

## PERANAN LAHAN BERBASIS AGROFORESTRI TERHADAP NERACA AIR DI DAS BIALO, SULAWESI SELATAN

Lisa Tanika, Chandra Irawadi Wijaya, Elissa Dwiyanti, dan Ni'matul Khasanah

World Agroforestry Centre (ICRAF) Southeast Asia Regional Programme,

E-mail: l.tanika@cgiar.org

### ABSTRACT

*Hydrological functions of watershed are potential environmental services which may be affected by human activities in utilizing land. Hydrological modeling approach can be used to analyze the response of hydrological functions to land utilization. In this study, Generic River Flow (GenRiver) model was used to analyze the response of Bialo watershed (114 km<sup>2</sup>) to land conversion (one of land utilization indicators) that is situated in Bantaeng and Bulukumba districts, South Sulawesi. There are four steps applied in this study: (1) model parameterization, (2) model calibration and validation, (3) land covers changes scenarios development, and (4) scenarios simulation. The first three steps represent current condition of Bialo watershed, whereas the last step simulates some scenarios that might be happen in the future. Four different scenarios have been done in this study: (1) Business As Usual (BAU), (2) converted 50% of agroforestry into shrub, (3) converted 100% of agroforestry into shrub, and (4) converted 100% shrub into agroforestry. The result of the first three scenarios shows that surface flow increases by 9% (scenario 1) and more than 25% (scenario 2 and 3), whereas base flow decreases by 1.7%, 6.9% and 14.2% respectively. In contrast, scenario 4 can decrease surface flow and increase base flow. These results show that the increasing area of agroforestry system in Bialo watershed can enhance water balance of the watershed and GenRiver model can be used as a tool to support the analysis of hydrological condition of watershed.*

*Keywords: hydrology, land cover, land cover change, river discharge, water balance, watershed*

### I. PENDAHULUAN

Peran daerah aliran sungai (DAS) sebagai pendukung fungsi hidrologi maupun non hidrologi telah mendorong berbagai pihak untuk terus menjaga kelestariannya. Salah satu upaya yang dilakukan adalah terkait dengan pengelolaan tutupan lahan yang ada di dalam DAS tersebut. Salah satu tipe tutupan lahan yang saat ini sedang menjadi pusat perhatian adalah sistem agroforestri, dimana sistem agroforestri ini diharapkan mampu sebagai penengah antara kelestarian fungsi DAS dan kebutuhan terhadap lahan pertanian. Sistem agroforestri dapat mengubah siklus hidrologi karena dapat mempengaruhi pola kebutuhan air dan irigasi yang diperlukan (Zomer et al, 2007). Selain itu, jika sistem agroforestri dikelola dengan tepat maka interaksi antar spesies yang ada didalamnya dapat menghasilkan berbagai macam keuntungan. Sebagai contoh, peningkatan agroforestri dapat dilihat sebagai penyedia imbal jasa lingkungan antara kelestarian fungsi DAS dan keuntungan ekonomi bagi para petani (Jose, 2009).

Penilaian mengenai fungsi hidrologi DAS dapat dilakukan melalui pendekatan pemodelan. Model hidrologi yang digunakan dalam penelitian ini adalah model *Generic River Flow* (GenRiver). Model GenRiver merupakan model hidrologi sederhana yang mengkonversi neraca air pada tingkat plot ke dalam tingkat bentang lahan (Van Noordwijk *et al*, 2011). Model GenRiver tidak hanya digunakan untuk membantu menilai kondisi hidrologi DAS di masa lampau, namun juga dapat digunakan untuk menilai kondisi hidrologi DAS di masa mendatang melalui beberapa simulasi skenario perubahan tutupan lahan yang mungkin terjadi di masa depan.

Tujuan penelitian ini adalah untuk melihat peranan lahan berbasis agroforestri terhadap neraca air di DAS Bialo, Sulawesi Selatan. Hasil penelitian ini diharapkan mampu menjadi pertimbangan dalam pengambilan kebijakan terkait rencana pengelolaan daerah aliran sungai.

## II. METODOLOGI

### A. Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di DAS Bialo yang terletak di dua Kabupaten, yaitu Bantaeng dan Bulukumba, Provinsi Sulawesi Selatan. Secara geografis DAS Bialo berada di 05°21'0" – 05°34'0" Lintang Selatan dan 119°55'0" – 120°13'0" Bujur Timur. DAS Bialo yang memiliki luas 114 km<sup>2</sup> dan berada pada ketinggian antara 0 – 1000 meter di atas permukaan laut didominasi oleh jenis tanah Inceptisols (95% dari DAS Bialo) dan sisanya berupa tanah Entisols.

### B. Tahapan Penelitian

Penilaian fungsi DAS akibat perubahan tutupan lahan dengan menggunakan model GenRiver ini melalui 4 tahapan sebagai berikut:

1. Parameterisasi model, meliputi:
  - a) Pengumpulan data: iklim, hidrologi dan spasial yang digunakan dalam model GenRiver,
  - b) Analisis kualitas data iklim dan hidrologi,
  - c) Analisis data spasial (tutupan lahan dan perubahan tutupan lahan, jaringan sungai, jenis tanah dan batas DAS)
2. Kalibrasi dan validasi model,
3. Penyusunan skenario perubahan tutupan lahan, dan
4. Simulasi skenario.

### C. Parameterisasi Model

#### 1. Pengumpulan Data

Ada tiga jenis data yang digunakan dalam model GenRiver pada penelitian ini, yaitu data iklim, data hidrologi dan data spasial. Data iklim dan data spasial digunakan sebagai masukan model, sedangkan data hidrologi digunakan untuk proses kalibrasi dan validasi model. Informasi mengenai sumber, periode waktu dan tahun ketersediaan dari masing-masing data disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Data iklim, hidrologi dan spasial DAS Bialo yang tersedia

	<i>Data</i>	<i>Sumber</i>	<i>Periode</i>	<i>Tahun</i>
Iklim	Curah hujan	St. Seka	Harian	1990-2010
		St. Moti	Harian	1990-2010
		St. Bulu-bulu	Harian	1990-2010
		St. Onto	Harian	1990-2010
	Evaporasi potensial	St. Matajang	Harian	1993-2010
Hidrologi	Debit	St. Bialo Hulu Bayang-bayang	Harian	1992-1999, 2001, 2002, 2004, 2005, 2009, 2010
Spasial	DEM	CSI – CGIAR		
	Peta sungai	Peta Dasar Tematik Kehutanan (PDTK)		
	Peta tanah	Reprot		
	Peta tutupan lahan	<i>World Agroforestry Centre (ICRAF)</i>	4 periode tahun	1989, 1999, 2005, 2009

Data iklim dan hidrologi yang digunakan dalam model GenRiver pada penelitian ini merupakan data sekunder yang diperoleh dari Balai Wilayah Sungai IV, Provinsi Sulawesi Selatan. Data curah hujan wilayah yang digunakan untuk mensimulasikan model GenRiver merupakan hasil rata-rata aritmatika data curah hujan di empat stasiun (Stasiun Seka, Stasiun Moti, Stasiun Bulu-bulu dan Stasiun Onto).

## **2. Analisis kualitas data iklim dan hidrologi**

Analisis kualitas data iklim dan hidrologi dilakukan untuk melihat konsistensi antara kedua data tersebut. Metode untuk menguji konsistensi kedua data tersebut yaitu dengan menghitung besarnya evapotranspirasi (selisih antara total curah hujan dan debit per tahun), membuat kurva massa ganda (*double mass curve*), dan membuat grafik kestabilan aliran antara debit hari ini dengan debit hari berikutnya.

## **3. Analisis data spasial**

Analisis data spasial dilakukan untuk mempersiapkan masukan model GenRiver yang terkait dengan input spasial. Analisis data spasial pada penelitian ini terbagi ke dalam 2 kategori, yaitu: (1) analisis data topografi untuk membangun karakteristik DAS, dan (2) analisis perubahan tutupan lahan beserta alur perubahannya dengan metode ALUCT (*Analysis of Land Use/cover Change and Trajectories*).

## **D. Kalibrasi dan validasi model**

Tujuan dari kalibrasi adalah untuk menentukan nilai sekelompok parameter, sehingga hasil simulasi debit oleh model mendekati nilai debit yang sebenarnya (Kobold, 2008). Sedangkan validasi dilakukan untuk mengevaluasi kemampuan model dalam mendekati kondisi DAS yang sebenarnya. Kriteria yang digunakan untuk evaluasi kemampuan model, yaitu *Nash-Sutcliffe Efficiency* (NSE) (reference) dan koefisien korelasi.

## **E. Penyusunan Skenario Perubahan Tutupan Lahan**

Selain mensimulasikan neraca air akibat perubahan tutupan lahan yang telah terjadi (1989-2009), penelitian ini juga mensimulasikan neraca air akibat perubahan tutupan lahan yang mungkin terjadi pada 11 tahun mendatang (2010-2020). Oleh karena itu, pada penelitian ini disusun empat skenario perubahan tutupan lahan yang mungkin terjadi di DAS Bialo pada tahun 2020. Empat skenario tersebut adalah: (1) BAU (*Business As Usual*), (2) 50% area agroforestri diubah menjadi belukar, (3) seluruh area agroforestri diubah menjadi belukar, dan (4) seluruh area belukar dikonversi menjadi agroforestri.

Skenario 1 dihitung berdasarkan perubahan penggunaan lahan yang terjadi dari tahun 2005-2009. Skenario 2 dan 3 memberikan gambaran sistem agroforestri yang berubah menjadi belukar, padang rumput atau lahan terbuka karena tidak adanya pengelolaan yang baik. Sedangkan, Skenario 4 merupakan kebalikan dari Skenario 2 dan 3, dimana lahan terbuka, belukar dan padang rumput dikonversi menjadi sistem agroforestri. Hasil simulasi neraca air dari empat skenario tersebut, selanjutnya dibandingkan dengan kondisi tutupan lahan aktual dimana tidak terjadi perubahan tutupan lahan selama sebelas tahun mendatang (tutupan lahan tahun 2020 sama dengan tahun 2009).

# **III. HASIL DAN PEMBAHASAN**

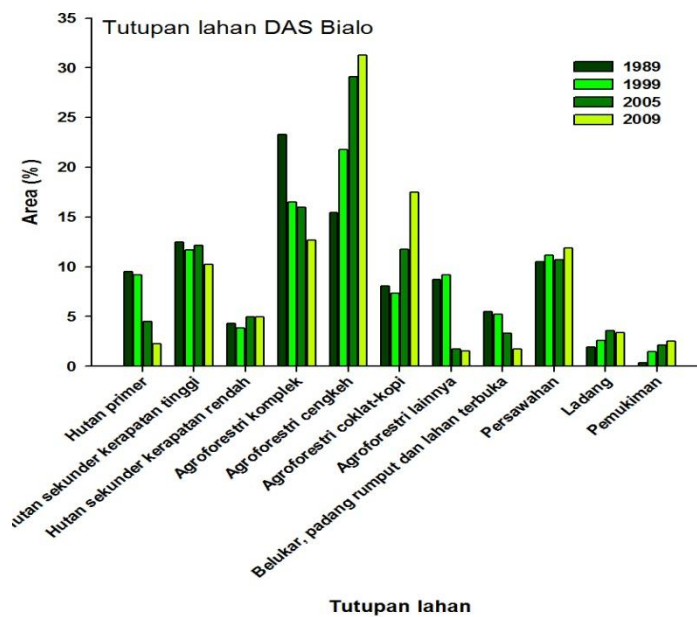
## **A. Analisis Perubahan Tutupan Lahan DAS Bialo**

Secara umum, lebih dari 58% luas DAS Bialo didominasi oleh sistem agroforestri, baik agroforestri kompleks, cengkeh, coklat, kopi maupun agroforestri lainnya. Lahan hutan (hutan primer dan sekunder) dan persawahan berturut-turut adalah sebesar 22.5% dan 11%. Sedangkan, sisanya berupa ladang, belukar, padang rumput, lahan terbuka dan pemukiman. Persentase luas masing-masing tipe tutupan lahan di DAS Bialo pada tahun 1989, 1999, 2005 dan 2009 disajikan pada Tabel 2 dan Gambar 1.

Tabel 2. Luas tipe-tipe penggunaan lahan di DAS Bialo

Tipe Tutupan Lahan	1989		1999		2005		2009	
	Km <sup>2</sup>	(%)	Km <sup>2</sup>	(%)	Km <sup>2</sup>	(%)	Km <sup>2</sup>	(%)
Hutan primer	10.9	9.5	10.5	9.2	5.2	4.5	2.6	2.27
Hutan sekunder <sup>1)</sup>	14.2	12.4	13.4	11.7	13.9	12.2	11.7	10.24
Hutan sekunder <sup>2)</sup>	4.9	4.3	4.4	3.8	5.7	5.0	5.7	5.00
Agroforestri kompleks	26.6	23.3	18.9	16.5	18.3	16.0	14.5	12.67
Agroforestri cengkeh	17.6	15.5	24.9	21.8	33.2	29.1	35.7	31.28
Agroforestri kakao-kopi	9.2	8.0	8.4	7.3	13.5	11.8	19.9	17.47
Agroforestri lainnya	9.9	8.7	10.5	9.2	1.9	1.7	1.8	1.53
Belukar, padang rumput, lahan terbuka	6.2	5.5	5.9	5.2	3.8	3.3	2.0	1.72
Padi sawah	12.0	10.5	12.7	11.1	12.2	10.7	13.6	11.92
Tanaman semusim	2.2	2.0	2.9	2.6	4.1	3.6	3.9	3.37
Permukiman	0.4	0.3	1.7	1.5	2.4	2.1	2.9	2.53
<b>Total</b>	<b>114.2</b>	<b>100.0</b>	<b>114.2</b>	<b>100.0</b>	<b>114.2</b>	<b>100.0</b>	<b>114.2</b>	<b>100.0</b>

<sup>1)</sup> Kerapatan tinggi, <sup>2)</sup> kerapatan sedang



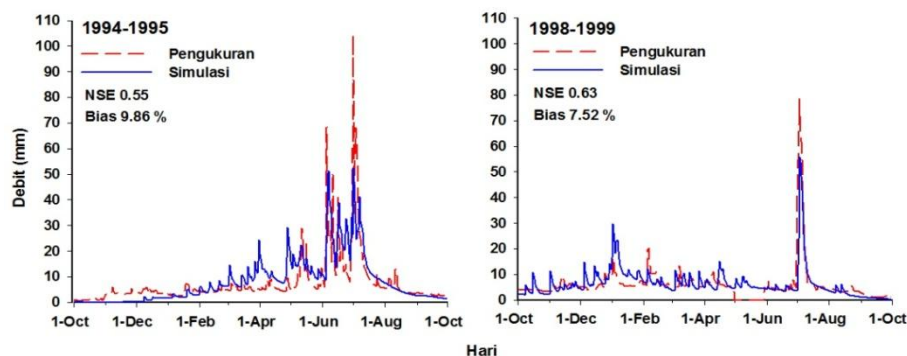
Gambar 1. Persentase luas masing-masing tipe tutupan lahan di DAS Bialo pada tahun 1989, 1999, 2005 dan 2009.

Selama 21 tahun (1989-2009), perubahan tutupan lahan paling nyata yang terjadi di DAS Bialo adalah meningkatnya lahan agroforestri cengkeh (15.8%) dan agroforestri coklat-kopi (9.5%). Peningkatan luas lahan tersebut merupakan hasil dari konversi lahan hutan dan agroforestri selain cengkeh, kopi dan coklat. Sebagai akibatnya, tahun 2009 lahan hutan hanya tersisa 20 km<sup>2</sup> (17.5%). Lahan agroforestri dan persawahan meningkat menjadi 71.9 km<sup>2</sup> (63%) dan 13.6 km<sup>2</sup> (11.9%).

## B. Kalibrasi dan validasi model

Kalibrasi dan validasi model dilakukan dengan menggunakan data tahun 1994-1995 dan 1998-1999. Hasil kalibrasi dan validasi menunjukkan bahwa hidrograf debit hasil simulasi model dapat menangkap pola debit pengukuran yang ada di DAS Bialo dengan nilai NSE 0.55 dan 0.63 serta bias 9.86% dan 7.52% (Gambar 2). Menurut Moriasi (2007), nilai NSE tersebut telah memiliki kriteria

bahwa model tersebut telah dapat diterima dan dapat digunakan untuk mensimulasikan debit DAS Bialo.

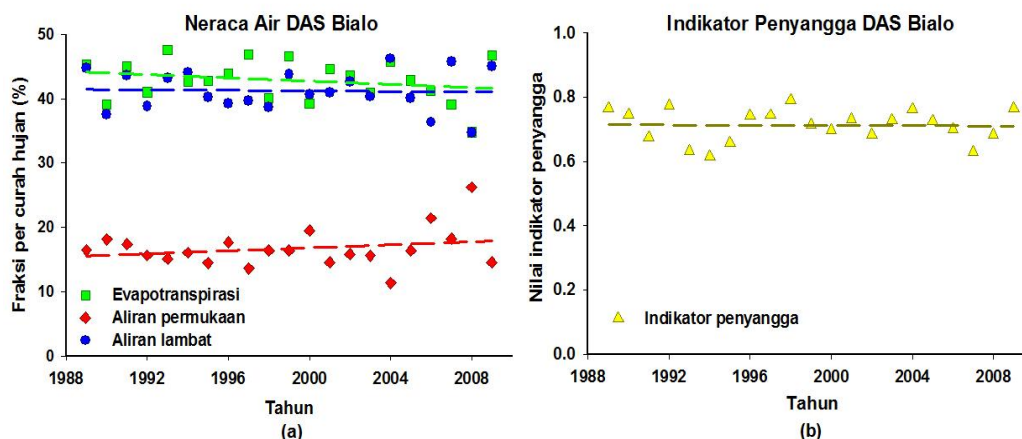


Gambar 2. Hidrograf debit sungai hasil pengukuran dan simulasi (mm)

### C. Neraca Air

Neraca air DAS Bialo selama 21 tahun (1989-2009) memiliki rata-rata evapotranspirasi sebesar 717.4 mm (42.3%), aliran permukaan sebesar 287.7 mm (17 %) dan aliran lambat sebesar 694.3 mm (40.9 %) dengan total curah hujan bervariasi antara 1142 - 2668 mm. Selain itu, hasil simulasi model GenRiver memperlihatkan adanya penurunan evapotranspirasi sebesar 2.6 % dan peningkatan aliran permukaan sebesar 2.4%. Sedangkan aliran lambat cenderung stabil (Gambar 3a).

Kualitas fungsi DAS ditunjukkan dengan besarnya nilai indikator penyangga (*buffering indikator*). Indikator penyangga didefinisikan sebagai kemampuan DAS untuk menyangga aliran air yang melebihi rata-rata pada kejadian hujan di atas rata-rata yang masih dapat diterima (Rahayu et al., 2009). Nilai indikator penyangga berada pada rentang nilai 0.00 dan 1.00, dimana 1.00 berarti DAS mempunyai fungsi hidrologi yang sangat baik. Hasil simulasi menunjukkan bahwa DAS Bialo memiliki nilai indikator penyangga antara 0.61-0.76 dengan rata-rata 0.71 dan cenderung stabil dari tahun 1989-2009 (Gambar 3b).



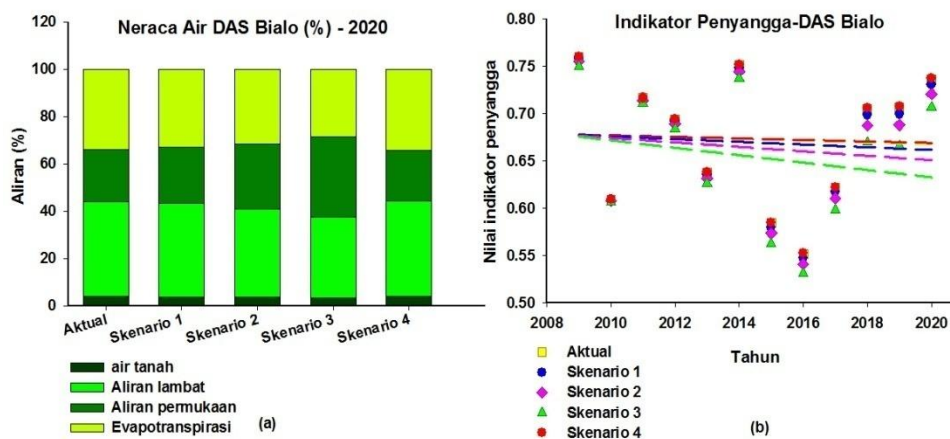
Gambar 3. (a) Neraca air DAS Bialo dan (b) nilai indikator penyangga tahun 1989-2009

Hasil simulasi neraca air dari tiga skenario pertama menunjukkan adanya peningkatan aliran permukaan pada Skenario 1, 2 dan 3, yaitu sebesar 9.5%, 26.8% dan 54.1% dari kondisi aktualnya. Sebaliknya, evapotranspirasi mengalami penurunan sebesar 3.3%, 7.7% dan 15.8%, dan begitu juga dengan aliran lambat yang mengalami penurunan 1.7%, 6.9% dan 14.2%. Hasil simulasi skenario 4, dimana terjadi perubahan dari pemanfaatan lahan belukar, padang rumput dan lahan terbuka menjadi lahan agroforestri, menunjukkan penurunan aliran permukaan sebesar 1.9% dan peningkatan aliran lambat dan evapotranspirasi sebesar 0.5% dan 0.6%. Perubahan neraca air pada Skenario 4 yang tidak signifikan ini dikarenakan luas lahan yang dikonversi sangat kecil, yaitu 196.5 Ha. (Lihat Tabel 3 dan Gambar 4a).

Tabel 3. Hasil simulasi neraca air berbagai skenario tahun 2020

Komponen neraca air	Aktual	Skenario			
		1	2	3	4
Curah hujan (mm)	2668	2668	2668	2668	2668
Evapotranspirasi (mm)	910	877	840	767	915
Debit (mm)	1615	1650	1691	1770	1609
Aliran permukaan (mm)	584	639	741	900	573
Aliran lambat (mm)	1070	1051	996	918	1075

Nilai indikator penyangga hasil simulasi dari empat skenario memperlihatkan adanya tren penurunan kualitas fungsi DAS pada Skenario 1, 2 dan 3 selama 11 tahun. Walaupun penurunan yang terjadi pada Skenario 1 tidak terlalu signifikan dibandingkan dengan Skenario 2 dan 3. Sedangkan Skenario 4 masih memiliki tren stabil (Gambar 4b).



Gambar 4. (a) Neraca air tahun 2020 dan (b) nilai indikator penyangga tahun 2009-2020 berbagai skenario di DAS Bialo

#### D. Hubungan antara Perubahan Tutupan Lahan terhadap neraca air

Berkurangnya lahan hutan (primer dan sekunder) sebesar 7.3% selama 21 tahun (1989 – 2009) yang dikonversi menjadi agroforestri menyebabkan berkurangnya evapotranspirasi dan meningkatkan aliran permukaan (Gambar 3). Hal ini terjadi karena lahan agroforestri mempunyai kerapatan dan evapotranspirasi yang lebih kecil dibandingkan lahan hutan. Sebagai akibatnya, lebih sedikit hujan yang diintersepsi dan dievaporasikan di lahan agroforestri dan lebih banyak menjadi aliran permukaan. Walaupun demikian, perubahan neraca air yang tidak terlalu signifikan (evapotranspirasi berkurang 2.6% selama 21 tahun atau 0.12% pertahun dan aliran permukaan meningkat 2.4% atau 0.11% pertahun).

Sedangkan berubahnya lahan agroforestri menjadi belukar (Skenario 2 dan 3) menyebabkan meningkatnya aliran permukaan hingga 50%. Peningkatan aliran permukaan ini selain karena berkurangnya evapotranspirasi juga akibat berkurangnya infiltrasi. Hal ini ditunjukkan dengan berkurangnya simpanan air tanah dengan berkurangnya aliran lambat.

Sebaliknya, pengolahan lahan belukar menjadi agroforestri (Skenario 4) dapat mempertahankan bahkan memperbaiki fungsi hidrologi dari DAS. Hal ini ditunjukkan dengan berkurangnya aliran permukaan dan meningkatnya aliran lambat pada skala DAS hanya dengan mengolah area belukar sebesar 196.5 ha menjadi agroforestri.

#### IV. KESIMPULAN

Hingga tahun 2009, DAS Bialo masih dapat dikategorikan sebagai DAS yang memiliki fungsi hidrologi yang baik. Hal ini ditunjukkan dengan rata-rata nilai indikator penyangga sebesar 0.71. Selain itu, berkembangnya agroforestri tidak menyebabkan terjadinya penurunan kualitas fungsi hidrologi DAS Bialo.

Namun, pengelolaan lahan harus tetap dilakukan dengan baik agar lahan agroforestri tidak terbenkakai dan menjadi lahan kritis. Karena hal ini dapat menyebabkan terjadinya penurunan kualitas fungsi hidrologi DAS.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Jose, S., 2009, Agroforestry for ecosystem services and environmental benefits: an overview, *Agroforest Sys* 76:1-10.
- Kobold, M., Suselj, K., Polajnar, j. dan Pogacnik, N., 2008, Calibration Techniques Used For HBV Hydrological Model In Savinja Catchment, XXIVth Conference Of The Danubian Countries On The Hydrological Forecasting And Hydrological Bases Of Water Management.
- Moriasi, D.N., Arnold, J.G., Van Liew, M.W., Bingner, R.L., Harmel, R.D., dan Veith, T.L., 2001, Model Evaluation Guidelines, For, Systematic Quantification Of Accuracy In Watersshed Simulations, *American Society of Agricultural and Biological Engineers* 20(3):885-900.
- Rahayu, S., Widodo, R.H., Van Noordwijk, M., Suryadi, I. dan Verbist, B., 2009, Monitoring Air di Daerah Aliran Sungai, Bogor, Bogor Agroforestry Centre Southeast Asia Regional Program.
- Van Noordwijk, M., Widodo, R.H., Farida, A., Suyamto, D.A., Lusiana, B., Tanika, L. dan Khasanah, N., 2011. GenRiver and FlowPer User Manual Version 2.0. Bogor. Bogor Agroforstry Centre Southeast Asia Regional Program. hlm 117.
- Zomer, R. J.; Bossio, D. A.; Trabucco, A.; Yuanjie, L.; Gupta, D. C.; Singh, V. P. 2007. Trees and water: Smallholder agroforestry on irrigated lands in Northern India. Colombo, Sri Lanka: International Water Management Institute. 47p. (IWMI Research Report 122).