

jTEP

JURNAL KETEKNIKAN PERTANIAN

P-ISSN No. 2407-0475 E-ISSN No. 2338-8439

Vol. 7, No. 1, April 2019



Publikasi Resmi
Perhimpunan Teknik Pertanian Indonesia
(Indonesian Society of Agricultural Engineering)
bekerjasama dengan
Departemen Teknik Mesin dan Biosistem - FATETA
Institut Pertanian Bogor



Jurnal Keteknikan Pertanian (JTEP) terakreditasi berdasarkan SK Dirjen Penguatan Riset dan Pengembangan Kementerian Ristek Dikti Nomor I/E/KPT/2015 tanggal 21 September 2015. Selain itu, JTEP juga telah terdaftar pada Crossref dan telah memiliki Digital Object Identifier (DOI) dan telah terindeks pada ISJD, IPI, Google Scholar dan DOAJ. JTEP terbit tiga kali setahun yaitu bulan April, Agustus dan Desember, berisi 15 naskah untuk setiap nomornya baik dalam edisi cetak maupun edisi online. Mulai edisi ini ada perubahan dan penambahan anggota Dewan Redaksi jurnal berdasarkan SK Nomor 01/ KEP/KP/I/2019 yang dimaksudkan untuk meningkatkan pelayanan dan pengelolaan naskah sehingga penerbitannya tepat waktu. Jurnal berkala ilmiah ini berkiprah dalam pengembangan ilmu keteknikan untuk pertanian tropika dan lingkungan hayati. Penulis makalah tidak dibatasi pada anggota **PERTETA** tetapi terbuka bagi masyarakat umum. Lingkup makalah, antara lain meliputi teknik sumberdaya lahan dan air, alat dan mesin budidaya pertanian, lingkungan dan bangunan pertanian, energi alternatif dan elektrifikasi, ergonomika dan elektronika pertanian, teknik pengolahan pangan dan hasil pertanian, manajemen dan sistem informasi pertanian. Makalah dikelompokkan dalam **invited paper** yang menyajikan isu aktual nasional dan internasional, **review** perkembangan penelitian, atau penerapan ilmu dan teknologi, **technical paper** hasil penelitian, penerapan, atau diseminasi, serta **research methodology** berkaitan pengembangan modul, metode, prosedur, program aplikasi, dan lain sebagainya. Penulisan naskah harus mengikuti panduan penulisan seperti tercantum pada website dan naskah dikirim secara elektronik (*online submission*) melalui <http://journal.ipb.ac.id/index.php/jtep>.

Penanggungjawab:

Ketua Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi
Pertanian, IPB Ketua Perhimpunan Teknik Pertanian Indonesia

Dewan Redaksi:

Ketua : Yohanes Aris Purwanto (Scopus ID: 6506369700, IPB University)
Anggota : Abdul Hamid Adom (Scopus ID: 6506600412, University Malaysia Perlis)
(*editorial board*) Addy Wahyudie (Scopus ID: 35306119500, United Arab Emirates University)
Budi Indra Setiawan (Scopus ID: 55574122266, IPB University)
Balasuriya M.S. Jinendra (Scopus ID: 30467710700, University of Ruhuna)
Bambang Purwantana (Scopus ID: 6506901423, Universitas Gadjah Mada)
Bambang Susilo (Scopus ID: 54418036400, Universitas Brawijaya)
Daniel Saputera (Scopus ID: 6507392012, Universitas Sriwijaya)
Han Shuqing (Scopus ID: 55039915600, China Agricultural University)
Hiroshi Shimizu (Scopus ID: 7404366016, Kyoto University)
I Made Anom Sutrisna Wijaya (Scopus ID: 56530783200, Universitas Udayana)
Agus Arif Munawar (Scopus ID: 56515099300, Universitas Syahkuala)
Armansyah H. Tambunan (Scopus ID: 57196349366, IPB University)
Kudang Boro Seminar (Scopus ID: 54897890200, IPB University)
M. Rahman (Scopus ID: 7404134933, Bangladesh Agricultural University)
Machmud Achmad (Scopus ID: 57191342583, Universitas Hasanuddin)
Muhammad Makky (Scopus ID: 55630259900, Universitas Andalas)
Muhammad Yulianto (Scopus ID: 54407688300, IPB University & Waseda University)
Nanik Purwanti ((Scopus ID: 23101232200, IPB University & Teagasc
Food Research Center Irlandia)
Pastor P. Garcia (Scopus ID: 57188872339, Visayas State University)
Rosnah Shamsudin (Scopus ID: 6507783529, Universitas Putra Malaysia)
Salengke (Scopus ID: 6507093353, Universitas Hasanuddin)
Sate Sampattagul (Scopus ID: 7801640861, Chiang Mai University)
Subramaniam Sathivel (Scopus ID: 6602242315, Louisiana State University)
Shinichiro Kuroki (Scopus ID: 57052393500, Kobe University)
Siswoyo Soekarno (Scopus ID: 57200222075, Universitas Jember)
Tetsuya Araki (Scopus ID: 55628028600, The University of Tokyo)
Tusan Park (Scopus ID: 57202780408, Kyungpook National University)

Redaksi Pelaksana:

Ketua : Usman Ahmad (Scopus ID: 55947981500, Institut Pertanian Bogor)
Sekretaris : Lenny Saulia (Scopus ID: 16744818700, Institut Pertanian Bogor)
Bendahara : Dyah Wulandani (Scopus ID: 1883926600, IPB University)
Anggota : Satyanto Krido Saptomo (Scopus ID: 6507219391, IPB University)
Slamet Widodo (Scopus ID: 22636442900, IPB University)
Liyantono (Scopus ID: 54906200300, IPB University)
Leopold Oscar Nelwan (Scopus ID: 56088768900, IPB University)
I Wayan Astika (Scopus ID: 43461110500, Institut Pertanian Bogor)
Agus Ghautsun Niam (Scopus ID: 57205687481, IPB University)
Administrasi : Diana Nursolehat (Institut Pertanian Bogor)

Penerbit: Perhimpunan Teknik Pertanian Indonesia (PERTETA) bekerjasama dengan Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Institut Pertanian Bogor.

Alamat: Jurnal Keteknikan Pertanian, Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Kampus Institut Pertanian Bogor, Bogor 16680. Telp. 0251-8624 503, Fax 0251-8623 026, E-mail: jtep@ipb.ac.id atau jurnaltep@yahoo.com Website: web.ipb.ac.id/~jtep atau <http://journal.ipb.ac.id/index.php/jtep>

Rekening: BRI, KCP-IPB, No.0595-01-003461-50-9 a/n: Jurnal Keteknikan Pertanian

Percetakan: PT. Binakerta Makmur Saputra, Jakarta

Ucapan Terima Kasih

Redaksi Jurnal Keteknikan Pertanian mengucapkan terima kasih kepada para Mitra Bebestari yang telah menelaah (*me-review*) Naskah pada penerbitan Vol. 7 No. 1 April 2019. Ucapan terima kasih disampaikan kepada: Prof.Dr.Ir. Bambang Purwantana, M.Agr (Departemen Teknik Pertanian dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Gadjah Mada), Prof.Dr.Ir. Daniel Saputra, MS (Fakultas Pertanian, Universitas Sriwijaya), Prof.Dr.Ir. Slamet Budijanto, M.Agr (Departemen Ilmu dan Teknologi Pangan, Fakultas Teknologi Pertanian, Instiut Pertanian Bogor), Dr.Ir. Edward Saleh, MS (Fakultas Pertanian, Universitas Sriwijaya), Dr. Bambang Haryanto, MS. (Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi), Dr.Ir. Hermantoro, MS. (INSTIPERYogyakarta), Dr.Ir. I Wayan Astika, MS (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Instiut Pertanian Bogor), Dr.Ir. Lenny Saulia, STP, M.Si (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Instiut Pertanian Bogor), Dr.Ir. I Wayan Budiastra, M.Agr (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Instiut Pertanian Bogor), Dr.Ir. Gatot Pramuhadi, M.Si (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Instiut Pertanian Bogor), Dr. Satyanto Krido Saptomo, STP, M.Si (Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Fakultas Teknologi Pertanian, Instiut Pertanian Bogor), Dr.Ir. Yuli Suharnoto, M.Eng (Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Fakultas Teknologi Pertanian, Instiut Pertanian Bogor), Dr.Ir. Roh Santoso Budi Waspodo, MT (Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Fakultas Teknologi Pertanian, Instiut Pertanian Bogor), Dr.Ir. Arief Sabdoyuwono, M.Sc (Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Fakultas Teknologi Pertanian, Instiut Pertanian Bogor), Dr. Radi, STP, M.Eng. (Departemen Teknik Pertanian dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Gadjah Mada), Andri Prima Nugroho, STP, M.Sc, Ph.D. (Departemen Teknik Pertanian dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Gadjah Mada), Dr. Sri Rahayoe, STP, MP. (Departemen Teknik Pertanian dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Gadjah Mada), Diding Suhandy, STP, M.Agr, Ph.D (Jurusan Teknik Pertanian. Universitas Lampung), Eni Sumarni, STP, M.Si (Fakultas Pertanian, Universitas Jenderal Soedirman), Dr. Noor Roufiq Ahmadi, STP, MP (Pusat Penelitian dan Pengembangan Hortikultura), Dr. Kurniawan Yuniarto, STP, MP (Fakultas Teknologi Pangan dan Agroindustri Universitas Mataram), Dr. Andasuryani, STP, M.Si (Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Andalas), Moh. Agita Tjandra, M.Sc, Ph.D (Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Andalas).

Technical Paper

**Penggunaan *Tank Model* Untuk Mempelajari
Tindakan Konservasi Air dan Hubungannya Dengan Debit Sungai
di Sub Das Ciliwung Hulu-Ciliwung**

Strategy of Conservation In Upstream Watershed Based On Tank Model Analysis

Haris Sofyan Hendriyanto, Direktorat Jenderal Pengendalian Daerah Aliran Sungai dan Hutan Lindung,
Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan.

Program Studi Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan, Institut Pertanian Bogor.

Email: haris_sofyan@yahoo.com

Moh. Yanuar Jarwadi Purwanto, Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Pertanian Bogor.

Email Yanuar.tta@gmail.com

Yudi Setiawan, Departemen Konservasi Sumberdaya Hutan dan Ekowisata, Institut Pertanian Bogor.

Email: setiawan.yudi@gmail.com

Abstract

The damage of upstream watershed area caused by development and changes in land use. If it left unchecked can lead to unsustain of river discharge. As with sub watershed Ciliwung Hulu are in the critical category because it has maximum minimum ratio of discharge as a coefficient of river regime (CRR) reach to 132.72. This study adopt Tank model to estimateriver discharge daily. The validation using rainfall, evapotranspiration and discharge data in 2014 showed R^2 values is 0.822 and validation results showed R^2 value is 0.833. Simulation of the tank model shown CRR value sub watersheds Ciliwung Hulu as 135.72. Some conservation scenarios applied to the model parameter got the CRR of 87.77. Conservation was done by the addition of 10% of settlement area as green open space to the forest and as recharging wells in settlement area. This CRR value is lower than 120 indicate discharge fluctuation of watershed is properly.

Keywords: *Upstream watershed, Tank Model, water conservation*

Abstrak

Kerusakan wilayah DAS Hulu diakibatkan oleh adanya pembangunan di sekitar wilayah DAS dan terjadinya perubahan fungsi lahan. Jika tidak terkendali dapat mengakibatkan regim sungai melebihi batas kritis DAS. Seperti halnya Sub DAS Ciliwung Hulu yang merupakan wilayah penelitian ini, berada pada kategori buruk karena memiliki koefisien regim sungai (KRS) sebesar 132.72. Oleh karena itu, diperlukan upaya konservasi untuk meminimalisir kerusakan hidrologi di wilayah ini. Sebagai upaya memperbaiki DAS tersebut, digunakan *Tank Model*, untuk menggambarkan mencari parameter hidrologi yang dapat diintervensi pada modelnya. Hasil kalibrasi *Tank Model* menggunakan data tahun 2009 diperoleh nilai R^2 sebesar 0.822 dan hasil validasi menunjukkan nilai R^2 sebesar 0.833. Hasil simulasi *tank model* menunjukkan nilai KRS Sub DAS Ciliwung Hulu sebesar 135.72. Simulasi model dengan scenario tindakan konservasi air yang dilakukan berupa penambahan areal hutan sebesar 10% dari wilayah pemukiman dan pembuatan sumur resapan di wilayah pemukiman menunjukkan adanya penurunan nilai KRS hingga menjadi 87.77. Nilai ini menunjukkan bahwa kondisi hidrologi wilayah penelitian berada pada kategori sedang (<120).

Kata Kunci: DAS Hulu, *Tank Model*, strategi konservasi

Diterima: 16 Agustus 2018; Disetujui: 12 November 2018

Latar Belakang

Bagian hulu sungai yang seyogyanya merupakan daerah yang berfungsi sebagai kawasan resapan air namun di beberapa negara telah terjadi banyak kerusakan yang parah. Eksploitasi berlebihan oleh aktivitas manusia, serta konsumsi air di sekitar kawasan hulu telah meningkat drastis akibat komersialisasi terhadap sumber daya air sehingga mengakibatkan penyusutan terhadap kawasan resapan, kekurangan air, erosi tanah, anomali iklim dan bencana alam lainnya (Ouyang et al. 2011). Sebagai contoh, penelitian yang dilakukan oleh Wang et al (2015), menemukan bahwa di hulu Sungai Yangtze (UYR) telah mengalami tantangan dalam pengelolaan sumber daya air. Perubahan dalam ketersediaan air memiliki dampak besar pada sebagian besar aspek sosial, terutama untuk pertanian, industri, dan persediaan air domestik. Hal ini tentu saja sangat bertentangan dengan arti penting DAS Hulu yang merupakan sumber utama layanan jasa ekosistem dan memainkan peranan penting untuk penyimpanan air guna mencegah banjir di wilayah hilirnya (Suwarno, 2011).

Di Indonesia, DAS Ciliwung Hulu termasuk ke dalam DAS yang banyak mendapatkan perhatian karena ada kecenderungan di bagian hilirnya, yaitu Jakarta, sering mengalami kejadian banjir serta di dibagian hulunya mengalami kekeringan pada musim kemarau. Hal ini dapat terjadi sebagai dampak negatif dari pembangunan yang terjadi di DAS Ciliwung Hulu yang berlangsung dengan sangat cepat. Kawasan DAS Ciliwung Hulu semestinya berperan sangat penting sebagai daerah pelindung dan penyangga bagi wilayah tengah dan hilir DAS, sehingga apabila terjadi perubahan pada sistemnya maka akan mempengaruhi seluruh sistem DAS Ciliwung. Perkembangan wisata dan pemukiman di bagian hulu DAS Ciliwung memperlihatkan terjadinya peningkatan limpasan langsung sehingga menyebabkan terjadinya nilai perbandingan debit *maximum* dan *minimum* menjadi sangat besar. Menurut pedoman penentuan DAS kritis kementerian kehutanan nilai perbandingan ini dinyatakan sebagai nilai koefisien rezim sungai yang disingkat dengan KRS.

Adanya perubahan tutupan lahan memberikan implikasi terhadap perubahan tata air di dalam suatu DAS dapat dianalisa dengan parameter model debit sungai. Sebagai salah satu model untuk menganalisis parameter tersebut dapat menggunakan *Tank Model* yang merupakan salah satu model hidrologi yang dapat menggambarkan estimasi debit sungai suatu DAS (Nurroh & Arifjaya, 2015). Model tanki telah digunakan luas pada berbagai DAS seperti DAS Cidanau (Harmailis, 2001) dan DAS Konawe (Surya, 2014) untuk memodelkan debit harian selama 1 tahun. Berdasarkan debit harian dapat diketahui koefisien regime sungai, sehingga model tanki ini digunakan sebagai alat

analisis dalam penelitian ini. Oleh karena itu, tujuan dari penelitian ini adalah menerapkan model tanki untuk mengetahui pengaruh tindakan konservasi terhadap debit sungai di Sub DAS Ciliwung Hulu.

Bahan dan Metode

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Oktober 2016 hingga Januari 2017, pada daerah tangkapan air (DTA) SPAS sub DAS Ciliwung hulu. Koordinat peralatan SPAS di Sub DAS Ciliwung Hulu 106.97077917 BT dan 6.69486126 LS dengan luas DTA sebesar 158.58 Ha dengan panjang sungai utama 3,317.528 m. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu Peta DTA SPAS Ciliwung Hulu, Peta penggunaan lahan tahun 2009 dan 2014, data iklim tahun 2009 dan 2014, dan Data curah hujan serta debit sungai tahun 2009 dan 2014. Alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu Perangkat keras komputer, perangkat lunak ArcMap 10.3 untuk menganalisis kondisi eksisting penggunaan lahan di lokasi penelitian, *Microsoft Excel* dan GPS untuk menentukan koordinat titik sampel penelitian.

Analisis Koefisien Regim Sungai (KRS)

Koefisien regim sungai (KRS) dihitung dengan membandingkan antara debit harian rata-rata maksimum dan debit harian rata-rata minimum (Q_{maks}/Q_{min}). Makin kecil harga KRS berarti makin baik kondisi hidrologis suatu DAS (Suripin, 2001). Untuk menentukan Koefisien Regime Sungai dapat dirumuskan sebagai berikut (Permenhut Nomor 61 Menhut-II/2014/):

$$KRS = \frac{Q_{maks}}{Q_{min}} \quad (1)$$

Dengan kategori $KRS < 50$ baik, $KRS = 50 - 120$ sedang, dan $KRS > 120$ buruk.

Aplikasi Model Tangki

Model tangki terdiri dari empat buah tangki yang disusun secara vertikal (seri). Tangki paling atas mempresentasikan neraca air pada daerah perakaran. Total *Run Off* adalah penjumlahan nilai *Run Off* dari ke empat tangki tersebut. Dalam model tangki ini, keluaran dari tangki pertama menggambarkan limpasan permukaan, keluaran dari tangki kedua menggambarkan aliran antara, dan keluaran dari tangki ketiga dan keempat menggambarkan aliran dasar. (Surya, 2014). Prosedur pendugaan debit sungai dilakukan dengan menggunakan bantuan program komputer *Microsoft Excel* dan selanjutnya dilakukan Kalibrasi dan Uji Keabsahan Model.

Pembuatan program dilakukan dengan menggunakan pemrograman komputer untuk mengetahui total limpasan. Persamaan-persamaan matematik yang merupakan penggambaran limpasan diubah kedalam bahasa pemrograman

komputer. Program yang dibuat digunakan untuk melakukan kalibrasi dan validasi model menggunakan data yang ada. Program ini dibuat pada *worksheet* menggunakan program *Microsoft Office Excell 2007*. Persamaan dasar untuk tangki pertama adalah sebagai berikut (Surya, 2014):

1. Persamaan untuk tangki pertama adalah:

$$xx1(t) = xx1(t-1) + CH - Etc - z1.xx1(t-1) - [(xx1(t) - h11)a11 + (xx1(t) - h12)a12] \quad (2)$$

2. Persamaan untuk tangki kedua adalah:

$$xx2(t) = xx2(t-1) - z2.xx2(t-1) + z1.xx1(t-1) - [(xx2(t) - h2)a2] \quad (3)$$

3. Persamaan untuk tangki ketiga adalah:

$$xx3(t) = xx3(t-1) - z3.xx3(t-1) + z2.xx2(t-1) - [(xx3(t)a3] \quad (4)$$

4. Persamaan untuk tangki keempat adalah:

$$xx4(t) = xx4(t-1) - z3.xx3(t-1) - [(xx4(t)a4] \quad (5)$$

sedangkan debit limpasan dari sungai (Q) dihitung dengan persamaan berikut ini:

$$Q(t) = [(xx1(t) - h11)a11 + (xx1(t) - h12)a12] + [(xx2(t) - h2)a2] + xx3(t).a3 + xx4(t).a4 \quad (6)$$

Dimana:

- xx : Tinggi kandungan air tanah (AT)
- h : Tinggi air tersimpan (tinggi lubang outlet)
- z : Koefisien lubang infiltrasi
- a : Koefisien lubang outlet
- CH : Curah hujan
- Etc : Evapotranspirasi aktual
- t : waktu (hari)
- i : 1, 2, ..., 4

Kalibrasi/Verifikasi *Tank Model*

Kalibrasi model dilakukan dengan membandingkan debit model dengan debit aktual harian. Kalibrasi dilakukan secara berulang-ulang dengan metode *fit and proper* terhadap parameter model sehingga diperoleh nilai debit model yang mendekati debit aktual dengan nilai koefisien determinasi lebih dari 0.8 yang berarti bahwa hasil keluaran model tersebut telah menggambarkan kebenaran lebih dari 80% terhadap debit aktual.

Uji Keabsahan/Validasi *Tank Model*

Validasi model dilakukan dengan melakukan simulasi pendugaan debit dengan menggunakan model yang telah dikalibrasi menggunakan data curah hujan, data debit dan data evapotranspirasi harian dalam proses verifikasi model. Tolak ukur uji keabsahan model didasarkan pada dua hal berikut:

Tabel 1. Luasan DTA SPAS Ciliwung Hulu-Ciliwung berdasarkan Penutupan Lahan

No	Penutupan Lahan (Ciliwung)	Tahun 2015	
		Luas (Ha)	Luas (%)
1	Hutan	36.63	23.10
2	Pemukiman	42.93	27.07
3	Pertanian Lahan Kering	79.02	49.83
Total		158.58	100

1. Penampilan hubungan antara debit model dengan debit aktual secara grafik sehingga dapat ditentukan nilai mutlak maksimum dan minimum dari data yang diperoleh
2. Nilai koefisien determinasi (R²) dihitung dengan persamaan berikut ini:

$$R^2 = 1 - [\sum (y_i - x_i)^2 / \sum (y_i - \bar{y})^2] \quad (3)$$

Dimana:

- y_i : debit aktual ke-i
- x_i : debit model ke-i
- y : rata-rata debit aktual
- l : 1,2,3, ...,

Hasil dan Pembahasan

Keadaan Umum Daerah Penelitian

Outlet SPAS Ciliwung Hulu-Ciliwung terletak di Desa Tugu Utara, Kecamatan Cisarua, Kabupaten Bogor. Ketinggian wilayah DTA SPAS Ciliwung Hulu-Ciliwung yaitu antara 1,050 m sampai dengan 1,725 m di atas permukaan air laut. Luas DTA SPAS Ciliwung Hulu-Ciliwung berdasarkan hasil delinasi peta adalah 155.21 Ha, dengan panjang sungai utama 3,317.528 m. Penutupan lahan pada DTA SPAS Ciliwung Hulu-Ciliwung berdasarkan hasil *groundcek* lapangan terdapat 3 jenis tutupan lahan yaitu hutan, pemukiman dan pertanian lahan kering seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1.

Kondisi topografi wilayah DTA SPAS Ciliwung Hulu-Ciliwung terdiri dari 5 kelas, yaitu 0-8% sebesar 21%, 8-15% sebesar 6%, 15-25% sebesar 25% didominasi oleh kelas kerenggan 25-45% yang mencakup 34% dari luas wilayah DTA, sedang kelerengan >45% hanya sebesar 14%. Jenis tanah di DTA SPAS Ciliwung Hulu-Ciliwung di dominasi jenis Regosol di seluruh wilayah DTA.

Analisis *Tank Model*

Penyusunan *Tank Model* pada wilayah penelitian dibagi kedalam tiga kelompok tangki berdasarkan tutupan lahan tahun 2009. Sebagai data masukan pada *Tank Model* digunakan data curah hujan harian (mm) yang diperoleh dari SPAS yang terpasang pada wilayah penelitian dan hasil perhitungan evapotranspirasi harian (mm) berdasarkan data

iklim yang diperoleh dari stasiun Citeko. Tutupan lahan akan diwakili oleh parameter tangki paling atas berupa aliran permukaan (a) dan infiltrasi/resapan air (z) seperti disajikan pada Tabel 2.

Kondisi Hidrologi

Berdasarkan Laporan Pengelolaan DAS Pada Catchment Area SPAS tahun 2014 oleh BPDAS Citarum-Ciliwung, diketahui bahwa curah hujan yang terjadi selama tahun 2014 adalah sebesar 3850 mm, dengan jumlah hari hujan sebanyak 117 hari. Curah hujan terbesar terjadi pada tanggal 30 September 2014 sebesar 458 mm. Debit aliran maksimal sebesar 424 m³/detik dan debit minimum sebesar 0.32 m³/detik, sehingga diperoleh koefisien regim sungai sebesar 132.7, dimana keadaan ini termasuk dalam kategori buruk (>120).

Kalibrasi Model

Kalibrasi model dilakukan dengan menggunakan data curah hujan dan evapotranspirasi harian pada tahun 2009. Dari hasil kalibrasi diperoleh debit simulasi harian, kemudian kalibrasi dilakukan secara berulang-ulang dengan metode *fit and proper* terhadap parameter model sehingga diperoleh debit simulasi yang mendekati debit aktual. Parameter kalibrasi model mencakup nilai koefisien lubang infiltrasi (Z), nilai tinggi kandungan air tanah (xx), nilai koefisien lubang outlet (a) dan nilai tinggi lubang outlet (h) pada masing-masing tangki. Tiap tangki diwakili oleh masing-masing jenis tutupan lahan, yaitu tangki 1 diwakili oleh hutan, tangki 2 diwakili oleh pemukiman dan tangki 3 diwakili oleh pertanian lahan kering. Setelah dilakukan kalibrasi terhadap *Tank Model*, diperoleh koefisien determinasi R² sebesar 0.822, ini menunjukkan bahwa model ini layak dan dapat digunakan pada tahap selanjutnya. Hasil kalibrasi parameter masing-masing tangki dapat dilihat pada tabel 2 dan grafik hasil kalibrasi *Tank Model* menggunakan data tahun 2009 ditunjukkan pada Gambar 1.

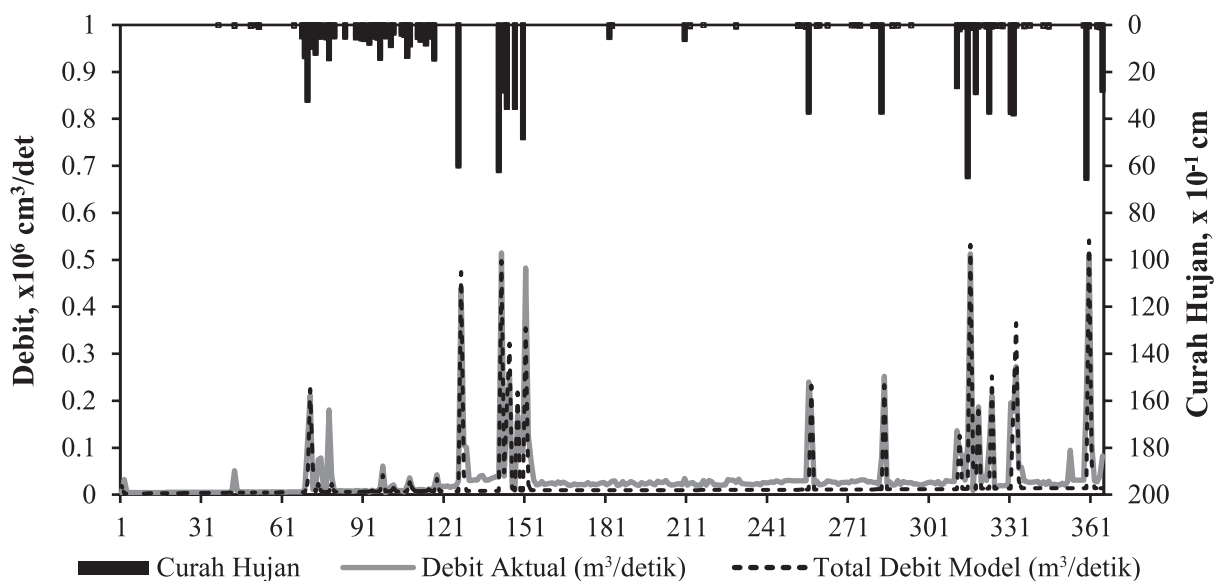
Tabel 2. Nilai Koefisien Z, xx, a, dan h.

Parameter	Tangki		
	1	2	3
xx1	70	40	60
xx2	100	75	100
xx3	130	75	115
xx4	150	120	130
a11	0.30585	0.55830	0.32579
a12	0.16126	0.33788	0.20145
a2	0.00150	0.00392	0.00187
a3	0.00032	0.00047	0.00041
a4	0.00019	0.00356	0.00027
h11	75	60	70
h12	50	30	40
h2	80	70	80
z1	0.1929	0.05280	0.1250
z2	0.0670	0.01590	0.0436
z3	0.0099	0.00798	0.0084

Pengujian Keabsahan/Validasi Model

Validasi model dilakukan dengan simulasi pendugaan debit menggunakan model yang telah dikalibrasi. Dalam keperluan validasi model digunakan data tutupan lahan tahun 2015, curah hujan, evapotranspirasi dan data debit tahun 2014. Berdasarkan analisis perubahan tutupan lahan tahun 2009 dan 2014, diketahui bahwa luas kawasan hutan dan pertanian lahan kering mengalami penurunan pada tahun 2014, yang disebabkan karena meningkatnya jumlah pemukiman di wilayah penelitian pada tahun 2014. Perubahan tutupan lahan tahun 2009 dan 2014 dapat dilihat pada Tabel 3.

Proses validasi *Tank Model* tahun 2014 menggunakan parameter *Tank Model* yang



Tabel 3. Perubahan tutupan lahan DTA SPAS Ciliwung Hulu-Ciliwung tahun 2009–2015.

No	Penutupan Lahan	Tahun			
		2009		2015	
		ha	%	ha	%
1	Hutan	41.85	26.39	36.63	23.10
2	Pertanian Lahan Kering	94.77	59.76	79.02	49.83
3	Pemukiman	21.96	13.85	42.93	27.07
Total		158.58	100	158.58	100

diperoleh dari hasil kalibrasi model tahun 2009. Hasil validasi model menunjukkan nilai koefisien determinasi sebesar 0.833 dan grafik hubungan antara data curah hujan, debit aktual dan debit model tahun 2014 ditunjukkan pada Gambar 2.

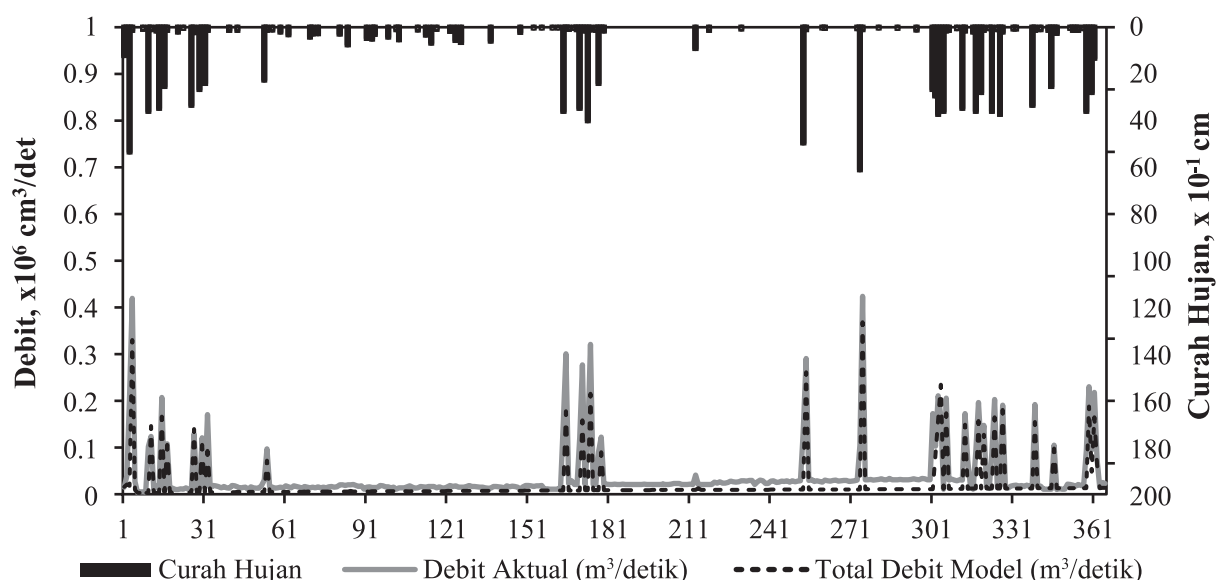
Berdasarkan hasil analisis *Tank Model* dapat diketahui kondisi hidrologi wilayah DTA SPAS Ciliwung Hulu-Ciliwung, seperti nilai debit maksimum diperoleh 368 m³/detik dan debit minimum 27.1 m³/detik, sehingga diperoleh nilai koefisien regim sungai sebesar 135.72. Berdasarkan Permenhut Nomor 61 Menhut-II/2014/ kondisi hidrologi DTA SPAS Ciliwung Hulu-Ciliwung berada pada kategori buruk, oleh karena itu untuk mengatasi kondisi ini maka diperlukan suatu strategi konservasi agar dapat memperbaiki kondisi hidrologi tersebut. Selain itu pula, dapat diketahui nilai dari total limpasan, total infiltrasi dan total kandungan air tanah (KAT) dari masing-masing tutupan lahan seperti yang disajikan pada Tabel 4. Berdasarkan Tabel 4. tersebut diketahui bahwa jenis tutupan lahan pemukiman menjadi penyumbang limpasan terbesar di wilayah ini, sedangkan kondisi infiltrasi dan KATnya cukup rendah. Sebaliknya tutupan

lahan hutan menunjukkan limpasan yang lebih rendah dengan infiltrasi dan KAT yang besar.

Strategi Konservasi berdasarkan Analisis *Tank Model*

Perubahan tutupan lahan akan sangat mempengaruhi keadaan air di suatu DAS. Berdasarkan isu-isu hidrologi yang ada pada dilokasi penelitian, maka dapat dilakukan penilaian dampak perubahan tutupan lahan terhadap neraca air dan fungsi hidrologi melalui pendekatan model dengan cara mengembangkan skenario perubahan penggunaan lahan (Ahmad, 2013). Berdasarkan perubahan tutupan lahan tahun 2009 dan 2015, diketahui bahwa luas kawasan hutan mengalami penurunan, hingga luasannya hanya sebesar 23.10% dari total luasan DTA SPAS Ciliwung Hulu-Ciliwung, dimana beberapa persen dari luasannya berubah menjadi kawasan pemukiman. Hal ini menjadi salah satu penyebab mengapa koefisien regim sungai SPAS Ciliwung Hulu-Ciliwung termasuk dalam kategori buruk. Oleh karena itu dibutuhkan beberapa tindakan konservasi sumber daya air, yang bertujuan untuk mengurangi limpasan permukaan dan memperbesar infiltrasi pada lahan.

Berdasarkan Permen PU No. 05 Tahun 2008, bahwa proporsi 30% penyediaan ruang terbuka hijau pada kawasan perkotaan merupakan ukuran minimal untuk menjadi keseimbangan ekosistem kota, baik keseimbangan sistem hidrologi dan keseimbangan iklim, maupun sistem ekologis lainnya. Tutupan lahan pada wilayah DTA SPAS Ciliwung Hulu-Ciliwung tahun 2015 menunjukkan bahwa luas hutan hanya mencapai 23.10%, Oleh karena itu untuk menambah luasan hutan yang berfungsi sebagai ruang terbuka hijau, maka diperlukan penambahan minimal 10% dari wilayah pemukiman, berupa RTH privat sesuai dengan permen PU tahun 2008. Penambahan luasan RTH

Gambar 2. Hasil Validasi *Tank Model* menggunakan data Tahun 2014.

ini dapat bertujuan untuk meningkatkan infiltrasi pada permukaan tanah di wilayah pemukiman, sehingga diharapkan mampu menurunkan besarnya limpasan permukaan yang terjadi di wilayah pemukiman.

Simulasi model pada beberapa skenario perubahan tutupan lahan dengan menggunakan *Tank Model* bertujuan untuk melihat hubungan antara perubahan tutupan lahan terhadap kondisi hidrologi di wilayah penelitian. Beberapa skenario yang dilakukan yaitu dengan melakukan simulasi konservasi pada wilayah penelitian, yaitu sebagai berikut:

1. Konservasi I : Konservasi yang dilakukan dengan penambahan areal hutan yang berasal dari 10% luasan wilayah pemukiman yang diubah menjadi wilayah RTH Privat
2. Konservasi II : Penambahan areal hutan yang berasal dari 10% luasan wilayah pemukiman yang diubah menjadi wilayah RTH Privat dan melakukan konservasi berbasis teknologi seperti pembuatan sumur resapan.

Berdasarkan analisis pada *Tank Model*, jika 10% dari wilayah permukiman dibuat sebagai RTH privat, yang kemudian luasan 10% ini ditambahkan pada wilayah Hutan, diperoleh bahwa hal ini mampu menurunkan koefisien regim sungai sebesar 5, sehingga diperoleh nilai KRS sebesar 128,89. Walaupun demikian, penambahan 10% RTH privat dari total luasan pemukiman belum mampu meningkatkan luasan hutan menjadi 30% dan merubah status debit sungai menjadi lebih baik ($KRS < 120$), oleh karena itu diperlukan tindakan konservasi berbasis teknologi seperti sumur resapan, yang mampu meningkatkan nilai infiltrasi sehingga mengurangi besarnya limpasan permukaan.

Fungsi lain dari sumur resapan adalah untuk memperbaiki kondisi air tanah atau mendengarkan permukaan air sumur, sehingga diharapkan air hujan lebih banyak diserap ke dalam tanah menjadi air cadangan dalam tanah. (Wahyuningtyas et al, 2011). Tujuan utama dari sumur resapan ini adalah memperbesar masuknya air ke dalam

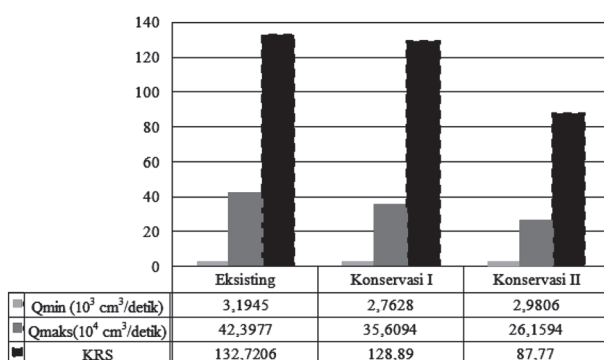
tanah sebagai air resapan (infiltrasi). Pembuatan sumur resapan ini merupakan salah satu upaya menata ruang dengan memberikan tempat yang semestinya bagi air untuk dapat masuk secara maksimal ke dalam tanah melalui proses infiltrasi, dengan demikian kapasitas limpasan (*runoff*) air menjadi minimal dan berdampak pada konservasi air tanah (Kusumadewi et al., 2012). Simulasi konservasi menggunakan sumur resapan dengan asumsi bahwa mampu meningkatkan kapasitas infiltrasi sebesar 50% pada wilayah pemukiman menunjukkan adanya penurunan debit maksimum yang sebelumnya sebesar 424 m³/detik menjadi sebesar 262 m³/detik dan debit minimum menjadi 29.8 m³/detik, dengan demikian terjadi perubahan nilai KRS menjadi 87,77. Nilai ini menunjukkan bahwa kondisi hidrologi wilayah penelitian berada pada kategori sedang (<120). Adapun hasil simulasi penerapan konservasi pada DTA SPAS Ciliwung Hulu ditampilkan pada Gambar 3 berikut ini:

Berdasarkan hasil simulasi konservasi pada *Tank Model* dapat diketahui bahwa semakin banyak upaya konservasi tanah dan air yang diterapkan maka rasio antara debit maksimum dan debit minimum berupa nilai KRS akan semakin semakin kecil, sehingga kondisi hidrologi sub DAS Hulu akan semakin baik.

Simpulan

Hasil kalibrasi *Tank Model* dengan data masukan curah hujan dan evapotranspirasi pada wilayah DTA SPAS Ciliwung Hulu-Ciliwung menggunakan data tahun 2009 menghasilkan nilai koefisien determinasi sebesar 0.822 pada perbandingan debit pengukuran pada SPAS terhadap debit keluaran model. Hasil validasi *Tank Model* menunjukkan hubungan yang kuat antara debit Model terhadap debit pengukuran dengan koefisien determinasi sebesar 0.833. Hasil validasi *Tank Model* digunakan untuk mengetahui strategi tindakan konservasi yang dapat digunakan pada wilayah penelitian, yaitu pembuatan ruang terbuka hijau di wilayah pemukiman sebesar 10%, dimana mampu menurunkan nilai KRS hingga menjadi 128,89. Konservasi berikutnya adalah dengan membuat sumur resapan pada wilayah pemukiman, dimana terjadi penurunan nilai debit maksimum hingga menjadi 262 m³/detik dan debit minimum sebesar 30 m³/detik, sehingga diperoleh nilai KRS berdasarkan analisis *Tank Model* sebesar 87.77. Nilai ini menunjukkan kondisi hidrologi setelah pembuatan RTH 10% dan pembuatan sumur resapan di wilayah pemukiman berada pada kategori sedang. Sehingga, semakin banyak upaya konservasi tanah dan air yang diterapkan maka rasio antara debit maksimum dan debit minimum berupa nilai KRS akan semakin semakin kecil, sehingga kondisi hidrologi sub DAS Hulu akan semakin baik.

Simulasi Strategi Konservasi DTA SPAS Ciliwung Hulu



Gambar 3. Simulasi Strategi Penerapan Konservasi DTA SPAS Ciliwung Hulu.

Daftar Pustaka

- Ahmad, S.W. 2013. Model konservasi sumber daya air pada perkebunan kelapa sawit yang berkelanjutan (Studi kasus: Sub DAS Lalindu, Kabupaten Konawe Utara, Prov. Sultra). (Tesis). Sekolah Pascasarjana, IPB. Bogor.
- Asdak C. 2007. Hidrologi dan pengelolaan daerah aliran sungai. Yogyakarta: Gajah Mada University Press.
- Harmailis, M.A. Dhalhar, dan M. Yanuar, J.P. 2001. Modifikasi Model Tank untuk mempelajari pengaruh perubahan tata guna lahan terhadap limpasan. Buletin keteknik pertanian Vo. 15 No.1.
- Kementerian pekerjaan umum. 2008. Peraturan menteri pekerjaan umum nomor : 05/PRT/M/2008-Pedoman Penyediaan dan pemanfaatan Ruang Terbuka Hijau di perkotaan.
- Kusumadewi, D.A., D. Ludfi, dan Moh. Bisri. 2012. Jurnal Teknik Pengairan Volume 3 (2). 258 – 276.
- Nurroh, Syampadzi dan Arifjaya, N.M. 2015. Aplikasi *Tank Model* dan keseimbangan neraca air studi kasus model das mikro (MDM), Sub Das Cisampora, Das Cimanuk, Kabupaten Majalengka, Provinsi Jawa Barat. Jurnal Tekno Sains Vol 4:132-143.
- Ouyang, N.L., S.L. Lu, B.F. Wu, J.J. Zhu, and H. Wang, 2011. *Wetland Restoration Suitability Evaluation at the Watershed Scale- A Case Study in Upstream of the Yongdinghe River. Procedia Environmental Sciences 10 (2011) 1926 – 193, Published by Elsevier Ltd.*
- Peraturan Menteri Kehutanan Republik Indonesia Nomor : P.61/Menhut-II/2014 tentang monitoring dan evaluasi pengelolaan daerah aliran sungai
- Suripin. 2001. Pelestarian Sumber Daya Tanah dan Air. Yogyakarta: Penerbit ANDI.
- Surya, R.A., M. Yanuar, J. Purwanto, A. Sapei, dan Widiatmaka. 2014. *Tank Model to see the effect of land use changes on runoff, infiltration and groundwater in sub watershed of konawe south east sulawesi indonesia. Journal of Environment and Earth Science www.iiste.org ISSN 2224-3216 (Paper) ISSN 2225-0948 (Online) Vol.4, No.14.*
- Surya, R.A. 2015. Kebijakan Pengelolaan Sumberdaya alam untuk penyediaan air baku berkelanjutan di tingkat kabupaten (Studi Kasus: kabupaten Konawe Provinsi Sulawesi Tenggara). (Tesis). Sekolah Pascasarjana. IPB. Bogor.
- Suwarno, J., H. Kartodihardjo, B. Pramudya, dan S. Rachman. 2011. Pengembangan Kebijakan Pengelolaan Berkelanjutan DAS Ciliwung Hulu Kabupaten Bogor. Jurnal Analisis Kebijakan Kehutanan Vol. 8 No. 2, Agustus 2011:115 – 131.
- Wahyuningtyas, A., H. Septiana, dan R.S. Fauzul. 2011. Strategi penerapan sumur resapan sebagai teknologi ekodrainase di kota Malang (Studi Kasus: Sub DAS Metro). Jurnal Tata Kota dan Daerah Vol 3 No.1.
- Wang, Y., W. Liao, Y. Ding, X. Wang, Y. Jiang, X.n Song, and X. Lei 2015. *Water resource spatiotemporal pattern evaluation of the upstream Yangtze River corresponding to climate changes. Quaternary International xxx (2015) 1-10 Published by Elsevier Ltd.*

Halaman ini sengaja dikosongkan