

## **PREDIKSI DAMPAK PERUBAHAN PENGGUNAAN LAHAN PADA LOADING SEDIMEN DAN BESARAN DEBIT DAS CIMANUK HULU DENGAN MENGGUNAKAN MODEL SEDIMOT II**

**Hadiid Agita R<sup>\*</sup>, Iwan Ridwansyah dan Dini Daruati**

### **ABSTRAK**

*Perkembangan aspek sosial dan ekonomi sebagai suatu konsekuensi logis dari pertumbuhan penduduk berimbas pada perubahan penggunaan lahan DAS Cimanuk Hulu sebagai salah satu DAS terbesar di Jawa Barat. Meningkatnya jumlah penduduk menuntut perluasan lahan untuk permukiman. Sementara meningkatnya kebutuhan pangan masyarakat mendorong perluasan lahan budidaya pertanian dan penyempitan lahan hutan. Perubahan penggunaan lahan ini terkait dengan perubahan respon DAS terhadap hujan yang lebih jauh berdampak pada perubahan kualitas air dan produktivitas sumber daya perairannya. Penelitian ini bertujuan untuk mengkuantifikasi dampak perubahan penggunaan lahan tahun 1991 hingga tahun 2002 pada respon DAS Cimanuk Hulu terhadap hujan yang diparameterisasi dengan limpasan total, puncak debit dan sedimen. Output model yang disimulasikan pada lahan seluas 44.864,5 Ha dipilih di Stasiun Leuwidaun Kabupaten Garut sebagai cerminan dari kondisi dan karakter DAS Cimanuk Hulu. Untuk memprediksi nilai respon DAS terhadap hujan digunakan software SEDIMOT II. Simulasi model dilakukan dengan menggunakan data interpretasi visual Citra Landsat 7 ETM<sup>+</sup> RGB 547 dan Sistem Informasi Geografis untuk kajian penggunaan lahan. Total limpasan dan sedimen dari jeluk sebesar 86 mm pada daerah hulu Stasiun Leuwidaun dengan penggunaan lahan tahun 1991 adalah 7,321 juta m<sup>3</sup> dan 314,5 ton. Nilai total limpasan meningkat sebanyak 25,53% menjadi 9,19 juta m<sup>3</sup> pada penggunaan lahan tahun 2002. Sementara jumlah sedimen meningkat sebesar 38,28% menjadi 434,9 ton. SubDAS yang mengalami peningkatan limpasan dan sedimen tertinggi masing-masing sebesar 257,14% dan 346,23% terletak di Kecamatan Samarang. Sementara subDAS yang tidak mengalami perubahan penggunaan lahan yang berarti di Kecamatan Ibum memiliki limpasan dan sedimen lebih kecil dari ketelitian SEDIMOT II.*

**Kata kunci:** *DAS Cimanuk Hulu, pemodelan hidrologi, sedimentasi, SEDIMOT II, perubahan penggunaan lahan.*

### **ABSTRACT**

*Social and economic growth as consequences of increasing population implies land use change in Upper Cimanuk Watershed as one of the biggest watershed in West Java. Population growth required land enlargement for settlement. In the other hand increasing demand of food urged land enlargement for agriculture, which decreased forest area. The land use changes related with the changes of watershed response to the rainfall, which further implies changes of the water quality and water resources productivity. The aims of this research is to quantify land use changes impact from 1991 to 2002 to the response of Upstream Cimanuk Watershed on the rainfall which parameterized by total runoff, peak discharge, and sediment yield. The output of the model which has been simulated over the area of 44.864,5 Ha is located at Leuwidaun Station in Garut District. The area was chosen because it can reflect the condition and character of Upstream Cimanuk Watershed. Software SEDIMOT II is used to predict the response of the watershed to the rainfall. Model simulation used data from visual interpretation of Landsat 7 ETM<sup>+</sup> 547RGB Image with geographical information system process for land use analysis. Total runoff and sediment yield of 86 mm rainfall for the land use of 1991 are 7.321 million m<sup>3</sup> and 314.5 tons respectively. Total runoff increased about 25.53% yielding 9.19 million m<sup>3</sup> in 2002, whereas sediment yield increased 38.28% into 434.9 tons. The highest runoff and sediment increase having the value of 257.14% and 346.23% respectively, was simulated to be happened in Subwatershed located in Samarang Sub District. The subwatershed located in Ibum Sub District having insignificant land use changes was simulated to having runoff and sediment yield smaller than the accuracy of SEDIMOT II.*

**Keywords:** *Upper Cimanuk Watershed, hydrology modeling, sedimentation, SEDIMOT II, land use change.*

---

<sup>\*</sup> Pusat Penelitian Limnologi LIPI  
Jl. Raya Bogor Km. 46, Cibinong  
E-mail : donnydanagit@yahoo.com

## **PENDAHULUAN**

Sungai Cimanuk yang merupakan sungai terpanjang kedua di Jawa Barat memiliki peran penting bagi aspek sosial dan ekonomi masyarakat khususnya yang berdomisili di Daerah Aliran Sungai (DAS) Cimanuk seluas 3.752 km<sup>2</sup> yang terbentang dari Kabupaten Garut hingga ke Delta Cimanuk di Kabupaten Indramayu.

Perkembangan aspek sosial dan ekonomi sebagai suatu konsekuensi logis dari pertumbuhan penduduk berimbas pada perubahan penggunaan lahan DAS. Meningkatnya jumlah penduduk menuntut perluasan lahan untuk permukiman. Sementara meningkatnya kebutuhan pangan masyarakat mendorong perluasan lahan budidaya pertanian dan penyempitan lahan hutan. Perubahan penggunaan lahan ini terkait dengan perubahan respon DAS terhadap hujan yang lebih jauh berdampak pada perubahan kualitas air dan produktivitas sumber daya perairannya. Penelitian ini bertujuan untuk mengkuantifikasi dampak perubahan penggunaan lahan pada respon DAS Cimanuk Hulu terhadap hujan yang diparameterisasi dengan limpasan total, puncak debit dan sedimen. Hasil dari penelitian ini dapat digunakan sebagai bahan perumusan model pengelolaan DAS Cimanuk yang berkelanjutan.

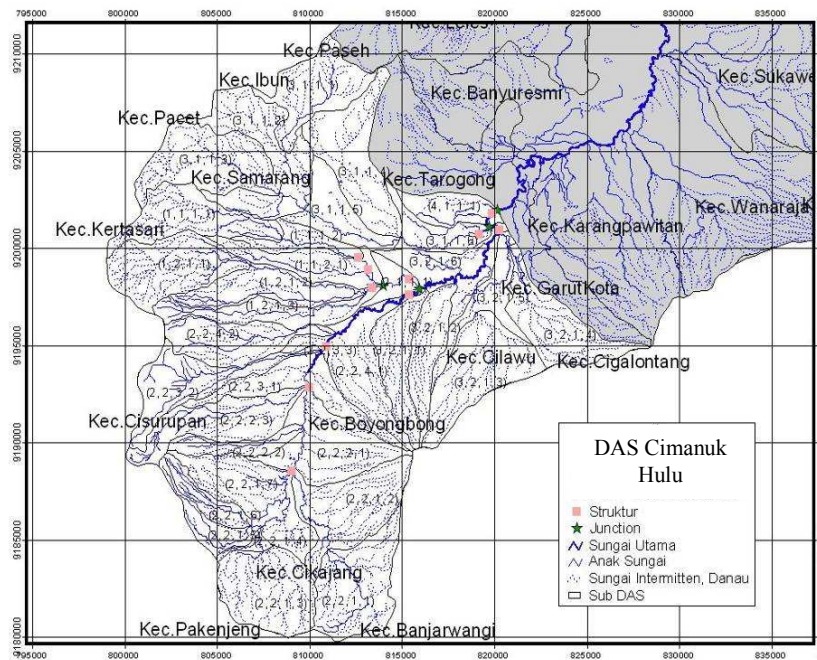
Perbandingan respon DAS Cimanuk Hulu menggunakan data interpretasi visual Citra Landsat 7 ETM<sup>+</sup> RGB 547 dan Sistem Informasi Geografis untuk kajian penggunaan lahan tahun 1991 dan 2002. Sementara kuantifikasi dari respon DAS Cimanuk Hulu dilakukan dengan menggunakan SEDIMOT II (*Sedimentology by Distributed Model Treatment*). Model tersebut memprediksi hidrograf dan grafik sedimen dari satu kejadian hujan yang didefinisikan oleh pengguna model. Komponen utama model ini adalah komponen hujan, limpasan, sedimen, dan kendali sedimen.

Daerah objek penelitian adalah DAS Cimanuk Hulu seluas 44864,5 Ha yang secara administratif termasuk Kabupaten Garut yang meliputi Kecamatan Samarang, Cisurupan, Bayongbong, sebagian Kecamatan Lebun, Cikajang, Garut Kota, Cilawu, Tarogong dan Banjarwangi, dengan outlet di Stasiun Leuwidaun. DAS Cimanuk secara umum bertopografi datar (sekitar 700 m dapl pada datarannya) sampai bergunung (lebih dari 2500 m dapl) dengan jenis tanah beragam yang didominasi oleh kompleks regosol dan litosol, asosiasi andosol coklat dan regosol coklat, dan latosol coklat. Curah hujan

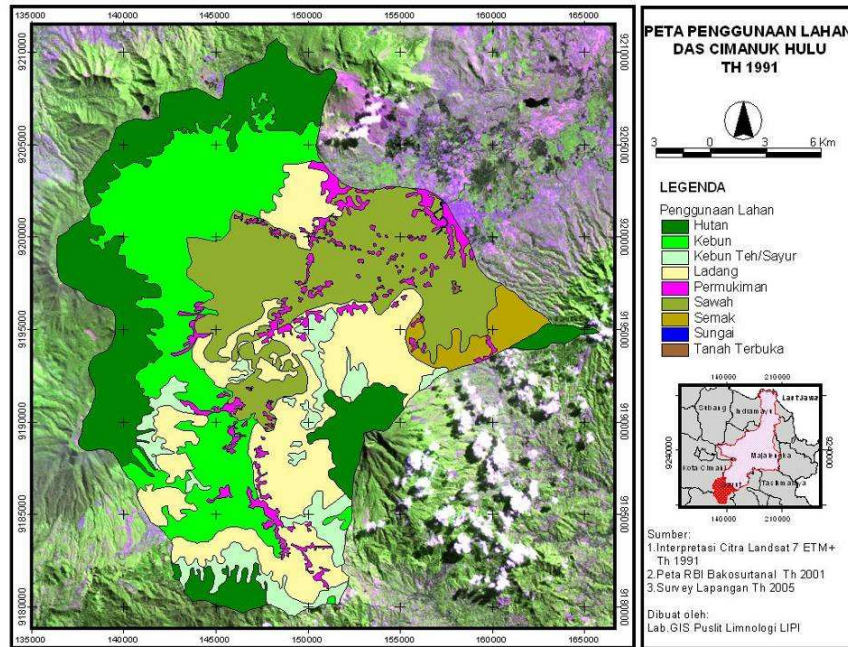
bulanan sejak tahun 1996 hingga 2004 berkisar antara nol hingga 474 mm dengan nilai curah hujan harian tertinggi sebesar 86 mm.

### Pemodelan Hidrologis dan Sedimentologis

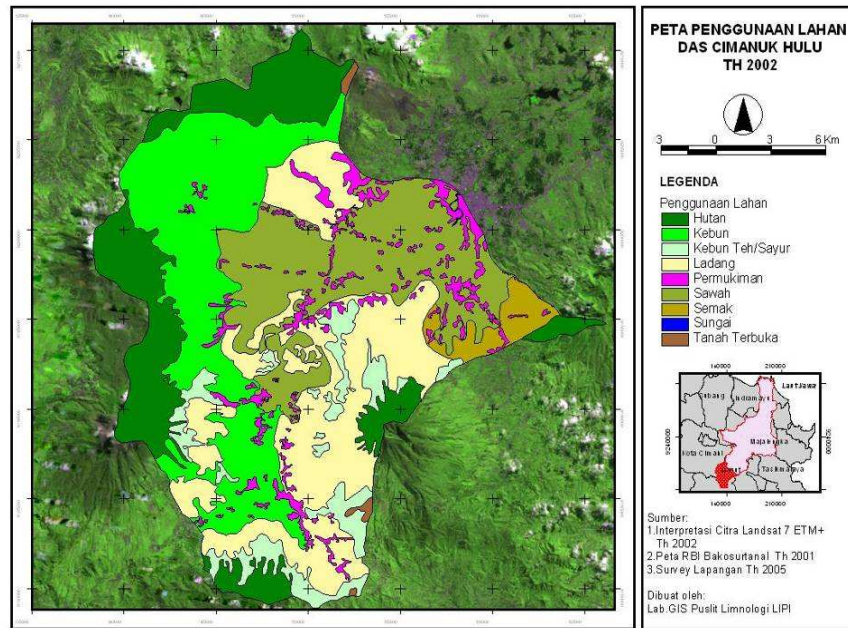
Daerah studi dibagi menjadi 35 subDAS (Gambar 1) dengan luas berkisar antara 22,88 Ha hingga 2022 Ha. Pembagian subDAS didasarkan pada kesamaan relatif penggunaan lahan dengan memperhatikan batasan *software*. Komponen limpasan dibagi dalam tiga yaitu abstraksi hujan, aliran permukaan, dan aliran kanal. Metoda penghitungan abstraksi hujan yang digunakan adalah Bilangan Kurva SCS. Pada setiap subDAS ditentukan besaran bilangan kurva dari data jenis tanah dan kelompok hidrologisnya beserta data penggunaan lahan hasil interpretasi citra tahun 1991 dan 2002 yang ditunjukkan pada Gambar 2 dan 3. Pada tahun 1991 ke 2002 terjadi perluasan daerah permukiman seluas 5,74 km<sup>2</sup>. Seluas 21,142 km<sup>2</sup> daerah hutan dialihfungsikan menjadi kebun, ladang, kebun teh/sayur, dan tanah terbuka. Hal tersebut mengakibatkan nilai rata-rata aritmetik bilangan kurva pada tahun 2002 lebih tinggi dari nilai rata-rata aritmetik bilangan kurva tahun 1991.



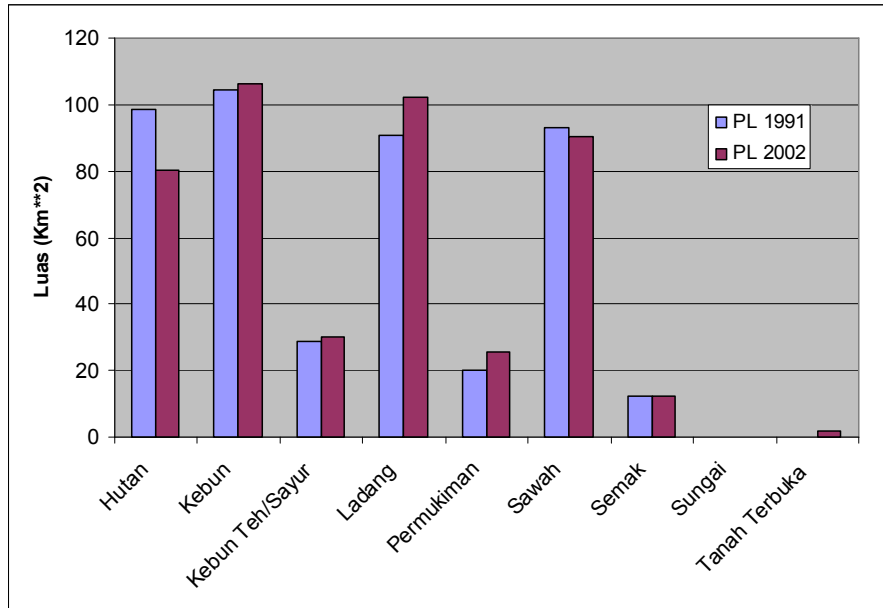
Gambar 1. Skema struktur Model SEDIMOT DAS Cimanuk Hulu Outlet Leuwidaun



Gambar 2. Peta penggunaan lahan DAS Cimanuk Hulu Tahun 1991.



Gambar 3. Peta penggunaan lahan DAS Cimanuk Hulu tahun 2002.



Gambar 4. Komposisi Penggunaan lahan DAS Cimanuk Hulu pada tahun 1991 dan 2002.

Aliran permukaan diprediksi dengan teknik unit hidrograf dengan tiga pilihan bentuk yaitu hutan, pertanian, dan *disturbed*. Komponen aliran kanal menggunakan metoda Muskingum untuk *routing* hidrograf menuju dan antar struktur. Parameter-parameter ini dihitung dari data kecepatan aliran sungai yang dibobotkan berdasarkan panjang segmen dan kemiringan.

Sedimen yang dihasilkan oleh setiap subDAS dihitung dengan model MUSLE (*Modified Universal Soil Loss Equation*) dari J. R. William yang menggunakan faktor erosivitas limpasan (Wilson et al, 1989). Rumusnya adalah sebagai berikut:

$$Y_y = 95 (Q q_p) (0,56) K LS CP$$

dimana  $Y_y$  adalah sedimen yang dihasilkan (ton),  $Q$  adalah volume limpasan (ac-ft),  $q_p$  adalah puncak debit (cfs),  $K$  adalah faktor erodibilitas,  $LS$  adalah parameter panjang lereng,  $CP$  adalah faktor manajemen tanaman dan kendali erosi.

Sifat fisik dari sampel tanah yang mewakili jenis-jenis tanah penyusun DAS Cimanuk Hulu digunakan sebagai input sedimentologis seperti massa jenis, koefisien beban sedimen, massa jenis bagian terbesar, distribusi ukuran partikel dan persentase kehalusannya, dan erodibilitas tanah. Distribusi ukuran partikel dan persentase kehalusan sedimen per subDAS (Tabel 1) ditentukan melalui pembobotan berdasarkan area jenis tanah terkait di subDAS dilanjutkan dengan analisis klaster untuk memenuhi batasan *software*. Nilai erodibilitas tanah dihitung dengan rumus Wischmeier untuk

setiap sampel tanah, kemudian dibobotkan dengan luasan di setiap sub DAS. Nilai kemiringan dan panjang lereng diperoleh dari pengolahan data kontur yang memiliki kerapatan 42.65 kaki.

Tabel 1. Distribusi Ukuran Partikel dan Persentase Kehalusannya. A = kompleks regosol & litosol; B = asosiasi andosol coklat & regosol coklat; C = latosol coklat.

Ukuran (mm)	Persentase Kehalusan							
	1	2	3	4	5	6	7	8
	A	B	C	A:B = 48:52	A:C = 45:55	B:C = 41:59	B:C = 61:39	A:B:C = 46:21:33
1,5	99,9	99,9	99,8	99,9	99,845	99,841	99,861	99,867
0,75	97,6	98,7	98,5	98,172	98,095	98,582	98,622	98,128
0,35	75,5	78,37	76,8	76,9924	76,215	77,4437	77,7577	76,5317
0,15	66,2	73,17	68,6	69,8244	67,52	70,4737	71,3877	68,4557
0,075	64,9	72,22	65,9	68,7064	65,45	68,4912	69,7552	66,7672
0,035	49,45	58,3	51,1	54,052	50,3575	54,052	55,492	51,853
0,015	39,05	45,75	37,25	42,534	38,06	40,735	42,435	39,863
0,006	5,55	10,1	7,7	7,916	6,7325	8,684	9,164	7,215
0,00125	2,45	1	1,3	1,696	1,8175	1,177	1,117	1,766
0,0001	0	0	0	0	0	0	0	0

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil simulasi SEDIMOT II terhadap DAS Cimanuk Hulu menunjukkan bahwa jeluk sebesar 86 mm dengan durasi 24 jam pada tahun 2002 akan menghasilkan limpasan yang lebih tinggi 25,53 % dari total limpasan yang dihasilkan oleh hujan yang sama terhadap penggunaan lahan tahun 1991. Nilai puncak debit untuk penggunaan lahan tahun 2002 pun lebih tinggi 21,1% dari tahun 1991. Jumlah sedimen yang terhitung di outlet Leuwidaun pun mengalami peningkatan sebesar 38,28 %.

Tabel 2. Perbandingan parameter respon DAS Cimanuk Hulu pada penggunaan lahan tahun 1991 dan tahun 2002

Parameter	Satuan	1991	2002
Total Limpasan	m <sup>3</sup>	7.321.134,78	9.189.869,58
Puncak Debit	m <sup>3</sup> /detik	226,52	274,32
Sedimen	ton	314.537,4	434.933,5

Dengan meninjau perbandingan parameter input dan respon setiap subDAS di Cimanuk Hulu (Tabel 3) diketahui bahwa peningkatan jumlah limpasan yang terjadi berkisar antara nol dan 257,14 %. Peningkatan jumlah limpasan tertinggi pada subDAS (3,1,1,3) yang terletak di Kec. Samarang yang merupakan salah satu kecamatan yang mengalami perluasan daerah permukiman terbanyak. Peningkatan jumlah sedimen tertinggi yaitu sebesar 346,23 % pun terjadi di subDAS yang sama. Sementara di subDAS (3,1,1,1) tidak terkalkulasi adanya limpasan maupun sedimen. Hal ini berarti bahwa nilai limpasan di subDAS tersebut lebih kecil dari 12 m<sup>3</sup> dan sedimen yang dihasilkannya kurang dari 1 kg. SubDAS (3,1,1,1) merupakan subDAS yang belum mengalami perubahan penggunaan lahan yang berarti dari hutan.

Tabel 3. Perbandingan input dan output Model SEDIMOT II per subDAS. Nama subDAS (1,2,3,4) berarti subDAS ke-4, di struktur ke-3, di cabang ke-2, dan persimpangan ke-1. CN = Bilangan Kurva; UH 2 = Unit Hidrograf Pertanian; UH 3 = Unit Hidrograf Hutan; L = Limpasan (m\*\*3); P = Puncak Debit (m\*\*3/dtk); CP = Faktor manajemen tanaman dan kendali erosi; S = Sedimen yang dihasilkan (ton).

SubDAS	1991						2002					
	CN	UH	L	P	CP	S	CN	UH	L	P	CP	S
(1,1,1,1)	50	2	209,61	1,67	0,021	511,59	53	2	308,25	2,80	0,021	847,84
(1,1,1,2)	60	2	591,84	2,42	0,029	388,2	60	2	591,84	2,42	0,029	388,2
(1,1,2,1)	65	2	863,1	7,37	0,029	404,64	66	2	912,42	8,00	0,029	439,29
(1,2,1,1)	52	3	271,26	2,50	0,026	1986,1	53	3	308,25	2,94	0,026	2327,66
(1,2,1,2)	50	2	209,61	1,41	0,03	379,94	55	2	382,23	3,17	0,03	837,73
(1,2,1,3)	55	2	382,23	2,65	0,032	276,1	56	2	419,22	3,03	0,032	314,48
(2,1,1,1)	74	2	1430,28	8,31	0,018	72,71	77	2	1664,55	9,97	0,018	87,41
(2,2,1,1)	73	2	1368,63	24,84	0,17	74625,44	73	2	1368,63	24,84	0,17	74625,4
(2,2,1,2)	70	2	1159,02	20,14	0,209	50753,34	76	2	1590,57	29,72	0,209	75174
(2,2,1,3)	61	2	641,16	31,42	0,124	21453,89	61	2	641,16	31,42	0,124	21453,9
(2,2,1,4)	78	2	1738,53	11,05	0,07	390,4	81	2	1997,46	12,67	0,07	454,95
(2,2,1,5)	73	2	1368,63	22,94	0,162	12572,09	76	2	1590,57	27,64	0,162	15183,2
(2,2,1,6)	78	2	1738,53	34,98	0,131	22767,52	78	2	1738,53	34,98	0,131	22767,5
(2,2,1,7)	76	2	1590,57	79,56	0,101	12519,54	79	2	1824,84	94,11	0,101	14884,8
(2,2,2,1)	75	2	1504,26	26,50	0,169	35119,93	79	2	1824,84	33,38	0,169	44453,4

(2,2,2,2)	80	2	1911,15	13,20	0,108	6303,91	80	2	1911,15	13,20	0,108	6303,91
(2,2,2,3)	78	2	1738,53	31,30	0,075	9382,35	78	2	1738,53	31,30	0,075	9382,35
(2,2,3,1)	75	2	1504,26	22,91	0,054	7194,36	78	2	1738,53	27,30	0,054	8602,85
(2,2,3,2)	52	3	271,26	1,43	0,048	1297,63	52	3	271,26	1,43	0,048	1297,63
(2,2,3,3)	78	2	1738,53	2,43	0,036	613,35	78	2	1738,53	2,43	0,036	613,35
(2,2,4,1)	63	2	752,13	9,97	0,141	11201,91	75	2	1504,26	24,21	0,141	27284,1
(2,2,4,2)	53	3	308,25	1,55	0,054	875,03	57	3	468,54	2,51	0,054	1439,22
(3,1,1,1)	32	3	0	0	0,051	0	35	3	0	0	0,051	0
(3,1,1,2)	46	3	98,64	0,84	0,064	728,82	50	3	209,61	1,70	0,064	1587,06
(3,1,1,3)	45	3	86,31	0,71	0,029	318,13	53	3	308,25	2,78	0,029	1419,58
(3,1,1,4)	52	2	271,26	4,34	0,121	3428,29	57	2	468,54	9,89	0,121	7311,25
(3,1,1,5)	61	2	641,16	10,61	0,195	2800,6	64	2	801,45	14,67	0,195	3787,28
(3,1,1,6)	73	2	1368,63	22,08	0,018	362,91	78	2	1738,53	29,81	0,018	492,61
(3,2,1,1)	68	2	1035,72	10,16	0,163	22804,89	73	2	1368,63	14,40	0,163	32385,2
(3,2,1,2)	63	2	752,13	5,92	0,188	15304,81	70	2	1159,02	10,36	0,188	26759,1
(3,2,1,3)	53	2	308,25	7,30	0,106	7977,17	62	2	690,48	29,44	0,106	27542
(3,2,1,4)	68	2	1035,72	25,39	0,057	8486,11	71	2	1220,67	31,91	0,057	10613,4
(3,2,1,5)	68	2	1035,72	12,75	0,082	3505,15	78	2	1738,53	24,88	0,082	6830,24
(3,2,1,6)	71	2	1220,67	17,94	0,034	940,75	77	2	1664,55	26,33	0,034	1383,34
(4,1,1,1)	72	2	1294,65	10,93	0,015	385,08	73	2	1368,63	22,79	0,015	411,76

## KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa total limpasan dan sedimen dari jeluok sebesar 86 mm pada daerah hulu Stasiun Leuwidaun dengan penggunaan lahan tahun 1991 adalah 7,321 juta m<sup>3</sup> dan 314,5 ton. Nilai total limpasan meningkat sebanyak 25,53% menjadi 9,19 juta m<sup>3</sup> pada penggunaan lahan tahun 2002. Sementara jumlah sedimen meningkat sebesar 38,28% menjadi 434,9 ton. SubDAS yang mengalami peningkatan limpasan dan sedimen tertinggi masing-masing sebesar 257,14% dan 346,23% terletak di Kecamatan Samarang, salah satu daerah yang paling banyak mengalami perluasan daerah permukiman. Sementara subDAS yang tidak mengalami perubahan penggunaan lahan yang berarti di Kecamatan Ibum memiliki limpasan dan sedimen lebih kecil dari ketelitian SEDIMOT II.



**DAFTAR PUSTAKA**

- Lillesand, T.M, & R.W Kiefer, 1997. *Penginderaan Jauh dan Interpretasi Citra*, Yogyakarta, Gadjah Mada University Press.
- Ridwansyah I, M Fakhrudin, Hidayat, D Daruati, H A Rustini, S Aisyah, A Santoso, A Hamid, Kodarsyah, 2005. *Pengembangan Model Pengelolaan DAS dengan Pendekatan Ekohidrologi Studi Kasus DAS Cimanuk & DAS Citanduy*, (Laporan Teknis) Pusat Penelitian Limnologi, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia.
- Suharyadi, 1992, *Tutorial Sistem Informasi Geografis*, Yogyakarta, Fakultas Geografi, Universitas Gadjah Mada
- Sutanto, 1994. *Penginderaan Jauh (Jilid 1 dan 2)*, Yogyakarta, Gadjah Mada University Press.
- Warner, R. C., B. N. Wilson, B.J. Barfield, D. S. Logsdon, and P. J. Nebgen, 1989. *A Hydrology and Sedimentology Watershed Model. Part II: User's Manual*, Department of Agricultural Engineering, University of Kentucky, Lexington, Kentucky.
- Wilson, B. N., B.J. Barfield, and J. D. Moore, 1989. *A Hydrology and Sedimentology Watershed Model. Part I: Model Techniques*, Department of Agricultural Engineering, University of Kentucky, Lexington, Kentucky.