



UNIVERSITAS INDONESIA

**KETERSEDIAAN DAN KEBUTUHAN AIR DI DAERAH
ALIRAN CI ANTEN, JAWA BARAT**

SKRIPSI

**Afifah Aghnia Mirrah
1306363973**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
DEPARTEMEN GEOGRAFI
PROGRAM STUDI S1 GEOGRAFI
DEPOK
JUNI 2017**



UNIVERSITAS INDONESIA

**KETERSEDIAAN DAN KEBUTUHAN AIR DI DAERAH
ALIRAN CI ANTEN, JAWA BARAT**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains

**Afifah Aghnia Mirrah
1306363973**

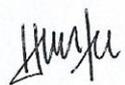
**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
DEPARTEMEN GEOGRAFI
PROGRAM STUDI S1 GEOGRAFI
DEPOK
JUNI 2017**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : Afifah Aghnia Mirrah

NPM : 1306363973

Tanda Tangan : 

Tanggal : 7 Juni 2017

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :

Nama : Afifah Aghnia Mirrah

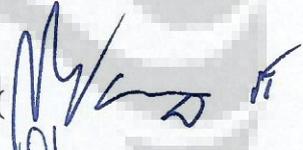
NPM : 1306363973

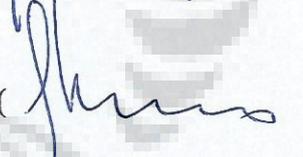
Program Studi : S1 Geografi

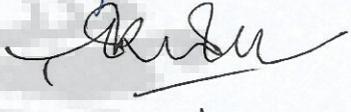
Judul Skripsi : Ketersediaan dan Kebutuhan Air di Daerah Aliran Ci Anten, Jawa Barat

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Sains pada Program Studi Ilmu Geografi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia

DEWAN PENGUJI

Ketua Sidang : Dr. Mangapul P. Tambunan, M.Si ()

Pembimbing : Dr. rer. nat. Eko Kusratmoko, MS ()

Penguji 1 : Dra. Astrid Damayanti, M.Si ()

Penguji 2 : Iqbal Putut Ash S., S.Si, M.Sc ()

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 7 Juni 2017

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Wr. Wb.

Alhamdulillah, puji syukur saya panjatkan kepada Allah SWT, karena atas berkat dan rahmat-Nya, saya dapat menyelesaikan skripsi ini. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Sains pada Departemen Geografi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Indonesia. Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan skripsi ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada:

- (1) Orang tua dan keluarga saya yang telah memberikan bantuan material dan moral yang tidak ternilai harganya, tidak pernah lelah untuk mendukung saya aktif terus baik di akademis maupun non-akademis seperti mengikuti kegiatan dan kepanitiaan di kampus;
- (2) Dr. rer.nat. Eko Kusratmoko, M.S. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan ide penelitian dan juga menyediakan waktu, tenaga, pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan skripsi ini, serta memberikan saya kesempatan untuk berkembang lebih mendalami ilmu mengenai hidrologi dan DAS (Daerah Aliran Sungai);
- (3) Drs. Sobirin, M.Si. selaku Ketua Prodi S1 yang telah banyak memberikan saran-saran membangun dalam usaha saya untuk berprestasi di Departemen Geografi sejak saat mahasiswa baru hingga mencapai gelar sarjana;
- (4) Dra. Astrid Damayanti, M.Si. selaku dosen penguji skripsi yang telah memberikan banyak ilmu mengenai bentang alam, Iqbal Putut Ash S., S.Si, M.Sc. selaku dosen penguji draft dan sidang skripsi yang telah bersedia membantu mengoreksi dan banyak memberi saran guna memperbaiki skripsi saya, Kuswantoro, S.Si, M.Sc. selaku dosen penguji proposal skripsi yang telah membuka wawasan saya mengenai ilmu geografi itu

sendiri, dan Revi Hernina S.Si, M.T. selaku pembimbing akademik (PA) yang selalu memberi dukungan dan nasehat untuk kelancaran perkuliahan.

- (5) Dr. Mangapul P. Tambunan, M.Si selaku ketua sidang dan dosen penguji skripsi yang telah memberikan banyak saran dan kritikan yang membangun terhadap skripsi saya ini;
- (6) Seluruh dosen pengajar di Departemen Geografi yang telah memberikan saya pendidikan ilmu geografi selama mengikuti perkuliahan;
- (7) Seluruh karyawan di Departemen Geografi yang memberikan banyak bantuan, baik pada masa perkuliahan atau dalam penyusunan skripsi ini.

Akhir kata, saya berharap Allah SWT. berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga skripsi ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu. Wassalamualaikum Wr. Wb.

Depok, Juni 2017

Penulis

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Afifah Aghnia Mirrah
NPM : 1306363973
Program Studi : S1 Geografi
Departemen : Geografi
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Jenis karya : Skripsi

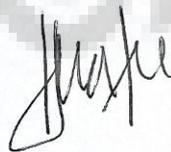
demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul :

Ketersediaan dan Kebutuhan Air Di Daerah Aliran Ci Anten, Jawa Barat

Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok
Pada tanggal : 7 Juni 2017
Yang menyatakan



(Afifah Aghnia Mirrah)

ABSTRAK

Nama : Afifah Aghnia Mirrah
Program Studi : Geografi
Judul : Ketersediaan dan Kebutuhan Air Di Daerah Aliran Ci Anten, Jawa Barat

Ketersediaan air pada suatu DAS dapat dilihat dari ekosistem dan aktivitas di daerah tersebut. Hubungan keduanya akan mempengaruhi respon hidrologi pada DAS. Penelitian ini dilakukan di DA Ci Anten, Kabupaten Bogor. Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis keseimbangan air hasil dari ketersediaan dan kebutuhan air secara spasial sebagai hasil interaksi faktor-faktor hidrologi yang telah dibuat berdasarkan karakteristik fisik unit respon hidrologi (URH) di DA Ci Anten. Penelitian ini menggunakan aplikasi model SWAT, metode Meijerink dan Cook untuk menghitung ketersediaan air. Luas setiap sub-DAS dan penggunaan lahan diketahui untuk perhitungan kebutuhan air. Karakteristik fisik DA Ci Anten terbagi menjadi 16 sub-DAS dengan URH dominan berupa kebun campuran pada kemiringan lereng 10-30%. Keberagaman kondisi URH pada setiap sub-DAS mempengaruhi koefisien limpasan dan perhitungan ketersediaan air. Pada musim kemarau terjadi defisit air pada semua sub-DAS kecuali sub-DA Ci Kaniki 1, sedangkan keseimbangan air tahunan mengalami defisit air tertinggi pada sub-DA Ci Sadane 1 dan sub-DA Ci Sadane 2. Penyebab defisit air tersebut dikarenakan karakteristik fisik sub-DAS dan banyaknya penduduk yang bermukim di sekitar sub-sub DAS tersebut.

Kata kunci :

Kebutuhan Air, Keseimbangan Air, Ketersediaan Air

ABSTRACT

Name : Afifah Aghnia Mirrah
Study Programme : Geography
Title : Water Availability and Water Demand in Anten Watershed,
West Java

The availability of water in watershed can be seen from ecosystem and activities in that area. The relationship between those will affect the hydrological responses in the watershed. This research take place in Anten watershed, Bogor Regency. The aim of this research is to analyze the water availability and water demand as a result of the interaction of hydrological factors that have been made based on physical characteristic hydrological response unit (HRU) in Anten watershed. This study use hydrological application of SWAT model to generate HRU and Meijerink and Cook formula to calculate water availability. The width of each sub-watershed and land use is known for calcutae water demand. The physical characteristics of Cianten watershed is divided into 16 sub-watersheds with dominant HRU in the form of mixed garden on slope of 10-30%. The diversity of HRU conditions in each sub-watershed affects the runoff coefficient and water availability. In the dry season water deficit occurs in all sub-watershed except Kaniki 1 sub-watershed, while in annual water balance has the highest water deficit in Sadane 1 sub-watershed and Sadane 2 sub-watershed. The cause of water deficit is due to the physical characteristic of each watershed and the number of residents who live around sub-watershed.

Keywords:

Water Availability, Water Balance, Water Demand

DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	vi
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Batasan Penelitian.....	4
2. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Daerah Aliran Sungai.....	5
2.2 Penggunaan Lahan	6
2.3 Ketersediaan Air	9
2.4 Kebutuhan Air.....	11
2.5 Unit Respon Hidrologi (URH).....	13
2.6 SWAT (Soil and Water Assessment Tool)	14
2.7 Penelitian Terdahulu	15
3. METODOLOGI PENELITIAN	18
3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian	18
3.2 Alur Pikir Penelitian	19
3.3 Penentuan Sampel.....	20
3.4 Variabel Penelitian.....	21
3.5 Pengumpulan Data	22
3.6 Pengolahan Data	23
3.6.1 Pembagian Sub-DAS dan Karakteristik Fisik Sub-DAS	24
3.6.2 Perhitungan Ketersediaan Air	26
3.6.2.1 Perhitungan Koefisien Limpasan Permukaan	26
3.6.2.2 Perhitungan Curah Hujan Wilayah.....	28
3.6.2.3 Perhitungan Evapotranspirasi Aktual	29
3.6.3 Perhitungan Kebutuhan Air	30
3.6.4 Perhitungan Keseimbangan Air	32
3.7 Analisis Data	32
4. GAMBARAN UMUM WILAYAH PENELITIAN	33
4.1 Letak Geografis dan Administrasi	33
4.2 Iklim	35

4.3	Topografi.....	35
4.4	Jenis Tanah.....	38
4.5	Geologi/Litologi.....	40
4.6	Hidrologi	41
4.7	Penggunaan Lahan	43
5.	HASIL DAN PEMBAHASAN	46
5.1	Karakteristik Fisik DAS Berdasarkan Unit Respon Hidrologi	46
5.1.1	Pembagian Sub-DAS	46
5.1.2	Karakteristik Fisik DAS Hasil Model SWAT	48
5.2	Ketersediaan Air Setiap Sub-DA Ci Anten.....	51
5.3	Kebutuhan Air Setiap Sub-DA Ci Anten.....	52
5.4	Hubungan Karakteristik Fisik DAS dengan Ketersediaan Air	54
5.5	Keseimbangan Air Di DA Ci Anten	60
5.5.1	Keseimbangan Air Hasil Perhitungan.....	60
5.5.2	Penyebab Defisit Air Hasil Perhitungan dan Survei Lapangan	64
6.	PENUTUP.....	70
6.1	Kesimpulan	70
6.2	Saran	71
	DAFTAR PUSTAKA	72
	LAMPIRAN.....	76

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Lokasi Penelitian.....	18
Gambar 3.2 Alur Pikir Penelitian.....	20
Gambar 4.1 Peta Administrasi Daerah Aliran Ci Anten.....	34
Gambar 4.2 Grafik Rata-rata Curah Hujan Harian	35
Gambar 4.3 Peta Ketinggian Daerah Aliran Ci Anten.....	36
Gambar 4.4 Peta Kemiringan Lereng Daerah Aliran Ci Anten	37
Gambar 4.5 Peta Jenis Tanah Semi Detil Daerah Aliran Ci Anten	39
Gambar 4.6 Peta Geologi Daerah Aliran Ci Anten.....	40
Gambar 4.7 Peta Jaringan Sungai Daerah Aliran Ci Anten.....	42
Gambar 4.8 Peta Penggunaan Lahan Daerah Aliran Ci Anten	45
Gambar 5.1 Peta Wilayah Sub-DAS Pada DA Ci Anten.....	47
Gambar 5.2 Peta Unit Respon Hidrologi Dominan DA Ci Anten.....	50
Gambar 5.3 Peta Ketersediaan Air Mueim Kemarau dan Tahunan DA Ci Anten	52
Gambar 5.4 Peta Kebutuhan Air Mueim Kemarau dan Tahunan DA Ci Anten...	54
Gambar 5.5 Peta Ketersediaan Air Tahunan DA Ci Anten	58
Gambar 5.6 Peta Ketersediaan Air Pada Msuim Kemarau DA Ci Anten	59
Gambar 5.7 Grafik Keseimbangan Air Pada Musim Kemarau Antara Ketersediaan Air dan Kebutuhan Air Di DA Ci Anten	60
Gambar 5.8 Grafik Keseimbangan Air Tahunan Antara Ketersediaan Air dan Kebutuhan Air Di DA Ci Anten	61
Gambar 5.9 Keseimbangan Air Pada Musim Kemarau Antara Ketersediaan dan Kebutuhan Air Di DA Ci Anten	62
Gambar 5.10 Keseimbangan Air Tahunan Antara Ketersediaan dan Kebutuhan Air Di DA Ci Anten.....	63
Gambar 5.11 Peta Wilayah Defisit Air per Sub-DAS Kajian.....	66
Gambar 5.12 Alih Fungsi Lahan Dari Kebun dan Tegalan Menjadi Area Pengumpul Pasir dan Batu Di Kecamatan Rumpin (Kiri) dan Kecamatan Ciseeng yang masuk dalam sub-DAS Cisadane 1 (Kanan)	68
Gambar 5.13 Sungai Cikaniki (Kiri) dan Salah satu mata air yang berasal dari Taman Nasional Gunung Halimun Salak Di Desa Babakan Sadeng, Kecamatan Leuwisadeng (Kanan)	69

DAFTAR TABEL

Tabel 2.2 Kebutuhan Air Bulanan (mm) Berdasarkan Penggunaan Lahan.....	13
Tabel 3.1 Sampel Penelitian.....	21
Tabel 3.2 Cara Mendapatkan Data.....	23
Tabel 3.3 Konversi Klasifikasi Penggunaan Lahan BPN ke Model SWAT.....	25
Tabel 3.4 Koefisien Limpasan Menurut Karakteristik DAS	27
Tabel 3.5 Kerapatan Aliran.....	28
Tabel 3.6 Standar Kebutuhan Air Berdasarkan Penggunaan Lahan.....	31
Tabel 4.1 Kecamatan dan Desa di DA Ci Anten	33
Tabel 4.2 Luas Penggunaan Lahan Di Daerah Aliran Ci Anten Tahun 2016.....	43
Tabel 5.1 Pembagian Sub-DAS di Daerah Aliran Ci Anten.....	46
Tabel 5.2 Karakteristik Pada Setiap Sub-DAS di DA Ci Anten.....	48
Tabel 5.3 Ketersediaan Air Pada Musim Kemarau dan Tahunan DA Ci Anten ..	51
Tabel 5.4 Kebutuhan Air Pada Musim Kemarau dan Tahunan DA Ci Anten.....	53
Tabel 5.5 Ketersediaan Air per Hektar Luasan Setiap Sub-DAS	55
Tabel 5.6 Klasifikasi Ketersediaan Air Di DA Ci Anten.....	57
Tabel 5.7 Desa Defisit Air dan Penyebab Defisit Air.....	65

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Tabel Curah Hujan Berdasarkan 7 Stasiun Penakar Hujan (mm) Di Sekitar DA Ci Anten	76
Lampiran 2. Tabel Perhitungan Curah Hujan Musim Kemarau, Hujan dan Tahunan Pada Setiap Sub-DAS	77
Lampiran 3. Tabel Skor Karakteristik DA Ci Anten dan Koefisien Limpasan Permukaan (C)	78
Lampiran 4. Tabel Perhitungan Kebutuhan Air Berdasarkan Penggunaan Lahan Tahun 2016	79
Lampiran 5. Tabel Perhitungan Kebutuhan Air Penduduk dan Tanaman Tahun 2016.....	80
Lampiran 6. Tabel Perhitungan Ketersediaan dan Kebutuhan Air Pada Musim Kemarau Setiap Sub-DAS	81
Lampiran 7. Tabel Perhitungan Ketersediaan dan kebutuhan Air Tahunan Setiap Sub-DAS	82
Lampiran 8. Tabel Potensi Ketersediaan Air dan Keseimbangan Air Di DA Ci Anten Tahun 2016.....	83
Lampiran 9. Kuesioner Penelitian.....	84
Lampiran 10. Peta Curah Hujan Metode Polygon Thiessen.....	88

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Ketersediaan air adalah jumlah yang diperkirakan akan terus menerus ada di suatu lokasi (sungai, bendungan, danau, waduk, dan bangunan air lainnya) dengan jumlah tertentu dan dalam jangka waktu tertentu (Kodoatie dan Syarif, 2010). Fenomena terkait eksistensi sumberdaya air adalah terjadinya penurunan ketersediaan air, namun disisi lain kebutuhan akan air semakin meningkat seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk dan aktivitas ekonomi. Berdasarkan data Laporan Akhir Status Lingkungan Hidup BPLH Jabar pada tahun 2008, ketersediaan air di Jawa Barat pada musim penghujan mencapai sekitar 81.4 milyar m³/tahun, sedangkan musim kemarau sekitar 8.1 milyar m³/tahun. Namun penggunaan air untuk memenuhi kebutuhan air domestik, industri, dan irigasi sebesar 17.6 milyar m³/tahun dan akan terus bertambah sekitar 1-1.7% setiap tahunnya. Hal ini memberikan gambaran bahwa pada musim kemarau air yang tersedia tidak dapat memenuhi kebutuhan air untuk berbagai keperluan. Ketersediaan air sebagai kebutuhan hidup khalayak orang banyak semakin hari kian menurun sedangkan kebutuhan guna pemakaian sehari-hari secara terus menerus mengalami peningkatan. Fenomena yang bertolak belakang seperti ini disebabkan berbagai faktor.

Faktor yang paling mempengaruhi antara lain: pertumbuhan penduduk, peningkatan kebutuhan manusia, perkembangan kota, dan lain sebagainya. Akibat banyaknya faktor yang mempengaruhi perbedaan fenomena tersebut, permasalahan pengelolaan sumberdaya air sering diperdebatkan. Indikator yang mendasari timbulnya permasalahan tersebut adalah adanya perbedaan pendistribusian sumberdaya air yang tidak merata ke seluruh daerah di Indonesia dan kurangnya perhatian pada pengelolaannya. Sumberdaya air yang potensial dalam pemenuhan kebutuhan manusia adalah air tanah (Kodoatie dan Syarif, 2010).

Informasi terkait ketersediaan dan kebutuhan air di suatu wilayah sangat penting dalam mendukung pemanfaatan ruang untuk pembangunan berkelanjutan. Hal ini sesuai dalam Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup tahun 2009 bahwa perbandingan antara ketersediaan dan kebutuhan air di suatu wilayah menentukan keadaan surplus atau defisit air untuk mendukung kegiatan pemanfaatan ruang. Informasi terkait ketersediaan air dapat ditinjau menggunakan berbagai metode menggunakan aplikasi Sistem Informasi Geografi (SIG) untuk mengetahui kuantitas dan kualitas pada suatu daerah aliran sungai. Penggunaan aplikasi SIG ini berfungsi secara spasial mengukur besaran ketersediaan air permukaan dan air yang masuk ke dalam tanah.

Daerah Aliran (DA) Ci Anten merupakan sub Daerah Aliran Ci Sadane hulu dimana sumber airnya berasal dari Taman Nasional Gunung Halimun Salak sebagai penyalur air menuju aliran sungai utama dan mengalir ke bagian tengah dan utara serta bermuara di laut. DA Ci Anten terletak di wilayah administrasi Kabupaten Bogor bagian barat. Kondisi DAS seperti ini umumnya menyimpan cadangan air yang cukup banyak dan jarang terjadi fenomena kekeringan. Namun menurut Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Kabupaten Bogor pada tahun 2014 dan 2015 menyatakan dari 16 Kecamatan yang mengalami kekeringan, 5 diantaranya merupakan Kecamatan di DA Ci Anten yaitu Kecamatan Cibungbulang, Ciampea, Ciseeng, Rancabungur, dan Rumpin (Infopublik.id 9/2014 dan Poskotanews 7/2015). Berkurangnya air di DA Ci Anten tersebut disebabkan oleh periode musim kemarau berlangsung lebih lama dibandingkan dengan tahun-tahun sebelumnya.

Penyebab kekeringan air tersebut dapat ditelusuri dari hasil penelitian Nugroho (2009) bahwa ada kecenderungan menurunnya debit aliran permukaan pada saat musim kemarau. Kecenderungan menurunnya debit aliran permukaan menunjukkan bahwa pemanfaatan ruang di sekitar DAS sudah mengganggu kondisi tata air. Hal ini ditunjukkan oleh perubahan penggunaan lahan sebesar 47.65%, perubahan lahan tak terbangun menjadi lahan terbangun sebesar 44.33%, dan perubahan peruntukan lahan sebesar 8.02% di sekitar DA Ci Anten (Trimarmanti, 2014). Adanya perubahan lahan tak terbangun menjadi lahan

terbangun dapat berakibat kurangnya fungsi tanah sebagai material penyerap dan penyimpan air. Akibatnya aliran air di atas permukaan tanah menjadi besar, resapan air tanah berkurang, dan akan berdampak pada perubahan neraca air. Hal tersebut ditunjukkan dari nilai koefisien limpasan (C) sebesar 0,72 yang jauh dari batas aman nilai C yaitu 0,5 (Emilda, 2008). Perubahan lahan, besarnya nilai koefisien limpasan, dan debit aliran permukaan yang cenderung menurun menandakan kondisi DAS tidak baik. Perubahan lahan di suatu daerah aliran sungai akan berdampak pada perubahan karakteristik hidrologi DAS.

Kekeringan yang terjadi pada tahun 2014 dan 2015 dan kondisi DAS yang tidak baik menandakan adanya perubahan karakteristik fisik hidrologi Daerah Aliran (DA) Ci Anten. Sehubungan dengan hal tersebut, maka perlu adanya suatu upaya baik secara kuantitatif dan kualitatif untuk mengetahui perbedaan karakteristik fisik yang akan berpengaruh terhadap keseimbangan ketersediaan air yang dihasilkan oleh suatu DAS dalam memenuhi kebutuhan air bagi makhluk hidup di DA Ci Anten. Oleh karena itu penelitian dengan judul “Ketersediaan dan Kebutuhan Air di Daerah Aliran Ci Anten)” ini dilakukan.

1.2 Rumusan Masalah

Berbagai masalah yang timbul di DA Ci Anten seperti kekeringan air di musim kemarau serta besarnya nilai koefisien limpasan menandakan bahwa kondisi DAS tidak baik. Baik atau buruknya kondisi DAS dapat ditinjau dari karakteristik fisik DAS tersebut. Hal ini membutuhkan informasi dan gambaran mengenai karakteristik fisik dan ketersediaan air yang ada di suatu DAS. Informasi tersebut dapat berupa perhitungan secara kuantitatif dan penggambaran secara kualitatif. Berdasarkan uraian tersebut, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana karakteristik fisik setiap sub-DAS di DA Ci Anten?
2. Bagaimana hubungan karakteristik fisik dengan ketersediaan air pada DA Ci Anten?
3. Bagaimana keseimbangan air antara ketersediaan dan kebutuhan air di DA Ci Anten?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang dipaparkan, maka tujuan yang hendak dicapai dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Menganalisis karakteristik fisik dari setiap sub-DAS di DA Ci Anten.
2. Menganalisis hubungan karakteristik fisik dengan ketersediaan air secara spasial sebagai hasil interaksi faktor-faktor hidrologi yang telah dibuat berdasarkan unit respon hidrologi.
3. Menganalisis keseimbangan air di DA Ci Anten.

1.4 Batasan Penelitian

Batasan penelitian yang dijadikan acuan dalam penyelesaian masalah antara lain:

1. Daerah penelitian ini adalah DA Ci Anten, Kabupaten Bogor, Provinsi Jawa Barat.
2. Daerah Aliran Sungai (DAS) adalah suatu wilayah daratan yang secara topografi dibatasi oleh punggung-punggung gunung yang menampung dan menyimpan air hujan atau sumber air lainnya dan kemudian dialirkan ke laut atau danau melalui satu sungai utama (Asdak, 2002).
3. Satuan unit ruang yang digunakan sebagai dasar analisis adalah sub DAS.
4. Karakteristik fisik yang dimaksud adalah karakteristik unit respon hidrologi dominan setiap sub DAS yang dilihat berdasarkan jenis tanah khususnya tekstur tanah, kemiringan lereng, dan penggunaan lahan.
5. Ketersediaan air yang dimaksud adalah air yang diandalkan dan dihitung berdasarkan neraca air dengan memperhatikan faktor input (curah hujan) dan output (evaporasi dan limpasan) hidrologi menggunakan metode Meijerink (Indra, 2013).
6. Kebutuhan air yang dihitung dalam penelitian ini adalah kebutuhan air penduduk dan kebutuhan air berdasarkan penggunaan lahan.
7. Keseimbangan air adalah perbandingan antara ketersediaan dengan kebutuhan air masyarakat dalam bentuk neraca yang menginformasikan keadaan air pada suatu daerah yang ditinjau sehingga dapat diamati daerah tersebut dalam keadaan surplus atau defisit air (Triatmodjo, 2006).

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Daerah Aliran Sungai

Daerah Aliran Sungai (DAS) merupakan satu kesatuan tata air yang dibatasi oleh pemisahan topografi berupa punggung-punggungan bukit dimana jika turun hujan air akan mengalir ke dalam sungai yang bersangkutan (Sandy, 1985). Menurut Kodoatie dan Sjarief (2010), DAS merupakan kawasan lahan dimana semua air, dari hujan maupun salju mengalir menuju penampungan air seperti sungai, danau atau rawa. Kawasan DAS terdiri atas beberapa sub DAS yang menampung dan menyimpan air hujan atau sumber air lainnya dan kemudian dialirkan ke sungai utama melalui anak-anak sungai. Komponen DAS meliputi vegetasi, lahan, dan sungai dengan air yang peran utama sebagai pengikat hubungan antara komponen utama DAS dan sub DAS. Ekosistem DAS terbagi menjadi tiga yaitu daerah hulu, tengah, dan hilir tergantung dari luasan DAS tersebut. DAS bagian hulu merupakan daerah konservasi, sedangkan bagian tengah dan hilir merupakan daerah pemanfaatan sehingga ekosistem DAS bagian hulu berperan penting dalam perlindungan tata air keseluruhan DAS. Bagian-bagian DAS memiliki keterkaitan biofisik melalui daur hidrologi.

Ekosistem daerah aliran sungai dapat dikelola dengan baik oleh masyarakat apabila terpenuhinya beberapa faktor yang saling berinteraksi. Faktor-faktor tersebut, yaitu (Rahayu dkk, 2009) :

- a. Jumlah penduduk, jumlah ternak, dan interaksi antara penduduk dengan pemerintah daerah.
- b. Jenis penggunaan lahan di sekitar daerah aliran sungai berupa hutan alam, hutan bekas tebangan, tanaman pangan, pohon bernilai ekonomis, padang rumput, dan pematang yang ditanami makanan ternak, permukiman, dan jalan.
- c. Kondisi tanah seperti tingkat kepadatan tanah, tingkat penutupan tanah oleh lapisan seresah, organisme tanah, dan perakaran tumbuhan yang berperan dalam menjaga struktur tanah dari pemadatan.

- d. Topografi dan geologi yang berkaitan dengan kemiringan lereng, pergerakan tanah, sejarah geologi, keseimbangan antara pembentukan tanah dan erosi.
- e. Iklim dan cuaca yang berkaitan dengan curah hujan, pola musim, siklus harian cahaya matahari dan intensitas hujan, pola aliran sungai yang mengikuti pola bebatuan dan perbukitan, ada tidaknya *meandering* (pembentukan kelokan sungai) yang menyebabkan sedimentasi tanah yang mungkin berasal dari erosi dan longsor tanah dimana dianggap merusak pada masa lalu, namun menjadi lahan subur saat ini.

Menurut Sosrodarsono dan Takeda (1977), Daerah Aliran Sungai (DAS) adalah daerah tempat presipitasi mengkonsentrasi ke sungai. Garis batas daerah aliran yang berdampingan disebut dengan batas daerah aliran. Luas daerah aliran didasarkan pada topografi. Daerah aliran, topografi, vegetasi dan geologi berpengaruh pada debit banjir, corak banjir, debit pengaliran dasar, erosi, sedimentasi, dan longsor. Hal tersebut merupakan bentuk respon negatif dari komponen-komponen DAS terhadap kondisi curah hujan. Besar dan sedikitnya respon tersebut dipengaruhi oleh karakteristik DAS baik secara fisik, sosial ekonomi, maupun budaya masyarakatnya.

Karakteristik fisik DAS merupakan variabel dasar yang menjadi penentu proses hidrologi DAS, sedangkan karakteristik sosial ekonomi dan budaya masyarakat adalah variabel yang mempengaruhi percepatan perubahan kondisi DAS. Pemahaman mengenai karakteristik fisik DAS dapat membantu dalam identifikasi daerah yang memiliki tingkat kerentanan tinggi terhadap persoalan yang sering terjadi di daerah aliran sungai (Rahayu dkk, 2009).

2.2 Penggunaan Lahan

Menurut Malingreau (1977) penggunaan lahan adalah segala aspek yang ada campur tangan manusia secara siklus maupun permanen terhadap suatu kelompok sumberdaya alam dan sumberdaya buatan dengan perantara lahan yang tujuan untuk memenuhi kebutuhan manusia. Penggunaan lahan adalah wujud kegiatan menggunakan lahan baik secara lingkungan buatan maupun secara lingkungan

alami. Penggunaan lahan terbagi menjadi 2 yaitu penggunaan lahan perdesaan dan perkotaan. Jenis penggunaan lahan perdesaan terbagi 12 kelas dengan pemetaan skala 1:25.000, yaitu (Peraturan Menteri Negara Agraria, 1997):

1. Perkampungan/Permukiman

Lahan yang digunakan untuk kelompok bangunan padat ataupun jarang tempat tinggal penduduk untuk dimukimi secara menetap.

2. Industri

Lahan yang digunakan untuk kegiatan ekonomi berupa proses pengolahan bahan-bahan baku menjadi barang jadi/setengah jadi dan barang setengah jadi menjadi barang jadi.

3. Pertambangan

Areal tanah yang dieksploitasi bagi pengambilan bahan-bahan galian yang dilakukan secara terbuka dan tertutup.

4. Sawah (Persawahan)

Lahan pertanian basah atau kering yang digenangi air secara periodik atau terus-menerus ditanami padi atau diselingi dengan tanaman tebu, tembakau, dan tanaman musiman lainnya.

5. Pertanian Tanah Kering Semusim

Lahan pertanian yang tidak pernah diairi dan mayoritas ditanami dengan tanaman umur pendek. Menurut Kartono (1989), lahan pertanian tanah kering semusim ini terbagi menjadi 4 jenis, yaitu:

- a. Tegalan, yaitu lahan yang penggarapannya permanen.
- b. Ladang, yaitu lahan yang setelah digarap selama 3 tahun atau kurang kemudian ditinggalkan, biasanya ditanami palawija dan padi.
- c. Sayuran, yaitu lahan yang selalu ditanami berbagai jenis sayur-sayuran.
- d. Bunga-bunga, yaitu lahan yang selalu ditanami berbagai jenis bunga.

6. Kebun Campur

Lahan yang ditanami jenis tanaman keras atau tanaman semusim atau kombinasi tanaman keras dan semusim, serta tidak jelas jenis mana yang

menonjol. Menurut Kartono (1989), lahan kebun campur terbagi menjadi 2 jenis, yaitu:

- a. Campuran, jika tidak ada tanaman yang menonjol.
- b. Buah-buahan, jika lahan khusus ditanami jenis buah-buahan saja.

7. Perkebunan

Lahan yang ditanami tanaman keras dengan satu jenis tanaman seperti kelapa sawit, teh, kopi, dan lainnya.

8. Padang/Semak

Lahan terbuka karena hanya ditumbuhi tanaman rendah dari keluarga rumput dan semak rendah.

9. Hutan

Lahan yang ditumbuhi pepohonan yang tajuk pohonnya saling menutupi/bergesekan.

10. Perairan Darat

Lahan yang digenangi air secara permanen baik buatan maupun alami seperti danau/situ, rawa, dan waduk.

11. Tanah Terbuka

Lahan yang tidak digarap karena tidak subur atau menjadi tidak subur setelah digarap serta tidak ditumbuni tanaman.

12. Penggunaan Lain

Lahan yang digunakan bagi prasarana seperti jalan dan sungai serta saluran yang dibuat manusia atau alami.

Penggunaan lahan yang telah disebutkan sebelumnya dapat berubah dari waktu ke waktu. Hal ini disebabkan karena lahan merupakan salah satu sumberdaya alam yang penting bagi kehidupan manusia. Pertumbuhan penduduk diimbangi dengan perkembangan perekonomian dan industri menyebabkan kebutuhan lahan meningkat dan terjadinya perubahan fungsi lahan. Beralihnya fungsi lahan di kawasan pinggiran yang biasanya dijadikan sebagai daerah resapan air menjadi kawasan terbangun seperti permukiman, industri, dan

bangunan padat berdampak pada ekosistem di sekitarnya. Fenomena tersebut memberi indikasi bahwa adanya penurunan kualitas dan kuantitas ekosistem seperti menurunnya jumlah sumber daya alam, menurunnya kuantitas air yang menyebabkan ketersediaan air berkurang, menurunnya kualitas tanah dan adanya perubahan siklus hidrologi. Perubahan fungsi lahan dalam suatu DAS juga dapat menyebabkan peningkatan erosi, pendangkalan, dan penyempitan sungai atau saluran air (Suripin, 2004).

2.3 Ketersediaan Air

Dalam siklus hidrologi, hujan yang jatuh dari atmosfer sebagian tertahan di atas tajuk vegetasi dan sebagian lainnya langsung jatuh di atas tanah. Air hujan yang jatuh ke atas permukaan tanah sebagian akan masuk ke dalam tanah melalui proses infiltrasi dan perkolasi, sebagian mengisi setiap lekukan tanah, dan sisanya akan mengalir menjadi aliran permukaan. Air hujan yang tertahan di tajuk vegetasi dan di atas permukaan tanah akan menguap melalui proses evapotranspirasi. Setelah curah hujan mengalami pengurangan akibat proses intersepsi, aliran permukaan, dan evapotranspirasi, maka air yang tersisa menjadi ketersediaan air.

Ketersediaan air merupakan hasil dari siklus hidrologi berupa curah hujan, evapotranspirasi, dan limpasan permukaan (*runoff*) dari air hujan yang membentuk suatu aliran permukaan seperti sungai, danau, dan rawa. Namun ketersediaan air tidak hanya pada sungai, danau, rawa, dan lain sebagainya, akan tetapi lapisan zona vadose yaitu daerah antara permukaan sampai pada muka air tanah bebas (*unconfined aquifer*) juga diperhitungkan. Aliran air yang masuk ke dalam tanah melalui proses infiltrasi dan perkolasi akan menjadi air tanah. Pada saat terjadinya proses infiltrasi, air di permukaan masuk ke dalam lapisan tanah yang berada pada zona vadose atau *unsaturated zone* (Hunt, 1984). Sehingga pada saat air di *unsaturated zone* telah mencapai batas maksimal (*field capacity*), maka secara gravitasi air akan mengalami perkolasi menuju ke *saturated zone* dimana air dalam *saturated zone* disebut air tanah (US, Department of Interior, 1979).

Ketersediaan air sangat erat kaitannya dengan pengetahuan tentang sumber air dan kemampuan menggunakan data hidro-meteorologi untuk mengukur setiap sumber air yang ada. Pengelolaan dan alokasi sumber air didukung oleh metode kuantitatif seperti model hidrologi untuk mengurangi ketidakpastian yang terkait dengan pengambilan keputusan secara subjektif (Masafu, Trigg, Richard, dan Nicholas, 2016). Ketersediaan air dapat dihitung dengan pendekatan neraca air secara meteorologis dari parameter iklim setempat, yaitu curah hujan, suhu udara, evapotranspirasi, dan *water holding capacity* (WHC) (Seyhan, 1977). Metode Meijerink juga dapat digunakan untuk perhitungan ketersediaan air aliran tetap atau air yang masuk ke dalam tanah setelah air hujan dikurangi evapotranspirasi. Air yang ada di bumi secara langsung maupun tidak langsung berasal dari curah hujan (presipitasi). Suhu udara merupakan nilai derajat panas dari udara pada suatu batasan ruang atau wilayah. Evapotranspirasi merupakan pergerakan air ke atmosfer dari tanah, atap, badan air, dan tumbuhan yang hidup di permukaan bumi. *Water holding capacity* (WHC) merupakan kandungan air yang dapat diserap pada zona perakaran tanaman.

Menurut Cooper (2002), idealnya perhitungan ketersediaan air tidak harus dilakukan pada seluruh daerah aliran sungai yang terasosiasi dengan titik pengalihan atau outlet anak sungai. Hal ini dikarenakan dalam suatu DAS terdapat banyak anak sungai sehingga deliniasi DAS tergantung pada lokasi outlet anak sungai atau *in-stream demands*. Oleh karena itu estimasi ketersediaan air terletak pada akhir hilir DAS atau titik masuk air (outlet) pada setiap sub-DAS.

Dalam menghitung ketersediaan air, diperlukan juga penentuan koefisien limpasan untuk mengetahui seberapa besar aliran permukaan yang terjadi sebelum masuk ke dalam sungai atau tempat penyimpanan air lainnya. Koefisien limpasan permukaan ini merupakan salah satu indikator yang menentukan apakah suatu daerah telah mengalami gangguan (fisik). Nilai koefisien yang besar menunjukkan bahwa lebih banyak air hujan mengalir membentuk limpasan permukaan. Hal ini dapat berdampak pada kurangnya air yang meresap ke dalam tanah sehingga dapat menimbulkan kekeringan pada musim kemarau. Apabila nilai koefisien semakin besar, maka dapat terjadi erosi dan banjir. Menurut Cook (1940) dalam

Chow (2007), dalam menentukan koefisien limpasan terdapat keterkaitan antara karakteristik DAS dengan faktor-faktor yang mempengaruhi limpasan, yaitu kemiringan lereng, infiltrasi, tutupan vegetasi, dan kerapatan aliran. Parameter karakteristik DAS diklasifikasi, kemudian dilakukan pembobotan atau pemberian nilai skor berdasarkan tingkat laju aliran permukaan.

2.4 Kebutuhan Air

Dalam estimasi keseimbangan air pada suatu DAS, selain melakukan perhitungan ketersediaan air, diperlukan juga perhitungan kebutuhan air. Kebutuhan air dalam penelitian ini dihitung berdasarkan kebutuhan air penduduk dan kebutuhan air berdasarkan penggunaan lahan.

a. Kebutuhan Air Penduduk

Kebutuhan air penduduk merupakan penggunaan air sehari-hari oleh individu maupun kelompok untuk tujuan tertentu. Kebutuhan air penduduk dapat dihitung dari jumlah penduduk di daerah perkotaan dan pedesaan yang ada dalam suatu Daerah Aliran Sungai. Berdasarkan BSN (2002), standar kebutuhan air penduduk perkotaan memerlukan 120 liter/hari/orang, sedangkan penduduk pedesaan memerlukan air sebesar 60 liter/hari/orang. Untuk menghitung kebutuhan air penduduk dalam 1 tahun dapat menggunakan rumus berikut:

$$Kd = 365 \times d \times \Sigma pd \dots\dots\dots(2.1)$$

dimana:

Kd = kebutuhan air penduduk (liter/tahun)

d = nilai standar kebutuhan air (liter/orang/hari)

Σpd = jumlah penduduk (orang)

b. Kebutuhan Air Berdasarkan Penggunaan Lahan

Kebutuhan air berdasarkan penggunaan lahan merupakan penggunaan air untuk pengairan/irigasi lahan yang diupayakan secara langsung maupun tidak langsung oleh manusia. Kebutuhan air non domestik dapat berupa kebutuhan air pertanian, industri, ternak, dan lain sebagainya. Menurut Murtiono (2009), kebutuhan air non domestik juga dapat dihitung berdasarkan dominasi

penggunaan lahan yang ada di lokasi penelitian. Kebutuhan air berdasarkan penggunaan lahan terbagi atas 6 jenis tanaman (Dumairy, 1992). Rincian besaran air yang dibutuhkan tiap penggunaan tersaji dalam Tabel 2.2.

a. Hutan

Hutan berdaun lebar mempunyai laju evapotranspirasi antara 800 – 1400 mm/tahun tergantung dari kondisi daerahnya. Tanah dengan kondisi kesuburan sedang memiliki laju evapotranspirasi sekitar 1000 mm/tahun. Hutan di daerah pegunungan memiliki laju evapotranspirasi antara 500 – 1200 mm/tahun, dan tergantung ketinggian daerah. Semakin tinggi suatu daerah, laju evapotranspirasi semakin berkurang. Daerah dengan ketinggian > 1000 mdpl, laju evapotranspirasi sebesar 1200 mm/tahun, sedangkan ketinggian > 2500 mdpl memiliki laju evapotranspirasi antara 500 – 600 mm/tahun. Berdasarkan penjelasan tersebut, maka kebutuhan air untuk hutan sebesar 1000 mm/tahun.

b. Sawah yang terdiri atas 1 x panen, 2 x panen, dan 5 x panen 2 tahun

Kebutuhan air untuk sawah irigasi sebesar 1 liter/detik/ha. Sawah 1 kali panen dalam setahun kebutuhan airnya sebesar 1200 mm/tahun setelah dikonversi menjadi mm. Sawah 2 kali panen dalam setahun membutuhkan air sebanyak 2400 mm/tahun. Namun apabila lahan sawah diselingi dengan menanam palawija (1 kali panen padi dan 1 kali palawija), maka kebutuhan airnya sebesar 2000 mm/tahun.

c. Tegalan

Tanaman di lahan tegalan umumnya adalah kacang tanah, jagung, dan singkong. Tanaman kacang tanah dan jagung bisa panen sebanyak 2 kali yaitu pada musim tanam I dan II, sedangkan singkong hanya panen pada musim tanam III. Kebutuhan air pada lahan tegalan diperkirakan sebesar 1350 mm/tahun.

d. Pemukiman

Kebutuhan air untuk pemukiman dapat diasumsikan sebagai kebutuhan air penduduk diperkirakan sebesar 1200 mm/tahun. Angka tersebut didapatkan dari asumsi kepadatan penduduk sebesar 700 jiwa/km² yang kebutuhan air per orang sebanyak 80 liter/hari. Kepadatan ternak besar 40 ternak/km² membutuhkan air

sebanyak 25 liter/hari/ternak. Kepadatan ternak kecil 150 ternak/km² membutuhkan air sebanyak 5 liter/hari/ternak.

Tabel 2.1 Kebutuhan Air Bulanan (mm) Berdasarkan Penggunaan Lahan

Jenis Tanaman	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Des	Jml
Hutan	88	81	90	88	88	79	74	73	75	87	85	92	1000
Sawah 1 x panen	264	115	39	38	38	34	32	32	33	38	255	276	1200
Sawah 2 x panen	264	243	270	264	115	108	106	110	125	125	255	276	2400
Sawah 5 x panen 2 thn	264	243	270	264	264	237	222	219	225	261	255	276	3000
Tegalan	119	109	121	119	119	107	100	99	101	117	115	124	1350
Pemukiman	106	97	108	106	106	95	89	88	90	103	102	110	1200

Sumber : Dumairy, 1992 dalam Murtiono, 2009

Kebutuhan air di suatu wilayah dipengaruhi oleh luas penggunaan lahan. Umumnya pada daerah dengan jumlah penduduk yang tinggi dan luas penggunaan lahan sawah yang besar akan mengalami kekeringan air di musim kemarau, sehingga kebutuhan airnya tinggi. Penggunaan lahan yang salah di sekitar daerah aliran sungai (DAS) menyebabkan fungsi lahan sebagai resapan dan tampungan air hujan menjadi berkurang. Variasi jenis penggunaan lahan mengindikasikan campur tangan manusia terhadap lingkungan dapat mempengaruhi jumlah ketersediaan air dalam suatu DAS. Ketidakseimbangan antara ketersediaan dan kebutuhan air untuk penggunaan lahan mengakibatkan daerah aliran sungai mengalami kekeringan pada musim kemarau.

2.5 Unit Respon Hidrologi (URH)

Unit Respon Hidrologi (URH) merupakan analisis hidrologi berdasarkan topografi, karakteristik tanah, geologi, dan penggunaan lahan. Dalam suatu daerah aliran sungai (DAS) dapat terdiri dari beberapa URH. Konsep ini didasari bahwa daerah yang memiliki keseragaman relatif seperti lereng, ketinggian, vegetasi, jenis tanah, dan geologi dapat menghasilkan respon output yang mirip (limpasan, penguapan) berdasarkan input hidrologi (curah hujan) (Leavesley, Markstrom, Restrepo, dan Viger, 2002). Tanah, geologi, dan penggunaan lahan tersebut dapat

mempengaruhi evapotranspirasi, infiltrasi, aliran permukaan, interflow, dan air tanah suatu cekungan sungai atau DAS. Unit Respon Hidrologi merupakan kombinasi yang unik dari sifat fisiografi yang memungkinkan adanya heterogenitas pada cekungan sungai dan dapat digunakan untuk pemodelan hidrologi suatu daerah.

Respon hidrologi suatu DAS berupa produksi air yang dinilai dari kontribusi aliran langsung terhadap debit total yang besar kecilnya tergantung dari sifat hujan dan karakteristik fisik DAS maupun sub DAS (Lee, 1980 dalam Rauf, 1994). Tanggapan aliran sungai terhadap masukan air hujan merupakan wujud respon hidrologi yang dapat dilihat dari kurva hidrograf, dimana bentuk kurva hidrograf yang sangat ditentukan oleh sifat hujan dan karakter sifat fisik DAS (Chow, 1964).

Respon hidrologi pada suatu DAS dapat diasumsikan sebagai rata-rata komponen hidrologi daerah aliran sungai dan dievaluasi sebagai respon total DAS sehingga dapat dianggap ringkasan semua respon URH pada suatu DAS. Menurut Flugel (1995), analisis URH dapat menghasilkan fakta dan fenomena keruangan serta memiliki hubungan antar sub DAS. Hal tersebut karena URH mengelompokkan karakteristik fisiogeografi berdasarkan pada asosiasi lereng, jenis tanah, geologi, dan penggunaan lahan yang menjadi variabel dinamis, sehingga akan terlihat perubahan URH dari waktu ke waktu. Perubahan URH biasanya terjadi akibat adanya perkembangan wilayah yang merubah lahan menjadi permukiman maupun penggunaan lahan lainnya.

2.6 SWAT (Soil and Water Assessment Tool)

SWAT (*Soil and Water Assessment Tool*) adalah model yang dikembangkan pertama kali oleh Dr. Jeff Arnold tahun 1990-an untuk pengembangan *Agricultural Research Service* (ARS) dari USDA. Tujuan dari dikembangkannya model ini adalah untuk melakukan prediksi dampak jangka panjang pada pengelolaan lahan pertanian terhadap air, sedimentasi, dan jumlah bahan kimia di suatu DAS yang ditinjau dari berbagai jenis tanah, penggunaan tanah, dan kondisi pengelolaan DAS (Pawitan, 2004).

Model SWAT merupakan analisis hidrologi berbasis fisik suatu wilayah sehingga memungkinkan diterapkan pada analisis dan simulasi dalam suatu daerah aliran sungai. Untuk menganalisisnya, model ini memerlukan informasi dan data pada setiap Sub DAS yang kemudian akan dikelompokkan dalam kategori. Informasi yang dibutuhkan antara lain iklim, topografi, biofisik DAS, dan unit respon hidrologi pada suatu DAS. Unit respon hidrologi terdiri dari variasi penutup lahan, karakteristik tanah, dan pengelolaan DAS (Neitsch et al, 2005). Simulasi hidrologi pada suatu daerah aliran sungai terbagi menjadi dua fase, yaitu fase lahan dan fase air. Fase lahan pada siklus hidrologi mengatur jumlah air, sedimen, unsur hara dan pestisida pada aliran air utama setiap sub DAS, sedangkan fase air pada siklus hidrologi berupa gerakan air, sedimen, dan lainnya melalui jaringan sungai menuju outlet.

Dari awal perkembangannya model ini terus mengalami kemajuan sesuai dengan teknologi saat ini. SWAT saat ini telah dikembangkan untuk daerah tropis dengan membandingkan ketersediaan data pada daerah sub tropis. SWAT juga telah dikembangkan pada perangkat lunak SIG seperti Visual Basic, GRASS, ArcView, Map Window, dan ArcGIS berupa interfase.

2.7 Penelitian Terdahulu

Penelitian mengenai ketersediaan air dan unit respon hidrologi telah banyak dilakukan, diantaranya:

1. Sari, Dewi Novita (2015) melakukan penelitian dengan judul analisis penggunaan lahan tahun 2013 terhadap ketersediaan air di sub Daerah Aliran Sungai Blongkeng. Perhitungan ketersediaan air menggunakan metode neraca air Thronthwaite Matter. Metode pengambilan sampel di lapangan dengan metode *purposive sampling*. Perhitungan kebutuhan air didapatkan dengan asumsi bahwa potensi ketersediaan air yang berasal dari rerata curah hujan efektif bulanan digunakan untuk memenuhi kebutuhan bagi tanaman, sehingga digunakan perhitungan kebutuhan air berdasarkan pola penggunaan lahan (Dumairy, 1992). Setelah mendapatkan semua perhitungan, maka nilai ketersediaan air diklasifikasikan menurut metode *Geometrik Interval*.

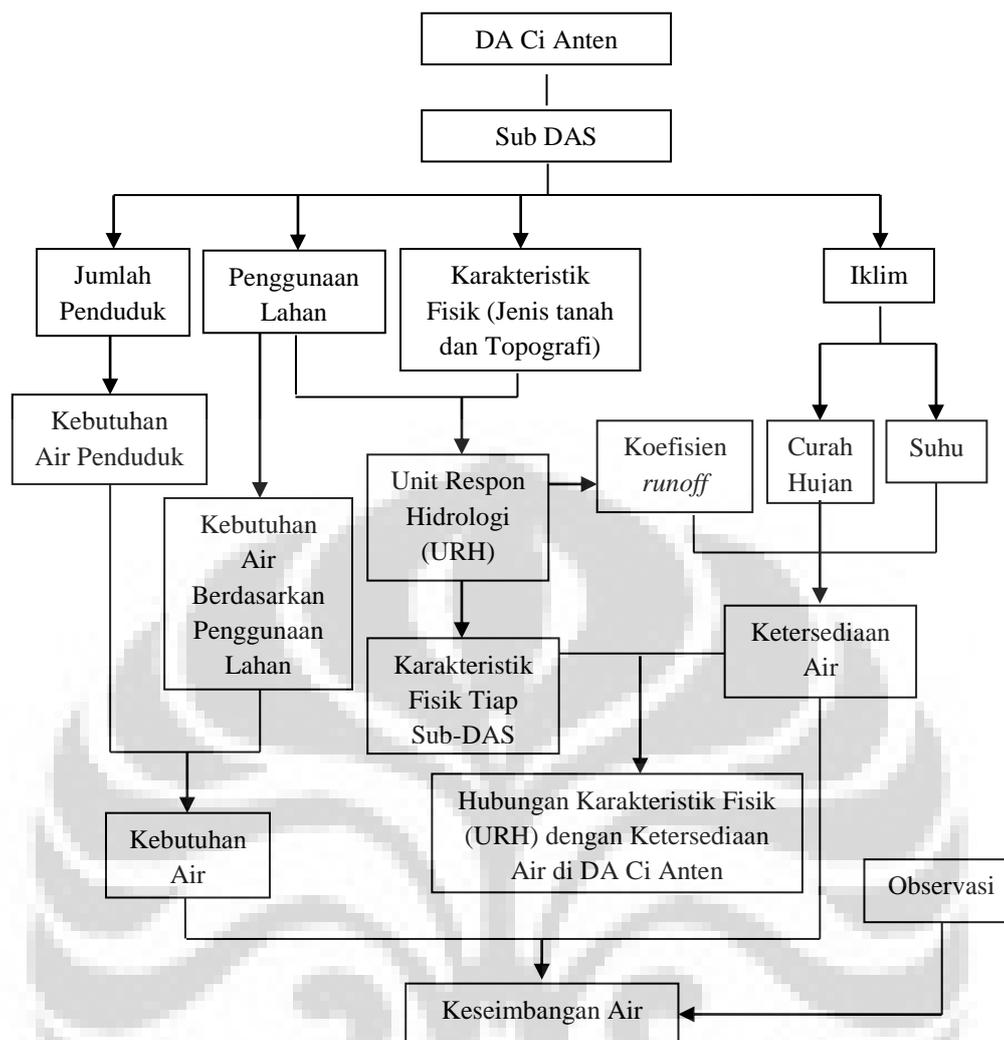
2. Indra, Tito Latif (2013) dengan judul dampak perubahan penggunaan lahan terhadap tingkat kekritisian air Sub DAS Citarum Hulu. Dalam penelitian ini, ketersediaan air permukaan yang digunakan sebagai acuan adalah debit andalan. Perhitungan ketersediaan air menggunakan rumus Maijerink et al (1994). Untuk kebutuhan air dihitung per sub DAS dengan perhitungan kebutuhan air penduduk dan kebutuhan air tanaman. Perhitungan ketersediaan dan kebutuhan air tersebut menjadi acuan dalam mengetahui indeks krisis air di SubDas Citarum Hulu.
3. Murtiono, Ugro Hari (2009) melakukan penelitian dengan judul kajian ketersediaan air permukaan pada beberapa Daerah Aliran Sungai (Studi kasus Sub DAS Temon, Wuyantoro, Alang, dan Keduang). Ketersediaan air yang dihitung adalah ketersediaan air permukaan menggunakan metode Thorntwaite Mather. Perhitungan ini untuk mendapatkan nilai defisit dan surplus air permukaan pada keempat DAS tersebut. Untuk kebutuhan air dihitung berdasarkan penggunaan lahan yang ada di lokasi penelitian, yaitu tegalan, sawah yang terdiri dari 1 kali panen, 2 kali panen, dan 5 kali panen, pemukiman, serta hutan.
4. Chandra, Adelina (2014) mengkaji unit respon hidrologi (URH) dengan judul prediksi dan karakteristik limpasan Daerah Aliran Ci Leungsi Hulu Kabupaten Bogor tahun 2020 dan 2030. Penelitian terkait URH diasosiasikan dengan data iklim daerah penelitian untuk mengetahui karakteristik limpasan. dari citra landsat untuk klasifikasi penggunaan lahan, DEM (*Digital Elevation Model*) untuk ketinggian dan lereng, jenis tanah. Pengolahan URH menggunakan interface ArcSWAT sehingga didapatkan klasifikasi penggunaan lahan berdasarkan kode SWAT. Setelah URH didapatkan, maka dihitung karakteristik limpasan berdasarkan nilai Koefisien Rezim Aliran (KRA) Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa semakin heterogen karakteristik URH di suatu sub DAS, maka semakin besar KRA limpasan yang terjadi dimana faktor jenis penggunaan lahan, jenis tanah, dan lereng mempengaruhi nilai KRA.
5. Penelitian Guzman, Rafael et al (2009) dengan judul Evaluation of total runoff for the Rio San Pedro sub-basin (Nayarit, Mexico) assessing their hydrologic

response units. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi limpasan permukaan (*runoff*) berdasarkan informasi citra landsat, DEM, dan data iklim menggunakan software GIS dengan pendekatan model hidrologi semi distribusi. Penelitian ini selain mengolah Unit Respon Hidrologi (URH) juga mengolah Grup Soil Hidrologi dengan menginput data lereng, penutup lahan, dan jenis tanah. Jumlah URH yang berhasil dibuat berdasarkan penggunaan lahan. Untuk perhitungan limpasan permukaan menggunakan metode Curve number (CN). Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa penilaian limpasan permukaan mendapat hasil yang baik menggunakan pendekatan tersebut.



3.2 Alur Pikir Penelitian

DA Ci Anten memiliki komponen karakteristik fisik, penggunaan lahan, jumlah penduduk, dan iklim dimana interaksi tersebut dapat mempengaruhi besaran ketersediaan dan kebutuhan air. Karakteristik fisik DA Ci Anten dilihat dari respon hidrologi DAS terhadap topografi, jenis tanah, dan penggunaan lahan. Hasil respon hidrologi tersebut dapat membentuk koefisien limpasan permukaan (*runoff*). Koefisien *runoff*, curah hujan, suhu, dan luas penggunaan lahan menjadi penentu besaran ketersediaan air. Untuk menentukan besaran kebutuhan air terbagi menjadi kebutuhan air penduduk dan kebutuhan air berdasarkan penggunaan lahan. Perhitungan kebutuhan air penduduk didasarkan pada jumlah penduduk. Kebutuhan air berdasarkan penggunaan lahan sesuai dengan jenis penggunaan lahan di DA Ci Anten. Hasil ketersediaan air dan kebutuhan air kemudian dianalisis untuk mengetahui nilai keseimbangan air (defisit dan surplus air) di DA Ci Anten. Suatu DAS dapat dikatakan defisit air apabila jumlah ketersediaan air lebih sedikit daripada kebutuhan penduduk dan penggunaan lahan, sedangkan surplus air apabila jumlah ketersediaan air lebih besar daripada kebutuhan penduduk dan penggunaan lahan. Diagram alur piker penelitian dapat dilihat pada gambar 3.2.



Gambar 3.2 Alur Pikir Penelitian

3.3 Penentuan Sampel

Metode penentuan sampel dalam penelitian ini adalah *purposive sampling* dan *snowball sampling*. Metode *purposive sampling* merupakan teknik pengambilan sampel dengan pertimbangan tertentu seperti orang yang menjadi narasumber dianggap tahu tentang permasalahan yang diteliti atau mungkin orang tersebut sebagai penguasa sehingga memudahkan peneliti menjelajahi objek atau situasi yang diteliti (Singarimbun, M dan Sofian Effendi, 1989). Sementara metode *snowball sampling* merupakan teknik pengambilan sampel yang pada awalnya jumlah sampel sedikit kemudian menjadi banyak dan berhenti sampai informasi yang didapatkan dinilai telah cukup (Noor, 2011). Objek atau situasi yang ingin diteliti adalah mengetahui sumber air, kondisi sumber air, dan upaya

mengatasi kekeringan air di setiap daerah yang mengalami defisit air berdasarkan hasil perhitungan data tabular.

Penentuan sampel dilakukan saat peneliti mulai memsauki lapangan dan selama penelitian berlangsung. Pada awalnya pengambilan sampel dihitung berdasarkan jumlah kecamatan yang masuk dalam wilayah administrasi sub-DAS yang mengalami defisit air tahunan, yaitu sebanyak 6 sampel dengan mewawancarai kepala atau sekretaris camat. Setelah didapatkan informasi desa-desa yang sering mengalami defisit air, kemudian dilakukan wawancara dengan setiap kepala desa atau staff kantor desa. Agar informasi yang didapatkan menyeluruh dan dianggap mewakili populasi, maka dilakukan juga wawancara dengan masyarakat desa. Adapun jumlah sampel dalam penelitian ini adalah seperti pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Sampel Penelitian

No.	Narasumber	Jumlah
1.	Kepala atau Sekretaris Camat	6
2.	Kepala Desa atau Staff Kantor Desa	16
3.	Masyarakat Desa	15
Jumlah		37

Sumber : Hasil Survei Lapangan, 2017

3.4 Variabel Penelitian

Variabel pada penelitian ini ada tiga yaitu karakteristik fisik URH, ketersediaan air, dan kebutuhan air. Berikut penjelasan dari setiap variabel.

1. Karakteristik Fisik DAS

Karakteristik unit respon hidrologi (URH) asosiasi antara topografi, jenis tanah, geologi, dan penggunaan lahan. Indikator yang diperlukan untuk membuat URH sebagai karakteristik fisik dari setiap sub-DAS di DA Ci Anten adalah kemiringan lereng, penggunaan lahan, dan karakteristik tanah (tekstur tanah).

2. Ketersediaan Air

Jumlah air yang diperkirakan akan terus menerus ada di suatu lokasi (sungai, bendungan, danau, waduk, dan bangunan air lainnya) dengan jumlah tertentu dan dalam jangka waktu tertentu. Indikator yang diperlukan untuk menentukan

besaran ketersediaan air adalah curah hujan, suhu, dan koefisien limpasan permukaan.

3. Kebutuhan Air

Air yang dibutuhkan untuk keperluan aktivitas manusia dan pengairan lahan. Indikator yang digunakan untuk menentukan besaran kebutuhan air adalah jumlah penduduk, standar kebutuhan air penduduk, dan standar kebutuhan air berdasarkan penggunaan lahan.

3.5 Pengumpulan Data

Pengumpulan data yang diperlukan berupa data primer dan sekunder. Data primer merupakan data yang didapatkan dari hasil survei lapangan. Data primer dilakukan dengan metode wawancara singkat dan kuesioner bertujuan untuk mendapatkan informasi sumber air, kondisi sumber air, dan desa yang sering mengalami kekurangan air yang masuk dalam wilayah administrasi DA Ci Anten. Penentuan sampel untuk pengambilan data primer didasarkan pada metode *purposive* dan *snowball sampling*.

Sementara data sekunder merupakan data yang didapatkan dari instansi-instansi terkait, seperti Balai Besar Wilayah Sungai Ciliwung-Cisadane, Badan Informasi Geospasial (BIG), dan Balai Penelitian dan Pengembangan Pengelolaan Sumberdaya Lahan Pertanian. Selain itu, data juga diperoleh dari non-instansi seperti jurnal dan literatur. Data sekunder yang digunakan dalam penelitian ini adalah topografi (DEM SRTM), jenis tanah, dan jenis penggunaan lahan yang dibutuhkan dalam proses pengolahan SWAT untuk Unit Respon Hidrologi. Cara untuk mendapatkan data primer dan sekunder dapat dilihat dalam Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Cara Mendapatkan Data

Variabel	Data yang Digunakan	Cara Mendapatkan Data
Karakteristik Fisik DAS	DEM (<i>Digital Elevation Model</i>)	Data DEM didapat dengan cara mengolah data SRTM yang diperoleh dari <i>USGS Glovis</i> .
	Penggunaan Lahan	Data didapat dari pengolahan Citra Landsat 8 <i>Oli path</i> 122 dan <i>row</i> 65 tahun 2016 dari <i>USGS Glovis</i> . Pengolahan citra melalui koreksi radiometrik, kemudian diklasifikasi menggunakan teknik klasifikasi <i>Supervised</i> . Klasifikasi penggunaan lahan yang digunakan mengacu pada klasifikasi Badan Pertanahan Nasional skala 1:50.000 dan dilakukan verifikasi lapangan, kemudian dikonversi menjadi klasifikasi kode SWAT untuk kebutuhan pengolahan data.
	Jenis Tanah	Data jenis tanah diolah dari Peta Jenis Tanah Semi Detail Daerah Cisadane Hulu skala 1:100.000 yang diterbitkan Lembaga Penelitian Tanah, Kementerian Pertanian RI.
Ketersediaan Air	Iklim (Curah hujan dan Suhu)	Data yang digunakan merupakan data sekunder didapat dari Balai Pengelolaan SDA Ciliwung - Cisadane
	Koefisien Limpasan Permukaan	Data didapat dari hasil Unit Respon Hidrologi (URH) dominan setiap sub-DAS.
Kebutuhan Air	Jumlah Penduduk	Data yang digunakan adalah data sekunder yang didapat dalam Kabupaten Bogor dalam Angka Tahun 2016 dari Badan Pusat Statistik (BPS). Kemudian data tersebut dibandingkan dengan data desa yang ada di 13 kecamatan yang masuk dalam DA Ci Anten.
	Standar Kebutuhan Air Penduduk	Data yang diambil adalah data standar kebutuhan air per orang untuk penduduk desa menurut SNI tahun 2002 yaitu sebesar 60 liter/hari/orang.
	Standar Kebutuhan Air Berdasarkan Penggunaan Lahan	Data yang diambil adalah data standar kebutuhan air berdasarkan jenis penggunaan lahan yang bersumber dari instansi Dinas Pekerjaan Umum dan jurnal atau literatur.

3.6 Pengolahan Data

Pengolahan data dalam penelitian ini terbagi menjadi 5 tahapan, yaitu pembagian sub-DAS dan karakteristik fisik sub-DAS, perhitungan koefisien limpasan permukaan (*runoff*), perhitungan ketersediaan air, perhitungan kebutuhan air, dan perhitungan keseimbangan air. Pengolahan model SWAT dan

perhitungan koefisien *runoff* menggunakan data spasial berupa topografi, jenis tanah, dan penggunaan lahan dalam bentuk data raster. Perhitungan ketersediaan, kebutuhan air, dan keseimbangan air menggunakan data tabular.

3.6.1 Pembagian Sub-DAS dan Karakteristik Fisik Sub-DAS

Proses kerja untuk delineasi sub-DAS dan karakteristik fisik sub-DAS dilakukan dengan meng-*input* data-data spasial yang diolah menggunakan software ArcSWAT dengan *interface* ArcGIS 10.2. Delineasi sub-DAS menggunakan data DEM SRTM untuk menentukan outlet pada sungai utama keseluruhan DAS. Kemudian untuk menentukan titik-titik outlet pada setiap sub-DAS dilakukan secara manual berdasarkan hierarki sungai ordo ke-2 model Strahler.

Setelah terbentuk sub-sub DAS, tahap selanjutnya adalah pembuatan model Unit Respon Hidrologi (URH). Pembuatan model URH dilakukan dengan meng-*input* data-data spasial berupa data topografi, jenis tanah, dan penggunaan lahan. Semua data tersebut harus dalam bentuk data *raster*. Data mengenai topografi dibutuhkan dalam model untuk melakukan delineasi DAS dan untuk membuat Unit Respon Hidrologi (URH) berdasarkan kemiringan lereng. Dalam membuat URH berdasarkan kemiringan lereng dilakukan klasifikasi kemiringan lereng ke dalam 4 kelas, yaitu 0 – 5% (datar), 5 – 10% (bergelombang), 10 – 30% (perbukitan), dan >30% (terjal).

Selain data topografi, data mengenai jenis tanah juga dibutuhkan dalam pembuatan URH. Data jenis tanah yang didapat berupa data vektor, sehingga perlu diubah menjadi data raster. Klasifikasi jenis tanah menggunakan sistem klasifikasi jenis tanah FAO. Dengan demikian klasifikasi jenis tanah dari Peta Tanah Semi Detil Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat skala 1:100.000 disesuaikan dengan klasifikasi FAO. Klasifikasi tersebut didasarkan pada tekstur tanah, yaitu *Clay* (C), *Clay Loam* (CL), *Loam* (L), *Loamy Sand* (LS), *Sand* (S), *Sandy Clay* (SC), *Sandy Clay Loam* (SCL), *Silt* (SI), *Silty Clay* (SIC), *Silty Clay Loam* (SICL), *Silt Loam* (SIL), *Sandy Loam* (SL), dan *Water* (WA).

Sementara itu untuk data penggunaan lahan yang digunakan didapat dari interpretasi citra satelit Landsat 8 Oli tahun 2016 dan diolah menggunakan software ENVI 5.1. Untuk memudahkan dalam penentuan objek pada citra, maka dibuat komposit citra dengan komposisi band 654. Setelah itu dilakukan koreksi radiometrik. Koreksi radiometrik dilakukan untuk mengurangi bias karena gangguan atmosfer saat satelit Landsat merekam data. Setelah dilakukan pengkoreksian citra, maka dilakukan klasifikasi *supervised* dengan 6 kelas penggunaan lahan berdasarkan acuan klasifikasi Badan Pertanahan Nasional (BPN). Hasil akhir klasifikasi penggunaan lahan tersebut kemudian dilakukan *overlay intersect* dengan batas sub-sub DAS untuk menentukan jenis-jenis penggunaan lahan yang ada di DA Ci Anten. Kemudian dilakukan verifikasi lapangan untuk setiap jenis penggunaan lahan. Klasifikasi data penggunaan lahan yang bersumber dari citra Landsat, BPN, dan verifikasi lapangan terlebih dahulu disesuaikan dengan *database* penggunaan lahan yang ada dalam model ArcSWAT. Konversi klasifikasi penggunaan lahan yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat dalam Tabel 3.3.

Tabel 3.3 Konversi Klasifikasi Penggunaan Lahan BPN ke Model SWAT

No	Klasifikasi BPN	Klasifikasi Model SWAT	Kode SWAT	Keterangan
1	Hutan	<i>Forest</i>	FRST	Lahan yang penuh dengan pohon berkayu
2	Kebun/perkebunan dan tegalan (Pertanian Lahan Kering Semusim)	<i>Agricultural Land-row Crops</i>	AGRR	Lahan untuk budidaya tanaman musiman atau yang tidak dialiri pengairan
3	Perkampungan/ Permukiman	<i>Residential-High Density</i>	URHD	Lahan untuk tempat tinggal dan manusia beraFktivitas
4	Sawah (Persawahan)	<i>Rice</i>	RICE	Lahan untuk budidaya tanaman yang dialiri pengairan
5	Padang/Semak Belukar	<i>Range-Grasses</i>	RNGE	Lahan kering yang ditumbuhi berbagai jenis vegetasi alamiah, tidak untuk aktivitas manusia

Sumber : Arnold dkk, 2011 dalam Radit, 2016

Data-data spasial tersebut digunakan untuk menghasilkan Unit Respon Hidrologi (URH) di setiap sub-DAS. Hasil URH dalam penelitian ini merupakan hasil *overlay* kemiringan lereng, jenis tanah, dan jenis penggunaan lahan yang dominan. Dengan demikian, setiap sub-DAS akan terbentuk satu URH dominan.

3.6.2 Perhitungan Ketersediaan Air

Data yang dibutuhkan untuk menghitung ketersediaan air adalah koefisien limpasan, curah hujan dan evapotranspirasi aktual. Perhitungan ketersediaan air didasarkan pada aliran mantap dengan menggunakan rumus sebagai berikut (Maijerink et al, 1994):

$$Q = (1 - C) \times (P - Ea) \times A \dots\dots\dots(3.1)$$

dimana :

- Q = ketersediaan air (mm/tahun)
- P = curah hujan rata-rata tahunan (mm/tahun)
- Ea = evapotranspirasi aktual (mm/tahun)
- C = koefisien limpasan
- A = luas wilayah sub-DAS (Ha)

3.6.2.1 Perhitungan Koefisien Limpasan Permukaan

Perhitungan koefisien limpasan permukaan menggunakan metode Cook dengan menentukan faktor-faktor koefisien limpasan yaitu kemiringan lereng, infiltrasi, tutupan vegetasi, dan kerapatan aliran dari masing-masing sub-DAS yang terbentuk. Klasifikasi DAS dan pemberian nilai skor disajikan dalam Tabel 3.4 sebagai berikut.

Tabel 3.4 Koefisien Limpasan Menurut Karakteristik Fisik DAS

Faktor-faktor Koefisien Limpasan (C)	Karakteristik yang Menghasilkan Limpasan			
	100 (ekstrim)	75 (tinggi)	50 (normal)	25 (rendah)
Kemiringan Lereng/Relief (W1)	Medan terjal dengan rata-rata umumnya > 30% (40)	Perbukitan dengan lereng rata-rata 10 – 30% (30)	Bergelombang dengan lereng rata-rata 5 – 10% (20)	Lereng relatif datar 0 – 5% (10)
Infiltrasi (W2)	Tidak ada penutup tanah efektif, lapisan tanah tipis, kapasitas infiltrasi diabaikan (20)	Lambat menyerap air, material liat/tanah dengan kapasitas infiltrasi rendah (15)	Lempung dengan infiltrasi setipe dengan tanah prairi (10)	Pasir dalam atau tanah lain mampu menyerap air dengan cepat (5)
Tutupan Vegetasi (W3)	Tidak ada penutup efektif atau sejenisnya (20)	Tidak ada tanaman pertanian dan penutup vegetasi sedikit (15)	Kira – kira 50% DAS tertutup baik oleh pepohonan dan rerumputan (10)	Kira-kira 90% DAS tertutup baik oleh tumbuhan kayu atau sejenisnya (5)
Kerapatan Aliran (W4)	Beberapa depresi permukaan dangkal, alur drainase terjal dan kecil (20)	Sistem alur drainase kecil dan mudah dikenali (15)	Simpanan depresi dalam bentuk danau, rawa telaga tidak lebih dari 2% (10)	Simpanan depresi permukaan tinggi, sistem drainase sukar dikenali, banyak dijumpai danau, rawa atau telaga (5)

Sumber : Cook (1940) dalam Chow (2007)

Faktor-faktor koefisien limpasan tersebut dapat diketahui dari hasil karakteristik fisik DAS, sehingga faktor koefisien limpasan permukaan dalam penelitian ini didapat dari hasil Unit Respon Hidrologi (URH) dominan setiap sub-DAS kecuali faktor kerapatan aliran. Nilai kerapatan aliran didapatkan dengan rumus sebagai berikut:

$$Dd = \frac{L}{A} \dots\dots\dots (3.2)$$

dimana :

L = panjang sungai (km)

A = luas wilayah sub-DAS (km²)

Penentuan bobot nilai kerapatan aliran pada setiap sub-DAS dapat dilihat pada Tabel 3.5.

Tabel 3.5 Kerapatan Aliran

No.	Kerapatan Aliran (Dd) (km/km ²)	Bobot Nilai C
1.	< 1.6	5
2.	1.6 – 3.2	10
3.	3.2 – 8	15
4.	> 8	20

Sumber : Cook (1940) dalam Chow (2007)

Berdasarkan penjabaran diatas bahwa nilai koefisien limpasan permukaan didapatkan dari informasi URH dominan, maka bobot nilai setiap faktor limpasan permukaan setiap sub-DAS kemungkinan akan sama sehingga nilai koefisien limpasan permukaan akan sama pada beberapa sub-DAS terutama sub-DAS yang memiliki karakteristik fisik (URH) yang sama. Berikut perhitungan koefisien limpasan menggunakan metode Cook dengan rumus sebagai berikut:

$$C = \frac{a \times \Sigma W}{L} \dots\dots\dots(3.3)$$

dimana :

C = koefisien limpasan

a = luas lokasi penelitian (km²)

ΣW = jumlah pembobotan pada lokasi penelitian

L = luas DAS (km²)

3.6.2.2 Perhitungan Curah Hujan Wilayah

Curah hujan wilayah dihitung berdasarkan 7 stasiun penakar hujan yang terdapat disekitar DA Ci Anten, yaitu stasiun Perk. Cianten-Leuwiliang, Cicurug, Cigudeg, Kracak, Dramaga, Rancabungur, dan Kuripan. Curah hujan diperoleh dengan cara menghitung koefisien Thiessen dari masing-masing stasiun penakar hujan. Kemudian dicari nilai curah hujan tahun 2016 dengan mengkalikan rata-rata curah hujan di 7 stasiun penakar hujan selama tahun 2007 – 2016 dengan koefisien Thiessen. Metode ini sesuai pernyataan Sosrodarsono dan Takeda (1977)

bahwa jika titik-titik pengamatan dalam suatu daerah tidak tersebar merata, maka dapat digunakan metode *polygon thiessen*.

$$P = \frac{(P_1 \times A_1) + (P_2 \times A_2) + \dots + (P_n \times A_n)}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \dots \dots \dots (3.4)$$

dimana :

P = curah hujan wilayah sub-DAS (mm)

P₁ = hujan di staisun ke-1 (mm)

P_n = hujan di staisun ke-n (mm)

A₁ = luas polygon thiessen stasiun ke-1 (ha)

A_n = luas polygon thiessen stasiun ke-n (ha)

3.6.2.3 Perhitungan Evapotranspirasi Aktual

Setelah data curah hujan diolah, tahap selanjutnya adalah mengolah data suhu untuk mendapatkan evapotranspirasi aktual. Data suhu yang diolah adalah data suhu rentang tahun 2007 – 2016 dan dicari rata-ratanya. Berikut tahapan penyelesaiannya.

a. Perhitungan Sebaran Suhu Tahunan (T)

Perhitungan sebaran suhu tahunan ini menggunakan metode FJ. Mock dengan rumus sebagai berikut:

$$T = 0,006 (DEM - H_o) + t_o \dots \dots \dots (3.5)$$

dimana :

T = sebaran suhu (°C)

DEM = Digital Elevation Model (m)

H_o = ketinggian lokasi stasiun pencatat suhu (m)

t_o = suhu rata-rata tahunan stasiun pencatat suhu terdekat (°C)

b. Perhitungan Sebaran Evaporasi Air Permukaan

Perhitungan besarnya evaporasi air permukaan menggunakan metode Langbein dengan rumus sebagai berikut:

$$E_o = 300 + 25T_y + 0,05T_y^3 \dots\dots\dots(3.6)$$

dimana :

E_o = evaporasi air permukaan (mm/tahun)

T_y = sebaran suhu tahunan ($^{\circ}C$)

c. Perhitungan Evapotranspirasi Aktual

Perhitungan besarnya evapotranspirasi aktual menggunakan metode Turk-Langbein dengan rumus sebagai berikut:

$$E_a = \frac{P}{0,9+(P/E_o)^2} \dots\dots\dots (3.7)$$

dimana :

E_a = evapotranspirasi aktual (mm/tahun)

P = curah hujan rata-rata tahunan (mm/tahun)

E_o = evaporasi air permukaan (mm/tahun)

3.6.3 Perhitungan Kebutuhan Air

Perhitungan kebutuhan air terbagi menjadi 2 yaitu kebutuhan air penduduk dan kebutuhan air berdasarkan jenis penggunaan lahan. Kebutuhan air penduduk dihitung dari estimasi jumlah penduduk dalam setiap sub-DAS dikalikan dengan standar kebutuhan air penduduk di pedesaan dikalikan jumlah hari dalam 1 bulan, sehingga menghasilkan besaran kebutuhan air penduduk per bulan. Kemudian dilakukan perhitungan kebutuhan air berdasarkan jenis penggunaan lahan menurut standar kebutuhan air menurut Dumairy (2012) dalam satuan mm/tahun.

Sebelum melakukan perhitungan, satuan mm dikonversi terlebih dahulu menjadi m^3 . Untuk mengubah mm ke m (dibagi 1000), kemudian satuan penggunaan lahan diubah dari Ha menjadi m^2 (dikalikan 10.000) sehingga mengubah satuan dari mm menjadi m^3 cukup dengan mengkalikan 10. Perhitungan kebutuhan air penduduk dengan rumus sebagai berikut (SNI, 2002) :

$$\text{Kebutuhan Air Penduduk (m}^3\text{)} = n \times P \times \left(\frac{q}{1000}\right) \dots\dots\dots(3.8)$$

dimana :

n = jumlah hari

- P = jumlah penduduk pedesaan
 q = standar kebutuhan air penduduk (liter/hari/orang); penduduk pedesaan sebesar 60 liter/hari/orang

Estimasi jumlah penduduk dalam satu sub-DAS ditentukan dengan menghitung jumlah penduduk per desa dikalikan luas desa yang masuk dalam batas sub-DAS, kemudian dibagi dengan luas total desanya. Hal ini dilakukan karena satu desa bisa masuk beberapa wilayah sub-DAS. Selanjutnya menghitung kebutuhan air berdasarkan penggunaan lahan dengan rumus sebagai berikut (Dumairy, 2012) :

$$\text{Kebutuhan air berdasarkan penggunaan lahan (m}^3\text{)} = 10 \times n \times A \times r \dots\dots\dots(3.9)$$

dimana :

- n = jumlah hari
 A = luas setiap jenis penggunaan lahan (Ha)
 r = standar kebutuhan air setiap jenis penggunaan lahan (mm/tahun) pada Tabel 3.6

Tabel 3.6 Standar Kebutuhan Air Berdasarkan Penggunaan Lahan

Jenis Tanaman	Kebutuhan Air (mm/tahun)
Hutan	1000
Kebun Campuran	1000
Sawah 1 x panen	1200
Sawah 2 x panen	2400
Sawah 5 x panen 2 tahun	3000
Semak Belukar	1000
Tegalan	1350

Sumber : Dumairy, 1992 dalam Murtiono, 2009

Setelah itu, hasil perhitungan total kebutuhan air didapat dengan menjumlahkan kebutuhan air penduduk dan kebutuhan air berdasarkan jenis penggunaan lahan dalam satuan m^3 .

$$\text{Total kebutuhan air (m}^3\text{)} = \text{kebutuhan air penduduk (m}^3\text{)} + \text{kebutuhan air berdasarkan penggunaan lahan (m}^3\text{)} \dots\dots\dots(3.10)$$

3.6.4 Perhitungan Keseimbangan Air

Sebelum menghitung keseimbangan air, terlebih dahulu melakukan perhitungan potensi ketersediaan air. Potensi ketersediaan air dilihat dari perbandingan jumlah ketersediaan air dengan kebutuhan air. Rumus yang digunakan dalam menentukan potensi ketersediaan air menggunakan metode Thronthwaite Matter, yaitu:

$$\% \text{ potensi} = \frac{\text{Jumlah potensi ketersediaan air}}{\text{Jumlah kebutuhan air}} \times 100\% \dots\dots\dots(3.11)$$

Setelah nilai % potensi ketersediaan air didapatkan, kemudian dilakukan perhitungan keseimbangan air. Keseimbangan air dilihat dari selisih potensi ketersediaan air dengan kebutuhan air. Apabila hasilnya minus berarti kekurangan (defisit) dan apabila hasilnya plus berarti kelebihan (surplus).

$$\% \text{ kelebihan atau kekurangan} = \% \text{ potensi} - 100 \dots\dots\dots(3.12)$$

Hasil surplus atau defisit air dibagi menjadi 6 kelas yaitu defisit tinggi, defisit sedang, defisit rendah, surplus rendah, surplus sedang, dan surplus tinggi.

3.7 Analisis Data

Analisis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah analisis deskriptif-asosiasi, spasial, dan kualitatif. Analisis deskriptif-asosiasi digunakan untuk menganalisis hubungan karakteristik fisik (URH) dengan ketersediaan air di setiap sub-DAS. Analisis keruangan (spasial) digunakan untuk menganalisis daerah yang kekurangan atau kelebihan air (surplus atau defisit air) hasil perbandingan jumlah ketersediaan dan kebutuhan air pada sub-sub DAS di DA Ci Anten. Analisis kualitatif digunakan untuk menganalisis hasil perhitungan keseimbangan air dan penyebab defisit air hasil survei lapangan.

BAB 4

GAMBARAN UMUM WILAYAH PENELITIAN

4.1 Letak Geografis dan Administrasi

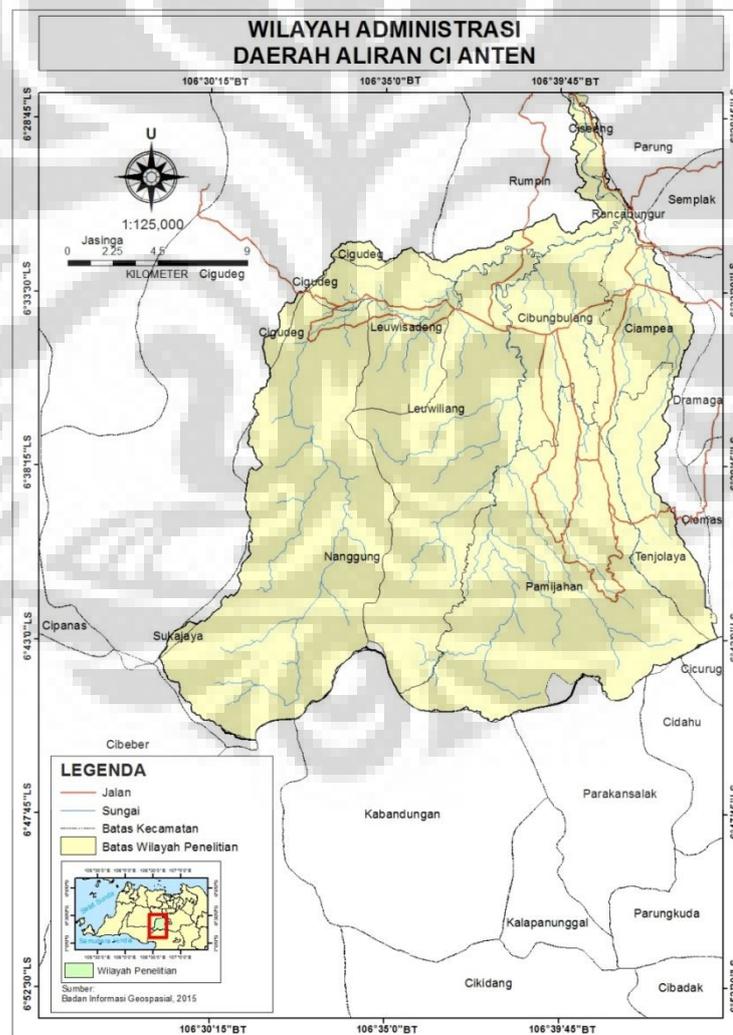
Penelitian ini dilakukan di Daerah Aliran Ci Anten yang merupakan sub DA Ci Sadane hulu bagian barat yang secara geografis terletak pada $6^{\circ}28'45''$ - $6^{\circ}43'0''$ Lintang Selatan dan $106^{\circ}30'15''$ - $106^{\circ}44'30''$ Bujur Timur. DA Ci Anten berada di wilayah administratif Kabupaten Bogor Barat, Provinsi Jawa Barat dengan luas sebesar $507,1516 \text{ km}^2$ atau $50.715,16 \text{ Ha}$. Wilayah DA Ci Anten meliputi 13 kecamatan dan 97 desa seperti yang dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Kecamatan dan Desa di DA Ci Anten

No	Kecamatan	Desa	No	Kecamatan	Desa
1.	Ciseeng	Karihkil, Putat Nutug	7.	Sukajaya	Kiarasari
2.	Rumpin	Cibodas, Cikodom, Gobang, Leuwibatu, Mekarjaya	8.	Rancabungur	Mekarsari, Rancabungur
3.	Leuwiliang	Barengkok, Cibeber II, Cibeber I, Purasari, Purasade, Karyasari, Leuwiliang, Leuwimekar, Pabangbon, Karacak, Karehkel	9.	Cigudeg	Bayuresmi, Bayuwangi, Cigudeg, Sukaraksa
4.	Leuwisadeng	Babakan Sadeng, Kalong II, Kalong I, Leuwisadeng, Sadeng, Sadeng Kolot, Sibanteng, Wangunjaya	10.	Tenjolaya	Cibuntu Tengah, Cinangneng, Gunung Malang, Gunung Mulia, Situ Daun, Tapos 1, Tapos 2
5.	Ciampea	Benteng, Bojong Jnegkol, Bojong Rangkas, Ciampea, Ciampea Udik, Cibadak, Cibanteng, Cibuntu, Cicadas, Cihideung Ilir, Cihideung Udik, Cinangka, Tegalwaru	11.	Pamijahan	Ciasihan, Ciasmara, Cibening, Cibitung Kulon, Cibitung Wetan, Cibunian, Cimayang, Gunung Bunder Dua, Gunung Bunder Satu, Gunung Menyan, Gunung

					Picung, Gunung Sari, Pamiarahan, Pasarean, Purwabakti
6.	Cibungbulang	Situ Udik, Situ Ilir, Cibatok 2, Ciaruten Udik, Cibatok 1, Sukamaju, Cemplang, Galuga, Dukuh, Cimanggu 2, Cimanggu 1, Girimulya, Leuweung Kolot, Ciaruten Ilir, Cijujung	12.	Nanggung	Bantarkarek, Batu Tulis, Cisarua, Gunung Bitung, Hambaro, Kalongliud, Malasari, Nanggung, Pangkaljaya, Parakan Muncang

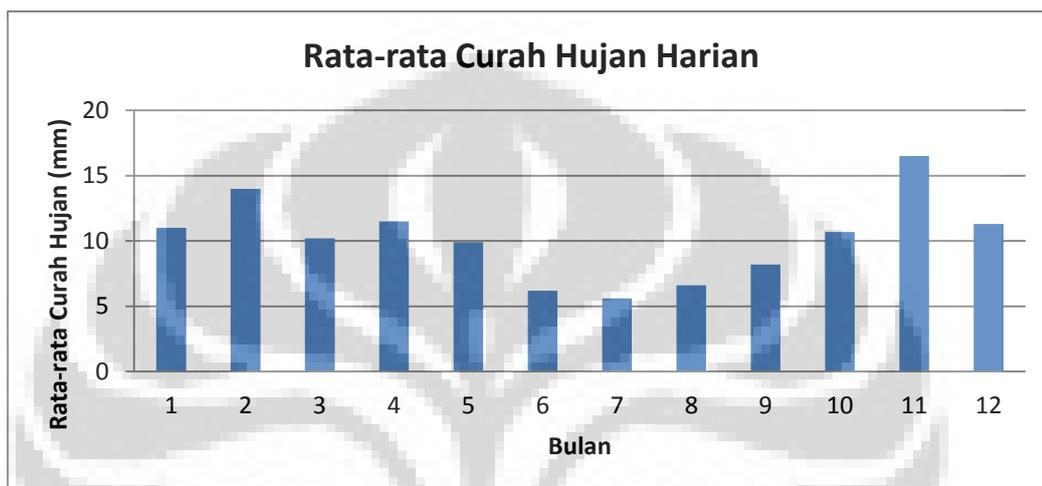
Sumber: Badan Pusat Statistik Kab Bogor, 2012



Gambar 4.1 Peta Administrasi Daerah Aliran Ci Anten
 Sumber: Badan Informasi Geospasial, 2015

4.2 Iklim

Data kondisi iklim pada DA Ci Anten berdasarkan perhitungan pengukuran oleh stasiun iklim Darmaga. Rata-rata suhu harian di Daerah Aliran Ci Anten yang diwakili oleh stasiun klimatologi Darmaga II sebesar 26°C. Rata-rata suhu harian maksimum sekitar 30°C, sedangkan rata-rata suhu harian minimum sekitar 24.4°C.

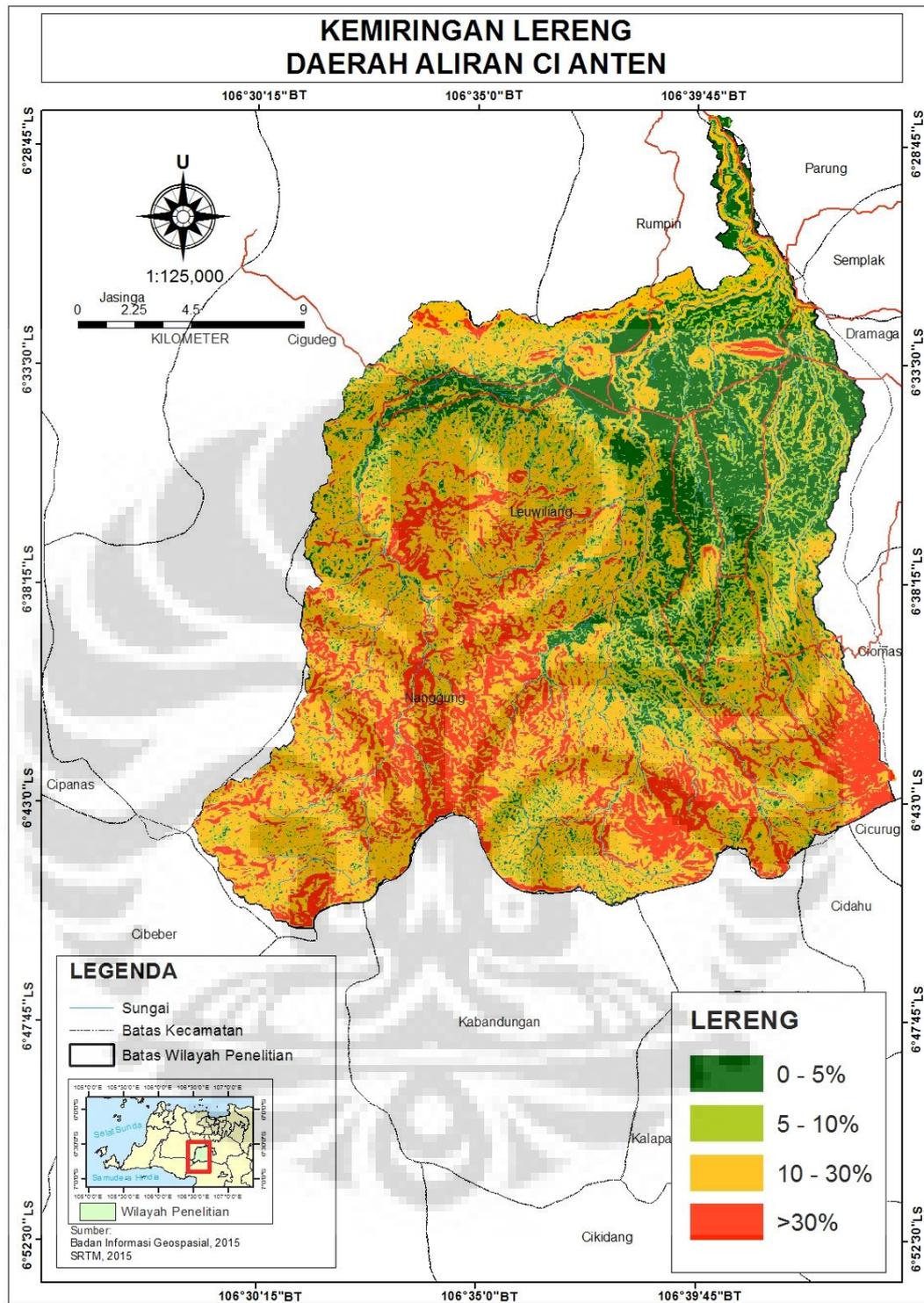


Gambar 4.2 Grafik Rata-rata Curah Hujan Harian
Sumber : Balai Pengelolaan SDA Ciliwung-Cisadane, 2016

Berdasarkan data grafik, curah hujan tinggi terjadi sekitar bulan November sampai bulan Maret. Curah hujan tertinggi berada pada bulan November dengan curah hujan harian sebesar 16.5 mm. Sementara curah hujan terendah pada bulan Juni sebesar 5.6 mm.

4.3 Topografi

Daerah Aliran Ci Anten memiliki ketinggian minimum 54 mdpl dan maksimum 2167 mdpl. Ketinggian terbagi menjadi 6 kelas seperti yang terlihat pada gambar 4.3. Berdasarkan kelas ketinggian, sebesar 10.15% wilayah penelitian terletak pada ketinggian < 200 mdpl, 45.65% terletak pada ketinggian 200 – 600 mdpl, 26.54% terletak pada ketinggian 600 – 1000 mdpl, 14,25% terletak pada ketinggian 1000 – 1400 mdpl, 3.08% terletak pada ketinggian 1400 – 1800 mdpl, dan 0.31% terletak pada ketinggian 1800 – 2000 mdpl.



Gambar 4.4 Peta Kemiringan Lereng Daerah Aliran Ci Anten
Sumber: DEM SRTM 90 m

4.4 Jenis Tanah

Berdasarkan peta tanah semi detil Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat tahun 1992, jenis tanah yang ada di wilayah penelitian terdiri atas 4 ordo tanah yaitu Inceptisol, Ultisol, Entisol, dan Andosol. Ordo tanah tersebut dapat diketahui dari 3 huruf terakhir pada masing-masing sub ordo tanah. Sebaran jenis tanah semi detil di DA Ci Anten dapat dilihat pada gambar 4.5.

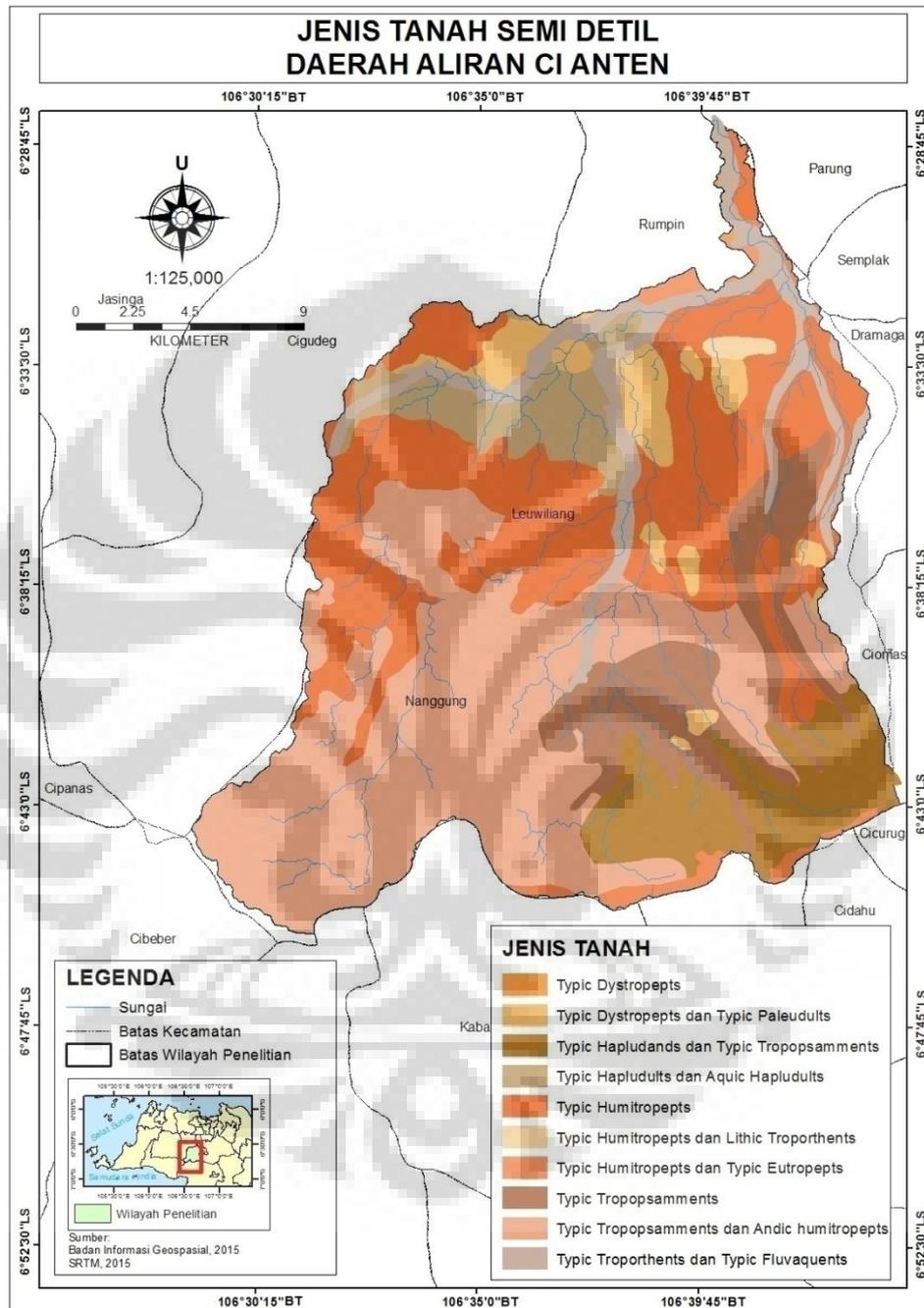
Jenis tanah entisol merupakan tanah muda yang berasal dari bahan induk vulkanik yang lunak dan lepas seperti abu gunung api. Tanah entisol memiliki solum yang tidak terlalu dalam. Jenis tanah entisols terdiri atas sub ordo *Typic Tropopsamments*, *Lithic Troporthents*, *Typic Troporthents*, dan *Typic Fluvaquents*. Tekstur tanah ini antara lain pasir (S) dan lempung berdebu (SIL). Sebagian besar DA Ci Anten didominasi oleh jenis tanah entisol dengan luas sebesar 253,02 km². Jenis tanah ini tersebar hampir diseluruh wilayah DAS.

Jenis tanah inceptisol merupakan tanah muda namun lebih berkembang dari tanah entisol dan tanah ini cukup subur. tanah inceptisol terdiri atas sub ordo *Typic Dystropepts*, *Typic Humitropepts*, *Typic Eutropepts*, dan *Andic Humitropepts*. Tekstur tanah jenis ini antara lain liat berdebu (SIC), liat (C), lempung berpasir (LS), lempung berdebu (SIL), dan lempung berliat (CL). Luas jenis tanah inceptisol pada DA Ci Anten sebesar 181,17 km². atau sebesar 35,7% dari total luas wilayah DA Ci Anten. Jenis tanah ini banyak ditemukan di bagian utara dan selatan DAS.

Jenis tanah ultisol merupakan tanah dewasa dimana banyak terdapat penimbunan liat dengan warna tanah merah huning sampai kelabu . Jenis Jenis tanah ultisols terdiri atas sub ordo *Typic Paleudults*, *Typic Hapludults*, dan *Aquic Hapludults*. Tekstur tanah jenis ini antara lain liat (C) dan liat berpasir (SC). Luas jenis tanah ini sebesar 26,01 km² atau 5,1%. Jenis tanah ultisol terdapat di bagian utara DAS.

Tanah andosol merupakan jenis tanah inceptisol dimana sifat tanah ini cukup subur. Sub ordo jenis tanah andosol adalah *Typic Hapludands* dan bertekstur liat

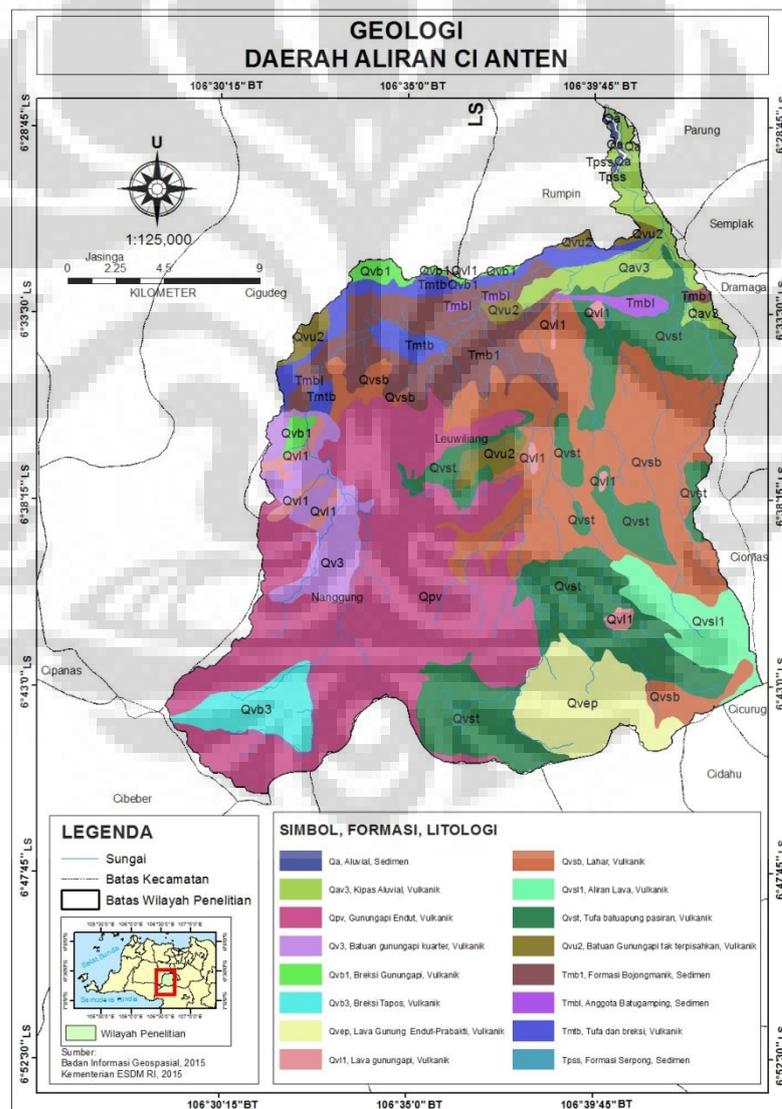
(C) dan lempung (L). Luas jenis tanah andosol pada DA Ci Anten sebesar 46,95 km² atau 9,3%. Jenis tanah ini tersebar di bagian selatan DAS.



Gambar 4.5 Peta Jenis Tanah Semi Detil Daerah Aliran Ci Anten
Sumber : Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat Bogor, 1992

4.5 Geologi/Litologi

Berdasarkan Peta Geologi Lembar Bogor, 9/XIII-D Skala 1:100.000 Edisi Ke-2 Tahun 1998, geologi pada Daerah Aliran Ci Anten terdiri dari batuan beku atau vulkanik (87,52%) dan sedimen (12,48%). Jenis batuan yang paling banyak terdapat di DA Ci Anten adalah batuan gunungapi. Hal ini disebabkan wilayah penelitian terletak di daerah pegunungan, yaitu Gunung Kiaraberes-Gagak, Perbakti dan Salak. Jenis batuan sedimen pada DA Ci Anten tersebar di bagian utara DAS, sedangkan batuan beku tersebar di bagian tengah dan selatan. Sebaran geologi di DA Ci Anten dapat dilihat pada gambar 4.6.

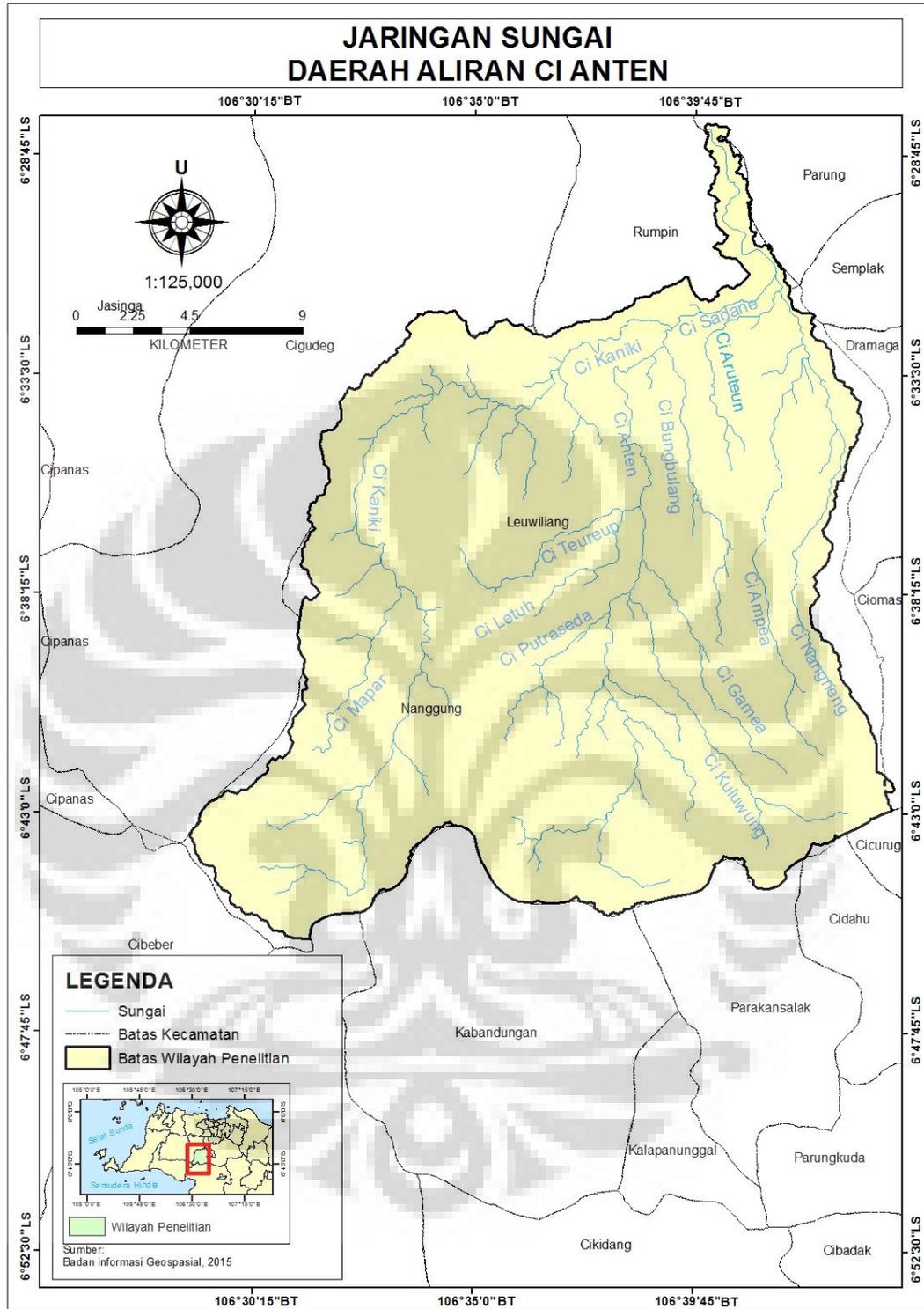


Gambar 4.6 Peta Geologi Daerah Aliran Ci Anten
Sumber: Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, 1998

4.6 Hidrologi

Pada Daerah Aliran Ci Anten terdapat tiga sungai besar yaitu Ci Sadane, Ci Anten, dan Ci Kaniki. Ketiga sungai tersebut merupakan sungai yang berada di wilayah administrasi Kabupaten Bogor bagian barat dan memanjang dari selatan ke utara. Ci Anten berada di bagian tengah DA Ci Anten dan Ci Kaniki berada di bagian barat DAS menyatu dengan Ci Sadane di bagian utara dan bermuara di Pantai Utara Jawa.

Ci Sadane, Ci Anten, dan Ci Kaniki memiliki anak sungai. Ci Sadane memiliki 2 anak sungai yaitu Ci Aruteun dan Ci Ampea. Ci Anten memiliki 3 anak sungai yaitu Ci Bungbulang, Ci Letuh dan Ci Teureup. Ci Kaniki memiliki anak sungai yaitu Ci Sarua. Sungai di DA Ci Anten pada umumnya memiliki pola sungai dendritik karena percabangan anak sungai tidak teratur dengan arah dan sudut beragam. Namun pada bagian hulunya berbentuk sungai radial sentrifugal karena anak-anak sungai memusat pada Gunung Salak dan Taman Nasional Gunung Halimun-Salak, Jawa Barat sebagai sumber aliran sungai pada Daerah Aliran Ci Anten.



Gambar 4.7 Peta Jaringan Sungai Daerah Aliran Ci Anten
Sumber: Badan Informasi Geospasial, 2015

4.7 Penggunaan Lahan

Penggunaan lahan merupakan kondisi lahan dimana terdapat aktivitas manusia di dalamnya. Penggunaan lahan berpengaruh terhadap proses hidrologi di lingkungan sekitar. Jenis penggunaan lahan yang terdapat di Daerah Aliran Ci Anten terbagi menjadi 7 klasifikasi, yaitu hutan, kebun campuran, permukiman, sawah, semak belukar, tegalan/ladang, dan penggunaan lainnya (saluran dan sungai) seperti yang terlihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Luas Penggunaan Lahan Di Daerah Aliran Ci Anten Tahun 2016

No	Penggunaan Lahan	Luas (km ²)	Persentase (%)
1.	Hutan	94.4	18.6
2.	Kebun Campuran	115.5	22.8
3.	Permukiman	65	12.8
4.	Sawah	49.3	9.7
5.	Semak Belukar	69.4	13.7
6.	Tegalan/Ladang	108.6	21.4
7.	Penggunaan Lainnya (Saluran dan Sungai)	5	1
Luas Total		507.2	100

Sumber: Pengolahan Citra Landsat 8 Oli, 2016

Berdasarkan Tabel 4.2, penggunaan lahan di Daerah Aliran Ci Anten didominasi oleh kebun campuran dengan luas 115.5 km² atau 22.8% dari total luas DAS. Penggunaan lahan kebun campuran dapat ditemui di wilayah tengah dan selatan DA Ci Anten dengan kemiringan lereng 5 – 10%. Pada umumnya jenis tanaman yang ditanam pada kebun campuran adalah sayuran (bawang daun, cabai, jamur, kacang panjang, kangkung, ketimun, dan bayam), dan buah-buahan (BPS Kab Bogor, 2016).

Jenis penggunaan lahan sawah banyak ditemui di wilayah timur DAS dan ditemukan berada disekitar jaringan sungai. Sebagian besar sawah yang berada di DA Ci Anten merupakan sawah irigasi. Sawah irigasi berada pada kemiringan lereng 0 – 5% atau ketinggian antara 200 – 600 meter di atas permukaan laut. Sawah irigasi ini sebagian besar berada di wilayah administrasi Kecamatan Ciampea dan Cibungbulang. Adapula jenis sawah tadah hujan yang sebagian besar ditemui di wilayah tenggara DA Ci Anten dan masuk dalam wilayah

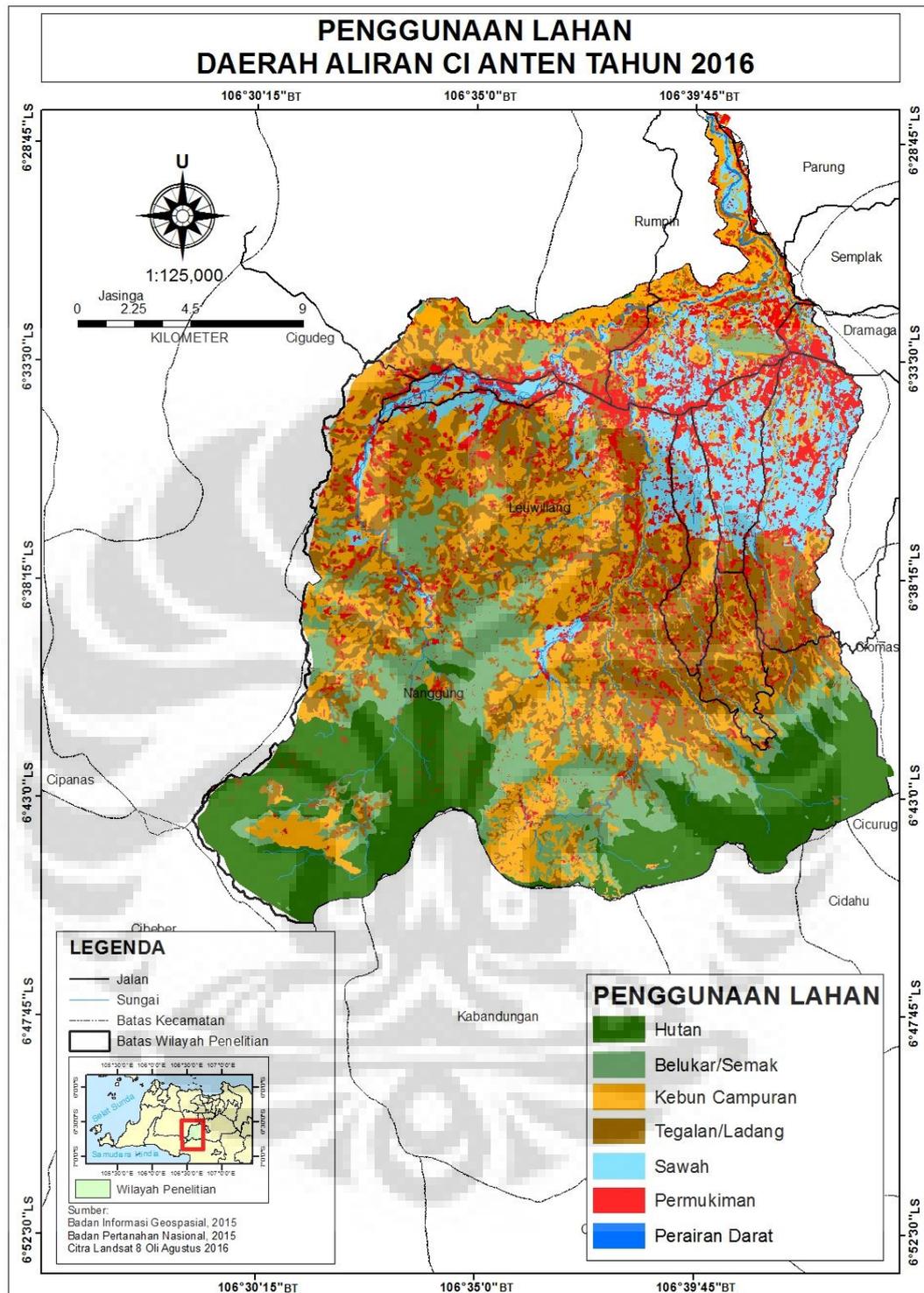
administrasi Kecamatan Pamijahan dan Tenjolaya. Sawah tadah hujan sebagian besar berada di kemiringan lereng 5 – 10%. Namun pada gambar 4.8 hanya terlihat sawah irigasi. Hal ini disebabkan citra landsat yang digunakan adalah citra pada bulan September dimana pada saat itu terjadi musim kemarau, sehingga lahan sawah tadah hujan tidak dapat ditanami padi dan masyarakat setempat mengganti jenis tanaman dari padi menjadi palawija. Perubahan jenis tanaman ini selalu terjadi setiap musim kemarau tiba.

Pergantian jenis tanam pada lahan sawah berdasarkan masa panen padi. Masa panen padi di wilayah DA Ci Anten rata-rata sebanyak 2 kali untuk sawah irigasi dan hanya 1 kali untuk sawah tadah hujan. Untuk sawah irigasi biasanya setelah masa panen, lahan diistirahatkan terlebih dahulu kurang lebih selama 3 bulan, kemudian ditanami padi kembali. Namun untuk sawah tadah hujan setelah masa panen dan lahan diistirahatkan, lahan ditanami tumbuhan palawija seperti jagung, singkong, kacang-kacangan, dan lainnya.

Penggunaan lahan permukiman sebagian besar berada di bagian utara dan memanjang linier ke selatan mengikuti jaringan jalan dan sungai. Permukiman yang berada dekat dengan jalan umumnya merupakan permukiman padat penduduk. Rumah-rumah yang ada saling berdekatan dan hanya terpisah dengan jalan setapak.

Penggunaan lahan semak belukar sebagian besar berada di bagian selatan atau daerah hulu DA Ci Anten dengan kemiringan lereng 10 – 30%. Namun pada gambar 4.2 terlihat ada lahan semak belukar di bagian barat DAS. Lahan ini berada di wilayah administrasi Kecamatan Nanggung dan Leuwiliang dan merupakan daerah perbukitan.

Penggunaan lahan hutan sebagian besar berada di daerah hulu DA Ci Anten dengan kemiringan lereng 10 – 30% dan >30%. Lahan hutan ini berada pada wilayah administrasi Kecamatan Nanggung, Pamijahan, dan Tenjolaya. Hutan yang berada di Kecamatan Nanggung merupakan hutan pada kawasan Taman Nasional Gunung Halimun Salak. Sementara hutan yang berada di Kecamatan Pamijahan dan Tenjolaya merupakan hutan pada kawasan Gunung Kiaraberes – Gagak.



Gambar 4.8 Peta Penggunaan Lahan Daerah Aliran Ci Anten
Sumber : Citra Landsat 8 Oli Bulan September, 2016

BAB 5

HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Karakteristik Fisik DAS Berdasarkan Unit Respon Hidrologi

5.1.1 Pembagian Sub-DAS

Berdasarkan hasil deliniasi sub-DAS menggunakan model SWAT, sub-DA Ci Anten terbagi menjadi 16 sub-DAS. Deliniasi sub-DAS tersebut tidak dilakukan secara otomatis dari model, namun dibuat secara manual dengan menempatkan *outlet-outlet* pada setiap anak sungai sub ordo ke-2 metode Strahler. Informasi jumlah dan luas sub-DAS yang ada pada Daerah Aliran Ci Anten dapat dilihat pada Tabel 5.1 dan letak setiap sub-DAS dapat dilihat pada gambar 5.1.

Tabel 5.1 Pembagian Sub-DAS di Daerah Aliran Ci Anten

Sub-DAS	Nama Sub-DA	Luas Wilayah Sub DAS (km ²)	Persentase (%)
1	Ci Sadane 1	7.4	1.5
2	Ci Sadane 3	9.1	1.8
3	Ci Sadane 2	6.4	1.3
4	Ci Anten 2	17.7	3.5
5	Ci Kaniki 2	99.6	19.5
6	Ci Aruteun	20.1	4
7	Ci Teureup	30.2	6
8	Ci Bungbulang	23.3	4.6
9	Ci Nangneng	22.5	4.4
10	Ci Gamea	22.4	4.4
11	Ci Anten 1	71.1	14
12	Ci Ampea	28.2	5.6
13	Ci Sarua	23.6	4.6
14	Ci Puraseda	24.6	4.8
15	Ci Kaniki 1	75.5	14.9
16	Ci Kuluwung	25.7	5.1
Luas Total		507.2	100

Sumber: Pengolahan SWAT, 2017

Berdasarkan Tabel 5.1, sub-DAS dengan luas terbesar adalah sub-DA Ci Kaniki 2 sebesar 99,6 km² atau 19,5% dari total luas DAS. Sub-DAS ini terletak di bagian utara DA Ci Anten. Sementara sub-DAS dengan luas terkecil adalah

5.1.2 Karakteristik Fisik DAS Hasil Model SWAT

Karakteristik yang dilihat pada masing-masing Sub-DAS adalah karakteristik Unit Respon Hidrologi (URH) yang dihasilkan dari pengolahan SWAT. Hasil URH didapatkan dari jenis tanah, penggunaan lahan, dan kemiringan lereng. Apabila terdapat banyak jumlah URH di setiap sub-DAS, maka menunjukkan bahwa URH yang dihasilkan oleh model SWAT memiliki karakteristik yang beragam (heterogen). Karakteristik masing-masing sub-DAS dapat dilihat pada Tabel 5.2 dan secara visual dapat dilihat pada gambar 5.2.

Tabel 5.2 Karakteristik Pada Setiap Sub-DAS di DA Ci Anten

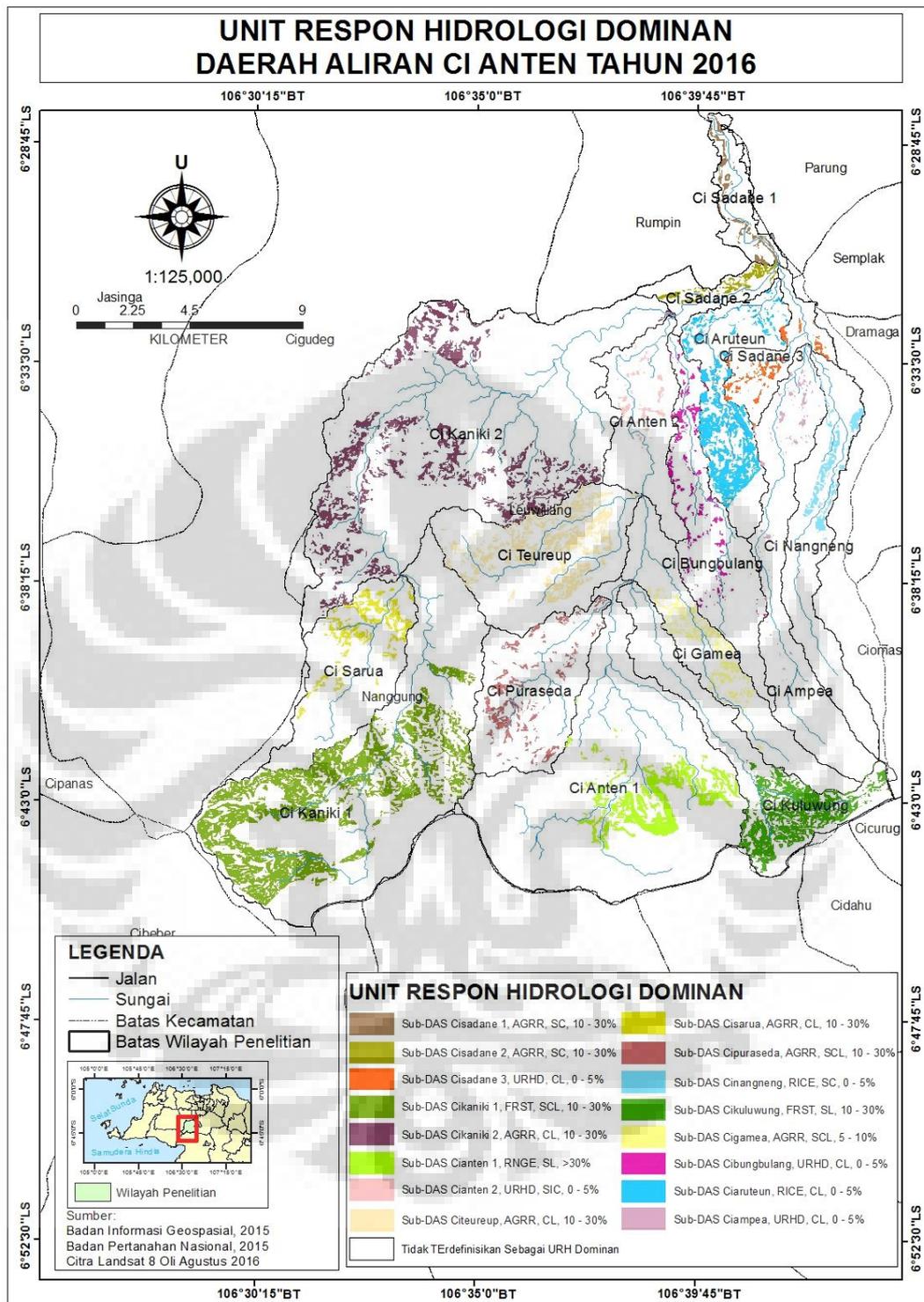
Nama Sub-DA	Luas Sub-DAS (km ²)	Jumlah URH	URH Dominan	Luas URH Dominan (km ²)	Presentase Luas URH Dominan Terhadap Luas Sub-DAS (%)
Ci Sadane 1	7.4	41	Kebun Campuran/SC/10-30	1.2	16.5
Ci Sadane 3	9.1	54	Permukiman/CL/0-5	1.3	14.4
Ci Sadane 2	6.4	52	Kebun Campuran/SC/10-30	0.8	13.1
Ci anten 2	17.7	49	Permukiman/SIC/0-5	2	11.1
Ci Kaniki 2	99.6	91	Kebun Campuran/CL/10-30	16.4	16.5
Ci Aruteun	20.1	61	Sawah/CL/0-5	5.7	28.3
Ci Teureup	30.2	59	Kebun Campuran/CL/10-30	7.7	25.5
Ci Bungbulang	23.3	71	Permukiman/CL/0-5	4.8	20.7
Ci Nangneng	22.5	92	Sawah/SC/0-5	1.4	6.3
Ci Gamea	22.4	90	Tegalan/SCL/5-10	2.3	10.2
Ci Anten 1	71.1	89	Semak/SL/>30	7.1	10.0
Ci Ampea	28.2	76	Permukiman/CL/0-5	1.7	5.9
Ci Sarua	23.6	44	Kebun Campuran/CL/10-30	3.9	16.7
Ci Puraseda	24.6	53	Tegalan/SCL/10-30	5	20.4
Ci Kaniki 1	75.5	43	Hutan/SCL/10-30	13.5	17.9
Ci Kuluwung	25.7	52	Hutan/SL/10-30	6.5	25.4
Total	507,2	1038		81.4	

Sumber: Pengolahan SWAT, 2017

Berdasarkan Tabel 5.2 terlihat bahwa hampir setiap sub-DAS memiliki karakteristik fisik yang berbeda-beda berdasarkan Unit Respon Hidrologi

dominan yang terbentuk. Beragamnya karakteristik fisik tersebut disebabkan variasi jenis tanah dan penggunaan lahan di wilayah DA Ci Anten yang dapat dilihat dari jumlah URH. Semakin banyak jumlah URH dalam suatu DAS, maka semakin heterogen karakteristik fisik DAS tersebut.

Berdasarkan wilayahnya, di bagian utara DA Ci Anten pada sub-DAS Cisadane 1 dan sub-DAS Cisadane 2 dengan URH yang didominasi oleh kebun campuran, jenis tanah ultisol dengan tekstur tanah *sandy clay* (liat berpasir), dan kemiringan lereng 10 – 30%. Pada bagian tengah DA Ci Anten pada sub-DA Ci Sadane 3, sub-DA Ci Anten 2, sub-DA Ci Aruteun, sub-DA Ci Bungbulang, sub-DA Ci Kaniki 2, dan sub-DA Ci Ampea dengan URH yang didominasi oleh permukiman, jenis tanah inceptisol dengan tekstur tanah *clay loam* (lempung berliat), dan kemiringan lereng 0 – 5%. Sementara pada bagian selatan pada sub-DA Ci Sarua, sub-DA Ci Kaniki 1, sub-DA Ci Puraseda, sub-DA Ci Teureup, sub-DA Ci Anten 1, sub-DA Ci Gamea, sub-DA Ci Kuluwung, dan sub-DA Ci Nangneng dengan URH yang didominasi oleh lahan hutan, jenis tanah ultisol dengan tekstur tanah *sandy clay loam* (lempung liat berpasir), dan kemiringan lereng 10-30%.



Gambar 5.2 Peta Unit Respon Hidrologi Dominan DA Ci Anten
Sumber: Badan Informasi Geospasial, 2015, SRTM, 2015 dan Pengolahan SWAT, 2017

5.2 Ketersediaan Air Setiap Sub-DA Ci Anten

Nilai ketersediaan air dihitung berdasarkan musim kemarau yang dihitung dari bulan Juni – September dan tahunan. Curah hujan pada musim kemarau berkisar 198.5 – 265.9 mm, sedangkan tahunan sebesar 3943 mm. Perhitungan nilai ketersediaan air berdasarkan musim kemarau dan tahunan dilakukan untuk mengetahui perbedaan jumlah air yang tersedia dalam memenuhi kebutuhan air penduduk dan tanaman pada kedua periode tersebut. Ketersediaan air pada setiap sub-DAS dapat dilihat pada gambar 5.3.

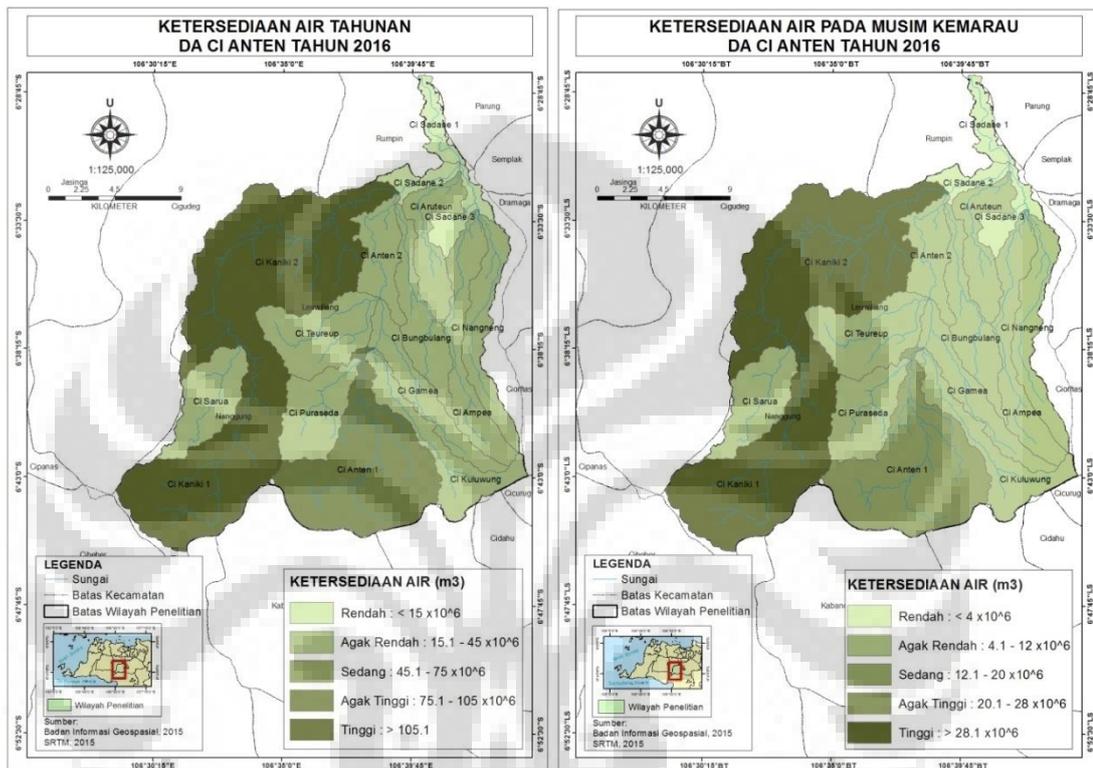
Tabel 5.3 Ketersediaan Air Pada Musim Kemarau dan Tahunan DA Ci Anten

Sub DAS	Nama Sub-DA	Luas Sub-DAS (Ha)	Ketersediaan Air Pada Musim Kemarau ($\times 10^6$) (m^3)	Ketersediaan Air Tahunan ($\times 10^6$) (m^3)
1	Ci Sadane 1	740.5	1.69	6.7
2	Ci Sadane 3	911.9	3.8	14
3	Ci Sadane 2	642.8	1.67	6.1
4	Ci anten 2	1767.9	5.8	23.8
5	Ci Kaniki 2	9955.0	30.1	125.5
6	Ci Aruteun	2011.6	7.7	30.1
7	Ci Teureup	3019.2	7.4	30.5
8	Ci Bungbulang	2327.5	8.2	33.9
9	Ci Nangneng	2248.5	7.5	31.5
10	Ci Gamea	2237.1	6.9	29.4
11	Ci Anten 1	7105.8	18.6	79.4
12	Ci Ampea	2820.4	10.1	42.1
13	Ci Sarua	2359.5	8.1	34.4
14	Ci Puraseda	2455.9	7.9	33.6
15	Ci Kaniki 1	7545.3	28.3	120.6
16	Ci Kuluwung	2566.1	8	35.6
Total		50715.2		677.7

Sumber: Hasil pengolahan data dan analisis

Berdasarkan Tabel 5.3 dan divisualkan pada gambar 5.3, nilai ketersediaan air terbesar adalah sub-DA Ci Kaniki 2 sebesar 30.1 juta m^3 pada musim kemarau dan 125.5 juta m^3 untuk ketersediaan air tahunan. Sementara nilai ketersediaan air terkecil adalah sub-DA Ci Sadane 2 sebesar 1.67 juta m^3 pada musim kemarau dan 6.1 juta m^3 untuk ketersediaan air tahunan. Perbedaan besar ketersediaan air pada kedua sub-DAS tersebut disebabkan karena perbedaan luas sub-DAS. Luas

sub-DA Ci Kaniki 2 lebih besar dibandingkan sub-DA Ci Sadane 2. Luas wilayah sangat mempengaruhi besarnya ketersediaan air. Hal ini diasumsikan bahwa jumlah hujan yang jatuh pada suatu daerah merupakan potensi air yang dapat dimanfaatkan masyarakat setempat untuk keperluan tertentu, sehingga luas wilayah menjadi faktor yang penting dalam menentukan ketersediaan air.



Gambar 5.3 Peta Ketersediaan Air Musim Kemarau dan Tahunan DA Ci Anten
Sumber: Badan Informasi Geospasial, 2015, SRTM, 2015 dan Pengolahan SWAT, 2017

5.3 Kebutuhan Air Setiap Sub-DA Ci Anten

Pada penelitian ini, kebutuhan air dihitung berdasarkan kebutuhan air penduduk dan kebutuhan air berdasarkan penggunaan lahan. Penggunaan lahan yang digunakan untuk menentukan kebutuhan air dibedakan menjadi 6 jenis, yaitu hutan, kebun campuran, permukiman, sawah, semak belukar, dan tegalan/ladang. Kebutuhan air pada musim kemarau dan tahunan di DA Ci Anten dapat dilihat pada Tabel 5.4 dan secara visual dapat dilihat pada gambar 5.4.

Tabel 5.4 Kebutuhan Air Pada Musim Kemarau dan Tahunan DA Ci Anten

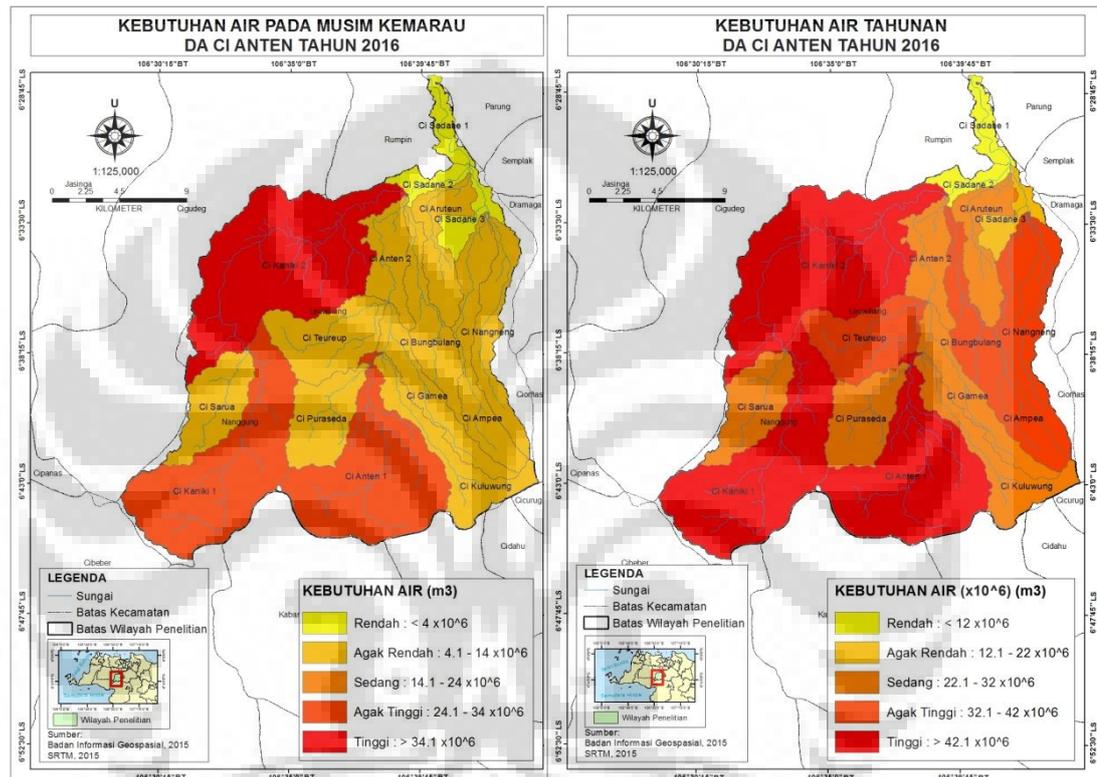
Nama Sub-DA	Luas Sub-DAS (Ha)	Jumlah Penduduk (orang)	Kebutuhan Air Musim Kemarau ($\times 10^6$) (m^3)	Kebutuhan Air Tahunan ($\times 10^6$) (m^3)
Ci Sadane 1	740.5	29126	3.2	9.7
Ci Sadane 3	911.9	47954	4	12.2
Ci Sadane 2	642.8	22714	2.4	7.3
Ci anten 2	1767.9	57242	8.2	24.6
Ci Kaniki 2	9955.0	226375	40.1	120.1
Ci Aruteun	2011.6	71760	9.5	28.5
Ci Teureup	3019.2	31873	11	32.8
Ci Bungbulang	2327.5	64702	11.4	34.1
Ci Nangneng	2248.5	84440	11.4	34.2
Ci Gamea	2237.1	15017	7.7	23.2
Ci Anten 1	7105.8	16931	24.7	73.8
Ci Ampea	2820.4	80214	12.3	36.8
Ci Sarua	2359.5	11739	8.9	26.7
Ci Puraseda	2455.9	15435	9.4	28.1
Ci Kaniki 1	7545.3	21289	25.5	76.3
Ci Kuluwung	2566.1	11123	8.8	26.5
Total	50715.2	807934	198.5	595.1

Sumber: Hasil pengolahan data dan analisis

Berdasarkan Tabel 5.4 dan divisualkan pada gambar 5.4, terlihat bahwa kebutuhan air tertinggi adalah sub-DA Ci Kaniki 2 sebesar 40.1 juta m^3 pada musim kemarau dan 120.1 juta m^3 untuk kebutuhan air tahunan. Besarnya kebutuhan air ini dipengaruhi dari banyaknya jumlah penduduk dan luas penggunaan lahan yang ada di sub-DA Ci Kaniki 2. Pada sub-DAS ini terdapat lahan tegalan/ladang seluas 2971.3 Ha. Air yang dibutuhkan untuk tanaman palawija seperti jagung, singkong, dan umbi-umbian sangat banyak. Selain itu, lahan tegalan/ladang pada sub-DA Ci Kaniki 2 sebagian besar terdapat di kemiringan lereng 5 – 10% atau pada relief dataran yang bergelombang sulit untuk mendapatkan air dengan sendirinya, sehingga dibutuhkan pengairan yang stabil menggunakan sistem irigasi.

Sementara itu kebutuhan air terendah adalah sub-DA Ci Sadane 2 sebesar 2.4 juta m^3 /tahun pada musim kemarau dan 7.3 juta m^3 /tahun untuk kebutuhan air tahunan. Kecilnya nilai kebutuhan air pada sub-DAS ini dikarenakan jumlah penduduk dan luas wilayah yang relatif kecil dibandingkan dengan sub-DAS

lainnya sehingga jumlah air yang diperlukan juga sedikit. Oleh karena itu dapat diasumsikan bahwa semakin besar luasan suatu lahan, maka kebutuhan tanaman dalam memperoleh air juga semakin banyak tergantung dari air yang dibutuhkan berdasarkan jenis penggunaan lahannya. Selain itu, semakin banyak penduduk yang mendiami suatu daerah, maka kebutuhan penduduk akan air juga semakin besar.



Gambar 5.4 Peta Kebutuhan Air Mueim Kemarau dan Tahunan DA Ci Anten
Sumber: Badan Informasi Geospasial, 2015, SRTM, 2015 dan Pengolahan SWAT, 2017

5.4 Hubungan Karakteristik Fisik DAS dengan Ketersediaan Air

Jumlah air yang tersedia pada sub-DAS dipengaruhi oleh Unit Respon Hidrologi dominan yang terbentuk. Hal ini dikarenakan nilai koefisien limpasan permukaan (C) didapat dari karakteristik fisik (URH) DAS. Ketersediaan air pada satu sub-DAS yang didapat kemudian dicari ketersediaan air per hektar luasan sub-DAS, sehingga ketersediaan air dibagi dengan luas sub-DAS. Hasil ketersediaan air per hektar luasan sub-DAS dapat dilihat pada Tabel 5.5.

Tabel 5.5 Ketersediaan Air per Hektar Luasan Setiap Sub-DAS

Bagian DAS	Nama Sub-DA	Luas Wilayah Sub DAS (Ha)	Jumlah URH	URH Dominan	Ketersediaan Air Pada Musim Kemarau (m ³ /Ha)	Ketersediaan Air Tahunan (m ³ /Ha)
Utara	Ci Sadane 1	740.5	41	Kebun Campuran/SC/10-30	2285	9266
	Ci Sadane 2	911.9	52	Kebun Campuran/SC/10-30	2608	9541
Tengah	Ci Sadane 3	642.8	54	Permukiman/CL/0-5	3828	14201
	Ci Anten 2	1767.9	49	Permukiman/SIC/0-5	2997	12356
	Ci Kaniki 2	9955	91	Kebun Campuran/CL/10-30	3019	12611
	Ci Aruteun	2011.6	61	Sawah/CL/0-5	3835	14982
	Ci Teureup	3019.2	59	Kebun Campuran/CL/10-30	2446	10110
	Ci Bungbulang	2327.5	71	Permukiman/CL/0-5	3260	13467
Selatan	Ci Nangneng	2248.5	92	Sawah/SC/0-5	3355	14031
	Ci Gamea	2237.1	90	Tegalan/SCL/5-10	3103	13153
	Ci Anten 1	7105.8	89	Semak/SL/>30	2623	11171
	Ci Ampea	2820.4	76	Permukiman/CL/0-5	3309	13791
	Ci Sarua	2359.5	44	Kebun Campuran/CL/10-30	3421	14574
	Ci Puraseda	2455.9	53	Tegalan/SCL/10-30	3221	13670
	Ci Kaniki 1	7545.3	43	Hutan/SCL/10-30	3754	15991
	Ci Kuluwung	2566.1	52	Hutan/SL/10-30	3135	13856
	Total	50715.2	1038		50198	206771

Sumber: Pengolahan SWAT, 2017

Berdasarkan Tabel 5.5, sub-DAS dengan ketersediaan air tertinggi pada musim kemarau di bagian utara DA Ci Anten adalah sub-DA Ci Sadane 2 sebesar 2608 m³/Ha. Namun ketersediaan air tahunan sebesar 9541 m³/Ha. Hal ini dikarenakan luas sub-DA Ci Sadane 2 lebih besar dan jumlah URH lebih bervariasi dibandingkan dengan sub-DA Ci Sadane 1 walaupun pada kedua sub-DAS tersebut memiliki URH dominan yang sama.

Di bagian tengah sub-DAS dengan ketersediaan air tertinggi pada musim kemarau dan tahunan adalah sub-DA Ci Aruteun sebesar 3835 m³/Ha dan 14982 m³/Ha. Hal ini dikarenakan curah hujan pada sub-DAS ini sebesar 801 mm pada

musim kemarau dan curah hujan tahunan sebesar 3485 mm, serta penggunaan lahan dominan adalah sawah dengan nilai koefisien *runoff* sebesar 0.45 yang dihasilkan dari URH dominan. Hal ini diasumsikan bahwa air hujan yang turun akan cepat menyerap ke dalam tanah setelah proses evapotranspirasi, sehingga air yang tersedia banyak. Jika dibandingkan dengan sub-DAS lainnya, curah hujan di sub-DA Ci Kaniki 2 lebih besar yaitu 882 mm pada musim kemarau dan curah hujan tahunan sebesar 3982 mm, namun dikarenakan nilai koefisien limpasan sebesar 0.65, maka nilai ketersediaan air lebih rendah dibandingkan dengan sub-DA Ci Sadane 3.

Ketersediaan air tertinggi pada musim kemarau dan tahunan di bagian selatan adalah sub-DA Ci Kaniki 1 sebesar 3754 m³/Ha dan 15991 m³/Ha. Hal ini dikarenakan curah hujan pada sub-DA Ci Kaniki 1 paling besar di bagian selatan yaitu sebesar 962 mm pada musim kemarau dan 4378 mm dan penggunaan lahan yang banyak ditemui di sub-DA Ci Kaniki 1 adalah hutan. Dengan nilai koefisien limpasan permukaan (C) yang dihasilkan sebesar 0.6 memberi asumsi bahwa air yang meyerap ke dalam tanah lebih sedikit dibandingkan air yang menjadi limpasan. Air yang menjadi limpasan tersebut bermuara ke Ci Kaniki dimana sungai ini menjadi aliran sungai utama yang mengalirkan air dari sumber mata air Taman Nasional Gunung Halimun Salak.

Besarnya ketersediaan air dapat dipengaruhi oleh karakteristik fisik luas sub-DAS, jumlah URH, dan nilai koefisien *runoff* yang dihasilkan dari URH dominan pada setiap sub-DAS. Sub-DAS dengan karakteristik fisik URH yang cenderung heterogen, luas wilayah besar, dan nilai koefisien *runoff* kecil memiliki ketersediaan air relatif lebih tinggi dibandingkan sub-DAS lainnya. Sebaliknya sub-DAS memiliki ketersediaan air relatif rendah apabila karakteristik fisik URH yang cenderung homogen, luas wilayah kecil, dan nilai koefisien limpasan besar.

Ketersediaan air pada masing-masing sub-DAS dihitung dalam kurun waktu periode musim kemarau dan tahunan. Klasifikasi ketersediaan air dibagi menjadi 5 kelas berdasarkan hasil perhitungan. Dalam pembagian kelas, nilai minimum jumlah digunakan sebagai kelas pertama kemudian membagi kelas berdasarkan perbedaan nilai lainnya di setiap sub-DAS. Klasifikasi ketersediaan air terbagi

menjadi 5 kelas, yaitu rendah, agak rendah, sedang, agak tinggi, dan tinggi seperti yang terlihat pada Tabel 5.6.

Tabel 5.6 Klasifikasi Ketersediaan Air Di DA Ci Anten

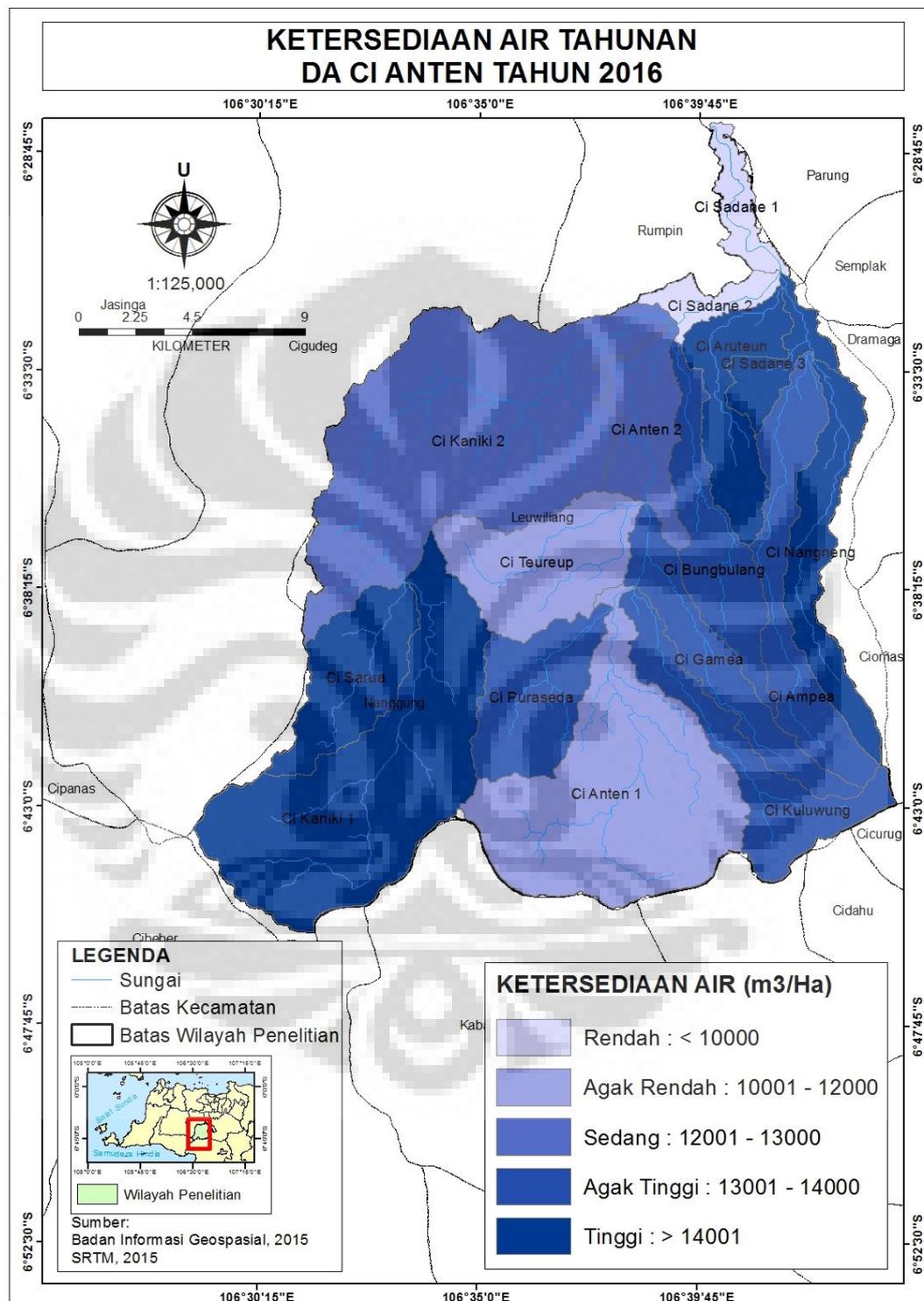
No.	Kelas Ketersediaan Air	Interval Nilai Pada Musim Kemarau (m^3/Ha)	Interval Nilai Tahunan (m^3/Ha)
1.	Rendah	< 2600	< 10000
2.	Agak Rendah	2601 – 2900	10001 – 12000
3.	Sedang	2901 – 3200	12001 – 13000
4.	Agak Tinggi	3201 – 3500	13001 – 14000
5.	Tinggi	> 3501	> 14001

Sumber: Hasil Pengolahan Data, 2017

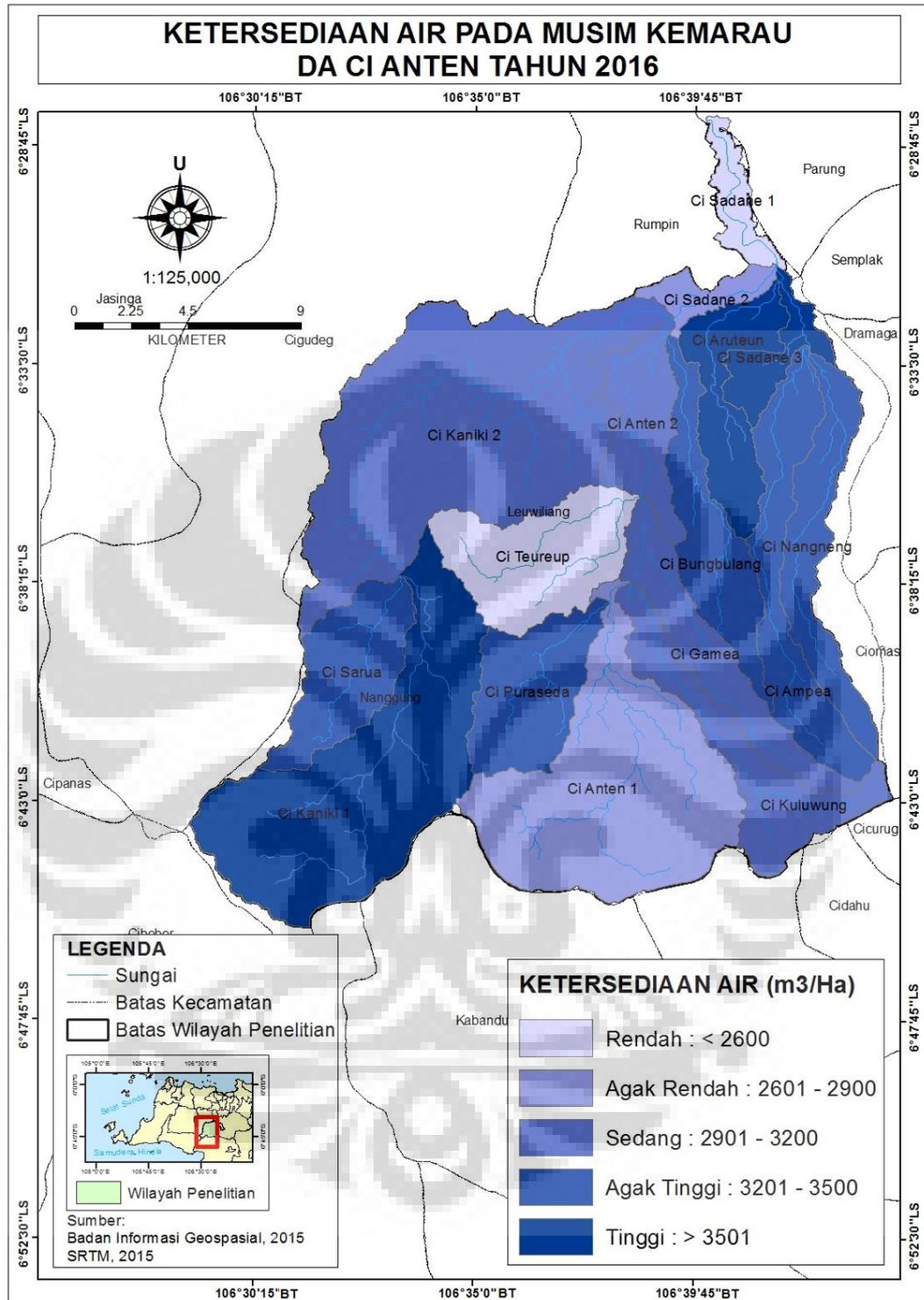
Berdasarkan hasil klasifikasi ketersediaan air sesuai Tabel 5.6 dan divisualkan dengan gambar 5.5 untuk ketersediaan air tertinggi tahunan adalah sub-DA Ci Kaniki 1, sub-DA Ci Sarua, sub-DA Ci Aruteun, sub-DA Ci Sadane 3, dan sub-DA Ci Nangneng. Sementara sebaran ketersediaan air terendah pada musim kemarau adalah sub-DA Ci Sadane 1 dan sub-DA Ci Sadane 2. Hal ini disebabkan karena kondisi fisik wilayah yang berupa perbukitan dengan kemiringan lereng 10-30% dan cukup banyak penduduk yang bermukim di sekitar sub-sub DAS tersebut.

Sementara itu berdasarkan hasil klasifikasi ketersediaan air sesuai Tabel 5.6 dan divisualkan dengan gambar 5.6 terlihat bahwa sebaran ketersediaan air tertinggi pada musim kemarau berada pada sub-DA Ci Sadane 3, sub-DA Ci Aruteun dan sub-DA Ci Kaniki 1. Jika diamati terlihat ada perbedaan yang sebelumnya sub-DA Ci Sarua dan sub-DA Ci Nangneng masuk dalam klasifikasi ketersediaan air tertinggi tahunan. Perbedaan ini disebabkan karena penggunaan lahan dominan sub-DA Ci Sarua dan sub-DA Ci Nangneng adalah lahan kebun campuran dan sawah. Kecamatan Ciampea dan Tenjolaya yang masuk wilayah administrasi sub-DA Ci Nangneng rata-rata panen padi jatuh pada bulan September - Oktober dimana bulan ini masuk pada musim peralihan sehingga masih tetap diperlukan air yang cukup banyak untuk mengairi sawah. Selain itu, sub-DA Ci Nangneng merupakan sub-DAS dengan jumlah penduduk terbanyak di

bagian selatan DA Ci Anten sebesar 84440 orang, sehingga air yang dibutuhkan penduduk juga cukup banyak.



Gambar 5.5 Peta Ketersediaan Air Tahunan DA Ci Anten
Sumber: Hasil Pengolahan Data dan Analisis, 2017

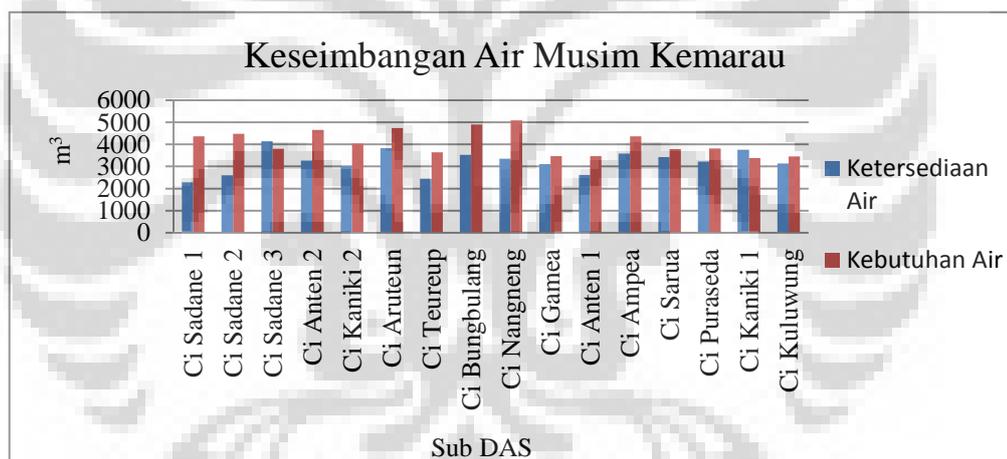


Gambar 5.6 Peta Ketersediaan Air Pada Musim Kemarau DA Ci Anten
Sumber: Hasil Pengolahan Data dan Analisis, 2017

5.5 Keseimbangan Air di DA Ci Anten

5.5.1 Keseimbangan Air Hasil Perhitungan

Berdasarkan hasil perhitungan yang disajikan dalam bentuk gambar grafik 5.5 dan divisualkan pada gambar 5.7 terlihat bahwa hampir di seluruh sub-DAS air yang tersedia tidak dapat memenuhi kebutuhan air penduduk dan tanaman atau defisit air pada musim kemarau. Hanya ada 1 sub-DAS yang dapat memenuhi kebutuhan air penduduk dan tanaman, sehingga tergolong surplus air yaitu sub-DA Ci Kaniki 1 dengan ketersediaan air sebesar 3754 m³/Ha, sedangkan kebutuhan air sebesar 3380 m³/Ha. Hal ini dikarenakan jumlah penduduk yang bermukim di sub-DA Ci Kaniki 1 sedikit dan penggunaan lahan yang dominan berupa hutan, sehingga air yang tersedia tidak banyak digunakan oleh penduduk maupun tanaman.



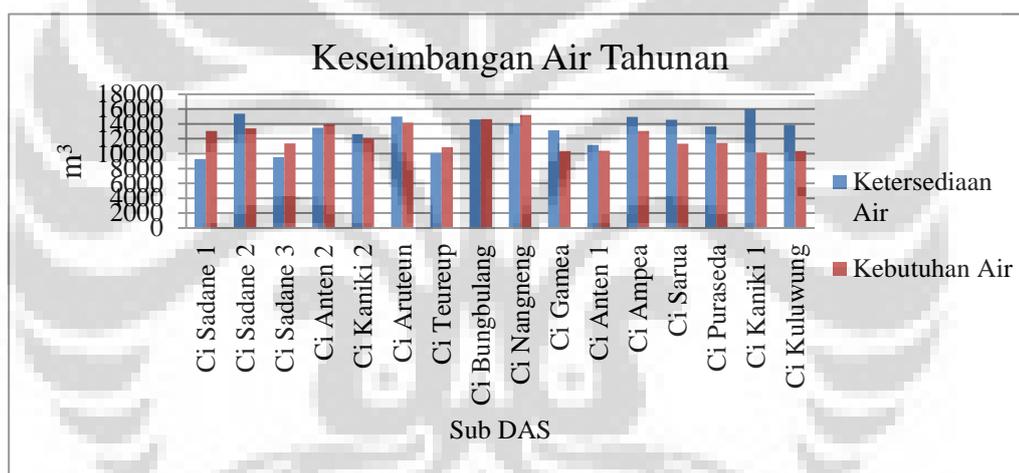
Gambar 5.7 Grafik Keseimbangan Air Pada Musim Kemarau Antara Ketersediaan Air dan Kebutuhan Air Di DA Ci Anten

Sumber: Hasil Pengolahan Data dan Analisis, 2017

Untuk sub-DAS yang masuk dalam klasifikasi defisit tertinggi terdapat 5 sub-DAS yaitu sub-DA Ci Sadane 1, sub-DA Ci Sadane 2, sub-DA Ci Anten 2, sub-DA Ci Teureup, dan sub-DA Ci Nangneng. Sub-DAS yang masuk dalam klasifikasi defisit sedang terdapat 8 sub-DAS yaitu sub-DA Ci Kaniki 2, sub-DA Ci Sarua, sub-DA Ci Puraseda, sub-DA Ci Kaniki 1, sub-DA Ci Gamea, sub-DA Ci Bungbulang, sub-DA Ci Ampea, dan sub-DA Ci Aruteun. Sub-DAS yang masuk dalam klasifikasi defisit rendah adalah sub-DA Ci Sadane 3, dan sub-DA

Ci Kuluwung. Pembagian klasifikasi tersebut berdasarkan nilai ratio hasil perbandingan antara ketersediaan air dengan kebutuhan air pada masing-masing sub-DAS.

Berdasarkan gambar grafik 5.6 dan divisualkan pada gambar 5.8 terlihat dari 16 sub-DAS di DA Ci Anten terdapat 6 sub-DAS yang mengalami defisit air tahunan dengan 2 sub-DAS yang masuk dalam klasifikasi defisit sedang dan 4 sub-DAS yang masuk dalam klasifikasi defisit rendah. Sub-DAS yang masuk klasifikasi defisit sedang adalah sub-DA Ci Sadane 1 dan sub-DA Ci Sadane 2 dengan *range* ratio ketersediaan air dengan kebutuhan air sebesar -29% - -15%. Sub-DAS yang masuk dalam klasifikasi defisit rendah adalah sub-DA Ci Aruteun, sub-DA Ci Bungbulang, sub-DA Ci Teureup, dan sub-DA Ci Nangneng.

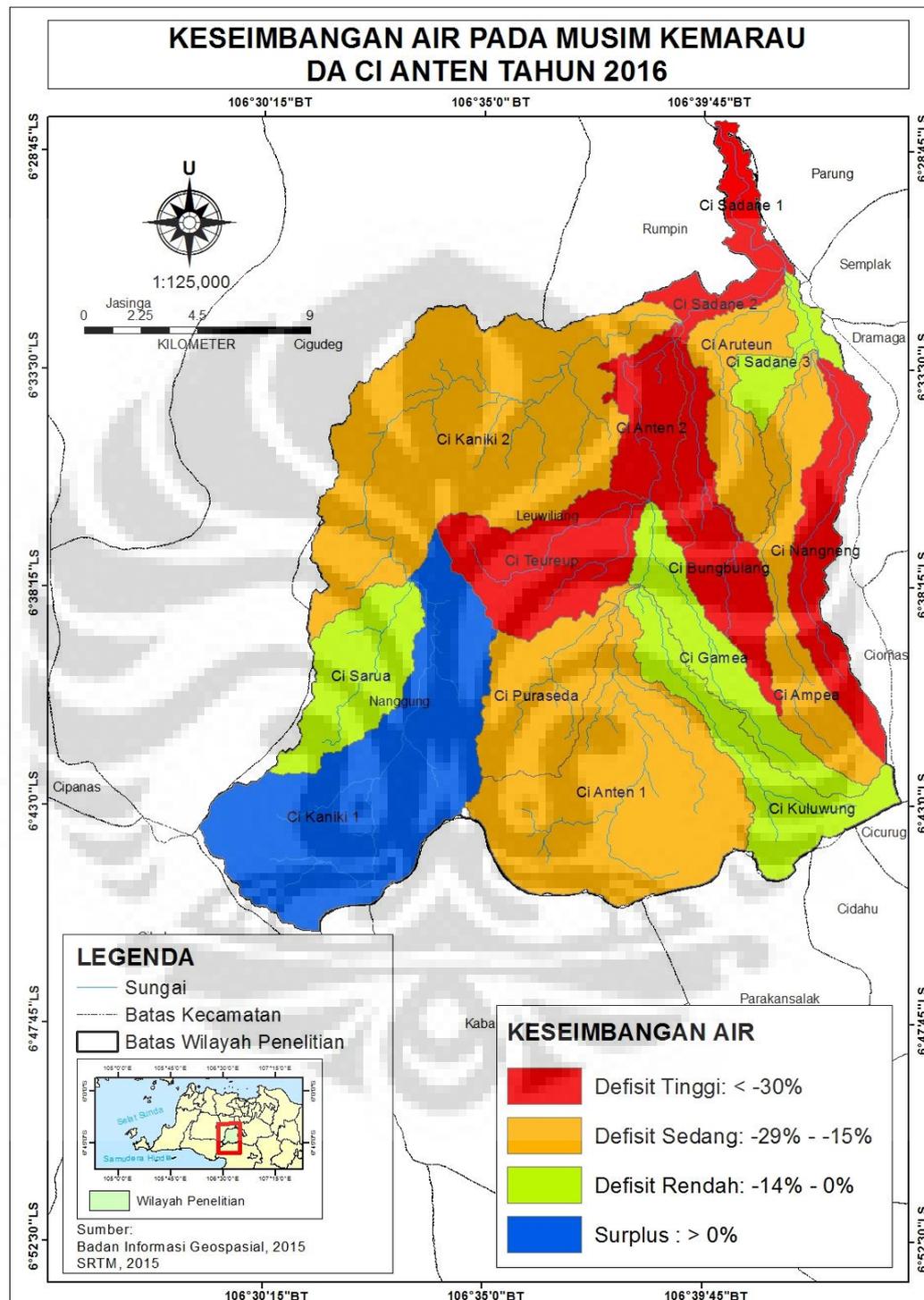


Gambar 5.8 Grafik Keseimbangan Air Tahunan Antara Ketersediaan Air dan Kebutuhan Air Di DA Ci Anten

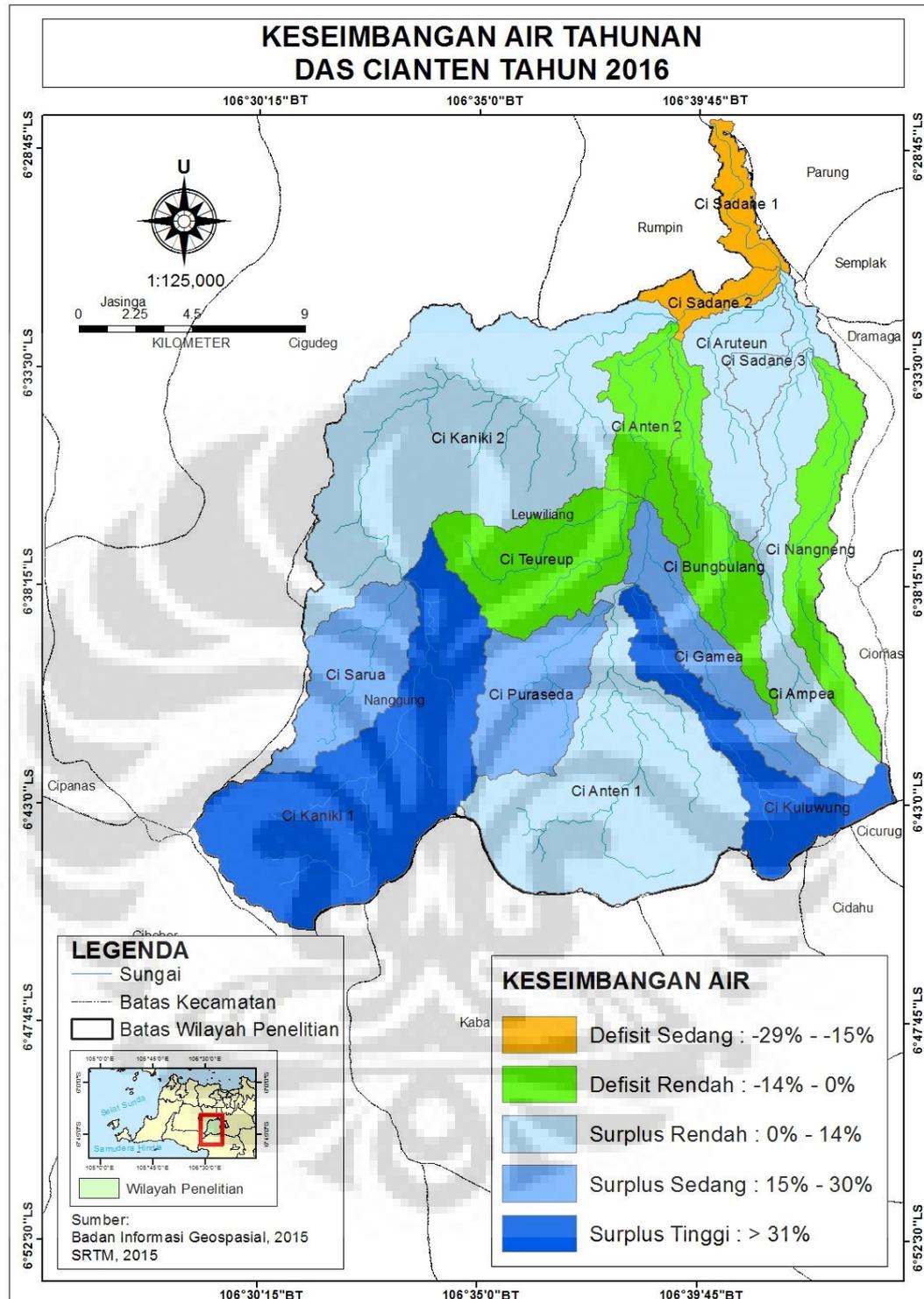
Sumber: Hasil Pengolahan Data dan Analisis, 2017

Sub-DA Ci Sadane 1 dan sub-DA Ci Sadane 2 masuk dalam klasifikasi defisit sedang dikarenakan sebagian besar daratan pada Sub-DA Ci Sadane 1 dan sub-DA Ci Sadane 2 merupakan daratan bergelombang dengan kemiringan lereng 5 – 10%, sehingga masyarakat memerlukan sumur dan pompa air untuk memenuhi kebutuhan air bersih. Air sungai tidak dapat digunakan untuk kebutuhan air minum dan memasak disebabkan airnya yang tidak jernih dan berwarna coklat sepanjang tahun. Air sungai berwarna coklat karena telah tercampur dengan tanah yang tergerus air di sisi-sisi tebing aliran Ci Sadane. Hal ini dapat diperjelas dari

nilai koefisien limpasan permukaan sub-DA Ci Sadane 1 dan sub-DA Ci Sadane 2 yaitu sebesar 0.6 dimana angka tersebut melebihi batas normal.



Gambar 5.9 Keseimbangan Air Pada Musim Kemarau Antara Ketersediaan dan Kebutuhan Air Di DA Ci Anten
Sumber: Hasil Pengolahan Data dan Analisis, 2017



Gambar 5.10 Keseimbangan Air Tahunan Antara Ketersediaan dan Kebutuhan Air Di DA Ci Anten

Sumber: Hasil Pengolahan Data dan Analisis, 2017

5.5.2 Penyebab Defisit Air Hasil Perhitungan dan Survei Lapangan

Survei lapangan dilakukan pada 2 sub DAS yang memiliki nilai defisit air tahunan tertinggi dan 2 sub DAS yang memiliki nilai surplus air tahunan terendah diantara sub-DAS lainnya. Sub-DAS yang memiliki nilai defisit air tertinggi masuk dalam wilayah administrasi Kecamatan Ciseeng dan Rumpin adalah sub-DA Ci Sadane 1 dan sub-DA Ci Sadane 2. Sub-DA Ci Sadane 1 memiliki nilai keseimbangan air tahunan sebesar -29%. Sedangkan sub-DA Ci Sadane 2 memiliki nilai keseimbangan air tahunan sebesar -16.2%. Aliran sungai yang mengalir di kedua Kecamatan tersebut adalah Ci Sadane.

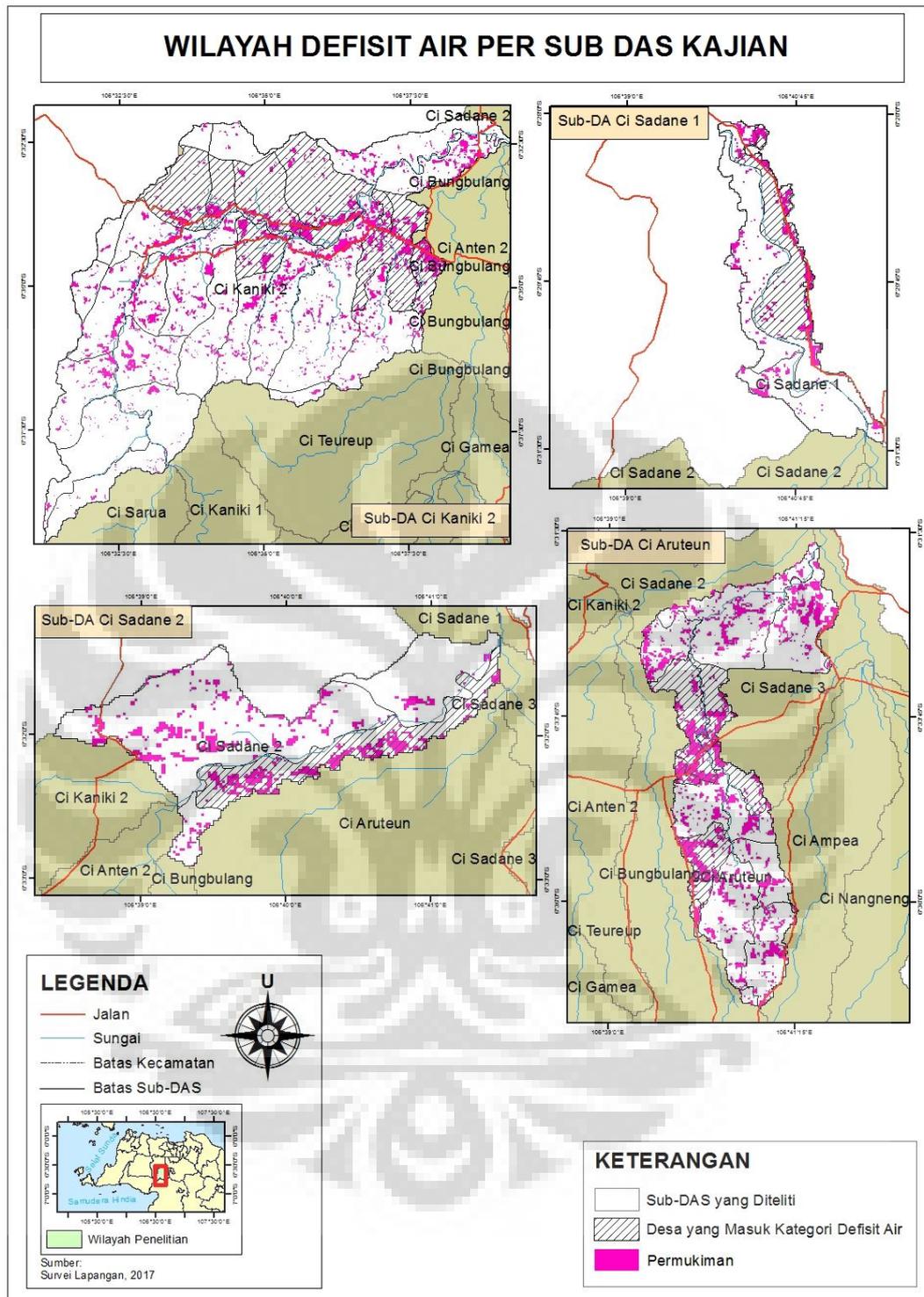
Sementara sub-DAS yang memiliki nilai surplus air terendah dan masuk dalam wilayah administrasi sebagian kecil Kecamatan Cigudeg, Kecamatan Nanggung bagian utara, Kecamatan Leuwisadeng, Kecamatan Leuwiliang, dan Kecamatan Cibungbulang adalah sub-DA Ci Kaniki 2 dan sub-DA Ci Aruteun. Sub-DA Ci Kaniki 2 memiliki nilai keseimbangan air tahunan sebesar 4.5%. Sedangkan sub-DA Ci Aruteun memiliki nilai keseimbangan air tahunan sebesar -5.7%. Aliran sungai yang mengalir di sub-DA Ci Kaniki 2 adalah Ci Kaniki, sedangkan sub-DA Ci Aruteun adalah Ci Aruteun.

Desa-desa di keempat sub-DAS yang termasuk kategori defisit air tertinggi dan surplus air terendah pada Tabel 5.7 dan divisulkan pada gambar 5.11 diperoleh dari hasil wawancara dengan tokoh masyarakat Kecamatan dan masyarakat setempat. Penyebab defisit air dan surplus air rendah di keempat sub-DAS tersebut karena karakteristik fisik daerah yang relatif bergelombang, penggunaan lahan yang dominan, nilai koefisien limpasan permukaan (C), jumlah penduduk dan sumber air. Sumber air yang ada di setiap desa adalah PDAM, sumur pompa, mata air, dan sungai. Air yang ada pada sumber air tersebut selalu kekurangan air setiap musim kemarau, akan tetapi tidak terlalu parah. Masyarakat merasakan benar-benar kekurangan air apabila musim kemarau terjadi lebih dari 5 bulan seperti yang pernah terjadi pada tahun 2014 dan 2015.

Tabel 5.7 Desa Defisit Air dan Penyebab Defisit Air

Nama Sub-DAS	Desa yang Termasuk Defisit Air	Administrasi Kecamatan	Luas Wilayah (Ha)	Penyebab Defisit Air			Sumber Air
				Landuse Dominan	C	Jumlah Penduduk (jiwa)	
Ci Sadane 1	Karihkil	Ciseeng	234.5	Kebun Campuran	0.6	10924	Sumur pompa dan Sungai
Ci Sadane 2	Ciaruteun Ilir	Cibungbulang	146.8	Kebun Campuran	0.6	3493	Sumur pompa dan Sungai
Ci Kaniki 2	Babakan Sadeng	Leuwisadeng	243.6	Sawah	0.6	9771	Sumur pompa dan Mata Air
	Kalong 1		372.9	Kebun Campuran	0.6	5071	Sumur pompa
	Kalong 2		170.5	Kebun Campuran	0.6	7197	PDAM dan Sumur pompa
	Sadeng		371.3	Kebun Campuran	0.55	12967	Mata Air
	Sibanteng	Leuwiliang	626.9	Kebun Campuran	0.55	10870	PDAM
	Cibeber 1		394.4	Kebun Campuran	0.6	11050	PDAM dan Sumur pompa
	Leuwiliang		342.72	Tegalan	0.55	16074	PDAM dan Sumur pompa
	Leuwimekar		104.5	Permukiman	0.55	6874	PDAM
Ci Aruteun	Cibatok 2	Cibungbulang	122.2	Sawah	0.35	5250	PDAM dan Sumur pompa
	Cimanggu 1		170.9	Permukiman	0.35	9070	PDAM dan Sumur pompa
	Cimanggu 2		21.17	Permukiman	0.35	1502	PDAM dan Sumur pompa
	Girimulya		125.2	Sawah	0.35	6591	PDAM, Sumur pompa, dan Sungai
	Leuwengkolot		90/7	Kebun Campuran	0.35	6874	PDAM, Sumur pompa, dan Sungai

Sumber : Hasil Survei Lapangan, 2017



Gambar 5.11 Peta Wilayah Defisit Air per Sub-DAS Kajian
Sumber : Hasil Survei Lapangan, April 2017

Penyebab defisit air di sub-DA Ci Sadane 1 dan Ci Sadane 2 dikarenakan daerah yang relative bergelombang, jumlah penduduknya yang banyak, dan sumber air penduduk utama yaitu PDAM dan air tanah yang diambil menggunakan pompa air. Apabila air di Ci Sadane berkurang, air yang mengalir melalui pipa-pipa PDAM tidak terdistribusi secara maksimal sehingga kebutuhan air penduduk kurang terpenuhi. Hal ini juga disebabkan karena saluran pipa PDAM belum banyak terpasang hingga ke pedalaman dan hanya terpasang pada permukiman sekitar jalan raya. Hal seperti itu juga berlaku untuk sumur pompa. Pompa air yang digunakan adalah pompa air sumur sedalam ± 15 meter. Pada musim kemarau air yang tersedia di dalam sumur mengalami penurunan sehingga masyarakat hanya menggunakan air bersih tersebut untuk keperluan minum, mandi, kakus, dan masak, sedangkan keperluan mencuci dilakukan di sungai. Apabila musim kemarau berkepanjangan seperti yang terjadi pada tahun 2015 disaat air tanah sudah mongering, sebagian besar masyarakat membeli air kemasan, meminta air bersih dari rumah tetangga, dan menunggu bantuan air dari pemerintah daerah untuk keperluan minum, memasak, dan mandi.

Selain karena pengaruh pergantian musim, ketersediaan air di setiap sub-DAS juga dipengaruhi oleh karakteristik fisik DAS. Sub-DA Ci Sadane 1 dan sub-DA Ci Sadane 2 memiliki penggunaan lahan dominan berupa kebun campuran. Namun berdasarkan observasi lapangan dan penuturan masyarakat setempat, telah terjadi perubahan fungsi lahan kebun campuran menjadi area untuk pengumpul pasir dan batu yang diambil dari daerah sekitar aliran Ci Sadane seperti pada gambar 5.12. Beralihnya fungsi lahan tersebut mengakibatkan air hujan yang jatuh ke atas permukaan tanah tidak dapat terserap masuk ke dalam tanah dengan cepat. Hal ini juga diimbangi dengan nilai koefisien *runoff* kedua sub-DAS sebesar 0.6, sehingga limpasan permukaan menjadi besar. Besarnya limpasan permukaan ini dapat mengakibatkan persediaan air dalam tanah berkurang, sehingga apabila musim kemarau tiba masyarakat kekurangan air bersih.



Gambar 5.12 Alih Fungsi Lahan Dari Kebun dan Tegalan Menjadi Area Pengumpul Pasir dan Batu Di Kecamatan Rumpin (Kiri) dan Kecamatan Ciseeng yang masuk dalam sub-DAS Cisadane 1 (Kanan)
Sumber: Hasil Pengamatan Lapangan, 17 April 2017

Selain itu penggunaan lahan yang dominan di kedua sub-DAS tersebut yaitu kebun campuran membutuhkan air yang banyak. *Supply* air untuk irigasi kebun campuran berasal dari air sungai atau dari sumur masyarakat. Tempat asal pemberian air untuk mengairi lahan kebun campuran tergantung pada ketinggian dan jarak lahan dari sungai. Apabila lahan terletak tidak jauh dari sungai, maka air irigasi didapatkan dari sungai. Namun sebaliknya, apabila lahan terletak dekat dengan rumah penduduk, maka air untuk mengairi lahan didapatkan dari sumur masyarakat.

Hasil verifikasi lapangan antara data perhitungan dengan observasi lapangan untuk sub-DAS yang masuk dalam kategori surplus rendah memiliki kesamaan. Desa-desa yang masuk dalam administrasi sub-DA Ci Kaniki 2 tidak pernah mengalami kekurangan air yang parah. Hal ini disebabkan sub-DAS ini dialiri Ci Kaniki dimana sumber air berasal dari Taman Nasional Gunung Halimun Salak. Aliran sungai utama Cikaniki memiliki kondisi air yang jernih dan tidak berbau sehingga aliran ini dimanfaatkan untuk PDAM seperti pada gambar 5.13.

Namun air PDAM tidak semua dinikmati oleh masyarakat, hanya permukiman yang dekat dengan jalan raya saja yang menggunakan air PDAM. Selebihnya masyarakat menggunakan air tanah dengan sumur pompa. Selain sumber mata air yang mengalir ke sungai, terdapat sejumlah mata air yang keluar dari dalam tanah dan dijadikan sumber air bagi masyarakat setempat dikarenakan daerah ini

merupakan daerah perbukitan hingga terjal. Aliran Ci Kaniki dan sumber air masyarakat tersebut pernah mengalami penurunan kuantitas (jumlah) air, namun hal tersebut tidak terlalu berpengaruh. Hal ini disebabkan sumber air bersih masyarakat sebagian besar berasal dari sumur pompa dengan kedalaman ± 50 meter.



Gambar 5.13 Sungai Cikaniki (Kiri) dan Salah satu mata air yang berasal dari Taman Nasional Gunung Halimun Salak Di Desa Babakan Sadeng, Kecamatan Leuwisadeng (Kanan)

Sumber: Hasil Survei Lapangan, 16 April 2017

Sub-DA Ci Aruteun masuk dalam kategori surplus rendah disebabkan 5 dari 18 desa termasuk dalam desa yang sering kekurangan air berdasarkan penuturan tokoh masyarakat. Desa-desa tersebut merupakan desa dengan jumlah penduduk terbanyak dan letaknya dekat dengan jalan utama. Sebagian besar karakteristik fisik di DAS ini relatif datar, namun karena penggunaan lahan yang dominan berupa sawah dan permukiman sehingga air dibutuhkan lebih banyak dibandingkan dengan air yang tersedia di sumur pompa dan sungai. PDAM pun hanya dapat dinikmati oleh masyarakat yang tempat tinggalnya dekat dengan jalan utama. Akibatnya masyarakat yang tinggal jauh dari jalan utama harus menggunakan air tanah dari sumur pompa dengan kedalaman ± 15 meter.

BAB 6

PENUTUP

6.1 Kesimpulan

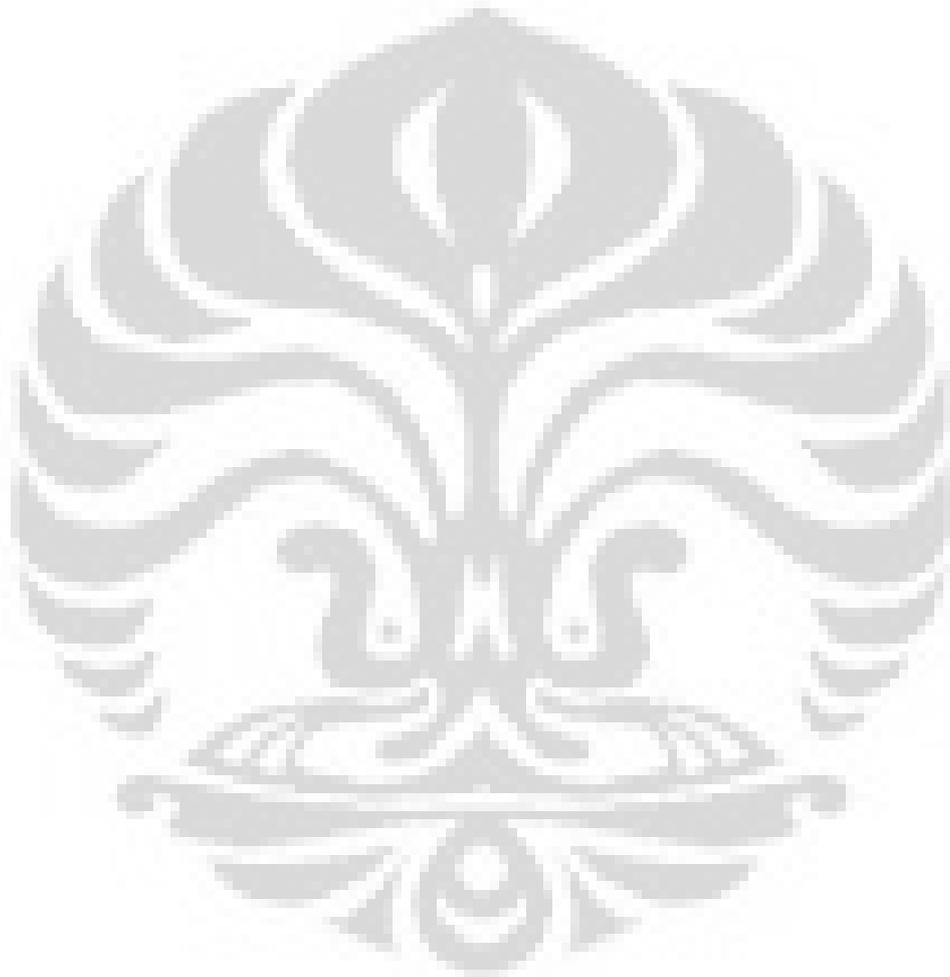
Karakteristik fisik pada setiap sub-DAS dapat dilihat berdasarkan hasil Unit Respon Hidrologi dominan yang terbentuk di masing-masing wilayah DAS. Karakteristik fisik bagian selatan DAS didominasi oleh penggunaan lahan hutan, jenis tanah ultisol dengan tekstur tanah *sandy clay loam* (lempung liat berpasir) dan kemiringan lereng 10 – 30%. Bagian tengah DAS didominasi oleh penggunaan lahan permukiman, jenis tanah inceptisol dengan tekstur tanah *clay loam* (lempung berliat) dan kemiringan lereng 0 – 5%. Bagian utara DAS didominasi oleh penggunaan lahan kebun campuran, jenis tanah ultisol dengan tekstur tanah *sandy clay* (liat berpasir), dan kemiringan lereng 10 – 30%.

Besarnya ketersediaan air dapat dipengaruhi oleh karakteristik fisik luas sub-DAS, jumlah URH pada setiap sub-DAS, dan koefisien limpasan permukaan. Sub-DAS dengan karakteristik fisik URH yang cenderung heterogen, luas wilayah besar, dan koefisien limpasan permukaan relatif kecil memiliki ketersediaan air relatif lebih tinggi dibandingkan sub-DAS lainnya. Sementara itu sub-DAS dengan karakteristik fisik URH yang cenderung homogen, luas wilayah kecil, dan koefisien limpasan permukaan relatif besar memiliki ketersediaan air relatif rendah.

Berdasarkan hasil perhitungan dan observasi keseimbangan air di DA Ci Anten, sub-DA Ci Kaniki 1 mengalami surplus air tertinggi. Hal ini disebabkan sedikitnya penduduk yang bermukim di sekitar sub-DA Ci Kaniki 1 dan kondisi sumber air berlimpah karena mendapat *supply* air dari mata air Taman Nasional Gunung Halimun Salak. Sementara itu sub-DAS yang mengalami defisit air tertinggi yaitu sub-DA Ci Sadane 1 dan sub-DA Ci Sadane 2. Hal ini disebabkan karakteristik fisik sub-DAS dan banyaknya penduduk yang bermukim di sekitar sub-sub DAS tersebut.

6.2 Saran

Penelitian ini dapat dikembangkan untuk kebutuhan akademis selanjutnya. Pembagian klasifikasi jenis penggunaan lahan dapat lebih diperinci agar terlihat hasil pemodelan URH SWAT yang lebih rinci dan perhitungan ketersediaan air menjadi lebih bervariasi. Selain itu, sumber air dan jumlah penduduk per desa yang masuk dalam suatu sub-DAS sebaiknya di observasi lebih mendalam agar memperoleh hasil ketersediaan dan kebutuhan air penduduk yang lebih signifikan.



DAFTAR PUSTAKA

- Arif, SS. (2003). *Menuju Pengelolaan Sumberdaya Air yang Berkelanjutan National Project Coordinator on Water Resources Management*. Jakarta: Prosiding Smeinar FAO-Bappenas.
- Asdak, Chay. (2002). *Hidrologi Dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Yogyakarta: Gajah Mada University Press.
- Badan Pengendalian Lingkungan Hidup. (2008). *Laporan Akhir Status Lingkungan Hidup*. Jawa Barat
- Badan Pusat Statistik. (2016). *Kabupaten Bogor Dalam Angka Tahun 2016*. Bogor
- Badan Standarisasi Nasional. (2002). SNI 19-6728.1-2002. *Penyusunan neraca Sumber Daya Bagian 1: Sumber Daya Air Spasial*.
- BR, Sri Harto. (1993). *Analisis Hidrologi*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Chandra, Adelina. (2014). *Prediksi dan Karakteristik Limpasan Daerah Aliran Ci Leungsi Hulu Kabupaten Bogor Tahun 2020 dan 2030*. Skripsi. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Indonesia. Depok.
- Chow, V.T. (1964). *Handbook of Applied Hydrology*. New York: McGraw-Hill Book Company
- Chow, V.T. (2007). Estimating Land-Use Chnage Impacts on Direct Runoff and Non-Point Source Pollutant Loads in The Richland Creek Basin (Illinois, USA) by Applying The L-THIA model. *Journal of Spatial Hydrology*, 7.
- Cooper, Richard M. (2002). *Determining Surface Water Availability in Oregon*. Water Resources Department. Oregon
- Dumairy. (1992). *Ekonomika Sumberdaya Air*. Yogyakarta: BPFPE.
- Emilda. (2008). *Dampak Perubahan Penggunaan Lahan Terhadap Respon Hidrologi di DAS Cisadane Hulu*. Tesis. Sekolah Pasca Sarjana. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Flügel, W.A. (1995). *Delineating hydrological response units by Geographical Information System analyses for regional hydrological modelling using PRMS/MMS in the drainage basin of the River Bröl, Germany*. *Hydrological Processes*, 9, 432–436.

- Guzman, Rafael H, Arturo, Robles, dan Vekerdy. (2009). *Evaluation of Total Runoff for The Rio San Pedro Sub-basin (Nayarit, Mexico) Assessing Theor Hydrologic Response Units*. Journal of Spatial Hydrology, 9, 72-85.
- Hunt, R.E. (1984). *Geotechnical Engineering Analysis and Evaluation*. Mc Graw – Hill Book Company.
- Indra, Tito Latif. (2013). *Dampak Perubahan Penggunaan Lahan Terhadap Tingkat Kekritisan Air sub-DAS Citarum Hulu*. Majalah Geografi Indoensia, 27, 26-37.
- Infopublik. (2014, 24 September). 15 Kecamatan Di Kabupaten Bogor Mengalami Kekeringan. Diperoleh 15 Februari 2017 dari <http://infopublik.id/read/90739/15-kecamatan-di-kabupaten-bogor-mengalami-kekeringan.html>
- Kartono, Hari. (1989). *Esensi Pembangunan Wilayah dan Penggunaan Tanah Berencana*. Depok: Departemen Geografi FMIPA Universitas Indonesia.
- Kodoatie, Robert J. dan Roestam Sjarief. (2010). *Tata Ruang Air*. Yogyakarta: Penerbit Andi Offset
- Leavesley, G. H., Markstrom, S. L., Restrepo, P. J., and Viger, R. J. (2002). *A Modular Approach to Addressing Model Design, Scale, and Parameter Estimation Issues in Distributed Hydrological Modeling*. Hydrological Processes, 16, 173–187
- Lee R. (1980). *Hidrologi Hutan*. Subagio S. Penerjemah; Prawirohatmodjo S, editor. 1986. Yogyakarta: Gadjah MadaUniversity Press. Terjemahan dari: Forest Hydrology.
- Linsley, Ray K. et.all. (1980). *Applied Hydrology*. New Delhi: Tata McGraw Hill Publication. Co.
- Maijerink, A.M.J., et al. (1994). *Introduction to The of Geographical Information Systems for Practical Hydroogy*. International Institute for Aerospace Survey and Earth Sciences (ITC), Enschede, The Netherlands.
- Malingreau, Jean Paul. (1977). *Apropose Land Cover/ Land use Classification and its use With remote Sensing Data In Indonesia*. The Indonesian journal of Geography, No.33,Vol 7 Yogyakarta: Fakultas Geografi UGM

- Masafu, Christopher K, Trigg Mark A., Carter Richard, and Nicholas J.K. Howden. (2016). Water Availability and Agricultural Demand: An Assessment Framework Using Global Datasets In A Data Scarce Catchment, Rokel-Seli River, Sierra Leone. *Journal of Hydrology*, 8, 222-234
- Murtiono, Urgo HARI. (2009). *Kajian Ketersediaan Air Permukaan Pada Beberapa Daerah Aliran Sungai (Studi Kasus di Sub DAS Temon, Wuryantoro, Alang, dan Keduang)*. Forum Geografi. Vol 23 (1): 11-24.
- Neitsch SL, Arnold JG, Kiniry JR, Williams JR. (2005). *Soil and Water Assessment Tool Theoretical Documentation: Version 2005*. Texas USA: Grassland Soil and Water Research Laboratory, Agricultural Research Service.
- Noor, Juliansyah. (2011). *Metodologi Penelitian: Skripsi, Tesis, Disertasi, dan Karya Ilmiah*. Jakarta: Kencana.
- Nugroho SP. (2009). *Perubahan Watak Hidrologi Sungai-Sungai Bagian Hulu di Jawa*. JAI. Vol 5 (2): 112-118.
- Paimin, Pramono, I.B., Purwanto, dan Indrawati, D.R. (2012). *Sistem Perencanaan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Bogor: Pusat Penelitian dan Pengembangan Konservasi dan ReHabilitasi (P3KR).
- Pawitan H. (2004). *Perubahan Penggunaan Lahan dan Pengaruhnya Terhadap Hidrologi Daerah Aliran Sungai*. Laboratorium Hidrometeorologi FMIPA – IPB, Bogor. <http://balittanah.litbang.deptan.go.id/dokumentasi/prosiding/mflp2004/hidayat%20pawitan.pdf> (Diakses 16 September 2010)
- Peraturan Menteri Negara Agraria Nomor 1 Tahun 1997 Tentang Pemetaan Penggunaan Tanah Perdesaan, Penggunaan Tanah Perkotaan, Kemampuan Tanah dan Penggunaan Simbol/Warna Untuk Penyajian Dalam Peta*. (1997). Jakarta: Pusat Hukum dan Humas BPN RI.
- Pedoman Penyusunan Pola Rehabilitasi Lahan dan Konservasi Tanah*. (1986) Jakarta: Direktorat Jenderal Reboisasi dan Rehabilitasi Lahan. Departemen Kehutanan.
- Pokotanews. (2015, 23 Juli). Kekeringan, 47 Desa di Kabupaten Bogor Dipasok Air Bersih. <http://poskotanews.com/2015/07/23/kekeringan-47-desa-di-kabupaten-bogor-dipasok-air-bersih/>

- Pranoto, Radius, Styanto Krido Saptomo, dan Roh Santoso B. Waspodo. (2016). Analisis Potensi Resapan Di Daerah Aliran Sungai Cisadane Hulu. *Jurnal Teknik dan Lingkungan*, 1, 69-82
- Rahayu S, Widodo RH, Van Noordwijk M, Suryadi I dan Verbist B. (2009). *Monitoring Air di Daerah Aliran Sungai. Bogor, Indonesia*. World Agroforestry Centre - Southeast Asia Regional Office. 104 p.
- Riduan. (2009). *Dasar-dasar Statistika*. Bandung: Alfabeta.
- Sandy, I Made. (1985). *Republik Indonesia Geografi Regional*. Depok: Jurusan Geografi FMIPA UI.
- Sari, Dewi Novita. (2015). *Analisis Penggunaan Lahan Tahun 2013 Terhadap Ketersediaan Air di Sub Daerah Aliran Sungai Blongkeng*. Fakultas Geografi. Universitas Muhammadiyah Surakarta. Surakarta
- Seyhan E. (1977). *Dasar-dasar Hidrologi (Fundamental of Hydrology)*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press
- Singarimbun, Masri dan Sofian Effendi. (1989). *Metode Penelitian Survey*. Jakarta: LP3ES.
- Sosrodarsono, Suyono dan Takeda, Kensaku. (1977). *Hidrologi Untuk Pengairan*. Jakarta: Penerbit Pradyna Pramita
- Suripin. (2004). *Pelestarian Sumberdaya Tanah dan Air*. Yogyakarta: Andi
- Triatmodjo, Bambang. (2006). *Hidrologi Terapan*. Yogyakarta: Beta Offset
- Trimarmanti, T.K. E. (2014). Evaluasi Perubahan Penggunaan Lahan Kecamatan Daerah Aliran Sungai Cisadane Kabupaten Bogor. *Jurnal Wilayah dan Lingkungan*, 2, 55-72
- U.S.Department of The Interior Bureau of Reclamation. (1979). *Design Of Small Dam*. Calcutta: Raju Pimlani, Oxford & IBH Publishing Co.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Tabel Curah Hujan Berdasarkan 7 Stasiun Penakar Hujan (mm) Di Sekitar DA Ci Anten

Tahun 2007 – 2016	Perk. Cianten Leuwiliang	Cigudeg	Kracak	Dramaga II	Rancabungur	Kuripan	Cicurug	CH Thiessen
Jan	381.0	523.4	386.5	341.4	322.2	285.9	400.8	396.5
Feb	457.3	347.7	289.0	391.3	362.4	352.2	405.0	368.8
Mar	420.4	273.3	295.0	317.4	400	311.5	427.7	349.1
Apr	402.6	413.6	345.4	344.1	306.01	364.3	351.4	373.1
Mei	340.8	370.6	406.0	306.9	343.4	267.1	279.7	367.9
Jun	229.8	207.9	154.7	184.8	285.76	186.4	136.2	198.5
Jul	232.6	226.7	168.8	173.9	197.4	129.9	146.7	203.1
Aug	197.6	270.1	200.1	203.4	157.61	127.1	130.4	203.6
Sep	319.9	248.8	230.7	245.9	221.93	214.9	221.7	265.9
Okt	581.3	429.6	295.8	332.2	306.98	302.9	319.8	421.7
Nov	551.0	697.0	393.7	493.5	327.17	535.6	438.1	490.4
Des	347.3	291.0	258.9	351.6	333.81	313.1	343.5	304.6
Bobot	0.37	0.13	0.39	0.02	0.07	0.01	0.02	
Luas Poligon thiessen (km ²)	19013.3	6447.0	19765.3	921.2	3304.4	299.5	964.5	50715.2
Musim Kemarau	980	953	754	808	863	658	635	871
Musim Hujan	3482	3346	2670	2878	2702	2733	2966	3072
Tahunan	4462	4300	3424	3686	3565	3391	3601	3943
Ketinggian	223	582	345	250	147	84	507	

Sumber: Hasil Pengolahan Data, 2017

Lampiran 2. Tabel Perhitungan Curah Hujan Musim Kemarau, Hujan dan Tahunan Pada Setiap Sub-DAS

Sub-DAS	Nama Sub-DA	CH Musim Kemarau	CH Musim Hujan	CH Tahunan
1	Ci Sadane 3	782.1	2714.2	3496.4
2	Ci Sadane 2	848.9	2697.9	3546.7
3	Ci Kaniki 3	863	2702	3565
4	Ci Anten 3	755.8	2670.5	3426.3
5	Ci Kaniki 2	881.8	3099.8	3982.2
6	Ci Aruteun	801	2683.8	3484.8
7	Ci Teureup	754.6	2671.9	3426.5
8	Ci Bungbulang	754.3	2670.1	3424.3
9	Ci Nangneng	770.2	2748.2	3518.4
10	Ci Gamea	775.2	2796.1	3571.2
11	Ci Anten 1	960.3	3411.1	4371.4
12	Ci Ampea	762.5	2715.8	3478.3
13	Ci Sarua	971.1	3447.5	4418.6
14	Ci Puraseda	926.8	3290.8	4217.6
15	Ci Kaniki 1	961.7	3416.3	4378
16	Ci Kuluwung	837.9	3113.2	3951.1

Sumber: Hasil Pengolahan Data, 2017

Lampiran 3. Tabel Skor Karakteristik DA Ci Anten dan Koefisien Limpasan Permukaan (C)

Sub DAS	Nama Sub-DAS	Luas Sub-DAS (Km ²)	Skor Karakteristik DAS Ci Anten										Total Skor (W)/100 = C
			Kemiringan Lereng (W1)	Infiltrasi (W2)	Vegetasi Penutup (W3)	Kemiringan Lereng (W1)	Infiltrasi (W2)	Vegetasi Penutup (W3)	Kemiringan Lereng (W1)	Infiltrasi (W2)	Vegetasi Penutup (W3)	Kerapatan Aliran (Dd) (km/km ²) (W4)	
1	Ci Sadane 1	7.4	10-30%	Liat berpasir	Kebun Campuran	1.2	30	15	10	5	0.60		
2	Ci Sadane 3	9.1	0-5%	Lempung berliat	Permukiman	0.6	10	10	15	5	0.40		
3	Ci Sadane 2	6.4	10-30%	Liat berpasir	Kebun Campuran	0.7	30	15	10	5	0.60		
4	Ci Anten 2	17.7	0-5%	Liat berdebu	Permukiman	0.6	10	15	15	5	0.45		
5	Ci Kaniki 2	99.6	10-30%	Lempung berliat	Kebun Campuran	0.3	30	10	10	5	0.55		
6	Ci Aruteun	20.1	0-5%	Lempung berliat	Sawah	0.2	10	10	10	5	0.35		
7	Ci Teureup	30.2	10-30%	Lempung berliat	Kebun Campuran	0.4	30	10	10	5	0.55		
8	Ci Bungbulang	23.3	0-5%	Lempung berliat	Permukiman	0.3	10	10	15	5	0.40		
9	Ci Nangrang	22.5	0-5%	Liat berpasir	Sawah	0.03	10	15	10	5	0.40		
10	Ci Gamea	22.4	5-10%	Lempung liat berpasir	Tegal/Ladang	0.4	20	10	10	5	0.45		
11	Ci Anten 1	71.1	>30%	Lempung berpasir	Samak Belukar	0.1	40	10	10	5	0.65		
12	Ci Ampea	28.2	0-5%	Lempung berliat	Permukiman	0.5	10	10	15	5	0.40		
13	Ci Sarua	23.6	10-30%	Lempung berliat	Kebun Campuran	0.2	30	10	10	5	0.55		
14	Ci Puraseda	24.6	10-30%	Lempung liat berpasir	Tegal/Ladang	0.2	30	10	10	5	0.55		
15	Ci Kaniki 1	75.5	10-30%	Lempung liat berpasir	Hutan	0.1	30	10	5	5	0.50		
16	Ci Kuluwung	25.7	10-30%	Lempung berpasir	Hutan	0.4	30	10	5	5	0.50		
Total DAS Cianten		507.2									0.49		

Sumber: Hasil Pengolahan Data, 2017

Lampiran 4. Tabel Perhitungan Kebutuhan Air Berdasarkan Penggunaan Lahan Tahun 2016

Sub DAS	Nama Sub-DAS	Luas Sub-DAS (Ha)	Perairan Darat (Ha)	Hutan (Ha)	Kebun Campuran (Ha)	Sawah (Ha)	Semak Belukar (Ha)	Tegalan (Ha)	Kebutuhan Air Pada Musim Kemarau (m ³ /tahun/Ha)	Kebutuhan Air Tahunan (m ³ /tahun/Ha)
1	Ci Sadane 1	740.5	58.4	0.0	310.4	149.6	8.1	83.6	3018532.9	9030856.6
2	Ci Sadane 3	911.9	14.8	0.0	181.0	242.6	105.5	47.6	3729826.2	11158906.4
3	Ci Sadane 2	642.8	28.3	0.0	322.3	67.1	5.8	105.3	2278968.9	6818226.6
4	Ci Anten 2	1767.9	55.3	0.0	333.0	509.2	25.7	276.6	7813868.5	23377557.3
5	Ci Kaniki 2	9955.0	110.0	3.1	3245.4	1057.4	923.7	2971.3	38497893.7	115178124.5
6	Ci Aruteun	2011.6	16.8	0.0	306.0	629.3	271.0	100.0	9013693.5	26967197.9
7	Ci Teureup	3019.2	18.3	0.0	1325.0	21.2	468.9	1003.1	10745365.2	32148018.9
8	Ci Bungbulang	2327.5	0.6	0.0	459.3	671.2	18.3	499.6	10925256.2	32686217.4
9	Ci Nangueng	2248.5	20.1	210.7	266.8	670.9	113.5	391.4	10812880.8	32350012.1
10	Ci Gamea	2237.1	36.5	344.1	471.5	45.5	114.8	897.0	7637075.0	22848625.9
11	Ci Anten 1	7105.8	40.1	1669.7	1651.6	0.0	1930.9	1551.0	24554437.0	73462045.0
12	Ci Ampea	2820.4	33.2	452.1	333.6	594.1	281.1	417.6	11712231.8	35040693.6
13	Ci Sarua	2359.5	3.1	389.2	550.4	83.9	561.6	652.5	8846218.2	26466144.7
14	Ci Puraseda	2455.9	19.1	142.7	866.3	124.7	701.4	495.5	9267480.9	27726479.6
15	Ci Kaniki 1	7545.3	15.1	4912.6	658.6	177.9	22.2	1236.3	25348312.2	75837163.7
16	Ci Kuluwung	2566.1	26.3	1315.0	266.7	135.8	0.0	174.3	8793347.4	26307965.6

Sumber: Hasil Pengolahan Data, 2017

Lampiran 5. Tabel Perhitungan Kebutuhan Air Penduduk dan Tanaman Tahun 2016

Sub DAS	Nama Sub-DAS	Luas Sub-DAS (Ha)	Jumlah Penduduk (orang)	A (m ³)	B (m ³)	C (m ³)	D (m ³)	E (m ³)	F (m ³)
1	Ci Sadane 1	740.5	29126	213202	637859	3018533	9030857	3231735	9668716
2	Ci Sadane 3	911.9	47954	351023	1050193	3729826	11158906	4080849	12209099
3	Ci Sadane 2	642.8	22714	166266	497437	2278969	6818227	2445235	7315663
4	Ci Anten 2	1767.9	57242	419011	1253600	7813869	23377557	8232880	24631157
5	Ci Kaniki 2	9955.0	226375	1657065	4957613	38497894	115178125	40154959	120135737
6	Ci Aruteun	2011.6	71760	525283	1571544	9013694	26967198	9538977	28538742
7	Ci Teureup	3019.2	31873	233310	698019	10745365	32148019	10978676	32846038
8	Ci Bungbulang	2327.5	64702	473619	1416974	10925256	32686217	11398875	34103191
9	Ci Naungeng	2248.5	84440	618101	1849236	10812881	32350012	11430982	34199248
10	Ci Gamea	2237.1	15017	109924	328872	7637075	22848626	7746999	23177498
11	Ci Anten 1	7105.8	16931	123935	370789	24554437	73462045	24678372	73832834
12	Ci Ampea	2820.4	80214	587166	1756687	11712232	35040694	12299398	36797380
13	Ci Sarua	2359.5	11739	85929	257084	8846218	26466145	8932148	26723229
14	Ci Purasada	2455.9	15435	112984	338027	9267481	27726480	9380465	28064506
15	Ci Kaniki 1	7545.3	21289	155835	466229	25348312	75837164	25504148	76303393
16	Ci Kuluwung	2566.1	11123	81420	243594	8793347	26307966	8874768	26551559
Total		50715.15	807934.00	5914077	17693755	192995388	577404236	198909465	595097990

Sumber: Hasil Pengolahan Data, 2017

Ket:

A = Kebutuhan Air Penduduk Pada Musim Kemarau

B = Kebutuhan Air Penduduk Tahunan

C = Kebutuhan Air Berdasarkan Penggunaan Lahan Pada Musim Kemarau

D = Kebutuhan Air Berdasarkan Penggunaan Lahan Tahunan

E = Total Kebutuhan Air Pada Musim Kemarau

F = Total Kebutuhan Air Tahunan

Lampiran 6. Tabel Perhitungan Ketersediaan dan Kebutuhan Air Pada Musim Kemarau Setiap Sub-DAS

Sub DAS	Nama Sub-DAS	Luas Sub DAS (Ha)	CH Musim Kemarau (mm)	Suhu Rata-rata (°C)	Sabaran Suhu (T)	E _o (mm)	E _a (mm)	C	A	B	D	E
1	Ci Sadane 1	740.5	782.1	25.7	24.7	1676	210.96	0.6	1691776	3231735	2285	4364
2	Ci Sadane 3	911.9	848.9					0.35	3781200	4080849	4147	4475
3	Ci Sadane 2	642.8	863					0.6	1676599	2445235	2608	3804
4	Ci Anten 2	1767.9	755.8					0.4	5779248	8232880	3269	4657
5	Ci Kamiki 2	9955.0	881.8					0.55	30051955	40154959	3019	4034
6	Ci Aruteun	2011.6	801					0.35	7715172	9538977	3835	4742
7	Ci Teureup	3019.2	754.6					0.55	7386164	10978676	2446	3636
8	Ci Bumbulang	2327.5	754.3					0.35	8220212	11398875	3532	4897
9	Ci Nangneng	2248.5	770.2					0.4	7544619	11430982	3355	5084
10	Ci Gamea	2237.1	775.2					0.45	6942477	7746999	3103	3463
11	Ci Anten 1	7105.8	960.3					0.65	18636313	24678372	2623	3473
12	Ci Ampea	2820.4	762.5					0.35	10111180	12299398	3585	4361
13	Ci Sarua	2359.5	971.1					0.55	8070897	8932148	3421	3786
14	Ci Purasada	2455.9	926.8					0.55	7911267	9380465	3221	3820
15	Ci Kamiki 1	7545.3	961.7					0.5	28322965	25504148	3754	3380
16	Ci Kuluwung	2566.1	837.9					0.5	8043902	8874768	3135	3458

Sumber: Hasil Pengolahan Data, 2017

Ket:

A = Ketersediaan Air Pada Musim Kemarau (m³)B = Total Kebutuhan Air (m³)

C = Koefisien Limpasan Permuakaan

D = Ketersediaan Air Pada Musim Kemarau (m³/Ha)E = Total Kebutuhan Air (m³/Ha)

Lampiran 7. Tabel Perhitungan Ketersediaan dan Kebutuhan Air Tahunan Setiap Sub-DAS

Sub DAS	Nama Sub-DAS	Luas Sub DAS (Ha)	CH Tahunan (mm)	Suhu Rata-rata (°C)	Sebaran Suhu (T)	Eo (mm)	Ea (mm)	C	A	B	D	E
1	Ci Sadane 1	740.5	3496.4					0.6	6861935	9668716	9266	13057
2	Ci Sadane 3	911.9	3546.7					0.35	14028943	12209099	15385	13389
3	Ci Sadane 2	642.8	3565					0.6	6133031	7315663	9541	11380
4	Ci Anten 2	1767.9	3426.3					0.4	23828888	24631157	13479	13933
5	Ci Kamiki 2	9955.0	3982.2					0.55	125539355	120135737	12611	12068
6	Ci Aruteun	2011.6	3484.8					0.35	30139094	28538742	14982	14187
7	Ci Teureup	3019.2	3426.5					0.55	30524433	32846038	10110	10879
8	Ci Bungbulang	2327.5	3424.3	25.9	24.9	1694	1180	0.35	33956736	34103191	14589	14652
9	Ci Nangneng	2248.5	3518.4					0.4	31549337	34199248	14031	15210
10	Ci Gamea	2237.1	3571.2					0.45	29423756	23177498	13153	10360
11	Ci Anten 1	7105.8	4371.4					0.65	79375417	73832834	11171	10391
12	Ci Ampea	2820.4	3478.3					0.35	42137080	36797380	14940	13047
13	Ci Sarua	2359.5	4418.6					0.55	34388156	26723229	14574	11326
14	Ci Purasada	2455.9	4217.6					0.55	33572647	28064506	13670	11427
15	Ci Kamiki 1	7545.3	4378					0.5	120656649	76303393	15991	10113
16	Ci Kuluwung	2566.1	3951.1					0.5	35556605	26551559	13856	10347

Sumber: Hasil Pengolahan Data, 2017

Ket:

A = Ketersediaan Air Tahunan (m³)B = Total Kebutuhan Air (m³)

C = Koefisien Limpasan Permukaan

D = Ketersediaan Air Tahunan (m³/Ha)E = Total Kebutuhan Air (m³/Ha)

Lampiran 8. Tabel Potensi Ketersediaan Air dan Keseimbangan Air Di DA Ci Anten Tahun 2016

Sub DAS	Nama Sub-DAS	Luas Sub DAS (Ha)	A (%)	B (%)	C	D (%)	E (%)	F
1	Ci Sadane 1	740.5	52.3	-48	Defisit	71	-29	Defisit
2	Ci Sadane 3	911.9	85.5	-14	Defisit	106.1	6	Surplus
3	Ci Sadane 2	642.8	68.6	-31	Defisit	83.8	-16	Defisit
4	Ci Anten 2	1767.9	64.3	-36	Defisit	88.7	11	Defisit
5	Ci Kaniki 2	9955.0	74.8	-25	Defisit	104.5	4	Surplus
6	Ci Aruteun	2011.6	80.9	-19	Defisit	105.6	6	Surplus
7	Ci Teureup	3019.2	67.3	-33	Defisit	92.9	-7	Defisit
8	Ci Bungbulang	2327.5	66.6	-33	Defisit	91.9	-8	Defisit
9	Ci Nangneng	2248.5	66.0	-34	Defisit	92.3	-8	Defisit
10	Ci Gamea	2237.1	89.6	-10	Defisit	126.9	27	Surplus
11	Ci Anten 1	7105.8	75.5	-24	Defisit	107.5	8	Surplus
12	Ci Ampea	2820.4	75.9	-24	Defisit	105.7	6	Surplus
13	Ci Sarua	2359.5	90.4	-10	Defisit	128.7	29	Surplus
14	Ci Purasada	2455.9	84.3	-16	Defisit	119.6	20	Surplus
15	Ci Kaniki 1	7545.3	111.1	11	Surplus	158.1	58	Surplus
16	Ci Kuluwung	2566.1	90.6	-9	Defisit	133.9	34	Surplus

Sumber: Hasil Pengolahan Data, 2017

Ket:

- A = Potensi Ketersediaan Air Pada Musim Kemarau (%)
- B = % Kelebihan/Kekurangan Pada Musim Kemarau
- C = Keseimbangan Air Pada Musim Kemarau
- D = Potensi Ketersediaan Air Tahunan (%)
- E = % Kelebihan/Kekurangan Tahunan
- F = Keseimbangan Air Tahunan

Lampiran 9. Kuesioner Penelitian

**KETERSEDIAAN DAN KEBUTUHAN AIR DI DAERAH ALIRAN CI
ANTEN**

A. Identitas Kuesioner

1. Kode Kuesioner :
 2. Nama Pewawancara :
 3. Waktu Wawancara : Jam :

B. Karakteristik Wilayah

1. Nama Kecamatan :
 a. Ciseeng f. Cibungbulang
 b. Rumpin g. Leuwiliang
 c. Rancabungur h. Pamijahan
 d. Ciampea i. Leuwisadeng
 e. Tenjolaya j. Nanggung
2. Nama Desa :
 3. Nomor RT :
 4. Nomor RW :
 5. Alamat Lengkap :
 6. Kondisi Umum Wilayah :
 a. Datar/Landai
 b. Perbukitan

C. Identitas Responden

1. Nomor Responden :
 2. Nama Responden :
 3. Jenis Kelamin :
 4. Umur :
 5. Pendidikan Terakhir :
 a. Tidak sekolah/tidak tamat SD
 b. Tamat SD
 c. Tamat SMP
 d. Tamat SMA
 e. Perguruan Tinggi
6. Pekerjaan :
 a. Petani e. Ibu Rumah Tangga
 b. Pedagang f. Lainnya,....
 c. Wiraswasta
 d. PNS

D. Pertanyaan

1. Apakah air yang tersedia di sungai dekat tempat tinggal Anda selalu mengalir sepanjang tahun?
 - a. Ya
 - b. Tidak
2. Apakah terjadi penurunan kuantitas (jumlah) air saat musim kemarau?
 - a. Ya
 - b. Tidak
3. Apakah Anda pernah mengalami kesulitan air pada saat bulan kering (musim kemarau)?
 - a. Ya, pernah
 - b. Tidak pernah
4. Apakah pernah terjadi kekeringan air di daerah tempat tinggal Anda selama periode tahun 2007 sampai tahun 2016?
 - a. Ya, pernah
 - Kira-kira kapan terjadi?
 - b. Tidak pernah
5. Bagaimana kondisi sumber daya air pada saat el nino tahun 2015?
 - a. Surut / berkurang
 - b. Tetap mengalir sepanjang tahun
6. Jika pernah terjadi kekeringan air di daerah tempat tinggal, apakah penyebabnya? (Boleh memilih lebih dari 1 jawaban)
 1. Faktor cuaca, hujan tidak turun
 2. Perubahan lahan
 3. Penggunaan air yang berlebihan
 4. Lainnya,...
7. Jika terjadi kekeringan air, upaya apa yang Anda lakukan untuk memenuhi kebutuhan air sehari-hari jika terjadi kekeringan? (Boleh memilih lebih dari 1 jawaban)
 - a. Membeli air kemasan
 - b. Mengambil air sungai
 - c. Menunggu pemberian bantuan dari pemerintah setempat
 - d. Menggali sumur
 - e. Memompa air dari dalam tanah
 - f. Mengambil air langsung dari mata air
 - g. Lainnya,...
8. Apakah terdapat alih fungsi lahan di sekitar tempat tinggal Anda dari tahun 2007 sampai tahun 2016?
 - a. Ya ada, sebutkan.....

- Luas :
 - Lokasi :
- b. Tidak ada
9. Apakah pernah terjadi genangan air atau banjir di sekitar tempat tinggal Anda?
- a. Ya, pernah
 - Kira-kira kapan terjadi?
 - Berapa kira-kira ketinggian airnya?
 - b. Tidak pernah

E. Sumber Air

10. Menurut Saudara, dari mana saja sumber air untuk minum yang bisa digunakan? (Boleh memilih lebih dari 1 jawaban)
1. Air yang berada di permukaan tanah
 2. Air dari dalam tanah
 3. Air hujan
11. Dari manakah sumber utama air yang Anda gunakan untuk keperluan sehari-hari?
- a. Langganan PDAM
 - b. Sumur
 - c. Penampungan Air Hujan
 - e. Air Kemasan
 - f. Lainnya
12. Bagaimana kondisi sumber air yang biasa digunakan untuk keperluan sehari-hari?
- a. Jernih, Bersih
 - b. Kotor, Berbau, Berwarna
 - c. Banyak kotoran
 - d. Layak untuk digunakan
 - e. Tidak layak untuk digunakan
 - f. Lainnya
13. Apakah kondisi sumber air yang telah Anda sebutkan diatas selalu terjadi sepanjang tahun?
- a. Ya
 - b. Tidak
 - Kira-kira kapan perbedaan kondisi sumber air terjadi?

F. Kebutuhan Air

14. Menurut Saudara, apa saja kah peranan air bagi kehidupan manusia? (Boleh memilih lebih dari 1 jawaban)
1. Masak dan minum
 2. Mencuci dan mandi
 3. Membersihkan kendaraan, rumah, tempat ibadah, dan bangunan lainnya

4. Menyiram tanaman
5. Pengairan (kolam ikan, kolam renang)
6. Irigasi (Pertanian)
15. Menurut Saudara, berapa banyak air (liter) yang dibutuhkan setiap orang per hari?
 - a. 60-120 liter
 - b. Kurang dari 60 liter
 - c. Tidak tahu

G. Pertanyaan Khusus Untuk Petani

16. Apakah jenis sawah yang Anda kelola?
 - a. Sawah irigasi
 - b. Sawah tadah hujan
17. Berapa luas hektar sawah yang Anda kelola?
 - a. 0 – 5 hektar
 - b. 5 – 10 hektar
 - c. > 10 hektar
18. Bagaimana kepemilikan lahan sawah yang Anda kelola?
 - a. Milik sendiri
 - b. Milik oranglain
19. Berapa kali masa panen selama 1 tahun?
 - a. 1 kali
 - b. 2 kali
 - c. 3 kali
20. Kapan saja waktu panen terjadi?
 - a. 3 bulan sekali
 - b. 6 bulan sekali
 - c. Lainnya,...
21. Jika tidak menanam tanaman padi, lahan sawah yang ada dipergunakan untuk apa?
 - a. Dijadikan lahan kebun
 - b. Dijadikan lahan tegalan
 - c. Dibiarkan begitu saja

Lampiran 10. Peta Curah Hujan Metode Polygon Thiessen DA CI ANTEN TAHUN 2016

