

ANALISIS DAYA DUKUNG SUMBER DAYA AIR UNTUK MENINGKATKAN KETERSEDIAAN AIR DI KABUPATEN BANDUNG, JAWA BARAT

CARRYING CAPACITY ANALYSIS OF WATER RESOURCES TO INCREASE WATER AVAILABILITY IN BANDUNG REGENCY, WEST JAVA

Fayra Parahita ^{1)*}, Dwi Putro Tejo Baskoro²⁾, Darmawan³⁾

^{1,2,3)}Institut Pertanian Bogor

Jl. Raya Dramaga, Babakan, Kabupaten Bogor, Jawa Barat, Indonesia

*Correspondent email: fayra.papay@gmail.com

Diterima: 20 Mei 2021; Direvisi: 19 Mei 2022; Disetujui: 11 Oktober 2022

ABSTRACT

Cisangkuy watershed is the main source to meet the demand for raw water in Bandung city and Bandung Regency. The current hydrological condition has decreased as indicated by high fluctuations in river flow. The objectives of this study were to evaluate land use changes and water availability in the Cisangkuy watershed and to develop recommendations for land use to increase water availability in Bandung Regency based on the results of the hydrological simulation. There are some data used for analysis including land use map, spatial planning maps of Bandung regency, population numbers, industrial water demand, discharge, rice field area, freshwater fish pond area and the number of livestock. In summary, this research phase begins with an evaluation of land use changes, then calculates the water balance using the SWAT model. Changes in land use in the Cisangkuy watershed from 2007-2017 occurred from vegetated land cover to non-vegetation, which had an impact on the hydrological system and the availability of water in the Cisangkuy watershed. The potential for surface water supply in the Cisangkuy watershed with the existing scenario (in 2017) is 495.58 million m³ and the total user consumption water demand is 592.78 million m³, so there is water balance deficit about 97.20 million m³. The application of scenarios for improving land management by increasing the area of mixed dry land agricultural with agroforestry methods, reforestation on plantation forest land, applying infiltration wells in settlements and applying terraces to paddy fields provides a fairly good hydrological response to reduce the raw water deficit from 174.91 million to 63.98 million m³.

Keywords: land use change, water supply, water demands, water balance, Cisangkuy Watershed

ABSTRAK

DAS Cisangkuy merupakan sumber utama dalam memenuhi kebutuhan air baku di wilayah Kota Bandung dan Kabupaten Bandung. Kondisi hidrologisnya saat ini telah mengalami penurunan yang ditunjukkan dengan tingginya fluktuasi aliran sungai. Tujuan penelitian ini yaitu untuk mengevaluasi perubahan penggunaan lahan dan ketersediaan air di DAS Cisangkuy serta untuk menyusun arahan rekomendasi penggunaan lahan untuk dapat meningkatkan ketersediaan air di Kabupaten Bandung berdasarkan hasil simulasi hidrologi Data yang digunakan antara lain peta tata guna lahan, peta rencana tata ruang kabupaten bandung, penduduk, kebutuhan air industri, debit, luas sawah, areal tambak ikan air tawar serta jumlah hewan ternak. Secara ringkas, tahapan penelitian ini diawali dengan evaluasi perubahan penggunaan lahan untuk mendapatkan output antara berupa matriks perubahan penggunaan lahan dan inkonsistensi berdasarkan RTRW Kabupaten Bandung, kemudian menghitung neraca air dengan menggunakan model SWAT. Perubahan penggunaan lahan di DAS Cisangkuy dari tahun 2007-2017 terjadi dari tutupan lahan bervegetasi menjadi non-vegetasi yang berdampak pada sistem hidrologi dan ketersediaan air di DAS Cisangkuy. Potensi ketersediaan air permukaan di DAS Cisangkuy dengan skenario eksisting (tahun 2017) sebesar 495,58 juta m³ dan total kebutuhan air konsumsi pengguna sebesar 592,78 juta m³, sehingga terdapat defisit neraca air sebesar 97,20 juta m³. Penerapan skenario perbaikan pengelolaan lahan melalui peningkatan luas pertanian lahan kering campur dengan metode agroforestri, melakukan reboisasi pada lahan hutan tanaman, penerapan sumur resapan pada permukiman dan penerapan terasering pada lahan sawah memberikan respon hidrologi yang cukup baik sehingga terjadi penurunan defisit air baku dari 174,91 juta menjadi 63,98 juta m³.

Kata kunci: perubahan penggunaan lahan, kebutuhan air, ketersediaan air, neraca air, DAS Cisangkuy

PENDAHULUAN

Kondisi hidrologi DAS Cisangkuy akan mempengaruhi ketersediaan air Sungai Cisangkuy. DAS Cisangkuy sebagai sumber utama pemenuhan kebutuhan air baku Kota Bandung dan Kabupaten Bandung, kondisi hidrologisnya telah mengalami penurunan yang ditandai dengan fluktuasi debit sungai yang tinggi (Sarminingsih, 2007). Semakin besar aliran permukaan, air yang meresap ke dalam tanah sebagai sumber ketersediaan air semakin kecil karena air hujan yang menjadi aliran permukaan akan mengalir di permukaan tanah, mengalir ke badan air. Hal ini ditunjukkan dengan adanya kejadian banjir pada musim hujan dan kejadian kekeringan pada musim kemarau. Kawasan yang seringkali terdampak banjir diantaranya Kecamatan Bojong Soang, Kecamatan Baleendah dan Kecamatan Dayeuh Kolot, Kabupaten Bandung (Subarna, 2015). Data penggunaan lahan DAS Cisangkuy pada 2010 menunjukkan luas hutan berkurang seluas 9.849 Ha atau 65,76% dari luas tahun 1997 sehingga persentase luas penggunaan lahan hutan pada tahun 2010 menjadi 5.128 Ha (15,07%) dari luas total Sub DAS (Suriadikusumah & Herdiansyah, 2014). Di sisi lain peningkatan jumlah penduduk dan perkembangan wilayah Kabupaten Bandung menyebabkan peningkatan aktivitas manusia yang berdampak pada perubahan penggunaan lahan serta meningkatnya kebutuhan air. Hal ini membuat permasalahan pengelolaan sumberdaya air seperti kelangkaan air, kekeringan, banjir, dan konflik penggunaan air.

Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan tahun 2017 oleh Mawar Kusumawardani telah dilakukan analisis kinerja model SWAT untuk memprediksi respon hidrologi dan kualitas air DAS Cisangkuy, hasilnya menunjukkan bahwa model tersebut dapat digunakan untuk memprediksi respon hidrologi DAS Cisangkuy dengan nilai kalibrasi NSE sebesar 0.38 (memuaskan) dan nilai validasi NSE sebesar 0.43 (memuaskan). Pembentukan kawasan hutan lindung, Desain Teknis Rehabilitasi Lahan dan Hutan (RTk-RHL) dan skenario agroforestri berbasis kopi menunjukkan penurunan aliran permukaan, peningkatan aliran lateral dan aliran dasar. Penelitian ini diharapkan dapat melengkapi penelitian sebelumnya melalui penerapan perhitungan daya dukung wilayah berdasarkan kebutuhan dan ketersediaan air. Kuantitas air tersedia ditentukan oleh beberapa parameter dalam perhitungan neraca air, yang meliputi karakteristik DAS seperti sifat fisik tanah, jenis penggunaan lahan, pola drainase, kapasitas infiltrasi, kapasitas simpan air, curah hujan, dan debit sungai (Prastowo, 2010).

Salah satu cara yang digunakan untuk dapat mengetahui ketersediaan air di sebuah DAS yaitu hasil air (*water yield*) dengan menghitung jumlah aliran air pada periode waktu tertentu (Asdak, 2002). Untuk itu dibutuhkan sebuah model hidrologi yang dapat merepresentasikan siklus hidrologi pada sebuah DAS. Banyak model hidrologi dengan berbagai tingkat kompleksitas dan luasan area aplikasi mulai dari skala cakupan DAS hingga skala model makro. Namun di antara model-model tersebut, model *Soil and Water Assessment Tool (SWAT)* dapat mengakomodasi parameter iklim dan tata guna lahan sebagai data input (Sadhyavitri *et al.*, 2015).

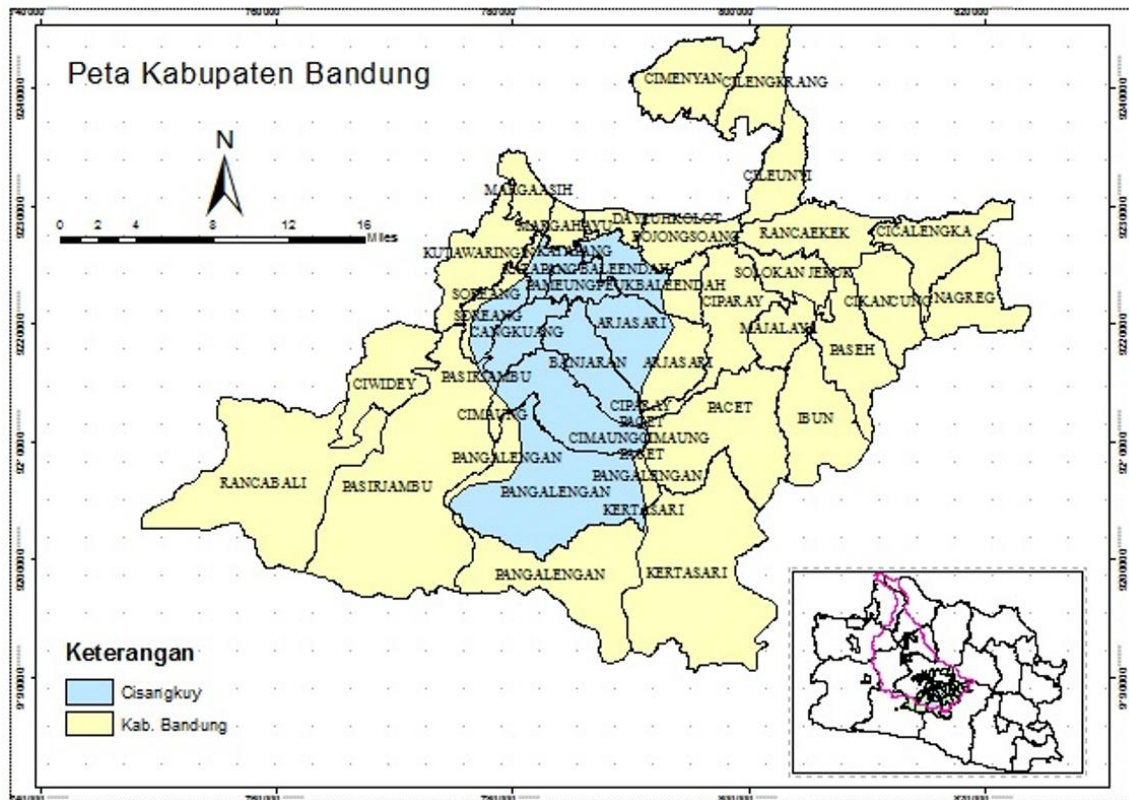
Model *Soil and Water Assessment Tool (SWAT)* dikembangkan oleh Dr. Jeff Arnold untuk USDA pada awal tahun 1990-an. SWAT merupakan model kejadian kontinu untuk skala DAS yang beroperasi secara harian dan dirancang untuk memprediksi dampak praktek pengelolaan lahan terhadap air, sedimen, dan bahan kimia pertanian yang masuk ke sungai atau badan air pada suatu DAS yang memiliki karakteristik jenis tanah, penggunaan lahan dan pengelolaannya yang kompleks dalam jangka waktu yang lama. SWAT dapat memodelkan secara langsung proses-proses fisika yang terkait dengan pergerakan air, sedimen, pertumbuhan tanaman, siklus unsur hara, dan lain sebagainya. Proses-proses tersebut didasarkan pada konsep neraca air (Neitsch *et al.*, 2005).

Komponen utama model adalah iklim, hidrologi, suhu, dan karakteristik tanah, pertumbuhan tanaman, unsur hara, pestisida, patogen dan bakteri, dan pengelolaan lahan. Simulasi hidrologi suatu DAS dengan model SWAT dipisahkan ke dalam dua bagian utama yaitu fase lahan pada siklus hidrologi dan fase air pada siklus hidrologi air (Neitsch *et al.*, 2005).

METODOLOGI

Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di DAS Cisangkuy, Kabupaten Bandung, Provinsi Jawa Barat. Secara geografis letak Kabupaten Bandung berada pada 6°41' sampai dengan 7°19' Lintang Selatan dan di antara 107°22' sampai dengan 108°05' Bujur Timur. DAS Cisangkuy meliputi sembilan kecamatan di Kabupaten Bandung yakni Dayeuh Kolot, Pameungpeuk, Banjaran, Pangalengan, Kertasari, Pacet, Arjasari, Ciwidey dan Ciparay. Lokasi penelitian disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1 Lokasi penelitian

Data dan Perangkat

Alat yang digunakan meliputi seperangkat komputer dengan perangkat lunak *Arc GIS 10.1*, *Arc SWAT 10.1*, *Microsoft Word*, dan *Microsoft Excel*. Bahan yang digunakan berupa data sekunder: peta penggunaan lahan tahun 2007, 2012 dan 2017, skala 1 : 50.000 yang dikeluarkan oleh Ditjen Planologi Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, peta topografi, peta administrasi, serta peta rencana tata ruang wilayah (RTRW) tahun 2016-2036 Kabupaten Bandung yang diperoleh dari Bappeda Kabupaten Bandung, data debit sungai dan curah hujan yang diperoleh dari Pusat Litbang Sumber Daya Air Kementerian PUPR, data jumlah penduduk, data industri, data luas sawah, data luas kolam ikan air tawar, data jumlah hewan ternak yang diperoleh dari Kabupaten Bandung Dalam Angka 2007, 2012 dan 2017 Badan Pusat Statistika Kabupaten Bandung.

Prosedur Analisis Data

Evaluasi perubahan penggunaan lahan

Evaluasi perubahan penggunaan lahan dilakukan dengan metode tumpang susun (*overlay*). Identifikasi ketidaksesuaian lahan aktual dengan RTRW dilakukan dengan melakukan overlay peta penggunaan lahan aktual dengan pola

ruang dalam peta RTRW. Dari hasil overlay tersebut disusun matriks perubahan penggunaan lahan dan kesesuaian/ketidaksesuaian nya.

Evaluasi Kecukupan air

Evaluasi kecukupan air dilakukan dengan membuat neraca air antara ketersediaan air dan kebutuhan air. Ketersediaan air diperoleh melalui pendekatan ketersediaan air permukaan (*water supply*) berdasarkan dari data pengukuran debit sungai per bulannya. Analisis kebutuhan air DAS Cisangkuy dilakukan agar semua potensi air yang ada dapat diinventarisasi dan dihitung kebutuhan airnya sehingga dapat diupayakan perencanaan pengelolaan DAS yang ideal agar kebutuhan air terpenuhi (Muis, 2017). Kebutuhan air total merupakan jumlah dari 5 (lima) sektor yaitu sektor domestik (rumah tangga), sektor pertanian (lahan sawah irigasi dan tadah hujan), sektor perikanan (pengisian air kolam perikanan darat), sektor peternakan (air minum hewan ternak), dan sektor industri, berdasarkan SNI 19-6728.1-2002 dengan persamaan sebagai berikut:

1. Sektor Domestik

$$Q_{DM} = 365 \text{ hari} \times \left\{ \frac{q(u)}{1000} \times P(u) + \frac{q(r)}{1000} \times P(r) \right\} \dots (1)$$

dimana :

Q_{DM} : kebutuhan air domestik (m^3 /tahun)
 $q(u)$: konsumsi air daerah perkotaan (liter/kapita/hari)
 $q(r)$: konsumsi air daerah pedesaan (liter/kapita/hari)
 $P(u)$: jumlah penduduk kota (jiwa)
 $P(r)$: jumlah penduduk desa (jiwa)

2. Sektor Pertanian

$$Q_{IR} = L \times It \times a \dots\dots\dots(2)$$

dimana :

Q_{IR} : kebutuhan air untuk mengairi sawah (m^3 /tahun)
 L : luas sawah (ha)
 It : intensitas musim tanam (2 kali/tahun)
 1 kali musim tanam 120 hari
 3600detik/jam x 24jam/hari x 240 hari/musim
 a : standar penggunaan air irigasi (1 L/detik/ha)

3. Sektor Perikanan

$$Q_{PR} = 365 \text{ hari} \times \frac{Q_f}{1000} \times Afp \times 1000 \dots\dots\dots(3)$$

dimana :

Q_{PR} : kebutuhan air kolam budidaya ikan air tawar (m^3 /tahun)
 Q_f : kebutuhan air untuk pembilasan (7 mm/hari/ha)
 Afp : luas kolam budidaya ikan air tawar (ha)

4. Sektor Peternakan

$$Q_{PT} = 365 \text{ hari} \times \{Q_{(c/b)} \times P_{(c/b)} + Q_{(s/g)} \times P_{(s/g)} + Q_{(po)} \times P_{(po)}\} \dots\dots\dots(4)$$

dimana :

Q_{PT} : kebutuhan air minum hewan ternak (m^3 /tahun)
 $Q_{(c/b)}$: kebutuhan air untuk sapi/kerbau/kuda (liter/ekor/hari)
 $Q_{(s/g)}$: kebutuhan air untuk domba/kambing (liter/ekor/hari)
 $Q_{(po)}$: kebutuhan air untuk unggas (liter/ekor/hari)
 $P_{(c/b)}$: jumlah sapi/kerbau/kuda (ekor)
 $P_{(s/g)}$: jumlah domba/kambing (ekor)
 $P_{(po)}$: jumlah unggas (ekor)

Tabel 1 Standar kebutuhan air minum hewan ternak

Sumber: SNI 19-6728.1-2002

Jenis Ternak	Kebutuhan Air (liter/ekor/hari)
Sapi/ kerbau/ kuda	40
Kambing/ domba	5
Unggas	0,6

5. Sektor Industri

$$Q_{ID} = Hk (T_k \times Qi) \dots\dots\dots(5)$$

dimana :

Q_{ID} : kebutuhan air industri (m^3 /tahun)
 Hk : jumlah hari kerja (tahun)
 T_k : jumlah tenaga kerja (jiwa)
 Qi : kebutuhan air skala industri (m^3 /hari)

Penyusunan Arahana Penggunaan Lahan

Penyusunan arahan penggunaan lahan untuk meningkatkan ketersediaan air di Kabupaten Bandung dilakukan dengan menyusun beberapa skenario penatagunaan lahan sebagai berikut;

- Skenario 1: menggambarkan kondisi penggunaan lahan existing (data tahun 2017)
- Skenario 2: penerapan Peraturan Daerah No. 27 Tahun 2016 tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten Bandung Tahun 2016-2036
- Skenario 3: penerapan rencana tata ruang dan perbaikan pengelolaan lahan yang berpengaruh terhadap ketersediaan air di Kabupaten Bandung.

Kalibrasi dan Validasi

Kalibrasi dilakukan dengan menyesuaikan kombinasi nilai parameter-parameter yang berpengaruh terhadap kondisi hidrologi DAS sehingga diperoleh hasil model yang mendekati hasil pengukuran. Beberapa metode kalibrasi yang dapat dilakukan yaitu manual, otomatis dan kombinasi. Metode manual yaitu dengan mencocokkan setiap nilai dari parameter secara coba-coba (*trial and error*). Metode tersebut disarankan penggunaannya pada model yang komplek. Metoda otomatis menggunakan algoritma dalam penentuan nilai parameter dengan tingkat keakuratan yang optimum. Metoda kombinasi dilakukan dengan menggabungkan metode coba-coba (*trial and error*) dan otomatis dalam menentukan nilai parameter.

Metode kalibrasi yang digunakan dalam penelitian adalah metode manual yaitu dengan merubah nilai parameter secara coba-coba (trial and error) sehingga menghasilkan kombinasi yang optimal. Analisis statistik yang digunakan dalam kalibrasi yaitu korelasi koefisien determinasi (R^2) dan Nash-Sutcliffe efficiency (NSE).

Menurut Nash (1970), Efisiensi model Nash-Sutcliffe dikelompokkan menjadi 3 kelas yaitu:

1. Baik, jika $NSE \geq 0,75$
2. Memuaskan, jika $0,75 > NSE > 0,36$
3. Kurang memuaskan, jika $NSE < 0,36$

Nilai R^2 diantara 0 dan 1 menggambarkan seberapa banyak sebaran data observasi yang dapat dijelaskan oleh data simulasi. Nilai $R^2 = 0$ berarti tidak terdapat korelasi sama sekali, sedangkan jika $R^2 = 1$ berarti sebaran data prediksi sama dengan data observasi.

Validasi bertujuan untuk membuktikan konsistensi hasil suatu proses sesuai dengan spesifikasi yang telah ditetapkan. Proses validasi dilakukan dengan membandingkan data debit yang sudah dikalibrasi dengan data debit pengukuran pada periode yang lain. Nilai parameter yang digunakan dalam proses validasi sama dengan nilai parameter pada proses kalibrasi. Analisis statistik yang digunakan pada proses validasi sama dengan proses kalibrasi yaitu koefisien determinasi (R^2) dan Nash-Sutcliffe (NSE). Masing - masing skenario kemudian disimulasikan dengan menggunakan model SWAT yang sudah dikalibrasi dan validasi untuk mendapatkan nilai parameter indikator kinerja DAS yaitu Koefisien Aliran Tahunan (KAT), Koefisien Rezim Aliran (KRA) dan ketersediaan air. Berdasarkan hasil simulasi, kemudian dipilih skenario terbaik untuk direkomendasikan berdasarkan nilai ketersediaan air tertinggi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Evaluasi Perubahan Penggunaan Lahan

Evaluasi perubahan penggunaan lahan DAS Cisangkuy dilakukan dari tahun 2007, 2012 dan tahun 2017. Penggunaan lahan di DAS Cisangkuy ditunjukkan pada Tabel 2. Dalam kurun waktu 2007 - 2017, penggunaan lahan di DAS Cisangkuy didominasi oleh pertanian lahan kering. Pada tahun 2007, penggunaan lahan sebagian besar merupakan pertanian lahan kering dengan luas 10.859,57 ha. Hal ini tetap menjadi penggunaan lahan dominan namun luas arealnya berkurang menjadi 10.368,50 ha pada tahun 2012. Areal pertanian lahan kering menurun menjadi 9.166,26 ha pada tahun 2017.

Tabel 2 Penggunaan lahan DAS Cisangkuy tahun 2007, 2012, 2017

Penggunaan Lahan	Luas 2007 (ha)	Luas 2012 (ha)	Luas 2017 (ha)
Hutan Lahan Kering Primer	633,98	633,98	402,70
Hutan Lahan Kering Sekunder	3.858,64	3.858,64	3.982,52
Hutan Tanaman	2.005,45	2.455,16	3.649,71
Belukar	611,59	611,59	32,52
Perkebunan	2.441,37	2.613,34	3.256,24
Pemukiman	3.098,51	3.139,87	4.738,52
Tanah Terbuka	182,22	10,25	0,00
Badan Air	189,25	189,25	290,93
Pertanian Lahan Kering	10.859,57	10.368,50	9.166,26
Pertanian Lahan Kering Campur	997,90	997,90	473,84
Sawah	9.157,43	9.157,43	8.042,67

Dinamika perubahan penggunaan lahan yang terjadi di DAS Ciangkuy disebabkan oleh pertambahan jumlah penduduk dan juga peningkatan pembangunan di Kabupaten Bandung. Perubahan penggunaan lahan hutan menjadi lahan pertanian cenderung semakin tinggi di bagian hulu. Konversi lahan ini menimbulkan beberapa masalah, diantaranya penurunan kesuburan tanah, penurunan lapisan tanah dan erosi permukaan. Pada bagian hilir, perubahan penggunaan lahan lebih banyak terjadi dari lahan pertanian menjadi areal terbangun.

Evaluasi Kecukupan Air

Berdasarkan hasil perhitungan ketersediaan air di DAS Cisangkuy menggunakan data debit rata-rata tahun 2017 dapat diketahui bahwa jumlah air yang tersedia dari aliran permukaan adalah sebesar 417.877.056 m³ /tahun (Tabel 3). Ketersediaan air terbanyak terjadi pada bulan Maret, dan terendah pada bulan September.

Berdasarkan hasil perhitungan, debit minimum yang harus tersedia untuk dapat memenuhi kebutuhan air sektor domestik khususnya kebutuhan air rumah tangga adalah sebesar 11,29 m³ /detik.

Tabel 3 Jumlah ketersediaan air di DAS Cisangkuy tahun 2017

Bulan	Debit (m ³ /detik)	Ketersediaan Air (m ³)
Januari	12,75	34.149.600
Februari	22,75	55.036.800
Maret	22,98	61.536.240
April	22,94	59.447.520
Mei	17,69	47.380.896
Juni	11,35	29.419.200
Juli	7,65	20.489.760
Agustus	3,86	10.338.624
September	2,20	5.689.440
Oktober	3,91	10.472.544
November	15,32	39.709.440
Desember	16,51	44.206.992
Total		417.877.056

Kebutuhan air pertanian lahan sawah

Air yang dibutuhkan digunakan untuk mengairi tanaman yang sebagian besar merupakan tanaman padi. Berdasarkan data BPS, luas sawah di Kabupaten Bandung mengalami penurunan. Dimana pada tahun 2007 luas sawah 9.040 ha menjadi 9.015 ha di tahun 2012 dan pada tahun 2017 yaitu 8.998 ha. Hal ini mempengaruhi jumlah kebutuhan air pertanian yang menurun dari 187.453.440 m³ pada tahun 2007 menjadi 186.582.528 m³ pada tahun 2017.

Kebutuhan Air Perikanan

Pada tahun 2007, total luas kolam sebesar 256 ha. Dari luas kolam tersebut maka kebutuhan air perikanan pada tahun 2007 sebesar 654.080 m³/ha/tahun. Kemudian pada tahun 2017 terdapat peningkatan luas kolam menjadi 277,77 ha sehingga terjadi peningkatan kebutuhan air perikanan menjadi 709.702 m³/ha/tahun.

Kebutuhan air peternakan

Kebutuhan air peternakan meliputi keperluan minum ternak, tempat makan ternak, pengoperasian peternakan yang memproduksi susu dan kebutuhan lainnya di areal peternakan. Jenis hewan ternak dibagi menjadi tiga kelompok, yakni ternak besar, ternak sedang, dan ternak kecil. Jenis ternak terbanyak di DAS Cisangkuy merupakan jenis ternak kecil. Pada tahun 2007 kebutuhan air peternakan sebesar 654.247 m³/tahun. Kebutuhan air ternak pada 2012 turun menjadi 467.900 m³/tahun. Pada 2017 terjadi peningkatan menjadi 846.406 m³/tahun.

Kebutuhan air industri

Perubahan jumlah industri akan mempengaruhi kebutuhan air industri. Berdasarkan data BPS Kabupaten Bandung, pada tahun 2007, jumlah industri kecil, sedang, dan besar di DAS Cisangkuy masing-masing sebanyak 365, 167, dan 50 industri. Kebutuhan air industri pada 2007 sebanyak 384.600.576 m³/tahun. Pada tahun 2012 terdapat 354 industri kecil, 185 industri sedang, dan 63 industri besar di DAS Cisangkuy. Perubahan komposisi jumlah industri tersebut menyebabkan kebutuhan air industri tahun 2017 meningkat menjadi 462.256.800 m³/tahun.

Kebutuhan Air

Kebutuhan air 5 (lima) sektor hasil analisis di DAS Cisangkuy dalam kurun waktu 2007 – 2017 menunjukkan permintaan air yang dinamis. Berdasarkan hasil perhitungan dari 5 sektor, kebutuhan air yang terbanyak dari sektor industri, mencapai 66,82 % dari total kebutuhan air. Sedangkan kebutuhan air terendah yaitu pada sektor perikanan sebesar 0,11 % dari total kebutuhan air (Tabel 4).

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa pada kondisi aktual tahun 2017, ketersediaan air tahunan adalah sebesar 417.877.056 m³ (Tabel 3) dan kebutuhan air total tahunan dari ke 5 sektor adalah sebesar 592.783.327 m³, dengan selisih sebesar - 174.906.271 m³. hal ini menunjukkan bahwa ketersediaan air berdasarkan debit rata-rata tahunan di DAS Cisangkuy tidak dapat memenuhi kebutuhan air di wilayah Kabupaten Bandung.

Arahan Penggunaan lahan untuk meningkatkan ketersediaan air di Kabupaten Bandung.**Kalibrasi dan Validasi Model SWAT**

Penyusunan arahan penggunaan lahan untuk meningkatkan ketersediaan air di Kabupaten Bandung dilakukan melalui proses simulasi menggunakan model SWAT yang harus dikalibrasi dan validasi terlebih dahulu.

Hasil proses kalibrasi model SWAT dengan periode data 1 Januari – 31 Desember 2017 diperoleh nilai NSE dan R² yaitu 0,67 (kategori baik) dan 0,73, yang menunjukkan model SWAT memuaskan dalam simulasi debit aliran di suatu DAS. Pada Gambar 4 disajikan grafik hidrograf aliran simulasi setelah dilakukan kalibrasi dan hidrograf aliran observasi (1 Januari - 31 Desember 2017). Gambar 4 menunjukkan sebaran data debit aliran simulasi dengan debit aliran observasi setelah dilakukan kalibrasi memiliki nilai NSE 0.67 dan R² 0.73. Berdasarkan nilai tersebut, maka model SWAT sudah cukup akurat untuk digunakan

dalam memprediksi aliran permukaan di DAS Cisangkuy.

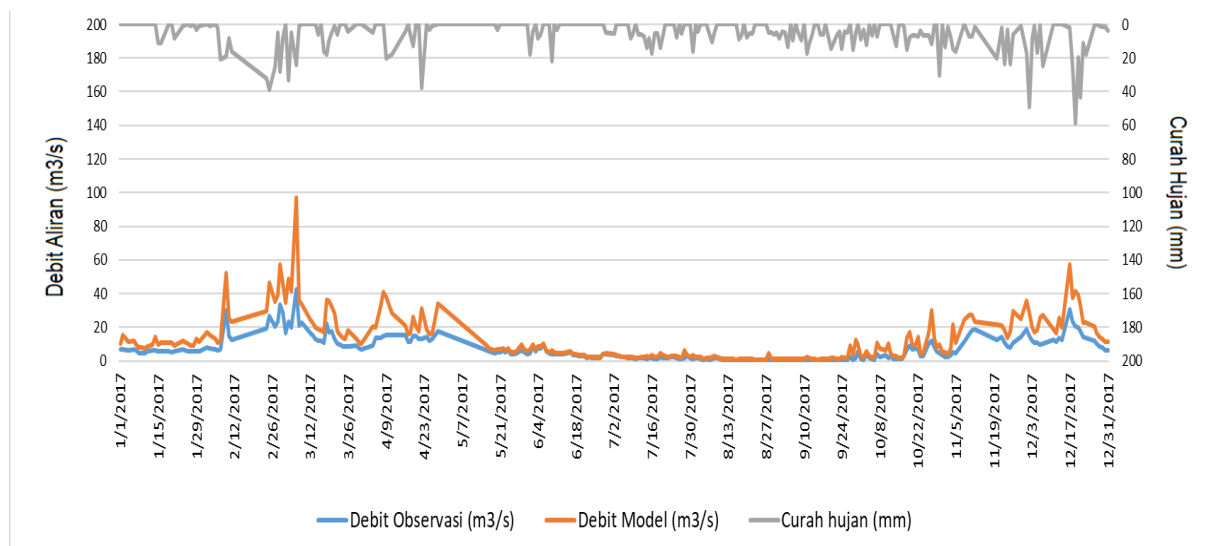
Validasi

Dari proses validasi yang telah dilakukan dalam penelitian dengan periode data 1 Januari – 31

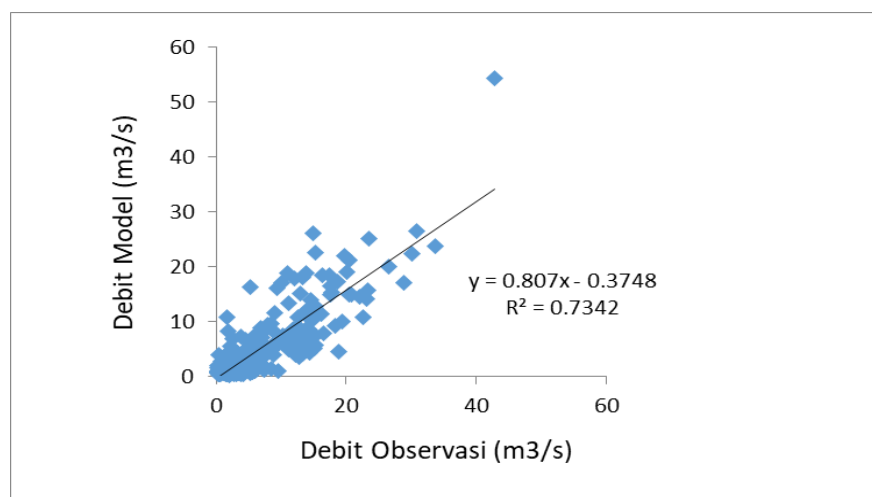
desember 2013 diperoleh nilai NSE sebesar 0,6 (kategori memuaskan) dan R^2 sebesar 0,75 (Gambar 5). Berdasarkan data tersebut, maka model SWAT yang digunakan konsisten dan dapat untuk melakukan simulasi model.

Tabel 4 Total kebutuhan air (m^3 / tahun) di DAS Cisangkuy tahun 2007 – 2017

Tahun	Domestik	Pertanian	Perikanan	Peternakan	Industri	Jumlah
2007	19.420.964	187.453.440	654.080	654.267	384.600.576	592.783.327
2012	20.650.890	186.935.040	709.702	467.900	416.494.800	625.258.332
2017	22.308.063	186.582.528	709.702	846.406	462.256.800	672.703.499

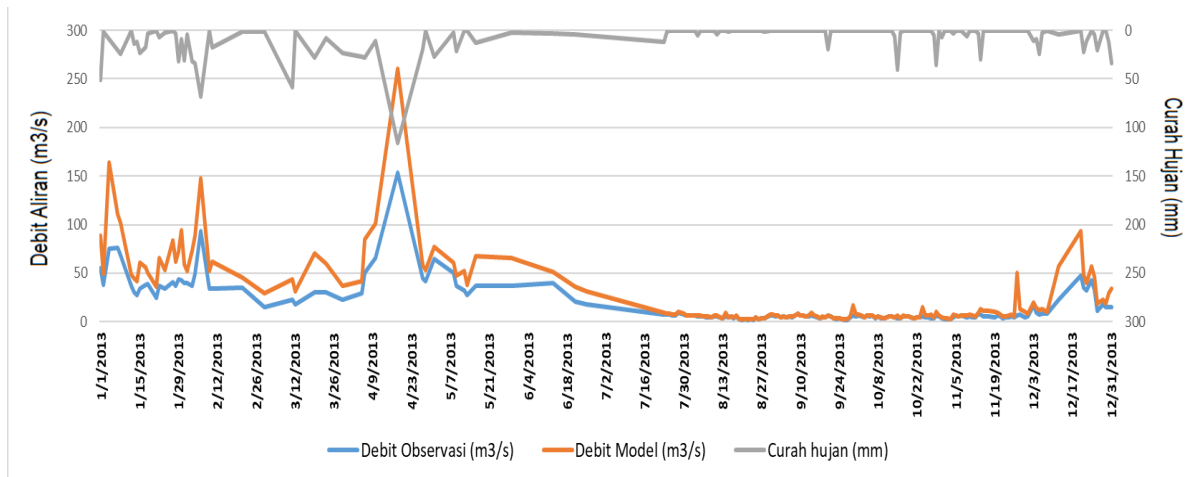


(a)

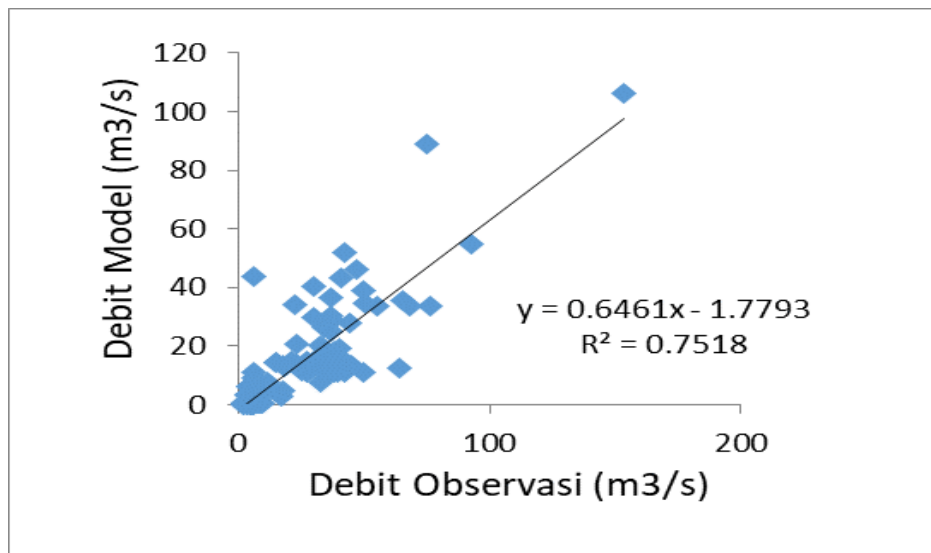


(b)

Gambar 4 (a) Hidrograf Aliran Simulasi Setelah Kalibrasi dan Hidrograf Aliran Observasi; (b) Scatter Plot Debit Aliran Simulasi Model dan Debit Aliran Observasi Setelah Kalibrasi (1 Januari – 31 Desember 2017)



(a)



(b)

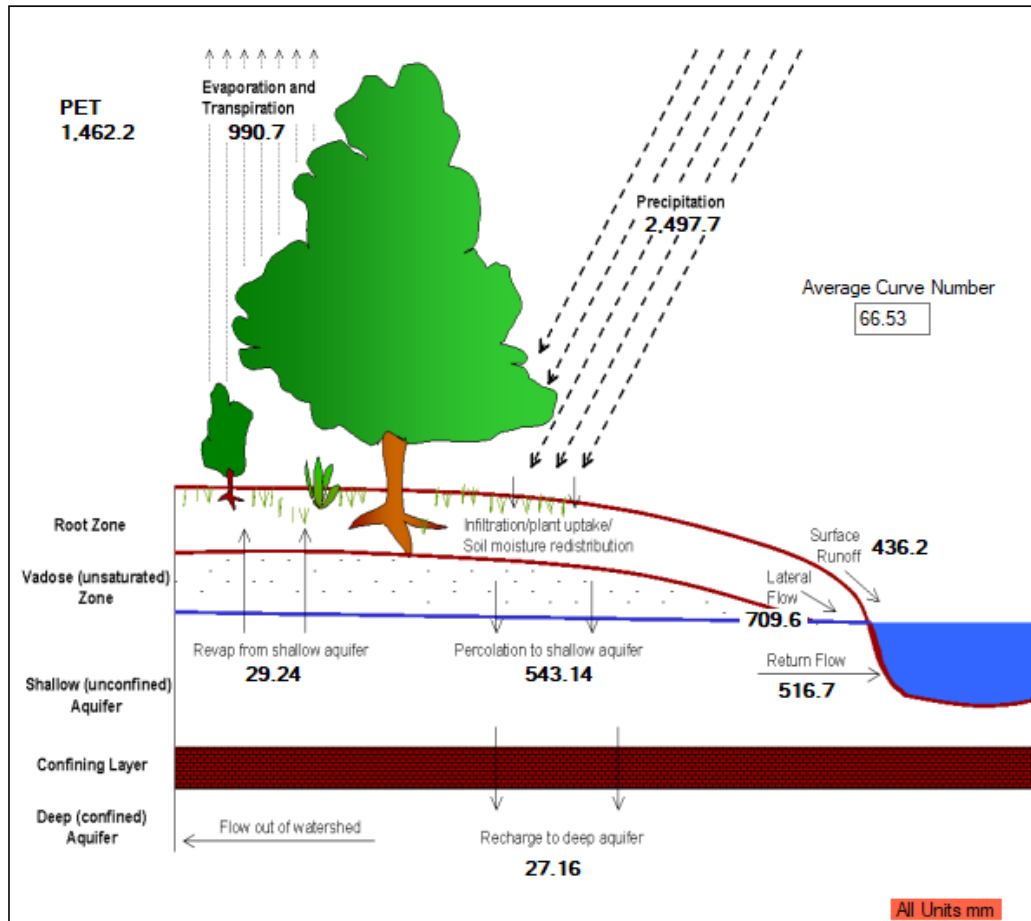
Gambar 5 (a) Hidrograf Aliran Simulasi Setelah Validasi dan Hidrograf Aliran Observasi; (b) Scatter Plot Debit Aliran Simulasi Model dan Debit Aliran Observasi Setelah Validasi (1 Januari – 31 Desember 2013)

Hasil Analisis Neraca Air Model SWAT

Hasil simulasi pada Gambar 6 menunjukkan neraca air hasil simulasi dari model SWAT dengan kondisi eksisting (skenario 1). Selanjutnya hasil analisis neraca air model SWAT dengan skenario 1, 2 dan 3 terdapat pada tabel 5.

Pada penerapan skenario 1-3, respon hidrologi yang dihasilkan pun beragam (Tabel 5). Dari skenario 1, penggunaan lahan eksisting DAS Cisangkuy menghasilkan aliran permukaan sebesar

436,20 mm, aliran lateral sebesar 709,60 mm, aliran dasar sebesar 516,70 mm dan *water yield* 1222,62 mm. Penerapan skenario 2, menghasilkan penurunan aliran permukaan sebesar 11,6 mm, kenaikan aliran dasar 5,26 mm, aliran lateral 21,82 mm dan *water yield* 25,57 mm. Pada penggunaan lahan eksisting masih didominasi dengan areal permukiman dan industri tetapi dengan skenario kedua dan ketiga ada peningkatan areal hutan dan luas areal daerah resapan sehingga aliran permukaan berkurang



Gambar 6 Neraca Air di DAS Cisangkuy Tahun 2017 (Skenario 1)

Tabel 5 Respon hidrologi pada berbagai skenario

Skenario	Respon Hidrologi			
	Aliran Permukaan (mm)	Aliran Lateral (mm)	Aliran Dasar (mm)	Water Yield (mm)
1	436,20	709,60	516,70	1222,62
2	424,64	731,42	521,96	1248,19
3	302,94	766,92	546,68	1215,26

Dampak dari perubahan penggunaan lahan di DAS Cisangkuy juga mempengaruhi nilai koefisien aliran tahunan (KAT). Koefisien aliran tahunan menunjukkan perbandingan antara debit aliran permukaan dengan jumlah curah hujan tahunan. Penggunaan lahan yang sesuai kaidah konservasi tanah dan air akan menghasilkan nilai KAT rendah, sedangkan penggunaan lahan yang telah mengalami degradasi lahan akan menyebabkan nilai KAT semakin tinggi. Nilai KAT rendah menunjukkan kondisi biofisik DAS dalam kategori masih baik, dan apabila nilai KAT nya tinggi maka kondisi biofisik DAS dinyatakan rusak, akibatnya sebagian besar air hujan mengalir menjadi aliran permukaan.

Koefisien aliran tahunan ini digunakan sebagai salah satu indikator dalam menentukan tingkat gangguan kondisi biofisik yang telah terjadi saat ini.

Tabel 6 Klasifikasi nilai KAT

No.	Nilai KAT	Klasifikasi
1	< 0,2	Sangat rendah
2	0,2 < KRS < 0,3	Rendah
3	0,3 < KRS < 0,4	Sedang
4	0,4 < KRS < 0,5	Tinggi
5	> 0,5	Sangat tinggi

Sumber. Permenhut No.61 Tahun 2014

Hasil penelitian ini menunjukkan kondisi DAS Cisangkuy hingga tahun 2017 telah mengalami degradasi lahan dengan klasifikasi sedang dengan nilai koefisien aliran tahunan 0,38 (Tabel 7), hal ini menunjukkan bahwa 38% air potensial dari total curah hujan tidak dapat terinfiltrasi sehingga menjadi aliran permukaan yang mengalir langsung ke sungai dan terbuang ke laut, akibatnya kelebihan air di musim hujan dan kekeringan saat musim kemarau.

Analisis Kebutuhan Air

Hasil proyeksi kebutuhan dan ketersediaan air untuk beberapa tahun kedepan menunjukkan bahwa pada tahun 2037, permintaan kebutuhan air mengalami peningkatan menjadi 865.802.252 m³,

sedangkan hasil prediksi air yang tersedia sebesar 504.635.094 m³ sehingga akan mengalami defisit air sebesar 361.167.158 m³. Defisit ketersediaan air ini membuktikan DAS Cisangkuy tidak dapat lagi berperan sebagai penyedia air baku utama di wilayah Kabupaten Bandung, hal ini akibat permintaan kebutuhan air setiap tahun mengalami peningkatan, sedangkan air yang tersedia semakin menurun, sehingga perlu adanya upaya konservasi sumberdaya air di DAS Cisangkuy, disamping perlu nya sumber air baku lain agar kebutuhan air masyarakat dan pengguna air lainnya dapat terpenuhi untuk jangka panjang dan berkesinambungan. Jumlah ketersediaan dan kebutuhan air hasil prediksi secara rinci dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 7 Nilai dan klasifikasi KAT pada berbagai skenario

Skenario	Curah Hujan (mm)	Aliran Permukaan (mm)	Koefisien Aliran Tahunan (KAT)	Klasifikasi
1	2497,7	1145,80	0,38	Sedang
2	2497,7	1156,06	0.37	Sedang
3	2497,7	1069,86	0.28	Rendah

Tabel 8 Proyeksi ketersediaan dan kebutuhan air DAS Cisangkuy

Tahun	Ketersediaan (m ³)	Kebutuhan (m ³)	Selisih (m ³)	Ket
2037	504.635.094	865.802.252	(361,167,158)	Defisit
Perbaikan	528.798.923	592.783.327	(63,984,404)	Defisit

Arahan penggunaan lahan

Dari hasil penelitian dengan model SWAT terjadi nilai koefisien aliran tahunan dengan klasifikasi beragam pada sub basin DAS Cisangkuy. Pada Tabel 9 terlihat bahwa sub basin 6, 8, 9, dan 13 perlu diwaspadai karena masuk ke dalam kategori nilai KAT tinggi. Tingginya nilai KAT disebabkan berkurangnya luas tutupan lahan bervegetasi yang beralih fungsi menjadi hutan tanaman dan lahan persawahan. Faktor utama yang mempengaruhi nilai KAT adalah laju infiltrasi tanah, tanaman penutup tanah dan intensitas hujan (Arsyad 2010).

Perencanaan penggunaan lahan yang dapat dilakukan terhadap sub basin DAS Cisangkuy

khususnya dengan klasifikasi KAT tinggi tersebut dapat dilakukan dengan beberapa cara antara lain:

Peningkatan luas lahan pertanian lahan kering campur yang dapat diterapkan pada kemiringan lereng 25% menggunakan metode agroforestry; menerapkan teknik konservasi tanah dan air secara vegetatif dengan melakukan reboisasi pada lahan hutan tanaman dengan kemiringan lereng lebih dari sama dengan 40%; penggunaan lahan pada kawasan permukiman dengan kemiringan lereng 0-8% dan 8-15% dilakukan penerapan sumur resapan serta penerapan terasering pada lahan sawah dengan kemiringan lereng 25-40%.

Tabel 9 Nilai KAT pada Sub basin

Subbasin	Curah Hujan (mm)	Aliran Permukaan (mm)	Aliran Lateral (mm)	DRO (mm)	KAT
1	2348.3	303.3	394.3	697.6	0.30
2	2348.3	260.6	407.6	668.2	0.28
3	2348.3	211.0	605.3	816.3	0.35
4	2348.3	138.9	736.7	875.7	0.37
5	2348.3	135.1	728.8	863.9	0.37
6	2150.0	192.4	777.0	969.5	0.45
7	2150.0	148.4	708.9	857.3	0.40
8	2150.0	182.1	719.3	901.3	0.42
9	2150.0	34.0	1042.7	1076.6	0.50
10	2150.0	289.0	539.9	828.9	0.39
11	2150.0	228.2	542.1	770.4	0.36
12	2150.0	225.8	551.4	777.2	0.36
13	2150.0	107.1	788.6	895.8	0.42
14	2150.0	276.9	380.1	657.0	0.31
15	2150.0	131.3	730.7	862.0	0.40
16	2150.0	336.5	385.2	721.6	0.34

KESIMPULAN

Penggunaan lahan di DAS Cisangkuy dari tahun 2007-2017 telah mengalami perubahan fungsi, yaitu terjadinya penurunan luas lahan belukar sebesar 94,7%, pertanian lahan kering campur sebesar 52,5%, hutan lahan kering primer sebesar 36,5%, pertanian lahan kering 15,5%, dan sawah 12,2%.

Potensi ketersediaan air permukaan di DAS Cisangkuy dengan skenario perbaikan kondisi eksisting adalah sebesar 528.798.923 m³ dan total kebutuhan air sebanyak 592.783.327 m³, sehingga terdapat kekurangan air baku sebesar 63.984.404 m³.

Skenario Penerapan RTRW Kabupaten Bandung tahun 2016 – 2036 menghasilkan penurunan aliran permukaan sebesar 2,65% sedangkan dengan menggunakan skenario perbaikan terjadi penurunan sebesar 30,55%. Dengan demikian, untuk mencapai respon hidrologi terbaik dapat dilakukan dengan memperbaiki kondisi eksisting melalui penerapan kawasan

hutan, agroforestri dan sumur resapan pada daerah permukiman.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Bappeda Kabupaten Bandung serta Balai Hidrologi dan Lingkungan Keairan, Direktorat Bina Teknik SDA, Direktorat Jenderal SDA, Kementerian PUPR untuk dukungan data yang sangat membantu dalam penelitian ini. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada semua pihak atas saran dan masukannya selama penelitian dilaksanakan.

DAFTAR PUSTAKA

Arnold JG, Kiniry JR, Srinivasan R, Williams JR, Haney EB, Neitsch SL. 2011. *Soil and Water Assessment Tool : Input/Output File Documentation Version 2009*. Agricultural Research Service and Texas AgriLife Research.

- Arsyad S. 2010. *Konservasi Tanah dan Air*. Bogor (ID): IPB Pr.
- Asdak C. 2014. *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Yogyakarta (ID): Gajah Mada University Pr.
- Badan Perencanaan Pembangunan Daerah Kabupaten Bandung. 2016. *Peraturan Kabupaten Bandung Nomor 27 Tahun 2016 Tentang Rencana Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten Bandung Tahun 2016-2036*, Bandung (ID): Bappeda Kabupaten Bandung.
- [BPS Jawa Barat]. Badan Pusat Statistika Jawa Barat. 2007. *Jawa Barat Dalam Angka 2007*. Bandung (ID): BPS Jawa Barat.
- [BPS Jawa Barat]. Badan Pusat Statistika Jawa Barat. 2012. *Jawa Barat Dalam Angka 2012*. Bandung (ID): BPS Jawa Barat.
- [BPS Jawa Barat]. Badan Pusat Statistika Jawa Barat. 2017. *Jawa Barat Dalam Angka 2017*. Bandung (ID): BPS Jawa Barat.
- Kusumawardani M. 2017. *Analisis Respon Hidrologi dan Kualitas Air DAS Cisangkuy*. [Tesis]. Bogor (ID) : Institut Pertanian Bogor.
- Kusumawardani M, Y Hidayat, Kuku M. 2018. *Analisis Respon Hidrologi dan Kualitas Air DAS Cisangkuy*. *Jurnal Ilmu Tanah dan Lingkungan* 20 (2) : 49-56.
- Muis BA. 2017. *Model perencanaan Penggunaan Lahan Untuk Konservasi Sumber Daya Air DAS Krueng Aceh*. [Disertasi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Nash JE., Sutcliffe JV. 1970. *River Flow Forecasting Through Conceptual Models Part I – Discussion of Principles*. *Journal of Hydrology*, 10 (3): 282-190.
- Neitsch SL, Arnold JG, Kiniry JR, Williams JR. 2005. *Soil and Water Assessment Tool : Theoretical Documentation Version 2005*. Agricultural Research Service and Texas Agricultural Experiment Station.
- Kementerian kehutanan. 2014. *Peraturan Menteri Kehutanan Republik Indonesia Nomor: P.61/Menhut-II/2014 Tentang Monitoring dan Evaluasi Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Sekretariat Kementerian Kehutanan. Jakarta.
- Prastowo. 2010. *Daya Dukung lingkungan Aspek Sumberdaya Air*. Working Paper P4W. Bogor (ID) : Crestpent Press.
- Sadhyavetri A, Sutikno S, Iqbal M. 2015. *Analisis Pengaruh Perubahan Tata Guna Lahan Terhadap Ketersediaan Air di DAS Siak, Provinsi Riau*. *Jurnal Teknik Sipil* 13(2): 146-157.
- Sarminingsih A. 2007. *Evaluasi kekritisn lahan daerah aliran sungai (DAS) dan mendesaknya langkah-langkah konservasi air*. *Jurnal Presipitasi*. 2(1).
- Standar Nasional Indonesia. 2002. *Penyusunan Neraca Sumber Daya Air Bagian 1: Sumber daya air spasial*. Badan Standardisasi Nasional. Jakarta (ID): SNI 19-6728.1-2002.
- Subarna D. 2015. *Strategi Konservasi Pengelolaan Daerah Aliran Sungai Berbasis Variabilitas Iklim di DAS Cisangkuy Citarum Hulu*. [Disertasi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Suriadikusumah, A. dan G. Herdiansyah. 2014. *Dampak beberapa penggunaan lahan terhadap erosi dan tingkat bahaya erosi di Sub-DAS Cisangkuy*. *J. Agrin.*, 18:1-20.