelah dilakukan pengukuran data kecepatan aliran harian, selama satu bulan mulai dari tanggal 1 april hingga 30 april. Setelah dilakukan pengukuran data primer, selanjutnya dilakukan penandaan titik kordinat lokasi saluran irigasi pada masing-masing bendung di DAS Ciliwung dengan menggunakan GPS.

### 3.4.3. Inventarisasi Data

Inventarisasi dan pengolahan data dilakukan untuk mendapatkan nilai debit dari perhitungan kecepatan aliran yang dilakukan dengan menggunakan *Current Meter*. Selain mengolah data dari hasil pengukuran pada inventarisasi data dilakukan pengumpulan data sekunder berupa data curah hujan harian dari stasiun klimatologi citeko tahun 2015. Selain itu data spasial yang dibutuhkan dalam penelitian ini juga dilakukan inventarisasi, berupa peta batas DAS, peta lokasi bendung, peta jaringan sungai, dan peta administrasi. Data spasial didapat dari Laboratorium IGAS (Informasi Geografi dan Analisis Sistem).

Dalam pengolahan data debit hasil survei dilakukan pengolahan dan inventarisasi. Inventarisasi data dan pengolahan data pengukuran dari *current meter* dilakukan pengolahan data dengan cara :

- a. Perhitungan rata-rata lebar sungai dari 3 pengukuran yaitu samping 1, tengah dan samping 2
- b. Menghitung rata-rata kedalaman pengukuran  $\frac{30,60,90,120}{4}$  setelah itu dilakukan konfersi dari satuan cm ke m
- c. Menghitung kecepatan aliran dengan menggunakan jumlah putaran baling-baling alat (*Current Meter*). Perhitungan dilakukan dengan cara jumlah putaran dikalikan dengan konstanta kecepatan alat (*current meter type Z400*). Konstanta *Current Meter* tipe Z400, kecepatan baling samping 1 adalah sebesar 0,0097 m/s selanjutnya kecepatan baling tengah adalah sebesar 0,0087 m/s dan kecepatan baling samping 2 adalah sebesar 0,0096.
- d. Dari perhitungan rata-rata lebar sungai, rata-rata kedalaman pengukuran dan menghitung kecepatan aliran maka dapat diketahui nilai debit dengan rumus

$$Q = \Sigma(Ls. Ks. Kb)$$

Dengan Q adalah debit, Ls adalah lebar sungai, Ks adalah Kedalaman sungai dan Kb adalah kecepatan baling-baling.

#### 3.4.4. Identifikasi Karakteristik DAS Ciliwung

Dalam penelitian ini analisis karakteristik DAS dilakukan dengan melakukan pengkarakterisasian morfometri DAS. Pada analisis tutupan, sebaran dan jenis penggunaan lahan dibutuhkan beberapa bahan dalam melakukan analisis, bahan yang dibutuhkan yaitu peta RBI skala 1:25000 sebagai bahan dasar dalam pembuatan batas dan luas DAS Ciliwung. Pada pengkarakteristikan morfometri DAS terdapat beberapa perhitungan yang dilakukan. Karakterisasi morfometri meliputi luas DAS, bentuk DAS, jaringan sungai, kerapatan aliran sungai dan gradien sungai.

#### 3.4.5. Kalibrasi Model

Kalibrasi model aplikasi hidrologi IFAS dilakukan untuk mengetahui tingkat akurasi model hidrologi pada masing masing parameter. Kalibrasi parameter pada

model hidrologi IFAS meliputi parameter air permukaan, parameter air tanah dan parameter air sungai (Tabel 10, 11 dan 12).

#### **3.4.5.1. Parameter Air Permukaan**

Parameter air permukaan merupakan parameter pertama yang diuji dalam melakukan kalibrasi model IFAS, parameter air permukaan memiliki lima parameter yang harus dilakukan kalibrasi, nantinya akan dipilih salah satu dari lima parameter yang memiliki hasil uji model Efisiensi *Nash-Sutcliffe* yang terbaik (Tabel 10).

#### **3.4.5.2. Parameter Air Sungai**

Parameter air sungai merupakan parameter kedua yang diuji dalam melakukan kalibrasi model IFAS, parameter air sungai memiliki tiga parameter yang harus dilakukan kalibrasi, nantinya akan dipilih salah satu dari tiga parameter yang memiliki hasil uji model Efisiensi *Nash-Sutcliffe* yang terbaik (Tabel 14).

#### **3.4.6. Analisis Nilai Ketersediaan Air Irigasi DAS Ciliwung**

Analisis ketersediaan air di DAS Ciliwung dilakukan dengan menggunakan simulasi model hidrologi IFAS, parameter hasil analisis data dengan uji NSE terbaik akan digunakan dalam simulasi model debit aliran DI di DAS Ciliwung pada masing-masing outlet DAS. Hasil simulasi model debit bulanan selanjutnya akan digunakan sebagai data nilai ketersediaan air DAS Ciliwung.

#### **3.4.7. Analisis Nilai Kebutuhan Air Irigasi DAS Ciliwung**

Melakukan analisis nilai debit pada masing-masing bendung di DAS Ciliwung memiliki tujuan mendapatkan nilai kebutuhan air irigasi sesuai wilayah yang diiri oleh DI pada bendung, selain itu juga sesuai dengan luasan areal persawahan pada masing-masing daerah yang diiri oleh DI di masing-masing bendung yang sesuai pada masa tanam wilayah tersebut. Dengan melakukan analisis luasan areal persawahan pada masing-masing masa tanam dapat diketahui jumlah pasokan debit aliran yang dibutuhkan untuk irigasi, sesuai dengan kebutuhan masing-masing masa tanam pada wilayah tersebut.

Analisis dilakukan dengan menghitung nilai kebutuhan air irigasi pada masing-masing wilayah yang diiri oleh bendung (*outlet* DAS). Nilai kebutuhan pada masing-masing wilayah DI ditunjukkan pada Tabel 9.

Tabel 9. Tabel Kebutuhan Irigasi DI di Outlet DAS Ciliwung Sesuai Musim Tanam

BENDUNG	MT 1		MT 2		MT 3	
	1-31 Okt	1 Nop - 1 Jan	1-31 Feb	1 Mar - 31 Jun	1-31 Jul	1 Agu - 30 Sep
Cibalok		1728.0		993.0	165.00	1329.00
Cibanon	228.00	720.0	528.00	420.0	708.00	240.00
Katulampa	4.95	1200.9	4.95	1197.9	1.95	1007.40
Bantarjati	411.00	73.5	30.00	414.0	30.00	414.00
Kranji		442.5		442.5		431.55

### 3.4.8. Analisis Nilai Kecukupan Air Irigasi DAS Ciliwung

Analisis kecukupan nilai air aliran irigasi dilakukan dengan melakukan perbandingan dengan nilai ketersediaan dengan nilai kebutuhan air irigasi. Dengan melakukan perbandingan tersebut, maka dapat diketahui nilai kecukupan air irigasi pada masing masing masa tanam dalam satu tahun (tahun 2015).

### 3.5. Analisis Data

Pengukuran akurasi pemodelan aplikasi hidrologi IFAS dilakukan dengan uji NSE, menurut Gupta (2009), perhitungan NSE dilakukan untuk menilai kekuatan prediksi dari efisiensi model hidrologi. *Nash-Sutcliffe* digunakan untuk kuantitatif menggambarkan akurasi model keluaran debit. Metode ini dapat digunakan untuk menggambarkan akurasi prediksi model debit dengan dua data untuk membandingkan hasil model untuk diamati. Penelitian ini membandingkan dua data debit, debit hasil simulasi IFAS dan data debit simulasi pengukuran primer. Perbandingan data debit primer dan debit hasil simulasi dilakukan pada bulan april 2016. Perbandingan dua data dilakukan dengan menggunakan rumus sebagai berikut,

$$NSE = 1 - \left[ \frac{\sum (Y_{i \text{ obs}} - Y_{i \text{ sim}})^2}{\sum (Y_{i \text{ obs}} - Y_{\text{ mean}})^2} \right]$$

$Y_{i \text{ obs}}$  adalah hasil nilai debit pengukuran lapang,  $Y_{i \text{ sim}}$  adalah nilai debit pemodelan IFAS,  $Y_{\text{ mean}}$  adalah nilai rata-rata pengukuran lapang.

Tabel 10. Parameter air permukaan aplikasi model hidrologi IFAS (Aziz dan Tanaka, 2010)

Nilai Konstanta Model Aplikasi IFAS							
Parameter	[fo ( cm / s )]	[SF2 ( m )]	[SF1 ( m )]	[Sf0 ( m )]	[N ( m -1/ 3)]	[on]	T(m)
1.	0.00001	0.06	0.01	0.002	1	0.15	0
2.	0.00002	0.08	0.01	0.002	3	0.2	0
3.	0.00001	0.09	0.01	0.005	3.5	0.3	0
4.	0.000001	0.05	0.0005	0.0001	2.1	0.25	0
5.	0.000001	0.09	0.01	0.005	4.5	0.3	0

Keterangan: fo: Kapasitas infiltrasi akhir, SF2: Tinggi penyimpanan maksimum, SF1: Cepat aliran menengah, Sf0: Tinggi di mana tanah infiltrasi terjadi, N: Koefisien kekasaran permukaan, on: Cepat aliran menengah koefisien regulasi, T: Tinggi penyimpanan awal.

Tabel 11. Parameter air tanah aplikasi model hidrologi IFAS (Aziz dan Tanaka, 2010)

Nilai Konstanta Model Aplikasi IFAS				
Parameter	[AUD (1/mm/day)1/2 ]	[AGD (1/day)]	[HCGD (m)]	[HIGD (m)]
1.	0.2	0.0003	2	2

Keterangan: AUD: Koefisien serapan air tanah, AGD: Limpasan air tanah, HCGD: Tinggi aliran air tanah, HIGD: Nilai awal limpasan air tanah.

Tabel 12. Parameter air sungai aplikasi model hidrologi IFAS (Aziz dan Tanaka, 2010)

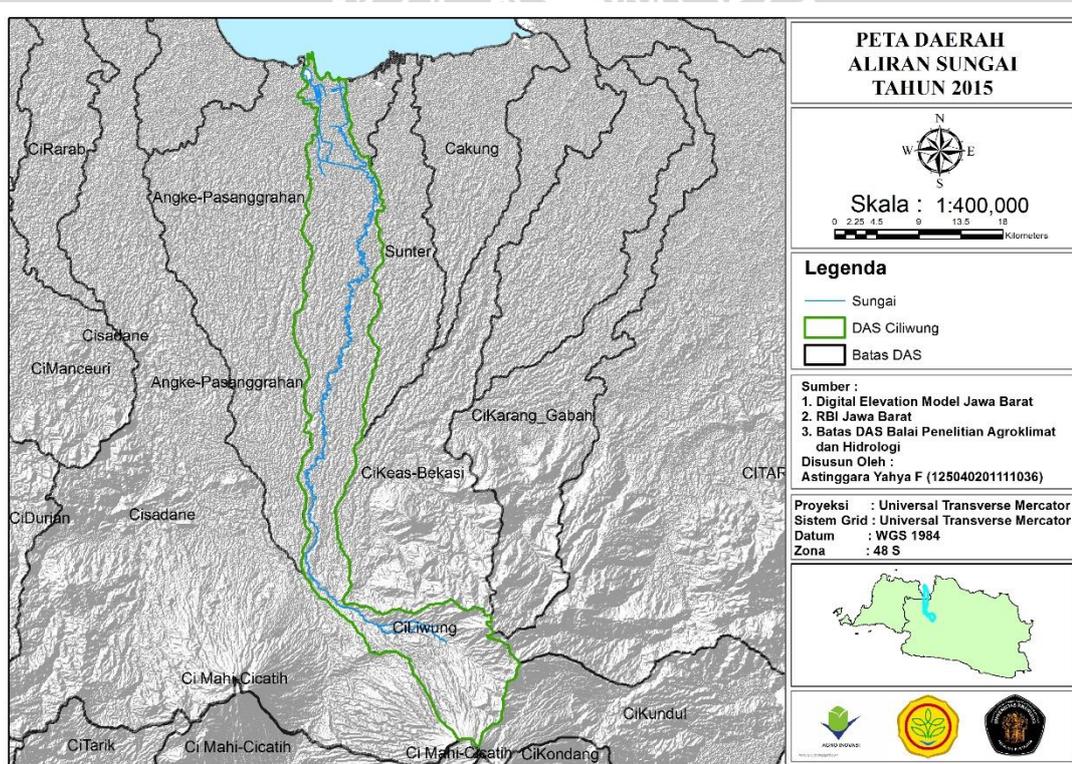
Nilai Konstanta Model Aplikasi IFAS										
Parameter	[RWB(c)]	[RBS(s)]	[RNS (n m-1/3s-1)]	[RRID(m)]	[RGWD(1/day)]	[RHW]	[RHS]	[RBH]	[RBET]	[RLCOF]
1.	7	0.5	0.038	0.2	0	9999	1	0.5	0.05	1.4
2.	7	0.5	0.037	0.2	0	9999	1	0.5	0.05	1.4
3.	7	0.5	0.036	0.2	0	9999	1	0.5	0.05	1.4

Keterangan: RWB: Lebar sungai, konstan hukum lanjutan, RBS: Koefisien jumlah, konstan hukum lanjutan, RNS: Koefisien kekasaran sungai, RRID: Nilai awal perhitungan alur sungai, RGWD: Koefisien infiltrasi dari permukaan sungai, RHW: Koefisien bentuk sungai menyilang, RHS: Koefisien bentuk sungai menyilang, RBH: Lebar aliran sungai ketika tinggi dan rendah, RBET: Kemiringan saluran banjar sungai, RLCOF: Kalibrasi koefisien panjang sungai.

## IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1. Karakteristik Morfometri DAS Ciliwung

Perhitungan morfometri DAS diperlukan dalam mengetahui karakteristik DAS Ciliwung. Perhitungan morfometri dilakukan karena perhitungan morfometri DAS dapat mempengaruhi perhitungan debit aliran sungai di suatu DAS. Perhitungan morfometri DAS menjadi sangat penting karena dari perhitungan morfometri akan diketahui beberapa faktor yang berkaitan erat dengan debit ketersediaan air pada DAS Ciliwung (Tabel 13). Faktor-faktor yang berkaitan dengan debit aliran pada DAS selanjutnya dapat digunakan dalam pertimbangan pengelolaan air di DAS Ciliwung. Pengelolaan air di DAS Ciliwung menjadi sangat penting mengingat lokasi ibu kota DKI Jakarta yang berada di bagian hilir DAS. Lokasi DAS Ciliwung yang berbatasan langsung dengan DAS Angke, DAS Cikeas dan DAS Sunter juga berpotensi menyebabkan bencana banjir di bagian hilir DAS Ciliwung (Gambar 10).



Gambar 10. Peta DAS Ciliwung (Daerah Aliran Sungai)

Tabel 13. Hasil Perhitungan Karakteristik DAS

No	Morfometri DAS	Rumus Perhitungan	Nilai Perhitungan
1	Luas DAS	-	48441.781 ha
2	Nisbah Perpanjangan	$Re = 1.129 \frac{A^{1/2}}{Lb}$	0.213
3	Nisbah Kebulatan	$Rc = \frac{4\pi A}{P^2}$	0.146
4	Jaringan Sungai	$= \frac{\sum Rb_{u+1} (N_u + N_{u+1})}{N_u}$	1.927
5	Kerapatan Aliran	$Dd = \frac{L}{A}$	1.920
6	Gradien Sungai	$Su = \frac{(h_{85} - h_{10})}{0.75 Lb}$	68.5 % (35°)

#### 4.1.1. Luas DAS

Tabel 13 menunjukkan besar luasan DAS Ciliwung dari pengukuran yang dilakukan dengan menggunakan peta topografi, DAS Ciliwung memiliki luas 48441.781 ha. Luas DAS Ciliwung jauh lebih kecil dibandingkan dengan beberapa DAS penting di Jawa Barat, misalnya DAS Cisadane yang memiliki luas sebesar 139845.416 ha, yang artinya luas DAS Ciliwung tidak lebih dari setengah DAS Cisadane. Luas DAS merupakan salah satu faktor karakteristik DAS yang dapat mempengaruhi besarnya curah hujan yang tertampung di dalamnya, semakin luas suatu DAS maka, curah hujan yang tertampung didalamnya akan semakin besar dan menghasilkan air limpasan dalam bentuk debit aliran sungai juga semakin besar (Rahayu *et al.*, 2009).

Menurut Sukiyah *et al* (2009), luas DAS merupakan indikator dalam penentuan kerapatan jaringan sungai. Semakin besar luasan suatu DAS maka semakin besar pula jumlah jaringan sungai yang dapat mengalirkan curah hujan yang tertampung didalamnya. DAS Ciliwung merupakan DAS terluas kedua di Jawa Barat setelah DAS Cisadane, dengan demikian tingkat ketersediaan air yang besar juga terdapat pada DAS Ciliwung. Namun perlu diperhatikan, dengan semakin sedikitnya jumlah jaringan sungai yang terdapat dalam suatu DAS, maka

debit yang dihasilkan sungai utama akan semakin besar. Jumlah curah hujan yang tertampung pada DAS Ciliwung keseluruhan akan mengalir pada sungai utama secara bersamaan, sehingga jumlah debit aliran sungai utama akan semakin besar, hal tersebut dapat berdampak buruk bagi wilayah hilir DAS Ciliwung. Besarnya sedimentasi yang terbawa debit aliran sungai ke bagian hilir DAS Ciliwung akan menyebabkan pendangkalan sungai, sehingga nantinya dapat menyebabkan bencana banjir di bagian hilir DAS Ciliwung.

#### **4.1.2. Bentuk DAS**

Dari dua perhitungan nisbah yang disajikan pada Tabel 13, nilai nisbah perpanjangan DAS Ciliwung adalah sebesar 0.213. Nilai nisbah perpanjangan DAS Ciliwung lebih besar dibandingkan nisbah kebulatan DAS Ciliwung yang hanya sebesar 0.146. Dari nilai nisbah perpanjangan dan nisbah kebulatan didapatkan nilai perhitungan nisbah perpanjangan DAS lebih tinggi yaitu sebesar 0.213. Perhitungan nisbah menunjukkan bentuk DAS Ciliwung adalah memanjang.

Bentuk DAS merupakan karakteristik DAS berdasarkan morfometri DAS yang dapat mempengaruhi laju aliran suatu sungai dari hulu hingga hilir DAS. Menurut Rahayu (2009), bentuk DAS akan mempengaruhi kecepatan serta jumlah aliran dari curah hujan yang ditampung oleh DAS. Semakin tinggi nilai nisbah perpanjangan DAS Ciliwung maka kecepatan aliran yang diperlukan dari hulu ke hilir DAS Ciliwung akan berangsur sesuai kecepatan aliran air. Lama laju aliran debit dari hulu ke hilir DAS Ciliwung disebabkan panjang aliran sungai dan juga laju infiltrasi yang terjadi di sepanjang aliran sungai. Panjang aliran dari bentuk DAS yang memanjang menjadikan ketersediaan air dari hulu ke hilir DAS Ciliwung terjadi secara berangsur. Ketersediaan air dari hulu ke hilir DAS Ciliwung yang terjadi berangsur, menyebabkan tidak terjadinya penampungan air di bagian hulu DAS Ciliwung jika dilakukan pengelolaan ketersediaan air DAS dengan baik.

#### **4.1.3. Jaringan Sungai**

Tabel 14 menyajikan hasil perhitungan dengan menggunakan metode strehler dan hasil menunjukkan nilai nisbah percabangan DAS Ciliwung adalah sebesar 1,927. Jaringan sungai merupakan komponen karakteristik DAS yang dapat mempengaruhi nilai kerapatan jaringan sungai. Jaringan sungai dapat mempengaruhi debit aliran sungai dari anak-anak sungai yang dimiliki. Perhitungan

nisbah kerapatan jaringan sungai pada penelitian ini menggunakan digitasi manual dari citra spot skala 1:10.000 tahun 2014.

Tabel 14. Tabel Perhitungan Jaringan Sungai DAS Ciliwung

Orde (U)	Jumlah Orde (Nu)	Nu/Nu+1	Nu+(Nu+1)	$\frac{Nu}{Nu+1} \times Nu+(Nu+1)$
1	24	0,960	49	47,040
2	12	0,923	25	23,077
3	8	0,889	17	15,111
4	1	0,500	3	1,500
Jumlah	45	3,272	94	86,728
Nisbah Percabangan				1,927

Menurut Rahayu *et al* (2009) menyatakan bahwa nisbah percabangan 3 atau <3 menunjukkan alur sungai memiliki kenaikan muka air banjir dengan cepat, sedangkan penurunannya berjalan lambat. Dengan nisbah percabangan dibawah tiga, DAS Ciliwung memiliki kenaikan muka air banjir di bagian hilir dengan cepat. Debit aliran yang tersedia di bagian hilir DAS Ciliwung dapat berubah dengan cepat sesuai dengan keadaan hulu DAS Ciliwung. Tingkat ketersediaan air hilir sangat bergantung pada curah hujan yang jatuh di bagian hulu DAS Ciliwung. Curah hujan yang tinggi di bagian hulu DAS Ciliwung dapat menyebabkan banjir di bagian hilir DAS Ciliwung, hal tersebut akan terjadi bahkan apabila hilir DAS tidak terjadi hujan sekalipun.

Ketersediaan air di bagian hilir DAS Ciliwung sangat bergantung pada curah hujan di bagian hulu DAS. Melakukan manajemen air sesuai dengan tingkat kebutuhan air di bagian hilir DAS Ciliwung sangat penting dilakukan mengingat besarnya air yang akan tertampung di bagian hilir DAS Ciliwung. Pengendalian besarnya debit aliran dari hulu ke hilir DAS Ciliwung juga dapat dilakukan dengan mengatur pemanfaatan air irigasi yang dialirkan dari intek pintu air DI pada masing masing bendung di DAS Ciliwung.

#### 4.1.4. Kerapatan Aliran Sungai

Kerapatan aliran merupakan karakteristik daerah aliran sungai yang didalamnya memperhitungkan kapasitas simpan air limpasan pada cekungan, sesuai dengan elevasi DAS. Kapasitas simpan air pada cekungan biasanya pada rawa, danau dan badan sungai yang terdapat di dalam DAS. Semakin besar nilai kerapatan

aliran sungai, maka semakin besar pula debit yang dihasilkan pada suatu Daerah Aliran Sungai (DAS). Sesuai data yang disajikan pada tabel 13 nilai kerapatan aliran sungai pada DAS ciliwung memiliki nilai 1,920 km/km<sup>2</sup>.

Sesuai dengan indeks kerapatan jaringan sungai oleh Rahayu *et al* (2009), jika nilai indeks kerapatan sungai menunjukkan nilai 0.25 - 10 km/km<sup>2</sup>, maka indeks kerapatan sungai adalah sedang. Pada perhitungan yang telah dilakukan di DAS Ciliwung maka indeks kerapatan DAS Ciliwung menunjukkan kerapatan sedang. Selain itu Rahayu *et al.*, (2009) juga menyebutkan bahwa panjang aliran kurang dari 0,62 km/km<sup>2</sup> maka DAS akan sering mengalami penggenangan, sedangkan jika panjang aliran lebih besar dari 3,10 km/km<sup>2</sup> maka DAS akan sering mengalami kekeringan. Dengan panjang aliran DAS Ciliwung yang mencapai 1,92 km/km<sup>2</sup> seharusnya DAS Ciliwung dalam kondisi stabil dan tidak mengalami kelebihan atau kekurangan air. Keadaan DAS Ciliwung yang stabil dari segi kerapatan aliran sungai mendukung ketersediaan air irigasi di bagian hulu maupun hilir DAS seimbang dan tercukupi.

#### 4.1.5. Gradien Sungai

Tabel 13 menunjukkan nilai gradien sungai DAS ciliwung memiliki nilai gradien 68,5 % atau 35°. Hal tersebut mempengaruhi bagaimana distribusi aliran dari hulu hingga hilir DAS, semakin besar dan tinggi nilai gradien sungai, maka semakin besar dan cepat pula laju distribusi aliran dari wilayah hulu DAS ke wilayah hilir DAS (Junaidi dan Maryani, 2013).

Gradien sungai merupakan salah satu dalam karakteristik DAS Ciliwung yang memiliki pengaruh yang cukup besar dalam melihat laju aliran kecepatan limpasan permukaan pada sungai di DAS Ciliwung. Gradien akan menunjukkan tingkat kecuraman sungai di DAS Ciliwung dari wilayah hulu menuju hilir sungai. Menurut Junaidi dan Maryani (2013), semakin besar kecuraman maka semakin tinggi laju alirannya. DAS Ciliwung dengan nilai gradien 68,5 % atau 35°. Menurut Rayes (2006), kelerengan 35° dengan beda tinggi 35 m, memiliki relief bergelombang agak berbukit. Kecepatan aliran di DAS Ciliwung lebih besar dipengaruhi oleh nisbah perpanjangan DAS. Jumlah air yang masuk dan tertampung di dalam DAS dialirkan melalui sungai utama dari hulu DAS menuju hilir DAS Ciliwung secara bersamaan. Dengan relief bergelombang agak berbukit

ketersediaan air pada sungai utama di DAS Ciliwung cukup tinggi, hal tersebut terjadi karena jumlah curah hujan yang tertampung pada anak-anak sungai dengan cepat mengalir dan tertampung pada sungai utama DAS Ciliwung.

#### 4.2. Kalibrasi Model Hidrologi IFAS di DAS Ciliwung

Kalibrasi model dilakukan dengan merubah parameter pada aplikasi IFAS. Beberapa parameter yang tidak dilakukan perubahan adalah, peta elevasi, peta air tanah, dan peta tutupan lahan. Namun pada pengaplikasian model hidrologi IFAS dilakukan kalibrasi pada beberapa parameter, yaitu nilai parameter model air permukaan, air tanah dan air sungai. Hasil simulasi model IFAS pada bulan April selanjutnya dilakukan perbandingan dengan hasil perhitungan manual dengan menggunakan metode Current-Meter pada bulan yang sama.

Pada Tabel 13 dijelaskan bahwa nilai terbaik dalam melakukan pemodelan adalah pada Kalibrasi 1 dengan nilai perhitungan NSE sebesar 0,720 yang terdiri dari parameter air permukaan ke-satu, parameter air tanah ke-satu dan parameter air sungai ke-satu (tabel 10, 11, dan 12). Sedangkan untuk nilai terendah ditunjukkan pada Kalibrasi 5 dengan nilai perhitungan NSE sebesar 0,135 yang terdiri dari parameter air permukaan ke-dua, parameter air tanah ke-satu dan parameter air sungai ke-dua (Tabel 10, 11, dan 12).

Tabel 15. Tabel Nilai Kalibrasi Parameter Model IFAS

No Kalibrasi	Nilai Kalibrasi	Keterangan Kalibrasi
Kalibrasi 1	0,720	PP1-PT1-PS1
Kalibrasi 2	0,714	PP1-PT1-PS2
Kalibrasi 3	0,645	PP1-PT1-PS3
Kalibrasi 4	0,587	PP2-PT1-PS1
Kalibrasi 5	0,135	PP2-PT1-PS2
Kalibrasi 6	0,662	PP2-PT1-PS3
Kalibrasi 7	0,469	PP3-PT1-PS1
Kalibrasi 8	0,378	PP3-PT1-PS2
Kalibrasi 9	0,378	PP3-PT1-PS3
Kalibrasi 10	0,689	PP4-PT1-PS1
Kalibrasi 11	0,692	PP4-PT1-PS2
Kalibrasi 12	0,505	PP4-PT1-PS3
Kalibrasi 13	0,649	PP5-PT1-PS1
Kalibrasi 14	0,694	PP5-PT1-PS2
Kalibrasi 15	0,478	PP5-PT1-PS3

Hal tersebut sesuai dengan pernyataan Tanika (2013), tentang uji NSE ketika nilai semakin mendekati satu, maka nilai pemodelan adalah semakin baik atau tepat,

dan sebaliknya ketika nilai uji NSE semakin menjauhi nilai satu, maka hasil simulasi pemodelan adalah semakin jelek atau tidak tepat. Nilai pemodelan dengan uji NSE yang menunjukkan nilai lebih dari 0,5 maka pemodelan sudah dapat digunakan dengan tingkat kepercayaan sebesar 50%. Hasil uji kalibrasi dengan uji NSE dengan nilai 0,720 dapat digunakan dalam melakukan pemodelan prediksi debit aliran Daerah Irigasi (DI) di DAS Ciliwung. Nilai akurasi pada simulasi model aplikasi IFAS di DAS Ciliwung adalah sebesar 72%.

#### 4.3. Ketersediaan Air Irigasi Pada Masing-Masing Outlet Bendung di DAS Ciliwung

Nilai ketersediaan air irigasi pada bendung di DAS Ciliwung dihitung dengan menggunakan parameter Kalibrasi 1 dengan nilai uji NSE mencapai 0,720. Pada tabel 16 tersaji nilai ketersediaan air irigasi bulanan tahun 2015 pada masing-masing outlet Bendung DI di DAS Ciliwung. Tabel 16 menunjukkan jumlah air irigasi tersedia pada outlet DI bendung kranji sejumlah 120.27 (liter/det), bendung Bantarjati 106.04 (liter/det), bendung Katulampa 73.23 (liter/det), bendung Cibanon 21.31 (liter/det) dan bendung Cibalok 67.43 (liter/det).

Tabel 16. Prediksi Debit Ketersediaan Aliran Air Irigasi Bulanan Tahun 2015 pada Outlet Bendung di DAS Ciliwung (liter/det).

Bulan	Kranji	Bantarjati	Katulampa	Cibanon	Cibalok
Januari	1287	1126	774	225	712
Februari	1583	1397	972	275	898
Maret	1298	1135	782	225	721
April	1144	1015	705	205	651
Mei	982	868	599	176	552
Juni	595	538	373	116	345
Juli	545	493	341	105	316
Agustus	588	522	359	109	332
September	494	446	309	094	286
Oktober	511	455	314	095	290
November	1542	1330	909	261	830
Desember	1458	1279	886	245	810
Jumlah	12033	10609	7327	2137	6748
Rata-rata	1002	884	610	178	562

Prediksi ketersediaan air pada masing-masing bendung di bulan basah yaitu bulan Oktober hingga bulan Maret memiliki ketersediaan air yang cukup tinggi. Ketersediaan air pada bulan basah cukup melimpah pada masing-masing bendung di DAS Ciliwung. Pada bulan kering yaitu bulan April hingga September mulai

mengalami penurunan tingkat ketersediaan air pada masing-masing bendung. Penurunan ketersediaan air dari bulan basah ke bulan kering sesuai dengan curah hujan yang dilakukan dalam simulasi. Jumlah ketersediaan air tertinggi selama tahun 2015 terdapat pada Bendung Kranji, hal tersebut sesuai dengan perhitungan karakteristik DAS yang menunjukkan terjadinya penggenangan serta ketersediaan air tertinggi berada pada wilayah hilir DAS Ciliwung. Sebaliknya jumlah ketersediaan air rendah ditunjukkan terdapat pada Bendung Cibanon yang berada di bagian hulu DAS Ciliwung. Ketersediaan air rendah di bagian hulu DAS disebabkan oleh belum terkumpulnya curah hujan yang tertampung pada sungai utama, debit aliran sungai masih terbagi pada anak-anak sungai utama.

#### **4.4. Kebutuhan Air Irigasi Pada Masing-Masing Outlet Bendung di DAS Ciliwung**

Nilai kebutuhan air irigasi dapat dilihat dari masing-masing luasan lahan yang diirigasi. Tabel 17 menunjukkan jumlah kebutuhan air sesuai musim tanam pada masing-masing lahan yang dilakukan irigasi. Kebutuhan air irigasi pada musim tanam satu memiliki kebutuhan tertinggi pada bulan Nopember hingga Januari dengan jenis tanaman padi dengan akumulasi total mencapai 3020.4 (liter/det/ha), kebutuhan air irigasi tertinggi pada musim tanam dua terdapat pada bulan Maret hingga Juni dengan jenis tanaman padi 2231.4 (liter/det/ha), dan kebutuhan air irigasi tertinggi pada musim tanam tiga terdapat pada bulan Agustus hingga September dengan jenis tanaman palawija yaitu sebesar 3414 (liter/det/ha).

Kebutuhan air tertinggi pada musim tanam 2015 di DAS Ciliwung terjadi pada Bulan Oktober hingga Bulan Januari. Kebutuhan air yang tinggi pada musim tanam satu terjadi akibat besarnya lahan budidaya dengan jenis penggunaan lahan sawah dengan jenis tanaman padi. Kebutuhan air yang tinggi pada musim tanam satu, yaitu pada Bulan Oktober hingga Bulan Januari kurang sesuai dengan jumlah curah hujan tinggi yang terjadi pada tahun 2015. Stasiun iklim citeko mencatat curah hujan tinggi di tahun 2015 terjadi pada Bulan November hingga Februari.

Tabel 17. Kebutuhan Air per-Musim Tanam pada Lahan Irigasi di Aliran *Outlet* DI di DAS Ciliwung (liter/det/ha).

Kec	Nama Daerah Irigasi	MT 1			MT 2			MT 3	
		1-31 Okt	1 Nop - 1 Jan		1-31 Feb	1 Mar - 31 Jun		1-31 Jul	1 Agu - 3- Sep
		B	P	W	B	P	W	B	W
Ciawi	Cibalok	-	1072.5	655.5	-	655.5	337.5	165	1329
Cisarua	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Megamendung	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sukaraja	Katulampa	-	618	216	-	618	216	-	648
Babakan	Leuwibolang	411	73.5	-	30	414	-	30	414
Madang	(Bantarjati)	-	-	-	-	-	-	-	-
Sukamakmur	Cibanon	228	720	-	528	-	420	708	240
Cibinong	Katulampa	4.95	154.5	37.5	4.95	162	27	1.95	184.5
Bojonggede	Kranji	-	151.95	235.5	-	151.95	235.5	-	376.5
Bogor Selatan	Katulampa	-	66	-	-	66	-	-	66
Bogor Timur	Katulampa	-	43.5	-	-	43.5	-	-	43.5
Bogor Utara	Katulampa	-	37.95	-	-	37.95	-	-	37.95
Bogor Tengah	Katulampa	-	6.9	-	-	6.9	-	-	6.9
Tanah Sereal	Katulampa	-	20.55	-	-	20.55	-	-	20.55
Pancoran Mas	Kranji	-	3.45	-	-	3.45	-	-	3.45
Cipayung	Kranji	-	7.05	-	-	7.05	-	-	7.05
Sukma Jaya	Kranji	-	22.05	-	-	22.05	-	-	22.05
Cilodong	Kranji	-	7.95	-	-	7.95	-	-	7.95
Cimanggis	Kranji	-	5.55	-	-	5.55	-	-	5.55
Tapos	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Beji	Kranji	-	9	-	-	9	-	-	9
Limo	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cinere	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Keterangan : B: Bera, P: Padi, W: Palawija

Bulan basah dan bulan kering yang terjadi di tahun 2015 tidak terjadi normal, hal tersebut diakibatkan terjadinya perubahan iklim ekstrim el-nino yang terjadi di wilayah Indonesia. Perubahan iklim ekstrim el-nino terjadi akibat mendinginnya permukaan air laut samudra pasifik sehingga terjadi penurunan jumlah uap air yang terserap oleh awan. Dampak dari adanya iklim ekstrim el nino di tahun 2015 menyebabkan pergeseran bulan basah di Indonesia. Bulan basah Indonesia yang biasa terjadi pada Bulan Oktober hingga Maret, bergeser menjadi Bulan November hingga Februari. Bahkan beberapa wilayah di Indonesia bahkan mengalami bulan basah yang jauh lebih singkat. Pergeseran bulan basah dan bulan kering di Indonesia akibat iklim el-nino berdampak pada kalender tanam yang tidak sesuai. Pergeseran bulan pada kalender tanam wilayah sentra produksi hasil pertanian menjadi sangat merugikan, akibatnya beberapa wilayah mengalami penurunan hasil produk pertanian akibat gagal panen.

#### 4.5. Kecukupan Air Irigasi Pada Masing-Masing Outlet Bendung di DAS Ciliwung

Nilai kecukupan air irigasi dapat diketahui dari perbandingan nilai ketersediaan air dengan nilai kebutuhan air irigasi di DAS Ciliwung. Tabel 18 menunjukkan perbandingan nilai ketersediaan air irigasi DAS Ciliwung dengan kecukupan air irigasi DAS Ciliwung. Total ketersediaan air irigasi di DAS Ciliwung pada musim tanam satu berjumlah 15339 (liter/det/ha) dengan total kebutuhan air irigasi sebesar 4808.85 (liter/det/ha). Surplus debit air irigasi di DAS Ciliwung pada musim tanam satu sebesar 10530.15 (liter/det/ha). Pada musim tanam dua DAS Ciliwung memiliki total ketersediaan air irigasi sebesar 18150 (liter/det/ha) dengan total kebutuhan air irigasi sebesar 4030.35 (liter/det/ha). Surplus debit air irigasi di DAS Ciliwung pada musim tanam dua yaitu sebesar 14119.65 (liter/det/ha). Pada musim tanam tiga DAS Ciliwung memiliki total ketersediaan air irigasi sebesar 5339 (liter/det/ha) dengan total kebutuhan air irigasi sebesar 4326 (liter/det/ha). Surplus debit air irigasi di DAS Ciliwung pada musim tanam tiga yaitu sebesar 1013 (liter/det/ha).

Tabel 18. Perbandingan Nilai Prediksi Ketersediaan dan Nilai Kebutuhan Irigasi di DAS Ciliwung (liter/det/ha).

Bendung	MT 1		MT 2		MT 3	
	1 Okt - 31 Jan		1 Feb - 31 Jun		1 Jul - 30 Sept	
	Ketersediaan	Kebutuhan	Ketersediaan	Kebutuhan	Ketersediaan	Kebutuhan
Cibalok	2642	1728.00	3167	993.00	934	1494.00
Cibanon	826	948.00	997	948.00	308	948.00
Katulampa	2883	1205.85	3431	1202.85	1009	1009.35
Bantarjati	4190	484.50	4953	444.00	1461	444.00
Kranji	4798	442.50	5602	442.50	1627	431.55

Total kecukupan air irigasi di DAS Ciliwung pada masing-masing musim tanam memiliki nilai surplus yang beragam. Musim tanam satu memiliki nilai surplus sebesar 10530.15 (liter/det/ha), sedangkan pada musim tanam dua dan tiga adalah sebesar 14119.65 (liter/det/ha) dan 1013 (liter/det/ha). Defisit air pada beberapa bendung terjadi akibat pengaturan jumlah pasokan air yang masih belum disesuaikan dengan jumlah luasan lahan yang diirigasi. Beberapa lahan pertanian dibuka pada wilayah dengan kecukupan air irigasi yang rendah, hal ini didukung

dengan pergeseran bulan basah dan bulan kering yang terjadi selama tahun 2015. Pembukaan lahan irigasi pada wilayah yang kurang sesuai dan terjadinya iklim ekstrim el-nino di Indonesia pada tahun 2015, menyebabkan terjadinya defisit air irigasi pada beberapa outlet bendung di DAS Ciliwung.

Musim tanam satu DAS Ciliwung terjadi pada awal bulan Oktober hingga akhir bulan Januari. Tabel 19 menunjukkan hasil simulasi ketersediaan dan kebutuhan air DI di DAS Ciliwung pada musim tanam satu Bendung Cibalok terdapat surplus sebesar 914 (liter/det/ha), Bendung Cibanon terdapat defisit sebesar 122 (liter/det/ha), Bendung Katulampa terjadi surplus air irigasi sebesar 1677.15 (liter/det/ha), selanjutnya pada Bendung Bantarjati terdapat surplus air irigasi sebesar 3705.5 (liter/det/ha) dan yang terakhir adalah pada Bendung Kranji terdapat surplus air irigasi sebesar 4355.5 (liter/det/ha).

Tabel 19. Kecukupan Air Irigasi Outlet Bendung di DAS Ciliwung pada Musim Tanam Satu (liter/det/ha).

BENDUNG	MT 1		Nilai Kecukupan Irigasi	
	1 Okt - 31 Jan		Surplus	Defisit
	Ketersediaan	Kebutuhan		
Cibalok	2642	1728.00	914	
Cibanon	826	948.00		122
Katulampa	2883	1205.85	1677.15	
Bantarjati	4190	484.50	3705.50	
Kranji	4798	442.50	4355.50	

Pada musim tanam ke-dua keseluruhan nilai kecukupan air irigasi DI di DAS Ciliwung memiliki surplus di setiap *outlet* DAS. Musim tanam ke-dua terjadi pada bulan awal Bulan Februari hingga akhir Bulan Juni. Tabel 20 menunjukkan nilai kecukupan air pada masing-masing Bendung di DAS Ciliwung. Bendung Cibalok memiliki surplus sebesar 2174 (liter/det/ha), Bendung Cibanon 49 (liter/det/ha), Bendung Katulampa 2228.15 (liter/det/ha), Bendung Bantarjati 4509 (liter/det/ha), dan Bendung Kranji memiliki surplus air sebesar 5159.5 (liter/det/ha).

Tabel 20. Kecukupan Air Irigasi Outlet Bendung di DAS Ciliwung pada Musim Tanam Dua (liter/det/ha).

BENDUNG	MT 2 1 Feb - 31 Jun		Nilai Kecukupan Irigasi	
	Ketersediaan	Kebutuhan	Surplus	Defisit
Cibalok	3167	993.00	2174	
Cibanon	997	948.00	49	
Katulampa	3431	1202.85	2228.15	
Bantarjati	4953	444.00	4509	
Kranji	5602	442.50	5159.5	

Tabel 21 menunjukkan nilai kecukupan air irigasi DI di DAS Ciliwung di dominasi nilai defisit pada Bendung Cibalok sebesar 560 (liter/det/ha), Bendung Cibanon sebesar 640 (liter/det/ha), Bendung Katulampa sebesar 0.35 (liter/det/ha), sedangkan pada Bendung Bantarjati dan Bendung Kranji mengalami surplus dengan nilai 1017 (liter/det/ha) dan 1195.45 (liter/det/ha).

Tabel 21. Kecukupan Air Irigasi Outlet Bendung di DAS Ciliwung pada Musim Tanam Tiga (liter/det/ha).

BENDUNG	MT 3 1 Jul - 30 Sept		Nilai Kecukupan Irigasi	
	Ketersediaan	Kebutuhan	Surplus	Defisit
Cibalok	934	1494.00		560
Cibanon	308	948.00		640
Katulampa	1009	1009.35		0.35
Bantarjati	1461	444.00	1017.00	
Kranji	1627	431.55	1195.45	

Nilai kecukupan air irigasi DI di DAS Ciliwung pada musim tanam ke-tiga memiliki banyak variasi nilai yang beragam. Nilai kecukupan air musim tanam ke-tiga berbeda dengan nilai pada musim tanam satu dan dua. Musim tanam ke-tiga terjadi pada awal Bulan Juli hingga akhir Bulan September. Pada musim tanam ke-tiga nilai defisit pada *outlet* DAS yang lebih dominan, tiga dari lima bendung mengalami defisit kecukupan air irigasi.

Pembagian air irigasi pada intake pintu air DI seharusnya diselenggarakan dengan tingkat kebutuhan air pada masing-masing musim tanam di wilayah DAS Ciliwung. Penjaga pintu air pada intake DI di masing-masing bendung memiliki peran yang besar dalam tingkat kecukupan air di masing-masing aliran irigasi. Terjadinya defisit air irigasi pada musim tanam satu dan tiga membuktikan tidak adanya keselarasan antara air tersedia dan dialirkan melalui intake DI dari bendung masing-masing kurang terkoordinasi dengan baik. Perlu dilakukan koordinasi antar pihak terkait sangat diperlukan guna memenuhi kecukupan air bagi lahan pertanian di wilayah DAS Ciliwung. Pembukaan lahan, pemilihan jenis tanaman hingga pemberian air yang cukup oleh petugas penjaga pintu air irigasi perlu diselenggarakan guna mencukupi kebutuhan air irigasi pada masing-masing lahan pertanian di DAS Ciliwung.

Nilai defisit yang lebih dominan pada musim tanam tiga juga dipengaruhi oleh bulan kering yang terjadi pada bulan April hingga September, ditambah pada tahun 2015 terdapat fenomena El-Nino di perairan laut Indonesia. El-Nino menyebabkan mendinginnya suhu permukaan laut di sekitar perairan Indonesia akibat dari tertariknya seluruh massa air hangat ke bagian tengah samudra Pasifik. Akibat buruk dari kondisi ini adalah berkurangnya produksi awan di wilayah Indonesia, hal tersebut menyebabkan menurunnya curah hujan yang nantinya akan menyebabkan musim kemarau yang berkepanjangan (Irawan, 2006). Nilai defisit yang tinggi pada musim tanam tiga didukung dengan penentuan areal lahan beririgasi dengan pergeseran bulan basah yang terjadi akibat iklim El-Nino di Indonesia di tahun 2015.

## V. PENUTUP

### 5.1. Kesimpulan

1. Aplikasi model hidrologi IFAS dapat digunakan dalam memprediksi debit air irigasi dengan tingkat keakuratan 0,72 (72%)
2. Nilai kecukupan air DI di DAS Ciliwung pada musim tanam satu tercukupi pada empat bendung dengan nilai surplus pada Bendung Cibalok, Katulampa, Bantarjati dan Kranji sebesar 914 (liter/det/ha), 1677.15 (liter/det/ha), 3705.5 (liter/det/ha) dan 4355.5 (liter/det/ha) secara berturut-turut, Bendung Cibanon mengalami defisit sebesar 122 (liter/det/ha). Nilai kecukupan pada musim tanam dua tercukupi pada kelima bendung dengan nilai surplus pada Bendung Cibalok sebesar 2174 (liter/det/ha), Bendung Cibanon sebesar 49 (liter/det/ha), Bendung Katulampa sebesar 2228.15 (liter/det/ha), Bendung Bantarjati sebesar 4509 (liter/det/ha), dan Bendung Kranji memiliki surplus air sebesar 5159.5 (liter/det/ha). Nilai kecukupan pada musim tanam tiga mengalami penurunan, tiga dari lima bendung mengalami defisit air irigasi. Bendung Cibalok, Bendung Cibanon dan Bendung Katulampa, mengalami defisit dengan nilai 560 (liter/det/ha), 640 (liter/det/ha) dan 0.35 (liter/det/ha) secara berturut-turut, sedangkan pada Bendung Bantarjati dan Bendung Kranji mengalami surplus dengan nilai 1017 (liter/det/ha) dan 1195.45 (liter/det/ha), dengan kata lain pada musim tanam tiga, DI pada outlet Bendung di DAS Ciliwung mengalami kekurangan air irigasi.

### 5.2. Saran

Penggunaan aplikasi model hidrologi IFAS sebaiknya menggunakan peta parameter terbaru, hal tersebut bertujuan untuk menghasilkan model yang mendekati keadaan nyata serta diharapkan adanya kontinuitas pencatatan data debit harian oleh Balai Besar Wilayah Sungai (BBWS) Ciliwung-Cisadane, yang lengkap dan akurat sehingga mudah diakses oleh instansi penelitian dan universitas.

**DAFTAR PUSTAKA**

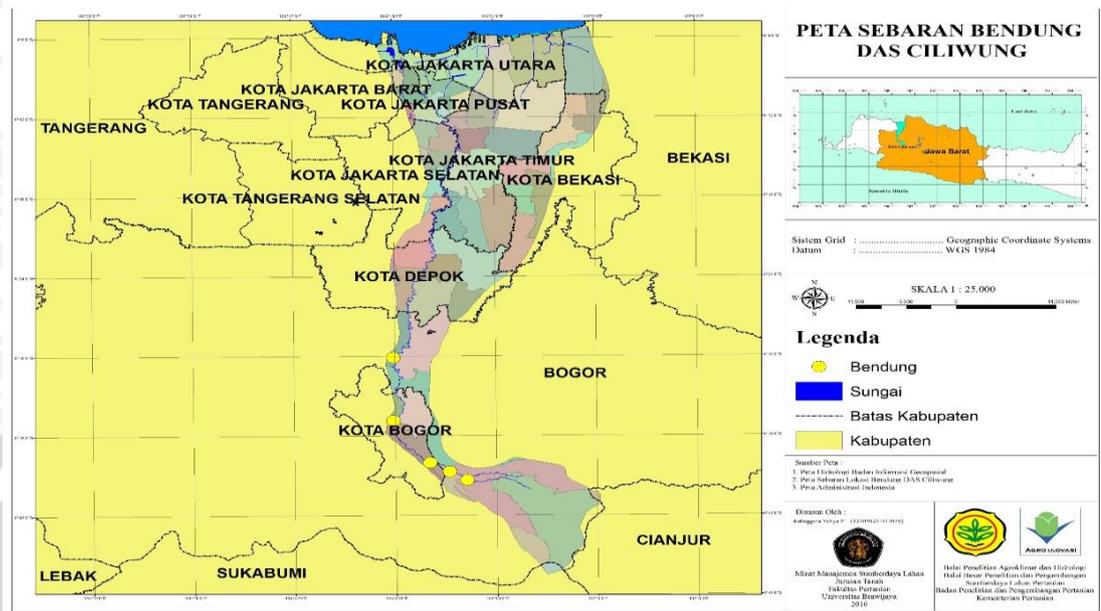
- Aziz, A dan Tanaka, S 2010 Regional Parameterization and Applicability of Integrated Flood Analysis System (Ifas) For Flood Forecasting of Upper-Middle Indus River Pakistan Journal of Meteorology 8(15): 21-38
- Balai Pengelolaan Daerah Aliran Sungai Citarum Ciliwung. 2007. Penyusunan Rencana Tindak Pengelolaan DAS Ciliwung. BPDAS Ciliwung Citarum. Bogor.
- Batubara, A. M. 2013. Konservasi DAS (Daerah Aliran Sungai) Dalam Upaya Perlindungan Kawasan Situs Biting Kabupaten Lumajang. Jurnal Penelitian Universitas Gadjah Mada. Vol 7, Nomor 1, September 2013.
- Emiyati. 2012. Hydrologic Response Unit (HRU) dan Debit Aliran Ci Rasea. Tesis. Universitas Indonesia. Depok.
- Farida dan Noordwijk, M V 2004 Analisis Debit Sungai Akibat Alih Guna Lahan dan Aplikasi Model Genriver Pada DAS Way Besai, Sumberjaya Agrivita 26 (1): 39-47
- Fenton, J D dan Keller, R J 2001 The Calculation of Streamflow from Measurements of Stage Initial Crc Flood Hydrology Program
- Fukami, K, Sugiura, T, Magome, J dan Kawami, T 2009 Integrated Flood Analysis System (Ifas Version 12) User's Manual ICHARM Publication. Jepang
- Gupta, H V, Kling, H, Yilmaz, K K Dan Martinez, G F 2009 Decomposition of The Mean Squared Error and Nse Performance Criteria: Implications for Improving Hydrological Modelling Journal of Hydrology 377 (2009) 80-91
- Handayani, YI, Sutikno, S, Fitriani, Kurniani, A 2015 Model Hidrologi untuk Analisis Banjir Berbasis Data Satelit Annual Civil Engineering Seminar 2015 Pekanbaru
- Irawan, Bambang. 2006. Fenomena Anomali Iklim El Nino dan La Nina: Kecenderungan Jangka Panjang dan Pengaruhnya Terhadap Produksi Pangan. Forum Penelitian Agro Ekonomi. Vol. 24, Nomor 1, Juli 2006.
- Junaidi dan Maryani. 2013. Pengaruh Dinamika Spasial Sosial Ekonomi Pada Suatu Lanskap Daerah Aliran Sungai (DAS) Terhadap Keberadaan Lanskap Hutan (Studi Kasus Pada DAS Citanduy Hulu dan DAS Cisee, Jawa Barat). Jurnal Penelitian Sosial dan Ekonomi Kehutanan. Vol. 10, Nomor 2, Juni 2013.
- Keputusan Menteri 2003 Pedoman Teknis Pengelolaan Daerah Aliran Sungai Terpadu Draft Final Sekretariat Tkpsda 2003
- Kunu, P. J. 2009. Evolusi Penggunaan Lahan di Daerah Aliran Sungai Ciliwung. Jurnal Agroforestri Universitas Pattimura. Vol. IV, Nomor 1, Maret 2009.

- Paimin., I. B. Pramono., Purwanto., D. R. Indrawati. 2012. Sistem Perencanaan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai. Pusat Penelitian dan Pengembangan Konservasi dan Rehabilitasi (P3KR). Bogor.
- Rahayu S, Widodo Rh, Van Noordwijk M, Suryadi I dan Verbist B 2009 Monitoring Air di Daerah Aliran Sungai Bogor. Indonesia
- Rayes, M. L. 2006. Deskripsi Profil Tanah di Lapangan. Unit Penerbitan Fakuliteras Pertanian Universitas Brawijaya. Malang
- Saridewi, TR, Hadi, S, Fauzi, A dan Rusastra, I W 2014 Penataan Ruang Daerah Aliran Sungai Ciliwung Dengan Pendekatan Kelembagaan dalam Perspektif Pemantapan Pengelolaan Usahatani Forum Penelitian Agro Ekonomi, 32(2): 87 – 102
- Sudaryono. 2002. Pengelolaan Daerah Aliran Sungai (DAS) Terpadu Konsep Pembangunan Berkelanjutan. Jurnal Teknologi Lingkungan. Vol 3, Nomor 2, Mei 2002.
- Sukiyah, E. Mulyono. 2009. Morfometri Derah Aliran Sungai Pada Bentangalam Vulkanik Kwarter Terdeformasi. Bulletin of Scientific Contribution. Vol. 5, Nomor 3, Desember 2007.
- Supangat, A B 2012 Karakteristik Hidrologi Berdasarkan Parameter Morfometri DAS di Kawasan Taman Nasional Meru Betiri (Hydrological Characteristics Based on Morphometric Parameters of Meru Betiri National Park) Jurnal Penelitian Hutan dan Konservasi Alam 9 (3): 275-283
- Tanika, L., C. I. Wijaya., E. Dwiyantri., N. Khasanah. 2013. Peranan Lahan Berbasis Agroforestri Terhadap Neraca Air Di DAS Bialo Sulawesi Selatan. Proseding Seminar Nasional Agroforestri.

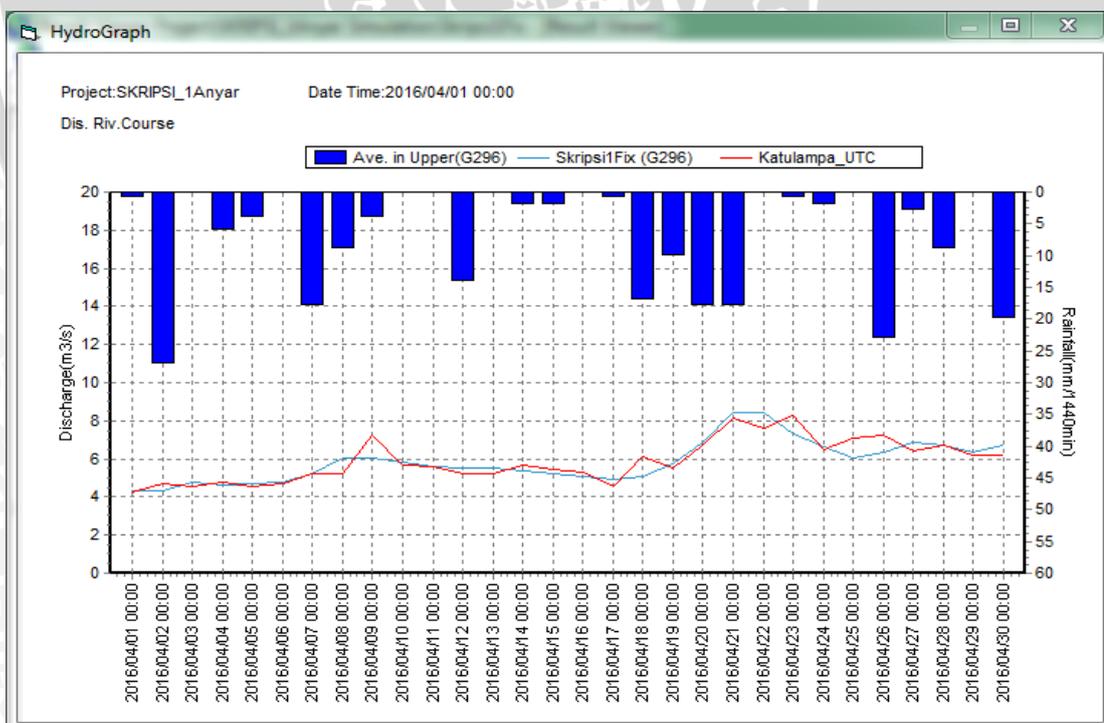


LAMPIRAN

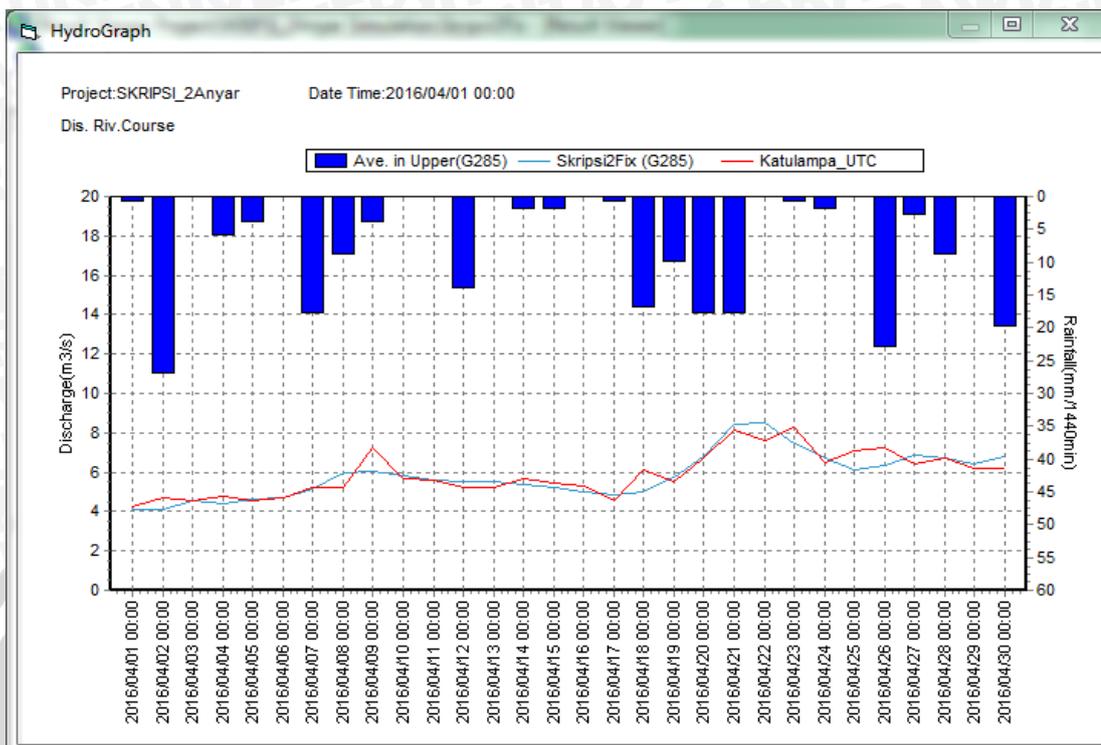
Lampiran 1. Peta Bendung Sungai (Pintu Air) DAS Ciliwung (BWS Ciliwung-Cisadane, 2016)



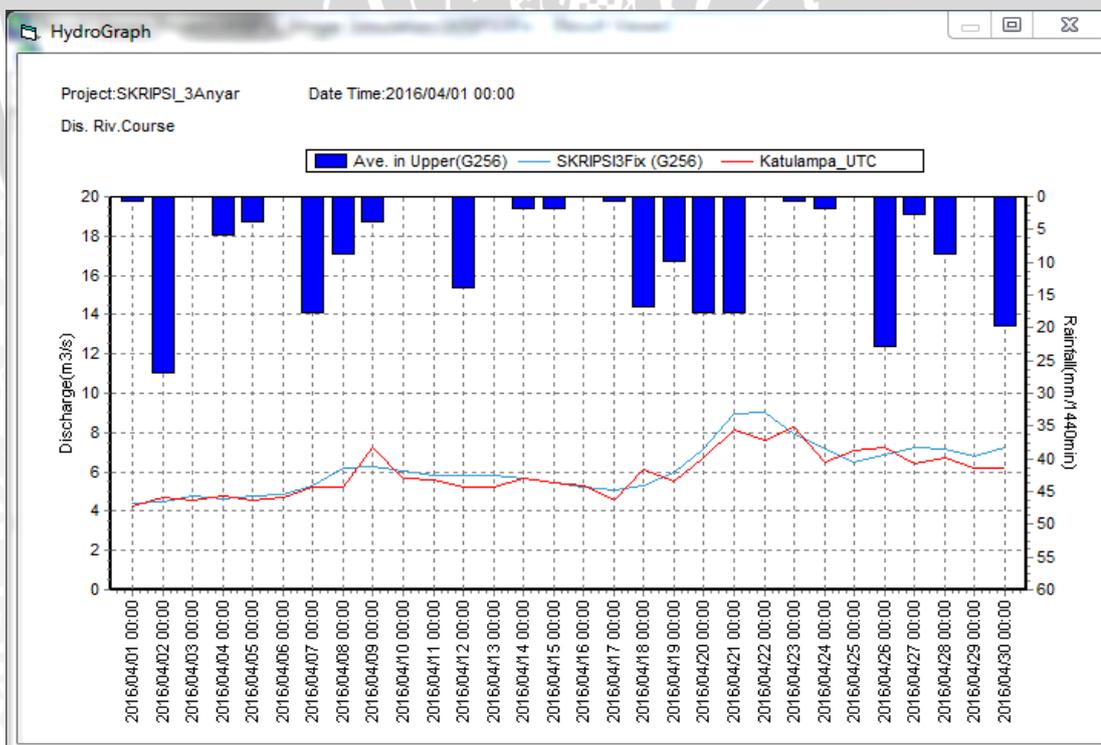
Lampiran 2. Kalibrasi Model Aplikasi Hidrologi IFAS ke-1 (PP1-PT1-PS1)



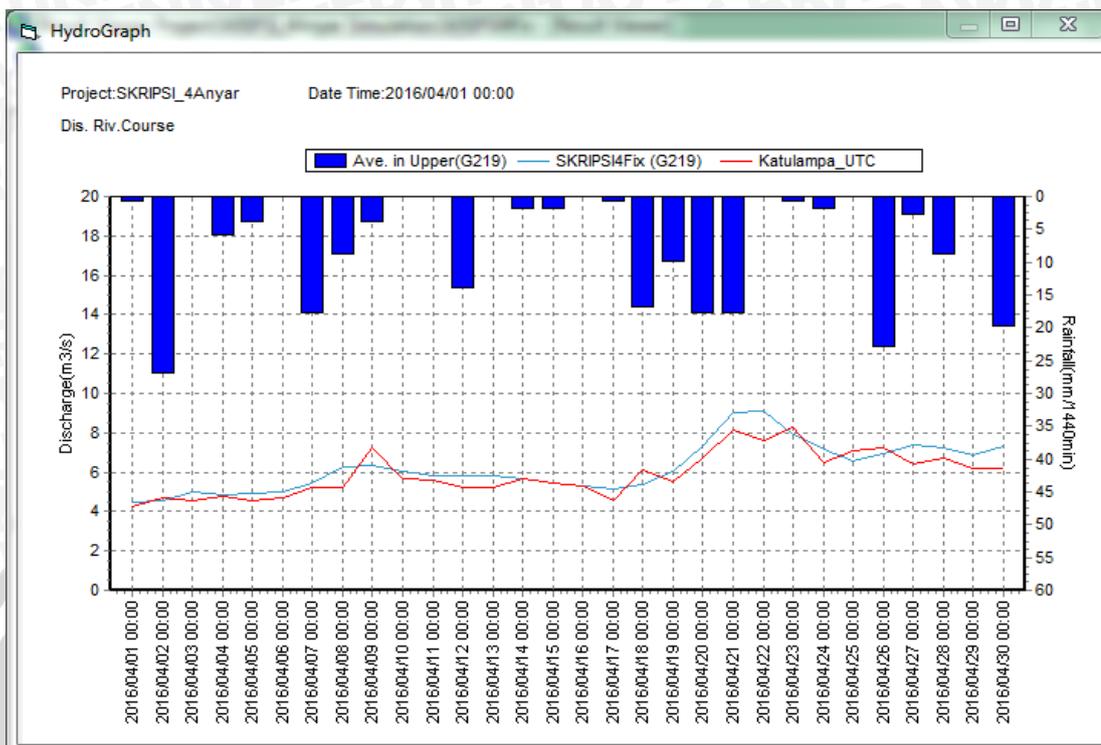
Lampiran 3. Kalibrasi Model Aplikasi Hidrologi IFAS ke-2 (PP1-PT1-PS2)



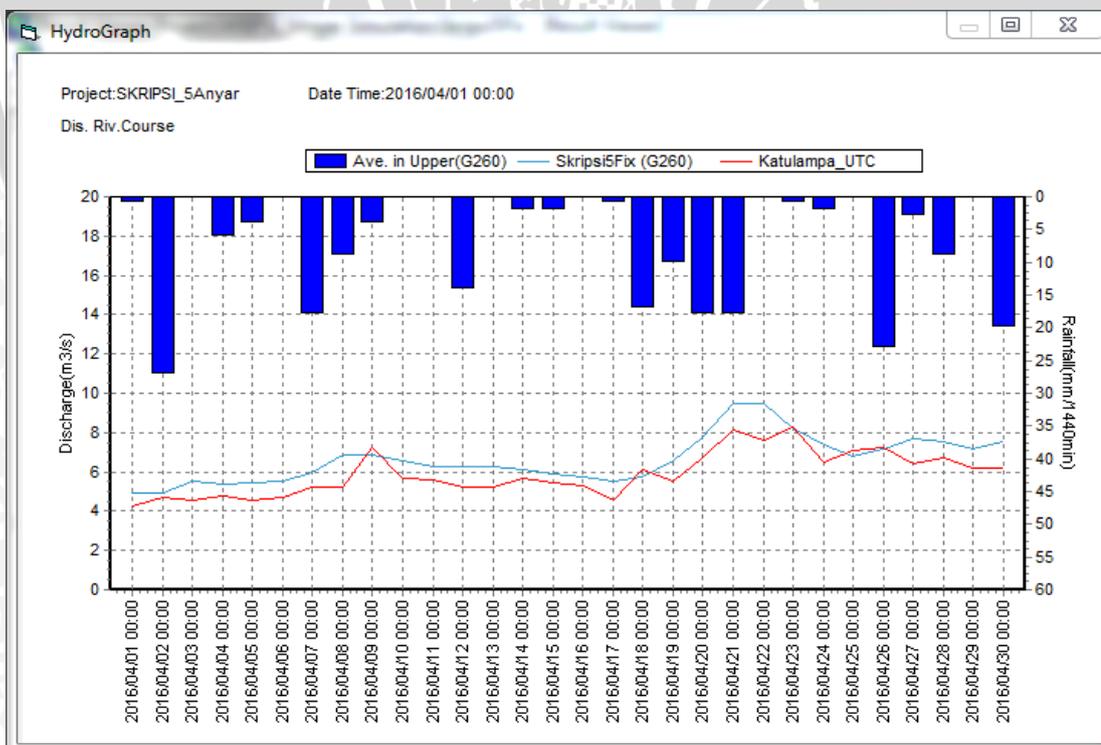
Lampiran 4. Kalibrasi Model Aplikasi Hidrologi IFAS ke-3 (PP1-PT1-PS3)



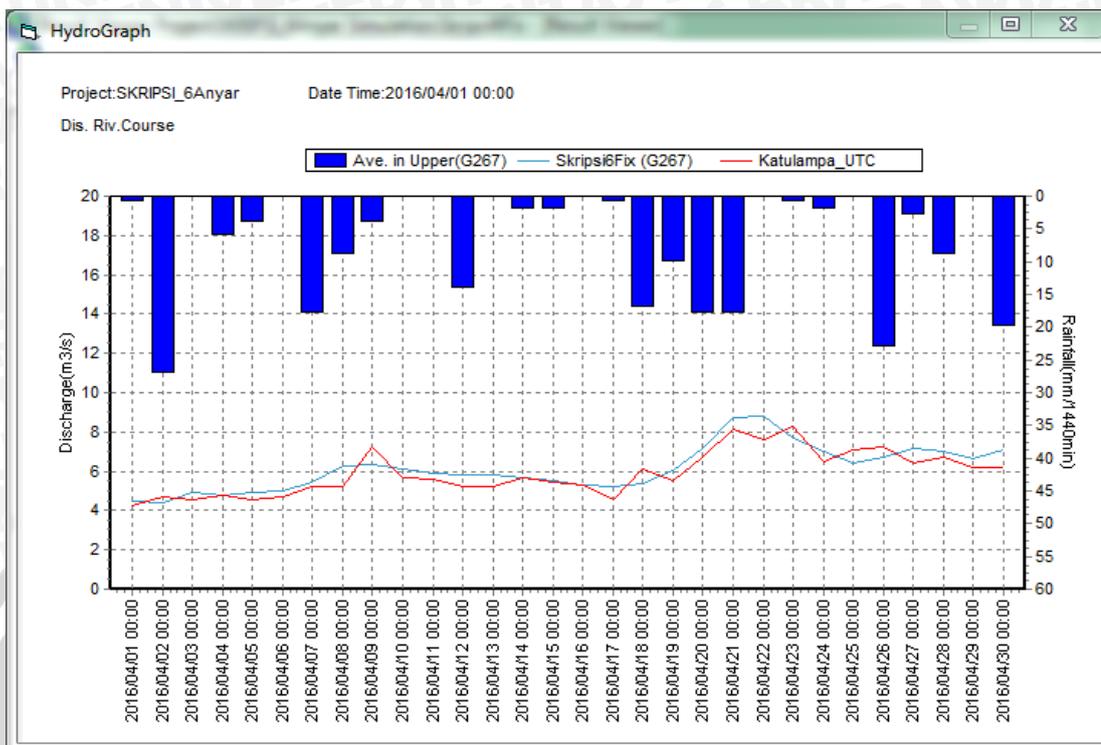
Lampiran 5. Kalibrasi Model Aplikasi Hidrologi IFAS ke-4 (PP2-PT1-PS1)



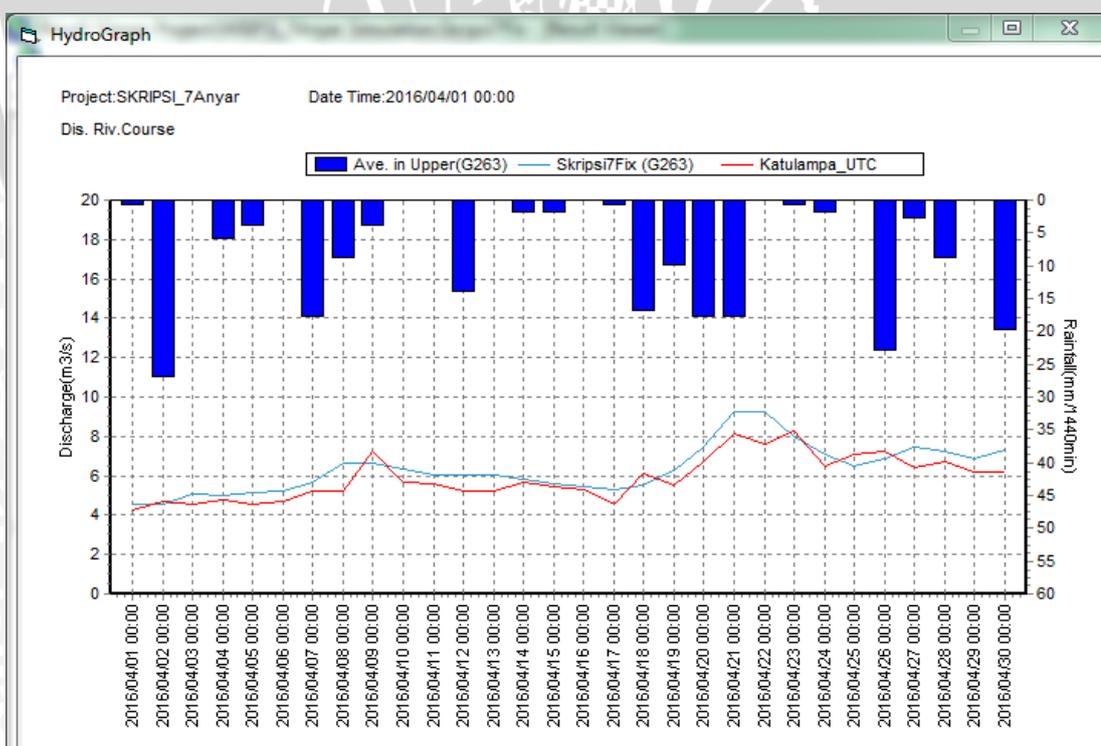
Lampiran 6. Kalibrasi Model Aplikasi Hidrologi IFAS ke-5 (PP2-PT1-PS2)



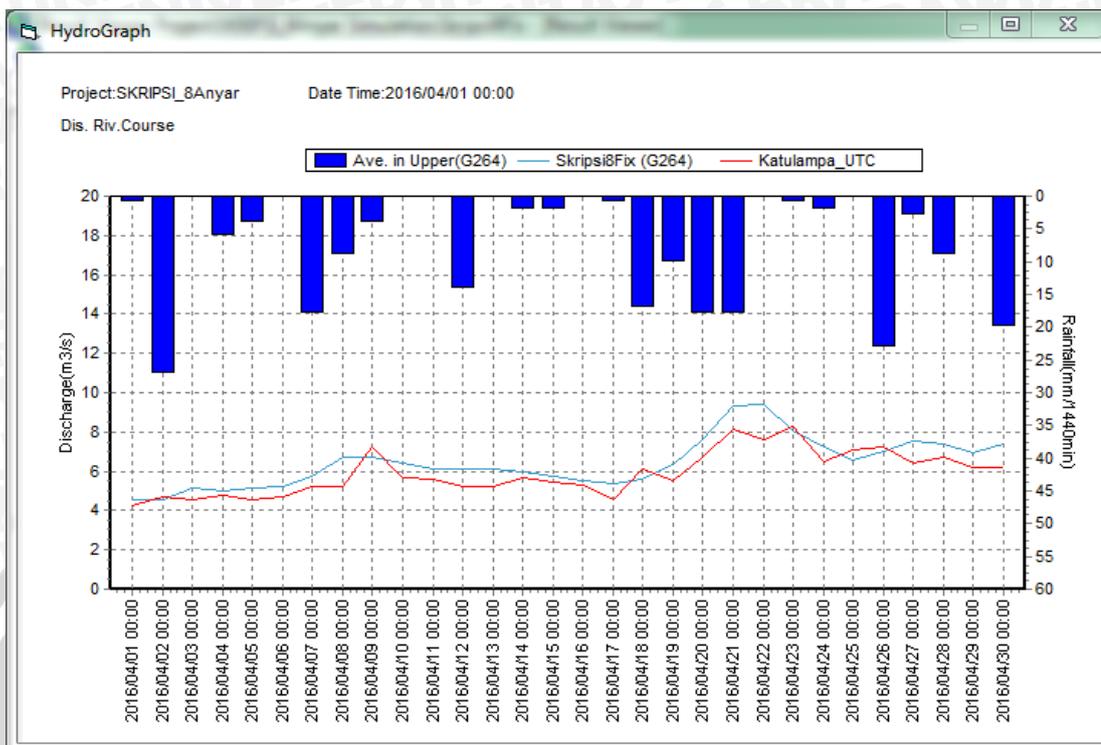
Lampiran 7. Kalibrasi Model Aplikasi Hidrologi IFAS ke-6 (PP2-PT1-PS3)



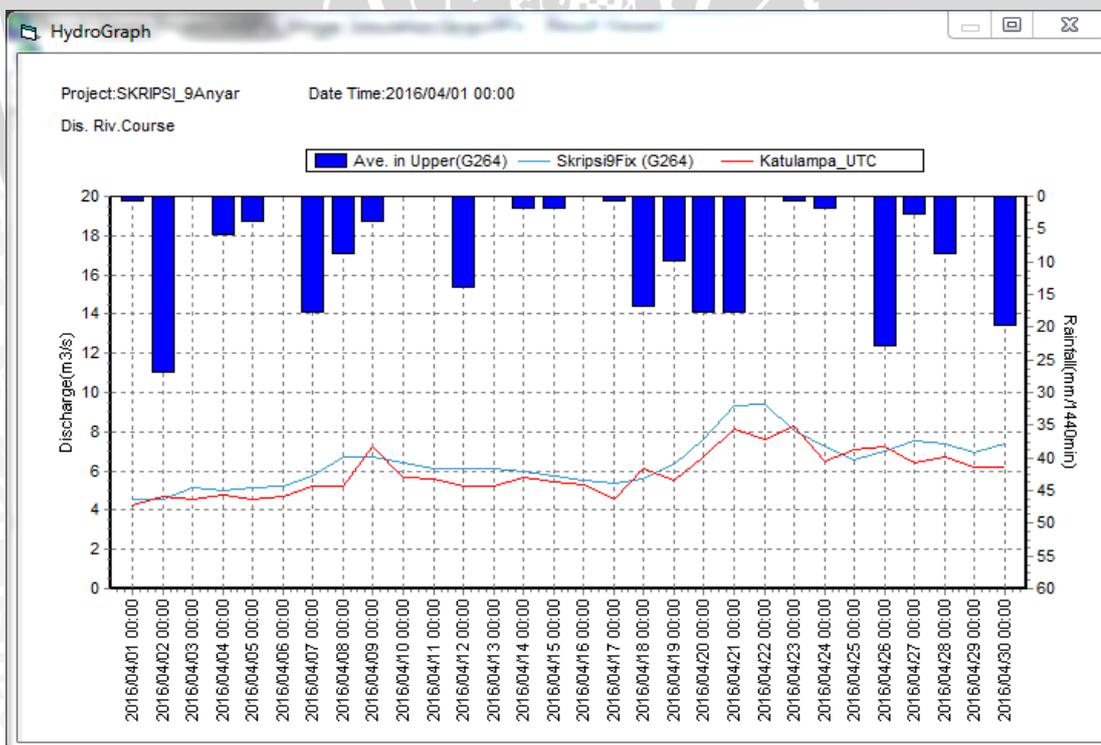
Lampiran 8. Kalibrasi Model Aplikasi Hidrologi IFAS ke-7 (PP3-PT1-PS1)



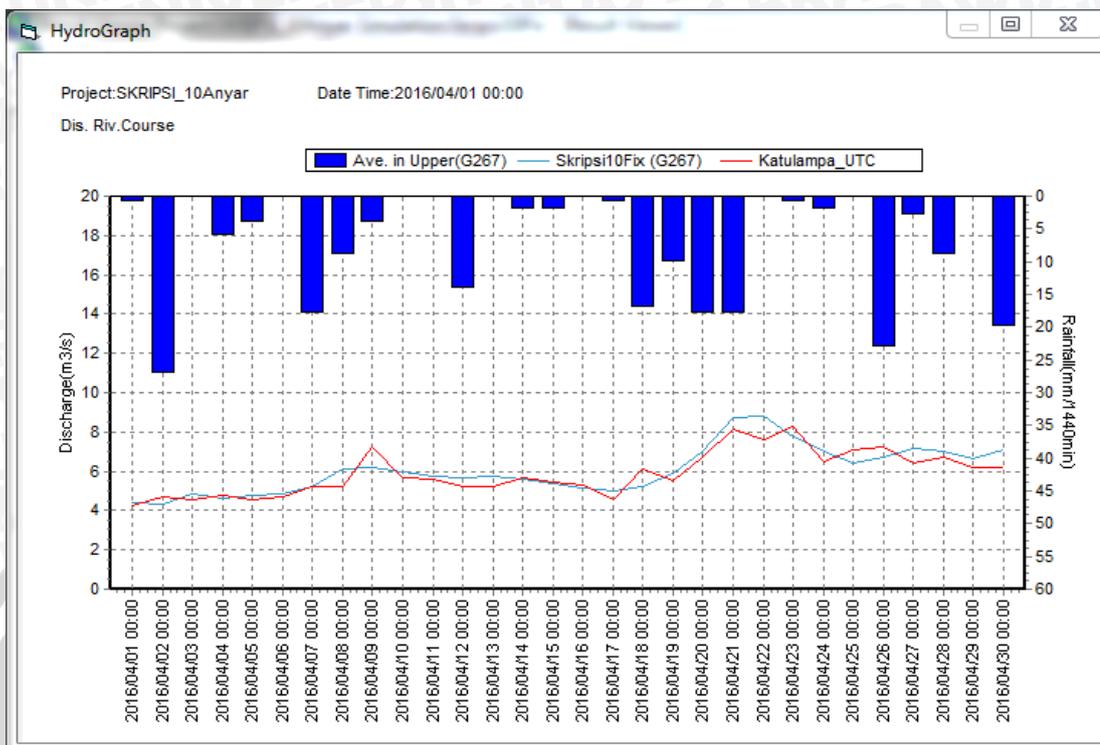
Lampiran 9. Kalibrasi Model Aplikasi Hidrologi IFAS ke-8 (PP3-PT1-PS2)



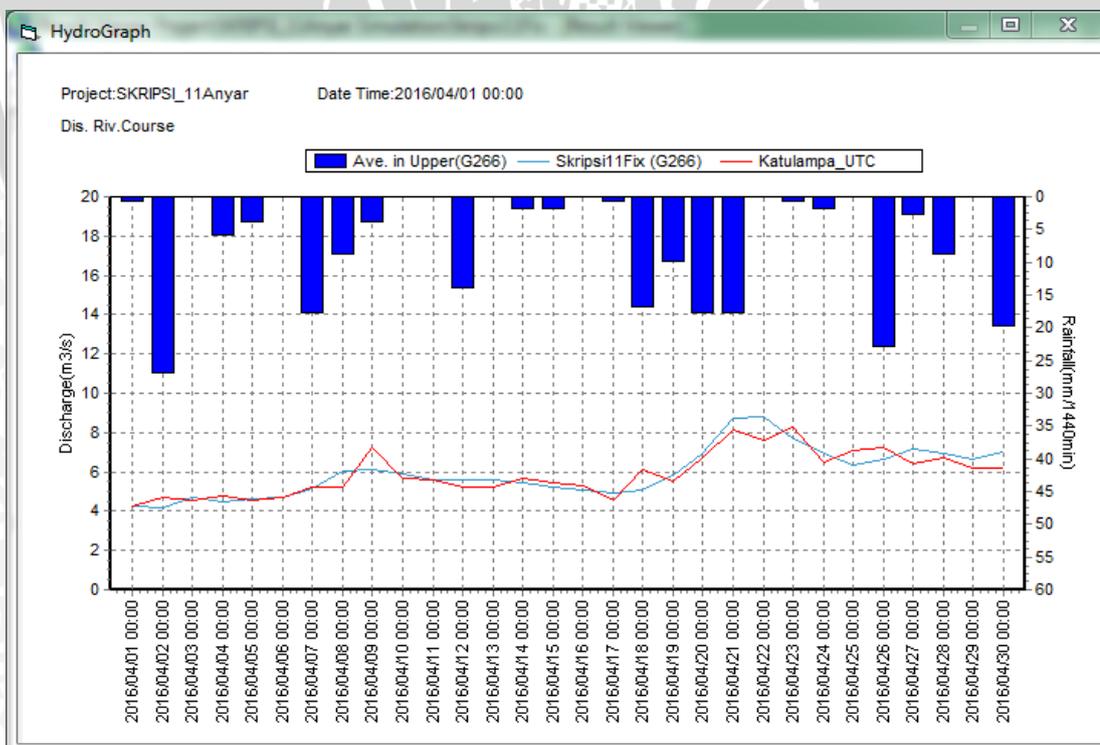
Lampiran 10. Kalibrasi Model Aplikasi Hidrologi IFAS ke-9 (PP3-PT1-PS3)



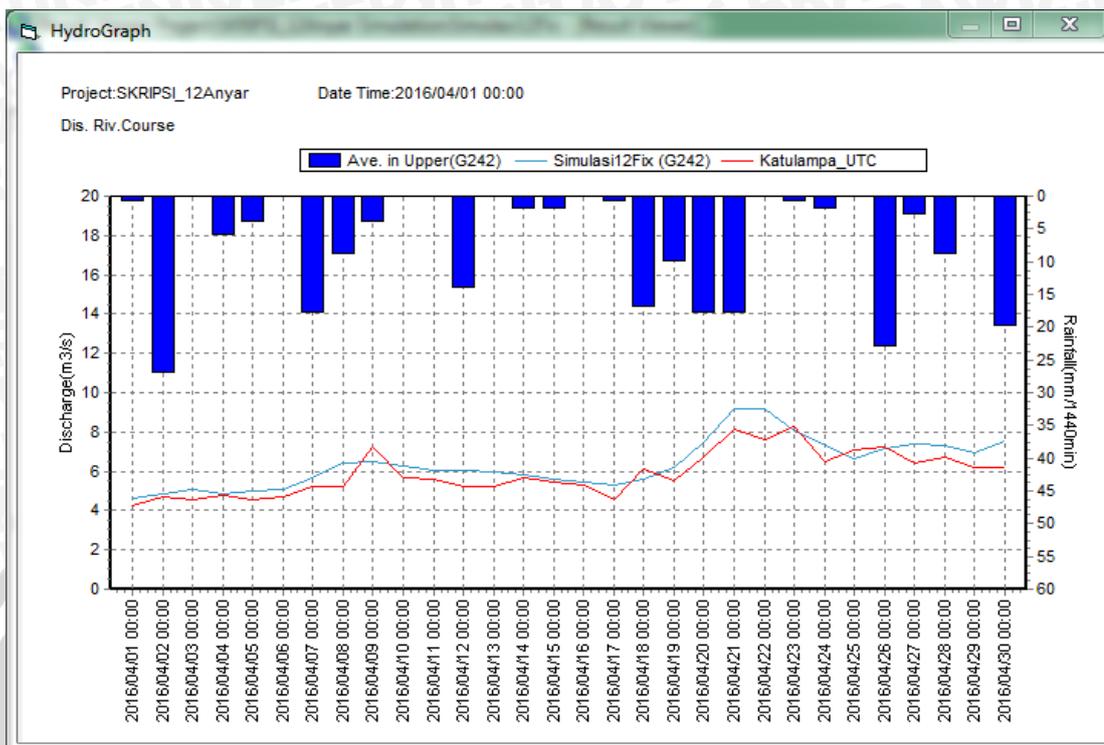
Lampiran 11. Kalibrasi Model Aplikasi Hidrologi IFAS ke-10 (PP4-PT1-PS1)



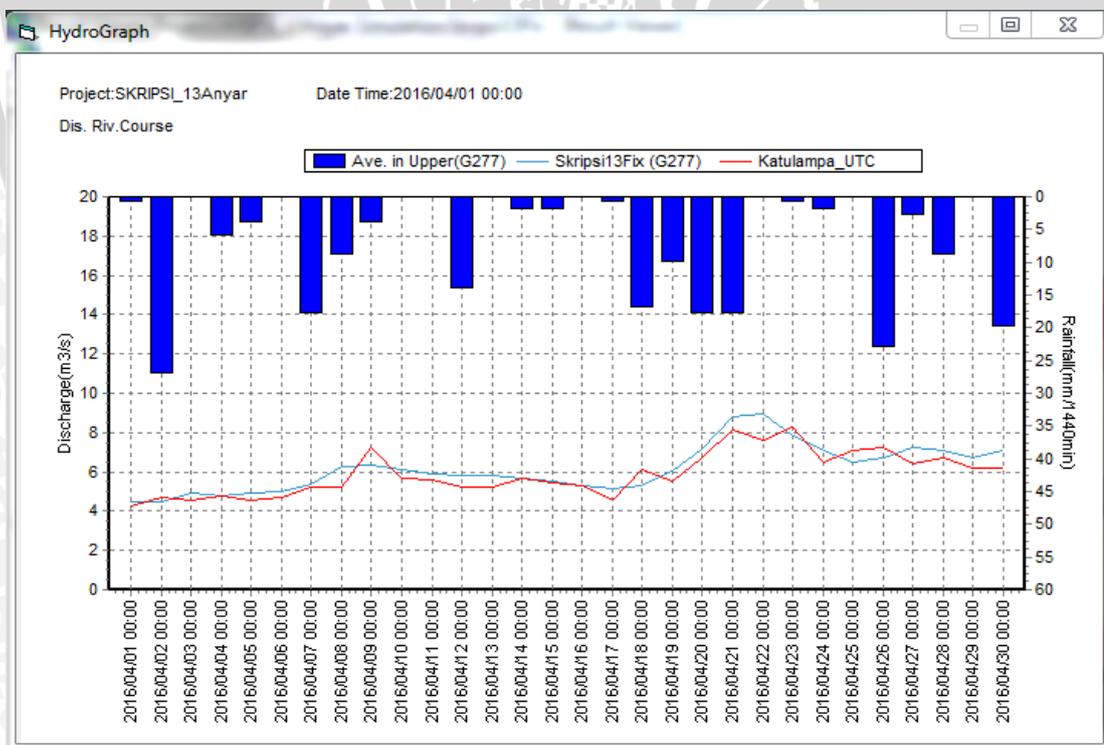
Lampiran 12. Kalibrasi Model Aplikasi Hidrologi IFAS ke-11 (PP4-PT1-PS2)



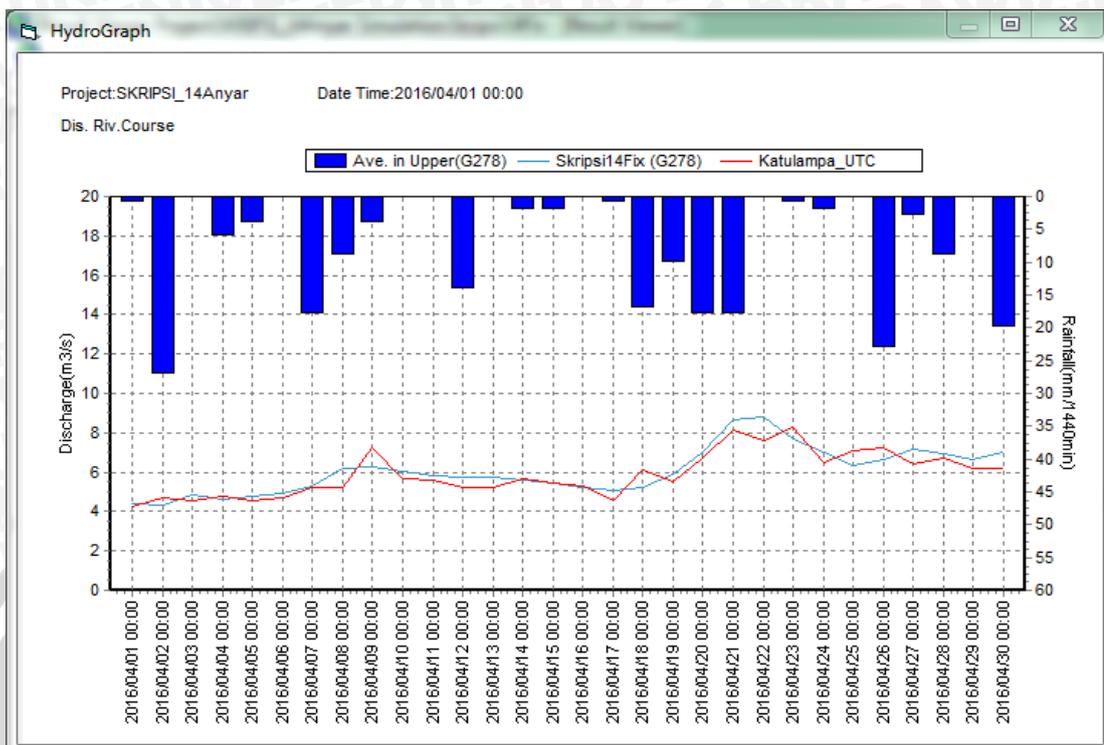
Lampiran 13. Kalibrasi Model Aplikasi Hidrologi IFAS ke-12 (PP4-PT1-PS3)



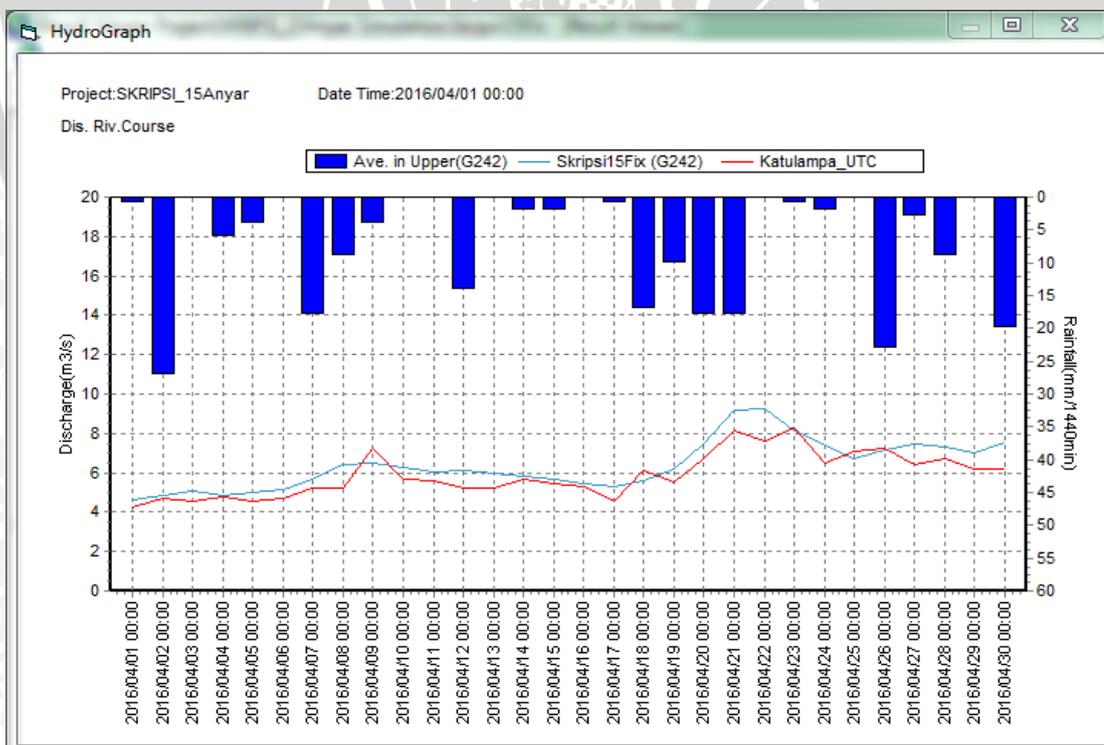
Lampiran 14. Kalibrasi Model Aplikasi Hidrologi IFAS ke-13 (PP5-PT1-PS1)



Lampiran 15. Kalibrasi Model Aplikasi Hidrologi IFAS ke-14 (PP5-PT1-PS2)



Lampiran 16. Kalibrasi Model Aplikasi Hidrologi IFAS ke-15 (PP5-PT1-PS3)



Lampiran 17. Kebutuhan Air Sesuai Luasan dan Masa Tanam DAS Ciliwung

Kecamatan	Nama Daerah Irigasi	MT 1			MT 2			MT 3	
		1-31 Okt	1 Nop - 1 Jan		1-31 Feb	1 Mar - 31 Jun		1-31 Jul	1 Agu - 30 Sep
		BERA	PADI	PALAWIJA	BERA	PADI	PALAWIJA	BERA	PALAWIJA
Ciawi	Cibalok	0	10725	6555	0	6555	3375	165	1329
Cisarua	-	0	0	0	0	0	0	0	0
Megamendung	-	0	0	0	0	0	0	0	0
Sukaraja	Katulampa	0	618	216	0	618	216	0	648
Babakan Madang	Leuwibolang (Bantarjati)	411	735	0	30	414	0	30	414
Sukamakmur	Cibanon	228	720	0	528	0	420	708	240
Cibinong	Katulampa	495	1545	375	495	162	27	195	1845
Bojonggede	Kranji	0	15195	2355	0	15195	2355	0	3765
Bogor Selatan	Katulampa	0	66	0	0	66	0	0	66
Bogor Timur	Katulampa	0	435	0	0	435	0	0	435
Bogor Utara	Katulampa	0	3795	0	0	3795	0	0	3795
Bogor Tengah	Katulampa	0	69	0	0	69	0	0	69
Tanah Sereal	Katulampa	0	2055	0	0	2055	0	0	2055
Pancoran Mas	Kranji	0	345	0	0	345	0	0	345
Cipayung	Kranji	0	705	0	0	705	0	0	705
Sukma Jaya	Kranji	0	2205	0	0	2205	0	0	2205
Cilodong	Kranji	0	795	0	0	795	0	0	795
Cimanggis	Kranji	0	555	0	0	555	0	0	555
Tapos	-	0	0	0	0	0	0	0	0
Beji	Kranji	0	9	0	0	9	0	0	9
Limo	-	0	0	0	0	0	0	0	0
Cinere	-	0	0	0	0	0	0	0	0

Lampiran 18. Perbandingan Nilai Debit Simulasi dan Debit Primer

Debit Simulasi	Debit Pengukuran Primer
4.202	4.278
4.126	4.68
4.572	5.543
4.357	4.753
4.499	6.577
4.596	5.695
5.032	5.23
5.912	5.216
6.004	7.476
5.776	5.653
5.549	5.575
5.524	5.245
5.542	6.245
5.388	6.67
5.188	6.48
5.006	5.32
4.854	4.548
5.016	7.61
5.735	6.537
6.867	6.72
8.521	8.125
8.626	7.628
7.513	8.315
6.77	6.524
6.17	7.712
6.477	7.746
6.975	6.428
6.801	6.706
6.461	6.164
6.851	6.158

