

DAMPAK PERUBAHAN PENGGUNAAN LAHAN DAN IKLIM MELALUI APLIKASI MODEL SWAT UNTUK MEMPREDIKSI TATA AIR DAS CIMUNTUR, KABUPATEN CIAMIS

Edy Junaidi dan Wuri Handayani

Peneliti Balai Penelitian dan Pengembangan Teknologi Agroforestry

E-mail : edy_jun2003@yahoo.com

ABSTRAK - Berbagai perubahan yang terjadi di Daerah Aliran Sungai, baik perubahan penggunaan lahan dan iklim, akan mempengaruhi perubahan tata air DAS. Model hidrologi dapat digunakan untuk menggambarkan keterkaitan perubahan penggunaan lahan dan perubahan iklim tersebut terhadap tata air DAS. Penelitian ini bertujuan melakukan simulasi dampak perubahan penggunaan lahan dan iklim pada DAS Cimuntur dengan menggunakan model SWAT. Simulasi penggunaan lahan diaplikasikan pada lahan aktual (*existing land use*) dan 2 (dua) skenario perubahan penggunaan lahan yaitu : (1) skenario perubahan penggunaan lahan sesuai Rencana Tata Ruang Wilayah Propinsi (RTRW) Jawa Barat dan (2) skenario perubahan penggunaan lahan sesuai Rencana Teknik Rehabilitasi Hutan dan Lahan (RTLRLKT) DAS Cimanuk Citanduy. Skenario perubahan iklim yang disimulasikan didasarkan pada perubahan iklim SRES (*Special Report on Emission Scenario*) oleh IPPC untuk wilayah Asia Tenggara. Perubahan iklim ini terdiri dari perubahan curah hujan dan temperatur, yaitu : A1F1 (Skenario 1) dan B1 (Skenario 2). Hasil penelitian diketahui skenario perubahan lahan yang didasarkan pada RTRW Propinsi Jawa Barat pada DAS Cimuntur dapat memperbaiki tata air, baik dari segi kualitas dan kuantitas. Sedangkan perubahan iklim melalui perubahan curah hujan dan temperatur, tidak berpengaruh pada tata air DAS

Kata Kunci: perubahan tutupan lahan, perubahan iklim dan tata air DAS

PENDAHULUAN

Daerah Aliran Sungai (DAS) merupakan daerah yang dibatasi oleh punggung bukit yang menampung air hujan dan mengalirkan melalui sungai utama. DAS merupakan daerah tampungan air yang mendukung ketersediaan air di suatu wilayah (Tanika *et al.*, 2013). Segala perubahan yang terjadi pada DAS, baik perubahan penggunaan lahan dan perubahan iklim, akan mempengaruhi pola tata air musiman dan tahunan (Wahyu *et al.*, 2010 dan Ma *et al.*, 2009).

Banyak penelitian yang mengintegrasikan model hidrologi, untuk menilai tata air DAS melalui keterkaitan perubahan penggunaan lahan dan iklim (Junaidi, 2015 dan Tanika *et al.*, 2013). SWAT (*Soil and Water Assessment Tool*) (AAAE 2009) adalah salah satu model hidrologi yang banyak digunakan saat ini. Model SWAT dibangun dan dikembangkan oleh USDA-ARS (*Agricultural Research Services*) dari banyak model hidrologi lebih dari 30 tahun yang telah diaplikasikan

secara luas pada berbagai wilayah, kondisi, aktivitas, waktu, dan skala (Arnold *et al.* 2010, Ying *et al.* 2011, dan Neitsch *et al.* 2005). Model SWAT dapat mengidentifikasi, menilai, dan mengevaluasi tingkat permasalahan suatu DAS dan dapat digunakan sebagai alat untuk memilih tindakan pengelolaan misalnya pemilihan tutupan lahan yang paling optimal (Junaidi dan Tarigan 2012).

Penelitian ini bertujuan mensimulasikan pengaruh perubahan penggunaan lahan dan iklim pada DAS Cimuntur dengan menggunakan model hidrologi SWAT. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan masukan kepada pengambil kebijakan dalam mengelola DAS Cimuntur secara lebih baik, terutama dalam penentuan tutupan lahan yang optimal pada era perubahan iklim saat ini.

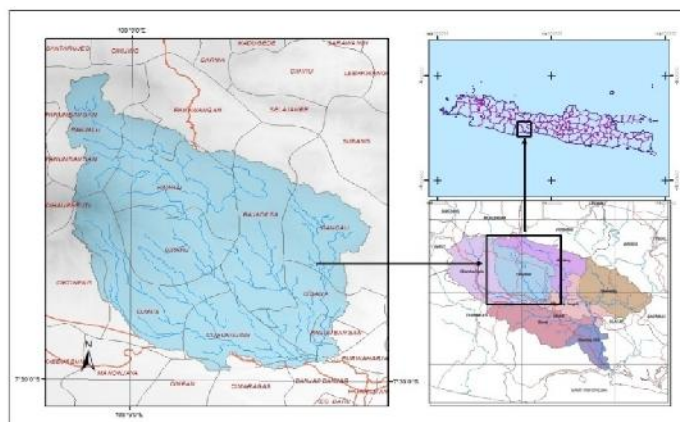
DAS Cimuntur merupakan salah satu sub DAS dari DAS Citanduy. Berdasarkan PP nomor 37 tahun 2012, isu strategis DAS Citanduy merupakan salah satu dari 108 DAS yang dimasukkan ke dalam kriteria DAS yang harus dipulihkan daya dukungnya. DAS Citanduy mempunyai kondisi biofisik serta sosial ekonomi dan budaya yang bervariasi. Keanekaragaman penggunaan lahan di DAS Citanduy menimbulkan dampak terhadap lingkungan tidak selalu positif bahkan menimbulkan permasalahan, dalam arti kerusakan sumberdaya tanah, air dan pencemaran sungai (BP DAS Cimanuk-Citanduy, 2009).

METODE

Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di DAS Cimuntur pada bulan Maret – Agustus 2013. Secara geografis DAS Cimuntur terletak pada koordinat $108^{\circ}17'30''$ - $108^{\circ}34'0''$ BT dan $7^{\circ}8'0''$ - $7^{\circ}19'0''$ LS (Gambar 1.). Secara administratif terletak pada Kabupaten Ciamis yang meliputi 131 desa dalam 18 kecamatan.

Berdasarkan penafsiran Citra Landsat tahun 2009 dan peta topografi skala 1 : 50.000, DAS Cimuntur memiliki luas sebesar 617.78 ha. Terdapat 3 sungai besar di DAS Cimuntur, yaitu Sungai Cimuntur, Sungai Cileueur dan Sungai Ciliung, dengan panjang sungai utama sebesar 2.938,55 m. Nilai kerapatan drainase ($\pm 0,58$), rata-rata lereng (29,38%) dan rata-rata gradien sungai (2,03 %) berada pada kisaran nilai yang tinggi, serta bentuk DAS yang agak bulat.



Gambar 1. Lokasi penelitian DAS Cimuntur

Model SWAT

Model SWAT, merupakan salah satu model hidrologi yang mampu mensimulasi sumberdaya air sebuah DAS, berdasarkan perubahan skenario-skenario yang diinginkan. Model SWAT merupakan model matematik berbasis fisik, yang dirancang sebagai model hidrologi spasial terdistribusi, berdasarkan *hydrologic respon units* (HRUs) yang dibentuk dari kombinasi tataguna lahan, jenis tanah dan topografi (Omani *et al*, 2007). SWAT terintegrasi dengan GIS dan *Digital Elevation Model* (DEM) dengan tampilan antar muka pengguna secara grafis (GUI) (Olivera *et al*, 2006).

Evaluasi operasionalnya berbasis pada skala waktu harian, dan mampu mensimulasi serta menduga dampak kegiatan-kegiatan praktek pengelolaan lahan jangka panjang (Arnold *et al.*, 2010; Douglas-Mankin *et al.*, 2010). Proses hidrologi yang disimulasi oleh model SWAT di antaranya meliputi infiltrasi, aliran bagian permukaan, aliran lateral, evaporasi, transpirasi, pergerakan air tanah dan *routing* perjalanan aliran (Menking *et al.*, 2013). Ada tiga jenis data yang digunakan dalam Model SWAT pada penelitian ini, yaitu data spasial, iklim dan hidrologi (Tabel 1.). Data iklim dan spasial digunakan sebagai input model, sedangkan data hidrologi digunakan untuk proses kalibrasi dan verifikasi model.

Tabel 1. Data spasial, iklim dan hidrologi yang terdapat di DAS Cimuntur

No	Tipe Data	Sumber Data	Keterangan
1	River network map (skala 1 : 50.000)	Bakosurtanal	Peta rupa bumi Indonesia
2	DEM	US Geological Survey	SRTM (<i>Shuttle Radar Topography Mission</i>) untuk Z_59_14.tiff dengan resolusi spasial 90 x 90 m
3	Peta Land use (skala 1 : 250.000)	BP DAS Cimanuk – Citanduy	Klasifikasi citra Landsat TM tahun 2009
4	Peta Tanah (skala 1 : 250.000)	BP DAS Cimanuk-Citanduy	
5	Data curah hujan	Balai Pengelolaan Sumberdaya air Citanduy, Balai besar wilayah sungai Citanduy	7 stasiun penakar curah hujan tahun 2008 dan 2009
6	Data Temperatur	Balai Besar Wilayah sungai Citanduy	3 stasiun temperatur tahun 2008 dan 2009
7	Data Iklim	Balai Besar Wilayah sungai Citanduy	2 stasiun klimatologi selama 5 tahun dari tahun 2005– 2009 (data curah hujan, temperatur, kecepatan angin dan intensitas penyinaran)
8	Data debit sungai	Balai Besar Wilayah sungai Citanduy	SPAS Cisadap pengamatan tahun 2009

Skenario Perubahan Tutupan Lahan

Simulasi tutupan/ penggunaan lahan yang diaplikasikan dalam penelitian ini, meliputi :

- a. Penggunaan lahan aktual (tahun 2009).
- b. Skenario lahan 1, yaitu skenario perubahan penggunaan lahan mengacu pada RTRW (Rencana Tata Ruang Wilayah) propinsi Jawa Barat sampai tahun 2029
- c. Skenario lahan 2, yaitu skenario perubahan penggunaan lahan mengacu pada Rencana Teknik Rehabilitasi Hutan dan Lahan DAS Wilayah kerja BPDAS Cimanuk-Citanduy tahun 2009.

Skenario Perubahan Iklim

Penentuan skenario perubahan iklim (Tabel 2.) yang didasarkan pada perubahan iklim SRES (*Special Report on Emission Scenario*) oleh IPCC untuk wilayah Asia Tenggara adalah A1F1 (skenario iklim 1) dan B1 (skenario iklim 2). Skenario A1F1 merupakan skenario dengan emisi paling tinggi (penggunaan bahan bakar fosil sangat intensif). Skenario B1 merupakan skenario dengan emisi terendah (penggunaan teknologi bersih dan efisien (IPCC, 2007).

Tabel 2. Skenario perubahan iklim

Bulan	Perubahan Temperatur/ T (°C)		Perubahan curah hujan/ P (%)	
	Skenario 1	Skenario 2	Skenario 1	Skenario 2
Desember - Januari – Februari	0,86	0,72	-1	1
Maret - April – Mei	0,92	0,80	0	0
Juni - Juli - Agustus	0,83	0,74	-1	0
September - Oktober - November	0,85	0,75	-2	0

Kalibrasi dan Verifikasi Model Hidrologi

Kalibrasi bertujuan untuk menentukan nilai sekelompok parameter sehingga hasil simulasi debit model mendekati nilai debit sebenarnya. Sedangkan verifikasi dilakukan untuk mengevaluasi kemampuan model dalam mendekati kondisi DAS sebenarnya. Evaluasi kemampuan model menggunakan kriteria statistik. Metode statistik yang digunakan adalah persentase perbedaan dari nilai observasi (D_{vi}) dan koefisien *Nash-Sutcliffe* (E_{NS}). Santi *et al.* (2001) menunjukkan hasil simulasi dikriteriakan baik jika rata-rata debit hasil simulasi berada pada kisaran -15 % sampai + 15 % dari rata-rata debit hasil observasi, nilai $E_{NS} \geq 0,5$ dan $R^2 \geq 0,6$.

Data yang digunakan untuk proses kalibrasi dan verifikasi model adalah data debit dari sindangrasa. Proses kalibrasi menggunakan data bulan Januari – Juni tahun 2008, sedangkan proses verifikasi model menggunakan data bulan Juli – Desember 2008. Hasil perhitungan untuk koefisien *Nash-Sutcliffe* (E_{NS}) adalah 0,85 dan hasil perhitungan untuk nilai D_v adalah -14,33 %, sedangkan grafik *XY scatter*, hubungan antara debit bulanan prediksi (nilai X) dan debit bulanan observasi (nilai Y), diperoleh nilai R^2 adalah 0,79.

HASIL DAN PEMBAHASAN

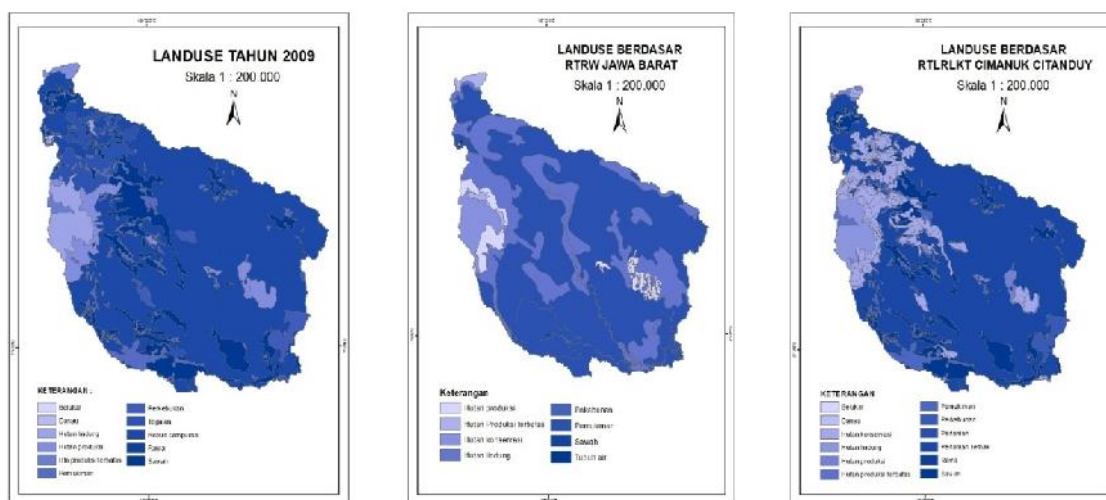
Penggunaan Lahan DAS Cimuntur

Penggunaan lahan pada DAS Cimuntur, terdiri dari 10 kelas, yaitu : semak belukar, hutan lindung, hutan produksi, hutan produksi terbatas, pemukiman, perkebunan, tegalan, kebun campuran, sawah dan tubuh air (danau). Hingga tahun 2009, penggunaan lahan terbesar di DAS Cimuntur, didominasi oleh kebun campuran (65,56 % luas DAS) dan sawah (12,81%). Sedangkan luas lahan hutan yang terdapat pada DAS Cimuntur, sekitar 9,32 % dari luas DAS (Tabel 3).

Tabel 3. Kondisi tutupan lahan aktual (*existing*) DAS Cimuntur dan rencana perubahan berdasarkan masing-masing skenario

No	Penggunaan Lahan	Luas (Ha)		
		Kondisi aktual (Tahun 2009)	Skenario 1	Skenario 2
1	Semak belukar	0,97	-	0.01
2	Hutan a. Lindung b. Produksi c. Terbatas	2.358,69	5,259.96	2,322.90
		3.148,43	2,326.18	747.87
		244,57	652.29	244.57
3	Pemukiman	2.707,37	41,084.90	2,558.41
4	Perkebunan	1.264,89	21.57	945.33
5	Tegalan	3.571,61	-	477.76
6	Kebun campuran	40.503,53	-	40,062.23
7	Tubuh air (danau dan rawa)	65,33	276.56	65.33
8	Sawah	7.912,50	57.44	6,403.91
9	Hutan konservasi		2,098.99	7,949.57
T o t a l		61.777,89	61,777.89	61,777.89

Pada Gambar 2. Menunjukkan sebaran spasial masing-masing skenario perubahan penggunaan lahan. Sedangkan prosentase luasan untuk tipe penggunaan lahan dapat dilihat pada Tabel 3. Pada perubahan penggunaan lahan skenario 1 dan 2 terdapat tipe penggunaan lahan hutan konservasi.

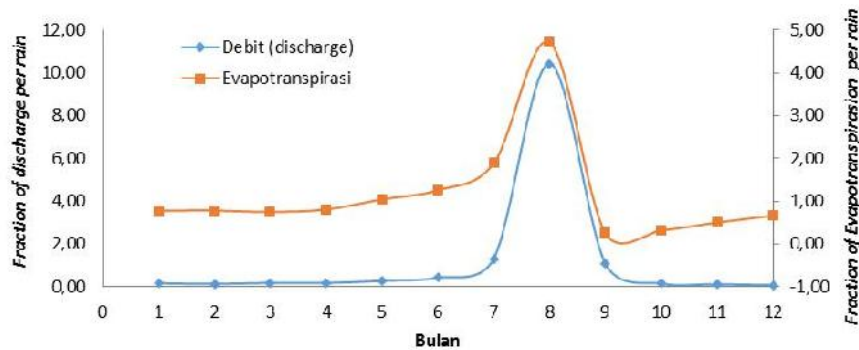


Gambar 2. Peta sebaran spasial masing-masing skenario perubahan penggunaan lahan di DAS Cimuntur

Kondisi Hidrologi

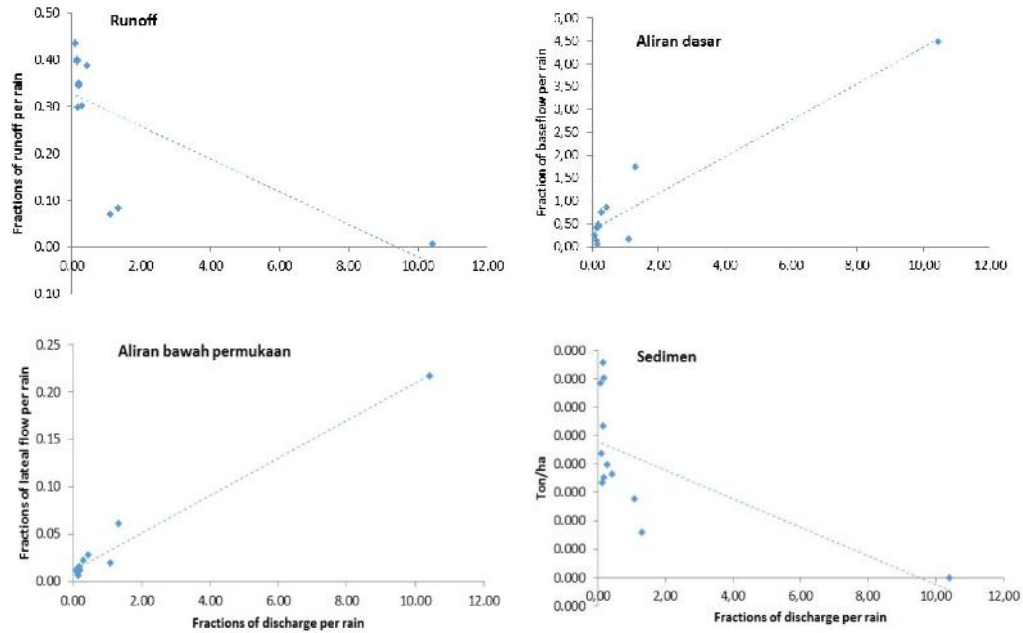
a. Kondisi Tata Air DAS Cimuntur

Secara umum kondisi hidrologi DAS Cimuntur berdasarkan analisa model SWAT memiliki rata-rata tahunan evapotranspirasi sebesar 173,8 mm (71,2%), *runoff* (aliran permukaan) sebesar 87,5 mm (35,8%), aliran bawah permukaan (*lateral flow*) sebesar 41,3 mm (16,9 %) dan aliran dasar sebesar 92,4 mm (37,86 %) dengan total curah hujan bervariasi antara 449,6 - 929,3 mm. Hasil simulasi memperlihatkan adanya kecenderungan nilai debit sungai lebih rendah dibandingkan nilai evapotranspirasi (Gambar 3).



Gambar 3. Distribusi fraksi debit dan evapotranspirasi bulanan di DAS Cimuntur tahun 2009

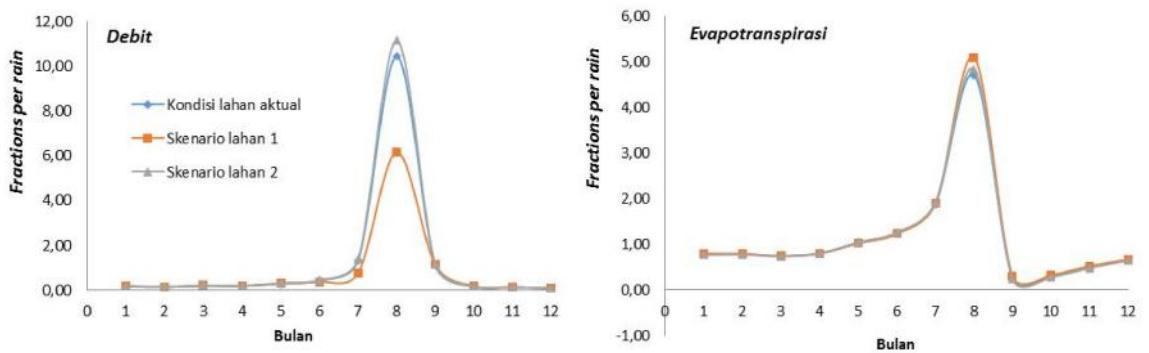
Hasil analisis memperlihatkan (Gambar 4) semakin besar debit dan semakin tinggi curah hujan yang jatuh, aliran bawah permukaan dan aliran dasar yang dihasilkan lebih besar. Sebaliknya, semakin besar debit yang dihasilkan dan curah hujan yang jatuh, menunjukkan aliran permukaan dan sedimen yang dihasilkan semakin kecil. Dapat disimpulkan kondisi tata air DAS Cimuntur masih cukup baik, karena sumbangan kenaikan debit sebagian besar berasal dari aliran dasar dan aliran bawah permukaan.



Gambar 4. Trend komponen aliran dan sedimentasi terhadap debit DAS Cimuntur

b. Kondisi Tata Air DAS Cimuntur akibat Perubahan Penggunaan Lahan

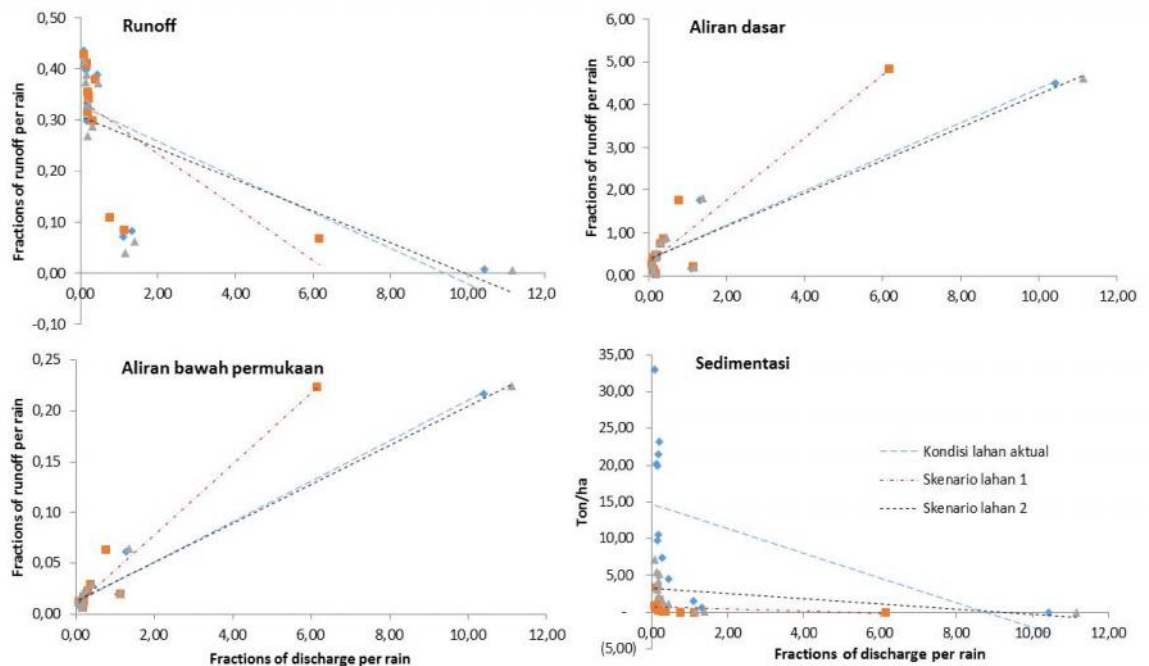
Tampak pada Gambar 5, dampak perubahan tutupan lahan berdasarkan skenario lahan 1 yang terjadi di DAS Cimuntur memperlihatkan adanya penurunan debit dan peningkatan evapotranspirasi dibandingkan kondisi aktualnya (*existing*). Adapun hasil simulasi pada skenario lahan 2 diketahui debit dan evapotranspirasi hampir tidak berbeda dengan kondisi penggunaan lahan aktual.



Gambar 5. Distribusi fraksi debit dan evapotranspirasi bulanan hasil simulasi penggunaan lahan

Hasil simulasi ketiga penggunaan lahan menunjukkan semakin besar debit dan semakin tinggi curah hujan, aliran permukaan (*runoff*) yang dihasilkan semakin menurun, sebaliknya aliran bawah permukaan dan aliran dasar semakin meningkat (Gambar 6). Hasil lebih lanjut, menunjukkan semakin meningkat debit dan semakin tinggi curah hujan, diketahui dampak perubahan penggunaan lahan skenario lahan 1 menghasilkan aliran permukaan yang lebih rendah, tetapi aliran bawah permukaan dan aliran dasar lebih tinggi dibandingkan pada kondisi penggunaan lahan yang aktual maupun perubahan penggunaan lahan skenario lahan 2. Adapun sedimentasi yang dihasilkan dari skenario lahan 1 dan skenario lahan 2 diketahui lebih rendah dibandingkan sedimentasi yang dihasilkan dari kondisi penggunaan lahan yang aktual.

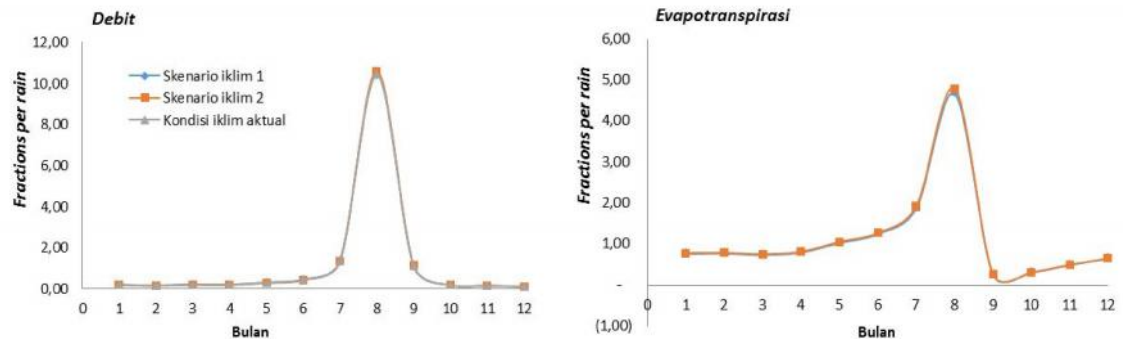
Sumbangan aliran (*recharge*) pada debit sungai yang berasal dari aliran bawah permukaan dan aliran dasar menunjukkan adanya proses curah hujan yang telah tertahan dan terserap ke dalam tanah sehingga mengurangi aliran permukaan yang dapat menyebabkan erosi atau banjir. Oleh karena itu rencana penetapan penggunaan lahan skenario lahan 1 (mengacu pada RTRW propinsi Jawa Barat sampai tahun 2029) pada DAS Cimuntur dapat menghasilkan tata air yang baik, baik dari segi kuantitas (aliran debit sungai lebih stabil) dan kualitas (sedimentasi lebih rendah).



Gambar 6. Trend komponen aliran dan sedimentasi terhadap debit DAS Cimuntur akibat perubahan penggunaan lahan

c. Kondisi Tata Air DAS Cimuntur akibat Perubahan Iklim

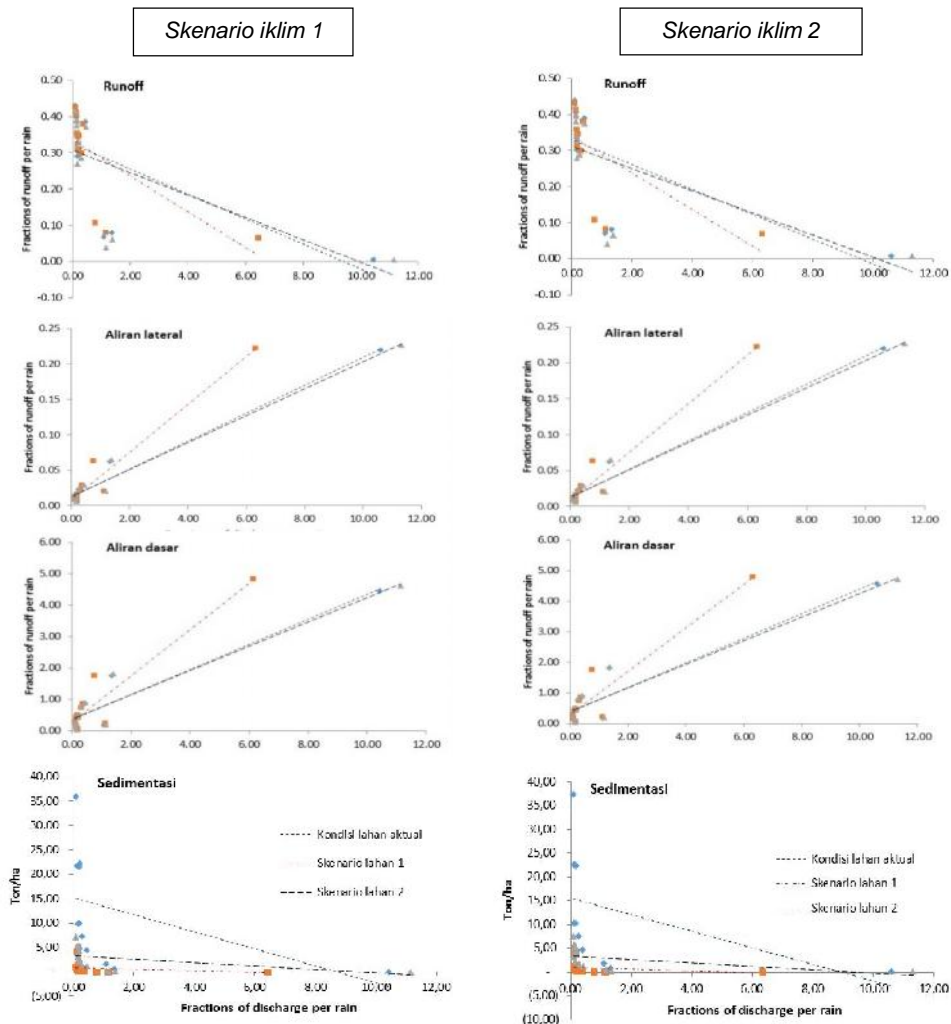
Pada Gambar 7. menunjukkan dampak masing-masing skenario perubahan iklim dibandingkan kondisi iklim aktual, terhadap kecenderungan (*trend*) perubahan debit dan evapotranspirasi DAS Cimuntur pada kondisi penggunaan lahan aktual.



Gambar 7. Distribusi fraksi debit dan evapotranspirasi bulanan DAS Cimuntur hasil simulasi perubahan iklim

Perbandingan perubahan iklim pada skenario 1 dan skenario 2 dengan kondisi iklim aktual di DAS Cimuntur, memperlihatkan kecenderungan debit dan evapotranspirasi yang hampir tidak berbeda. Hal ini menunjukkan perubahan iklim dari kedua skenario tidak mempengaruhi tata air DAS Cimuntur. Perubahan iklim yang didasarkan pada perhitungan perubahan curah hujan dan temperatur tidak mempengaruhi tata air DAS. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian Tanika *et al* (2013), bahwa perubahan iklim karena perubahan rata-rata intensitas curah hujan memberikan pengaruh yang lebih signifikan dibandingkan perubahan curah hujan dan temperatur.

Untuk mengetahui lebih jelas, simulasi perubahan iklim dari kedua skenario dilakukan juga pada ketiga penggunaan lahan (kondisi lahan aktual, skenario lahan 1 dan skenario lahan 2) seperti disajikan pada Gambar 8. Hasil simulasi skenario iklim 1 dan skenario iklim 2 menunjukkan pada setiap komponen aliran yang sama tidak menghasilkan trend dan nilai yang berbeda, demikian juga pada sedimentasi. Trend yang nampak berbeda jelas hanya disebabkan oleh skenario lahan 1. Dengan demikian perubahan iklim yang didasarkan pada perubahan curah hujan dan temperatur, tidak berpengaruh terhadap perubahan aliran permukaan, aliran dasar, aliran lateral (aliran bawah permukaan) dan sedimentasi.



Gambar 8. Trend komponen aliran dan sedimentasi terhadap debit DAS Cimuntur hasil simulasi penggunaan lahan dan iklim

KESIMPULAN

Perubahan penggunaan lahan yang ditetapkan berdasarkan RTRW Propinsi Jawa Barat pada DAS Cimuntur dapat lebih memperbaiki tata air DAS, baik dari segi kualitas (menurunkan sedimentasi) dan kuantitas (aliran debit sungai lebih stabil). Adapun perubahan iklim yang disebabkan perubahan curah hujan dan temperatur tidak berpengaruh pada tata air DAS Cimuntur.

REFERENSI

- AAAE. (2009). Special Issue SWAT Southeast Asia Modelling. International Agricultural Engineering Journal, AAAE Vol. 18, Nos. 1-2.
- Arnold J.G., P.M. Allen, M.Volk, J.R. Williams, D.D. Bosch. (2010). Assessment of Different Representations of Spatial Variability on SWAT Model Performance. The ASABE SWAT 2010 Special Collection. Transaction of The ASABE.. Vol 53(5): 1433-1443
- Balai Pengelolaan DAS Cimanuk-Citanduy, 2009. Rencana Teknik Rehabilitasi Hutan dan Lahan DAS Wilayah kerja BPDAS Cimanuk-Citanduy. Departemen Kehutanan.
- Douglas-Mankin, K.R., R. Srinivasan and J.G. Arnold, 2010. Soil and Water Assessment Tool (SWAT) Model: Current Developments and Applications. The ASABE SWAT 2010 Special Collection. Transaction of The ASABE. Vol 53(5): 1423-1431.
- IPCC, 2007. Climate Change 2007: Regional Climate Projections, IPCC Secretariat: Geneva.
- Junaidi, E., 2015. Pemanfaatan Soil and Water Assessment Tool (SWAT) sebagai Alat Pengambil Keputusan dalam Pengelolaan DAS (Studi Kasus di DAS Cisdane). Jurnal Teknik Hidrolik. Vol 6 (2).
- Junaidi, E. dan Suryadharma, T., 2011. Peranan Hutan dalam Pengaturan Tata Air dan Proses Sedimentasi Daerah Aliran Sungai (DAS). Jurnal Hutan dan Konservasi Alam. Vol 8 (2). p : 155 – 176
- Ma, X., Xu, J., Luo, Y., Aggarwal, SP. Dan Li, J., 2009 Response of hydrological processes to land-cover and climate changes in Kejie Watershed, Southwest China. Hydrol. Process. 23 (8) : 1179 – 1191.
- Menking, K.M., K.H. Syed., R.Y. Anderson., N.G. Shafike and J.G. Arnold, 2013. Model Estimates of Runoff in The Closed, Semiarid Estancia, Central New Mexico, USA. Hydrological Sciences Journal. Vol 48 (6), Dec. 2003:953-970.
- Neitsch, S.L., Arnold, J.G., Kiniry, J.R., Williams, J.R. 2009. *Soil and Water Assessment Tool Theoretical and Documentation, Version 2009*. Grassland, Soil and Water Research Laboratory-Agricultural Research Service 808 East Blackland Road-Temple, Texas 76502. Blackland Research Center-Texas Agricultural Experiment Station 720 East Blackland Road-Temple, Texas 76502.
- Olivera, F., Valenzuela M., Srinivasan, R., Choi, J., Cho, H., Koka, S., and Agrawal, A. 2006. *ArcGIS-SWAT: A Geodata Model and GIS Interface for SWAT*. Journal of The American Water Resources Association, American Water Resources Association. April, 2006 (295-309)
- Omani, N., Msoud Tajrishy and Ahmad Abrishamchi, 2007. *Modelling of a River Basin Using SWAT and GIS. 2nd International Conference on Managing Rivers in The 21st Century: Solutions Towards Sustainable Rivers Basins*. Riverside Kuching, Sarawak, Malaysia. June 6-8, 2007

- Santhi, C., Arnold, J.G., Williams, J.R., Dugas, W.A., Srinivasan, R., Hauck, L.M., 2001. *Validation of the SWAT model On A large river basin with point and nonpoint sources*, J. Amer. Water Resour. Assoc. (JAWRA), Vol. 37, No.5, pp. 1169-1188. [terhubung berkala].[http://www.http.brc.tamus.edu/swat/document. Html](http://www.http.brc.tamus.edu/swat/document.Html) [29 April 2011].
- Tanika, L., Pawitan, H., Noordwijk, M.V., dan Zulkarnain, T. M., 2013. Dampak Perubahan Lahan dan Iklim terhadap fungsi hidrologi DAS Koneweha Hulu. *Jurnal Sumberdaya Air*. Vol 9, no 2. P : 155 – 168
- Wahyu, A., Kuntoro, AA., and Yamashita, T., 2010. Annual and Seasonal Discharge Response to Forest/Land Cover Changes and Climate Variations in Kapuas River Basin, Indonesia. *Journal of International Development and Cooperation*. 16 (2) : 81 - 100
- Ying L., B. M. Chen, Z. Wang, and S. Peng. 2011. Effects of temperature change on water discharge, sediment, and nutrient loading in the lower Pearl River basin based on SWAT modelling. *Hydrological Sciences Journal*. 56 (1) : 68-83.