

PERUBAHAN PENGGUNAAN LAHAN DAN PENGARUHNYA TERHADAP HIDROLOGI DAERAH ALIRAN SUNGAI

Land Use Changes and Their Impacts on Watershed Hydrology

Hidayat Pawitan

Laboratorium Hidrometeorologi FMIPA – IPB, Bogor 16144

hpawitan @indo.net.id

ABSTRAK

Pembangunan nasional selama tiga-empat dekade terakhir ini telah membawa perubahan besar, tidak saja pada kehidupan sosial ekonomi masyarakat, akan tetapi juga pada pola penggunaan lahan yang telah memberi dampak sangat nyata terhadap fungsi-fungsi daerah aliran sungai dan tanggap hidrologi daerah aliran sungai. Sejumlah kasus perubahan penggunaan lahan di beberapa daerah aliran sungai di Indonesia disajikan dengan bahasan mengenai hubungan sebab-akibat dari aspek hidrologi daerah aliran sungai, khususnya yang menyangkut daya dukung daerah aliran sungai dan frekuensi banjir. Karakteristik hidrologi dan limpasan sejumlah sungai utama di Indonesia (Jawa) disajikan dengan menunjukkan tingkat perkembangan penggunaan lahannya. Disimpulkan bahwa perubahan penggunaan lahan telah terjadi dalam skala luas, khususnya di Pulau Jawa, dan telah memberi dampak nyata terhadap hasil air daerah aliran sungai dengan semakin meningkatnya frekuensi kejadian ekstrem, seperti banjir dan kekeringan. Yang juga perlu dicermati adalah bahwa dalam kurun waktu setengah abad terakhir telah terjadi penurunan jumlah curah hujan secara luas di Jawa dan beberapa wilayah lain di Indonesia dibandingkan dengan waktu setengah abad sebelumnya yang kelihatannya berhubungan dengan penurunan luas hutan.

ABSTRACT

The national development in the last three to four decades has brought about significant impacts not only to the people's socio-economy, but also to land use changes with serious consequences on watershed functions and hydrologic responses. Cases of land use changes in some areas in Indonesia will be presented with discussion on the causes and effects of watershed hydrology, especially in relation to carrying capacity and sensitivity of the watersheds and flood frequency. Hydrologic

and discharge characteristics of some major rivers in Indonesia (especially in Java) will be given in relation to the status of watershed development. It was concluded that land use changes have occurred at large scale, especially in Java, and significant impacts on water yields of the river basins were observed, with increased frequencies of extreme events such as floods and droughts. Also of importance is the drop of present mean annual rainfall compared to earlier time of this century in Java and some other regions in Indonesia, which is believed to be related to the disappearance of proper forest land covers.

PENDAHULUAN

Perkembangan pembangunan nasional selama tiga sampai empat dekade terakhir ini dicirikan oleh semakin menurunnya kontribusi ekonomi sektor pertanian terhadap total GDP (*Gross domestic product*) dari 47,2% pada tahun 1970 menjadi 24,8% pada tahun 1980 dan tinggal 17,6% pada tahun 1990 (ADB, 1994). Penurunan andil ini bertentangan dengan meningkatnya tekanan penduduk terhadap sumber daya lahan dan air yang telah menunjukkan sejumlah dampak negatif yang serius seperti perubahan penggunaan lahan yang tidak terkendali berupa perambahan hutan dan penebangan liar ke daerah hulu, hilangnya tutupan lahan hutan menjadi jenis penggunaan lahan lainnya yang terbukti memiliki daya dukung lingkungan lebih terbatas, sehingga bencana banjir dan kekeringan semakin sering terjadi, disertai bencana ikutannya, seperti tanah longsor, korban jiwa, pengungsian penduduk, gangguan kesehatan, sampai kelaparan, dan anak putus sekolah.

Semakin sering terjadinya bencana banjir dan kekeringan ini telah ditunjukkan dengan peningkatan frekuensi kejadian ekstrem tersebut, sehingga diperkirakan banjir dan kekeringan akan terjadi setiap tahun dengan intensitas yang semakin kuat pula. Memasuki musim hujan tahun 2002 lalu dan terjadi lagi tahun 2003 ini yang dikejutkan dengan bencana Bohorok, dan berlanjut dengan bencana banjir yang terus meluas sehingga menjadi berita setiap hari lewat media cetak dan elektronik, diprakirakan akan mencapai puncaknya bersamaan puncak musim hujan pada bulan Januari 2004 mendatang. Kerugian material dan ekonomi yang diakibatkannya juga cenderung meningkat. Hanya dari banjir Jakarta 2002 selama satu-dua minggu saja tercatat kerugian ekonomi mencapai 5-6,7 triliun rupiah, dan tentunya jauh lebih besar untuk tingkat nasional. Dari sektor pertanian tercatat rerata luas padi sawah yang terkena banjir mencapai 100 ribu ha/tahun, sedang akibat kekeringan mencapai >200 ribu ha/tahun dan kebakaran hutan >100 ribu ha pada tahun-tahun *El Nino* (263.991 ha tahun 1997). Rekor kebakaran hutan terjadi tahun 1982-1983 di Kalimantan Timur

dengan total luas 3 juta ha dan estimasi kerugian sebesar 9 milyar USD atau setara 77 triliun rupiah dengan kurs saat ini.

Peningkatan deforestasi dengan dampak negatifnya telah dikenali terjadi di sejumlah daerah aliran sungai (DAS) di Jawa sejak awal abad 20 lalu, dan disadari sebagai awal permasalahan lingkungan hidup di Indonesia. Mohr (1906 *dalam* ECI, 1994) mendapatkan bahwa pengaruh merugikan pada lahan sawah beririgasi untuk air dari Sungai Pekacangan, anak sungai dari Serayu, yang mengandung deposit kelabu dari butiran kuarsa, telah menurunkan kesuburan dan produksi beras. Laju erosi untuk sebagian daerah Serayu diduga mencapai 5.700 t/km² di Sojokerto sampai 24.600 t/km² untuk Sungai Pekacangan. Rutten (1917 *dalam* ECI, 1994) membandingkan hasil sedimen layang berdasarkan ciri litologi dan menyimpulkan bahwa laju penggundulan sangat ditentukan oleh jenis litologi setempat. Material vulkanik memiliki laju erosi rendah (0,1-0,4 mm/tahun) dibandingkan dengan jenis batuan marl (1,6-5,0 mm/tahun). Sedangkan Van Dijk dan Vogelzang (1948 *dalam* ECI, 1994) membandingkan hasil sedimen DAS Cilutung di Jawa Barat untuk masa 1911-1912 dan 1934-1935, masing-masing 900 m³/km² pada curah hujan tahunan 1.797 mm dan 1.900 m³/km² pada curah hujan tahunan 1.941 mm. Menurut Thijsse (1974, 1976 *dalam* ECI, 1994) sekitar 40% dari total lahan kering Indonesia, sejumlah 100 juta ha sudah dalam kondisi rusak (*desert land*). Perkiraan konservatif sebesar 80 juta ha dari lahan marginal ini akan terjadi menjelang tahun 2000.

Kondisi hidrologi Pulau Jawa dan Indonesia umumnya saat ini dicirikan oleh meningkatnya kejadian ekstrem seperti banjir dan kekeringan dengan kandungan cemaran yang tinggi di badan-badan air seperti sungai dan danau. Krisis air juga semakin terasa, terutama menjelang dan selama musim kemarau, khususnya untuk Pulau Jawa yang sudah diantisipasi akan mengalami kelangkaan air yang serius akibat tekanan penduduk yang akut dan kondisi perubahan penggunaan lahan yang buruk. Diperkirakan bahwa sebagai dampak yang perlu dicermati dari perubahan penggunaan lahan dalam skala luas adalah telah terjadinya penurunan curah hujan dan rezim hidrologi di sejumlah wilayah di Indonesia, termasuk Pulau Jawa. Pengaruh perubahan penggunaan lahan terhadap aspek hidrologi DAS dan frekuensi banjir menjadi fokus kajian dalam tulisan ini.

KARAKTERISTIK HIDROLOGI SUMBER DAYA AIR BEBERAPA SUNGAI UTAMA

Informasi dasar mengenai karakteristik hidrologi sejumlah sungai utama di Indonesia dan negara-negara Asia-Pasifik dapat diperoleh di *Catalogue of Rivers* 1995, 1997, 2000, dan 2002 (Publikasi Unesco-IHP) yang memuat karakteristik 10

sungai di Indonesia seperti disajikan pada Tabel 1 dan 2. Delapan dari sepuluh sungai tersebut terdapat di Jawa dengan total luas seluruh DAS mencapai separuh dari luas Pulau Jawa dan total rerata debit sebanding dengan proporsi luas DAS. Status penggunaan lahan dari sepuluh DAS utama ini sudah didominasi oleh lahan budi daya dan perkotaan yang menunjukkan tingkat perkembangan wilayah yang ada. Penggunaan lahan pertanian dan padi sawah telah mencapai 50-85%, dan perkotaan mencapai hampir 30% untuk Citarum dan Brantas, sedangkan luas lahan hutan kebanyakan sudah di bawah 20%. Data terakhir dari Badan Planologi Dephut menyatakan bahwa luas tutupan hutan Pulau Jawa saat ini tinggal 4%.

Tabel 1. Karakteristik beberapa sungai utama di Indonesia dengan status penggunaan lahan

No.	Nama sungai	Panjang luas DAS	Titik tertinggi Titik terendah	Populasi kota utama	Penggunaan lahan ¹⁾				
					F	L	A	P	U
		Km/km ²	m	jiwa	%				
1.	Citarum	269 6.080	1.700 0	Bandung 2.513.000 (1992)	20	2,5	18	30	29,5
2.	Cimanuk	230 3.600	3.078 0	Cirebon 256.134(1995)	22,8	0,01	29,8	36	6,6
3.	Citanduy	170 4.460	1.750 0	Tasik 187.609 Ciamis 145.406 Banjar 130.197 (1995)	9,3	0,08	48	24	16,6
4.	Serayu	158 3.383	2.565 0	Purwokerto 209.005 (-)	17	-	35,6	24,6	22,7
5.	Progo	140 2.380	1.650 0	Magelang 116.468 (1995)	4	-	32	45	19
6.	Bengawan Solo	600 16.100	3.265 0	Solo: 525.371 Ngawi: 829.726 (1993)	3,0	5	24,5	66	6,0
7.	Brantas	320 12.000	3.369 0	Surabaya 2.270.081 (1990)	22,1	-	19,8	29,2	28,9
8.	Tuntang	139 798	3.142 0	Salatiga: 104.834 Ambarawa: 42 738.000(1997)	21,3	3,0	37,5	30,5	7,7
9.	Asahan	147 3.741	2457 0	Parapat, Porsea, Balige, Kisaran, Tj.Balai 889.997 (1992)	35,0	10,0	40,0	10,0	5,0
10.	Jeneberang	78,75 727	2.876 0	Makassar Malino, Bili-bili, Sungguminasa 982.248 (1993)	40,0	-	27,0	20,0	13,0

Sumber: Catalogue of Rivers (1995, 1997, 2000, 2002).

¹⁾ F: hutan; L: danau, sungai, rawa; A: lahan pertanian; P: sawah; U: kota

Karakteristik debit sungai sebagaimana tercantum pada Tabel 2 menunjukkan variasi aliran yang tinggi, baik untuk rezim aliran sungai-sungai tertentu maupun antar-sungai. Rasio debit maksimum/minimum bervariasi dari kurang dari 20 kali sampai lebih dari 100 kali, walau perlu dicermati juga akurasi informasi debit yang diberikan ini antara debit maksimum sesaat atau rerata bulanan. Sebagai indikator penting untuk menilai karakteristik hidrologi banjir dari suatu sungai adalah debit jenis (*specific discharge*) yang dibataskan sebagai besar debit per satuan luas ($\text{m}^3/\text{s}/100 \text{ km}^2$). Nampak bahwa sungai-sungai utama di Indonesia ini memiliki sifat banjir yang *moderate* dibandingkan dengan sungai-sungai di dunia, yaitu dengan debit jenis (Q_{max}/A) antara 10-80 $\text{m}^3/\text{s}/100 \text{ km}^2$ kecuali Tuntang dan Jeneberang yang melampaui 100 $\text{m}^3/\text{s}/100 \text{ km}^2$ atau termasuk tinggi. Sebagai ukuran ketersediaan air dapat dinyatakan debit jenis terhadap debit rerata yang menghasilkan besaran antara 4-10 $\text{m}^3/\text{s}/100 \text{ km}^2$. Debit minimum menyatakan kondisi ketersediaan air pada musim kering yang tentunya harus digunakan terbatas untuk jenis penggunaan air tertentu saja, seperti penggunaan domestik dan industri, dan tidak untuk pertanian.

Tabel 2. Karakteristik debit beberapa sungai utama

No	Nama sungai	Stasiun	Luas DAS (A)	Q	Q _{max}	Q _{min}	Q _{max} /A
			km^2		m^3/s		$\text{m}^3/\text{s}/100\text{km}^2$
1	Citarum	Nanjung	1.675	68,7	455,0	5,4	27,1
2	Cimanuk	Rentang	3.003	134,7	305,6	19,9	14,6
3	Citanduy	Cikawung	2.515	204,0	710,6	16,3	39,2
4	Serayu	Rawalo	2.631	273,4	1.497	58,8	76,8
5	Progo	Bantar	2.008	89,3	596,0	9,0	29,8
6	Bengawan Solo	Bojonegoro	12.804	362,9	2.127	19,0	17,0
7	Brantas	Jabon	8.650	258,7	866,1	46,6	10,0
8	Tuntang	Glapan	798	27,7	500,0	4,5	137,0
9	Asahan	Siruar	3.741	96,6	133,1	42,1	7,0
10	Jeneberang	Patalikang	384,4	43,5	352,2	0,3	182,4

Sumber: Catalogue of Rivers, 1995, 1997, 2000, 2002
 Q = debit sungai, Q_{max}/A = debit jenis

PERUBAHAN PENGGUNAAN LAHAN DI BEBERAPA DAS

Perkembangan penggunaan lahan di sejumlah daerah aliran sungai-sungai di Indonesia dalam tiga dasawarsa terakhir ini telah memberi dampak berupa peningkatan frekuensi, debit, dan volume banjir yang telah menggenangi wilayah

permukiman dan infrastruktur umum yang mengakibatkan kerusakan dan kerugian material dan non-material. Kejadian banjir memasuki dan selama musim hujan 2002 yang lalu menunjukkan tingkat gangguan yang sulit diterima (*intolerable*) yang memerlukan tindakan koreksi untuk menghindari terulangnya kejadian serupa. Pertanyaannya adalah: Apakah bentuk tindakan koreksi yang diperlukan? Apakah hal ini mungkin dilakukan dalam jangka waktu dekat ini? Untuk ini kajian hidrologi DAS sangat diperlukan untuk memberikan gambaran mengenai fungsi hidrologi, khususnya yang menyangkut hubungan sebab-akibat yang dinyatakan dengan koefisien limpasan dan waktu konsentrasi, serta faktor-faktor yang berperan, seperti kondisi penggunaan lahan dan perubahannya.

DAS Ciliwung: Sungai Ciliwung merupakan salah satu sungai utama yang bermuara ke Teluk Jakarta dengan total luas daerah aliran 347 km² dan panjang sungai utama 117 km. Estimasi debit banjir 2-tahunan menurut Nedeco-PBJR (1973) adalah 100 m³/s dan debit banjir 25-tahunan sebesar 200 m³/s, dan nampaknya nilai estimasi ini telah berubah sejalan dengan perubahan penggunaan lahan yang telah terjadi dalam tiga dasawarsa terakhir ini. Debit banjir 100 tahunan diperkirakan telah meningkat dari 370 m³/s (1973) menjadi 570 m³/s (2000) dan hal ini terkait erat dengan perubahan penggunaan lahan di wilayah DAS, khususnya di wilayah hulu.

Pola penggunaan lahan di wilayah DAS Ciliwung masih didominasi oleh lahan pertanian dan perkebunan, yaitu 61% dari luas DAS Ciliwung Hulu dan 73% dari luas DAS Ciliwung Tengah. Kawasan hutan didapatkan di DAS Ciliwung Hulu seluas 5.310 ha, sebagaimana secara lengkap ditunjukkan pada Tabel 3 berikut untuk kondisi tahun 1981 dan 1999, sedangkan Gambar 1 menunjukkan pola penggunaan lahan DAS untuk tahun 1999. Perbedaan total luas antara dua tahun pengamatan tersebut dikarenakan pengukuran luas diperoleh dari dua peta dengan sumber berbeda yang masing-masing diperoleh sebagai hasil interpretasi citra *landsat* pada tahun-tahun bersangkutan. Perubahan penggunaan lahan dari kondisi dua tahun pengamatan ini menunjukkan penurunan luas hutan di Ciliwung Hulu seluas 2 ha, perkebunan seluas 35 ha, sawah total seluas 62 ha, dan lahan tegalan/ladang seluas 152 ha. Penurunan penggunaan lahan serupa didapati juga pada kawasan tengah. Peningkatan yang mencolok terjadi pada luas kawasan permukiman, baik di Ciliwung Hulu maupun Tengah, masing-masing meningkat dari 255 ha menjadi 506 ha untuk Ciliwung Hulu dan dari 1.147 ha menjadi 1.961 ha untuk Ciliwung Tengah, atau peningkatan masing-masing sebesar 98% dan 71%, yang diperoleh terutama dari pengurangan luas sawah dan tegalan, baik di kawasan hulu maupun tengah.

Tabel 3. Penggunaan lahan DAS Ciliwung Hulu dan Tengah tahun 1981 dan 1999

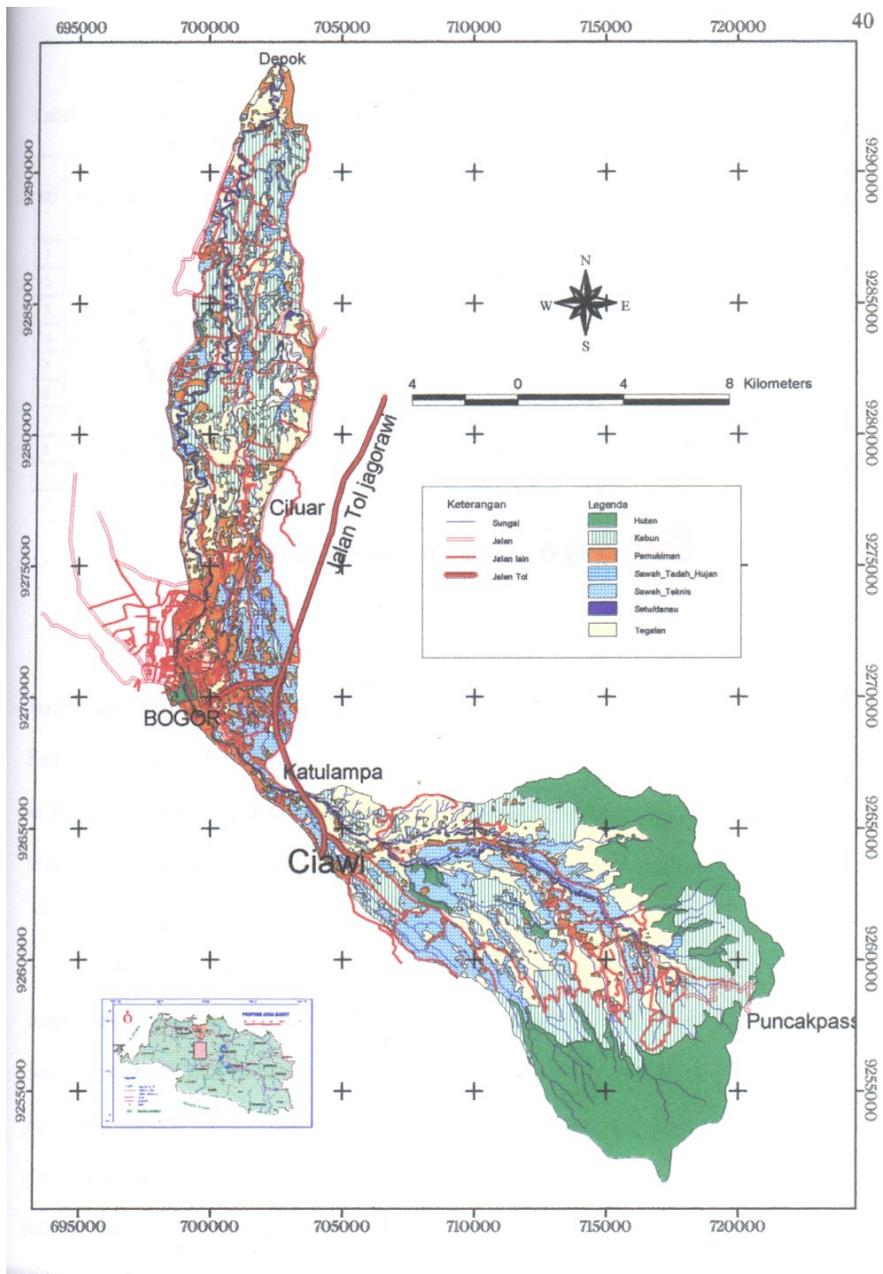
Jenis penggunaan lahan	Luas Ciliwung Hulu		Luas Ciliwung Tengah	
	1981	1999	1981	1999
	ha			
Hutan	5.312	5.310	108	101
Kebun campuran/perkebunan	3.266	3.231	1.837	1.704
Kawasan pemukiman	255	506	1.147	1.961
Sawah teknis	2.270	2.227	1.499	1.283
Sawah tadah hujan	289	271	203	197
Tegalan/ladang	3.490	3.338	2.907	2.456
Sungai, setu dll	81	81	52	48
Total	14.963	14.964	7.663	7.706

Sumber: Singgih (2000).

Perubahan pola penggunaan lahan ini memberi dampak pada pengurangan kapasitas resapan, terutama dilihat dari proporsi perubahan luasan permukiman ini di Ciliwung Tengah, sehingga akan meningkatkan laju limpasan permukaan yang menghasilkan banjir di kawasan hilir Ciliwung, sampai ke Jakarta. Rachman (1992) menyatakan penurunan nyata laju infiltrasi untuk berbagai penggunaan lahan di Ciliwung Hulu mulai dari hutan alami, pertanian, kebun teh, dan permukiman.

Kabupaten Batanghari: Kabupaten Batanghari memiliki luas 1.054.104 ha, dengan jumlah penduduk 294.381 jiwa (29 jiwa/km²) pada tahun 1986 dan meningkat menjadi 380.097 jiwa (38 jiwa/km²) pada tahun 1992 atau bertambah 31% dan diproyeksikan akan meningkat menjadi 466.356 jiwa pada tahun 2004. Tabel 4 dan Gambar 2 menunjukkan bahwa laju perubahan lahan hutan dataran rendah maupun tinggi (LHF) menjadi penggunaan lahan lain adalah 2% atau 132 ha/tahun. Wujud dari alih fungsi lahan LHF adalah berupa lahan bekas tebang (LLOF), yaitu sebesar 790 ha yang terjadi selama 6 tahun. Hutan rawa gambut (PSF) juga telah mengalami perubahan fungsi, yaitu menjadi LLOF, areal tanaman/vegetasi sekunder (SR), dan lahan untuk tanaman padi huma serta tanaman pangan lain (MUR) berturut-turut seluas 14.810 ha, 167 ha dan 10 ha yang juga terjadi selama kurun waktu 6 tahun. Laju perubahan lahan lain yang juga cukup dominan di Kabupaten Batanghari adalah bertambah luasnya lahan perkebunan karet (SHR). Pertambahan luas tersebut berasal dari perubahan fungsi lahan LLOF, SR, MFT (kebun buah-buahan, kayu manis dan kopi), dan MUR menjadi SHR. Berdasarkan hasil analisis tersebut maka perubahan penggunaan lahan tertentu menjadi penggunaan lahan lain tampaknya mengikuti suatu pola yang khas, yaitu: (1) perubahan penggunaan lahan hutan menjadi penggunaan lahan lain adalah mungkin terjadi, tapi penggunaan lahan turunannya belum pernah ada yang kembali menjadi hutan, dan (2) perubahan penggunaan lahan terakhir di Kabupaten Batanghari pada umumnya berupa lahan

perkebunan atau perkotaan, yaitu suatu lahan yang langsung memberi dampak ekonomi pada penduduk setempat (Dasanto, 2003).

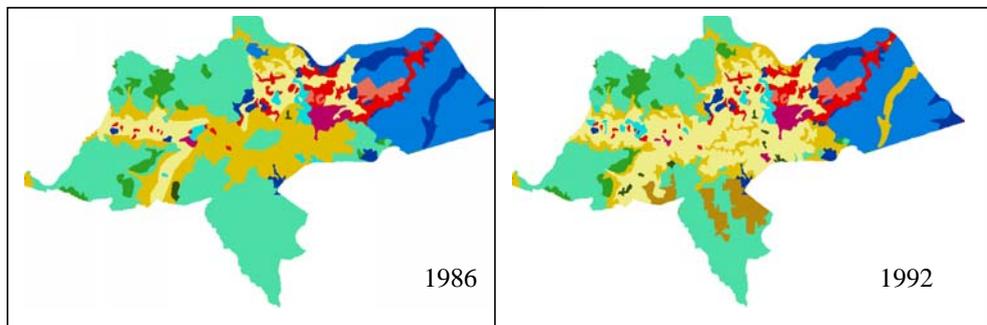


Gambar 1. Peta penggunaan lahan DAS Ciliwung Hulu – Tengah tahun 1999

Tabel 4. Perubahan penggunaan lahan di Kabupaten Batanghari tahun 1986-1992

Penggunaan lahan	Luas penggunaan lahan		Perubahan	
	1986	1992	%	ha/tahun
	———— ha ————			
Lahan bekas tebang (LLOF)	389.970	299.198	23	15.129
Hutan rawa gambut (PSF)	181.567	166.622	8	2.491
Vegetasi sekunder (SR)	186.207	99.214	47	14.499
Vegetasi sekunder rawa (SRS)	48.302	48.713	-1	-68
Hutan rawa air tawar (FWSF)	56.087	56.209	0	-20
Hutan dataran rendah dan tinggi (LHF)	38.285	37.494	2	132
Perkebunan karet (SHR)	107.050	249.601	-133	-23.758
Sawah (PF)	14.518	14.805	-2	-48
Kebun buah, kayu manis, kopi (MFT)	13.942	15.935	-14	-332
Kota (UA)	15.356	15.663	-2	-51
Padi huma, tanaman pangan lain (MUR)	2.819	4.847	-72	-338
Perkebunan (EP)	0	45.803		-7.634
Total luas lahan	1.054.104	1.054.104		

Sumber: Dasanto (2003).



Gambar 2. Peta penggunaan lahan Kabupaten Batanghari tahun 1986 dan 1992

Lampung Barat: Syam *et al.* (1997) memonitor dan mengkaji perubahan penggunaan lahan berbukit di Lampung Barat seluas 27 km² selama periode 1970 sampai 1990 dan menyatakan bahwa penggunaan lahan telah berubah dari bentuk satu ke lainnya dalam interval waktu 6-8 tahunan. Pada tahun 1970 penggunaan lahan dicirikan oleh 50% hutan primer dan menjadi 13% pada tahun 1990, dan lahan perkebunan yang tidak tercatat pada tahun 1970 meningkat menjadi 60% pada tahun 1990. Lebih lanjut diamati perubahan dari tanaman monokultur (terutama kopi) pada tahun 1984 menjadi kebun campuran pada tahun 1990. Total lahan kering, termasuk

perladangan, berkurang dari 21% pada tahun 1970 menjadi 0,1% pada tahun 1990. Hal ini menunjukkan perkembangan lahan perkebunan kopi di daerah perbukitan serta konversi menjadi lahan pertanian dan produksi sayuran di teras lereng di Propinsi Lampung. Peningkatan penduduk, termasuk transmigrasi, merupakan faktor utama dalam perubahan penggunaan lahan.

Lahan kritis dan rehabilitasi lahan: Dampak nyata dari perubahan penggunaan lahan ini adalah peningkatan erosi tanah dan meluasnya lahan-lahan kritis. Saat ini diperkirakan terdapat lahan kritis seluas 43 juta ha walaupun Tabel 5 menunjukkan status lahan kritis pada tahun 1988 seluas 13 juta ha dengan target laju rehabilitasi tahunan sebesar 500 ribu ha/tahun untuk periode 1976-1987.

Table 5. Lahan kritis (1988) dan laju rehabilitasi tahunan (1976-87)

Pulau	Lahan kritis			Laju rehabilitasi tahunan		
	Kawasan hutan	Luar kawasan hutan	Total	Kawasan hutan	Luar kawasan hutan	Total
						ha
Sumatra	1.405.900	2.298.600	3.704.500	37.651	103.503	141.154
Jawa & Bali	97.700	1.262.900	1.360.600	1.148	223.650	224.798
NusaTenggara	1.025.100	1.151.500	2.176.600	7.900	22.764	30.654
Kalimantan	1.798.300	1.165.300	2.963.600	16.860	10.438	27.298
Sulawesi	1.099.300	965.200	2.064.500	30.263	64.293	94.556
Maluku	305.400	330.400	635.800	54	408	462
Irian Jaya	186.800	95.800	282.600	0	0	0
Indonesia	5.918.500	7.269.700	13.188.200	93.876	425.046	518.922

Sumber: Statistik Kehutanan

PENGARUH PERUBAHAN PENGGUNAAN LAHAN TERHADAP FUNGSI HIDROLOGI DAS

Pengaruh vegetasi terhadap hidrologi DAS: Perubahan penggunaan lahan dengan pembangunan kota tentunya tidak terhindarkan, mulai dari penggundulan hutan yang digantikan dengan permukaan kedap berupa atap perumahan, jalan-jalan, tempat parkir, bandara, dan sebagainya. Dampaknya secara nyata telah meningkatkan frekuensi dan intensitas banjir. Tercatat bahwa antara tahun 1981 dan 1999 telah terjadi peningkatan kawasan permukiman untuk Ciliwung Hulu sebesar 100% dengan dampak berupa peningkatan debit banjir di Katulampa sebesar 68%, dan di Depok 24%, sedangkan peningkatan volume banjir adalah 59% untuk Katulampa dan 15% untuk Depok (Pawitan, 2002). Fakta hidrologi demikian telah lama melahirkan mitos yang menyatakan bahwa gunung dan hutan berperan menahan/menyimpan air hujan, serta menghindari terjadinya

banjir dan kekeringan, yang sepertinya dapat diterangkan oleh hukum sebab-akibat. Persepsi yang keliru tentang hubungan hutan dan fungsi DAS seperti dibahas oleh Van Noordwijk *et al.* (2003) sangat relevan untuk disimak, khusus pada kesimpulan bahwa yang penting dipertahankan adalah adanya tutupan vegetasi dan lapisan serasah dan tidak semata dalam bentuk hutan. Setidaknya ada enam aspek pengaruh hutan terhadap fungsi hidrologi wilayah (Calder, 1998) yang dapat dicatat sebagai berikut:

1. Hutan meningkatkan curah hujan: Walaupun awalnya sulit dibuktikan, saat ini dapat ditunjukkan bahwa hilangnya hutan juga diikuti oleh berkurangnya curah hujan seperti yang dialami oleh Pulau Jawa. Pengurangan hutan yang nyata dalam kawasan yang luas dalam tiga dekade terakhir ini telah menurunkan jumlah curah hujan tahunan sampai 1.000 mm/tahun atau 25% lebih rendah dari kondisi awal abad ini. Implikasi lebih serius dapat terjadi dengan hilangnya kawasan hutan
2. Hutan meningkatkan aliran sungai: Yang terjadi adalah vegetasi hutan juga mengkonsumsi air dalam jumlah yang besar, sehingga hutan justru cenderung menurunkan aliran sungai. Walaupun untuk hutan yang mapan, telah terjadi keseimbangan hidrologi wilayah, sehingga penurunan ini tidak terasa lagi. Sebaliknya, dengan hilangnya hutan maka aliran sungai akan meningkat dengan banjirnya, sampai tercapai keseimbangan hidrologi yang baru setelah jangka waktu yang panjang (ratusan tahun).
3. Hutan mengatur fluktuasi aliran sungai – meningkatkan aliran rendah musim kemarau: Pengamatan di Inggris dan juga di Afrika Selatan menunjukkan bahwa penghutanan kembali padang rumput dengan pohon pinus tidak hanya menurunkan aliran sungai sejumlah 440 mm/tahun, tetapi juga menurunkan aliran rendah musim kemarau sebesar 15 mm. Kesimpulannya adalah: pengaruh hutan terhadap aliran rendah sangat '*site specific*' dan tidak ada jaminan penghutanan akan meningkatkan aliran rendah musim kemarau.
4. Hutan mengurangi erosi: Hal ini sangat bergantung pada situasi dan kondisi, seperti intensitas hujan, kelerengan lahan, dan faktor geologi batuan, serta metode pengelolaan yang dipilih. Pengalaman di Jawa, hutan jati menunjukkan tingkat erosi yang tinggi.
5. Hutan mengurangi banjir: Barangkali pengalaman dan pemberitaan media massa membenarkan pernyataan ini, padahal kajian hidrologi umumnya menunjukkan lemahnya hubungan penggunaan lahan dan banjir dan menyimpulkan kurangnya bukti ilmiah yang mendukung laporan bahwa deforestasi meningkatkan banjir. Perkembangan teori saat ini menunjukkan peran skala DAS dalam hubungan hujan-limpasan, di mana semakin luas DAS semakin kecil peran aktivitas manusia.

6. Hutan meningkatkan mutu pasokan air: Kecuali pada daerah dengan iklim yang tercemar berat yang menghasilkan hujan asam, mutu air lazimnya lebih baik pada kawasan berhutan, walaupun sangat dipengaruhi oleh praktek pengelolaan hutan itu sendiri. Saat ini DAS berhutan menjadi andalan untuk menjamin pasokan air bersih kota-kota metropolitan dunia.

Perubahan jangka panjang keseimbangan hidrologi Pulau Jawa: perubahan tutupan lahan telah berlangsung di Pulau Jawa sejak awal abad lalu akibat konversi lahan dari hutan menjadi penggunaan lain dan hal ini berlangsung sejalan dengan pertumbuhan jumlah penduduk dari empat juta pada awal abad 19 yang meningkat menjadi 40 juta pada awal abad 20 dan saat ini mencapai 130 juta jiwa. Pertambahan penduduk ini berbanding terbalik dengan luas hutan yang terus berkurang hingga kurang dari 20%. Penggundulan lahan ini telah berlangsung sejak awal abad 20 dan meningkat secara luas dalam tiga dasawarsa terakhir ini. Dampak perubahan tutupan lahan dalam skala luas ini nampak dari perubahan fungsi hidrologi DAS yang berawal dari penurunan curah hujan wilayah dan diikuti oleh hasil air DAS. Gejala penurunan curah hujan Pulau Jawa nampak dari rata-rata curah hujan tahunan periode 1931-1960 dan 1968-1998 di banyak stasiun yang meliputi sepanjang Jawa bagian selatan yang mencapai selisih 1.000 mm antara dua periode pengamatan tersebut. Hasil serupa juga diamati dengan perubahan jangka panjang untuk DAS Citarum untuk masa 1896-1994 yang mengalami *trend* penurunan curah hujan dengan laju 10 mm/tahun dan diikuti oleh penurunan debit limpasan sebesar 3 mm/tahun.

Kepekaan sistem hidrologi DAS: Penilaian kepekaan dan daya dukung sistem hidrologi DAS akibat perubahan penggunaan lahan dapat dilakukan dalam tiga tahapan berikut: (i) pengembangan skenario perubahan penggunaan lahan; (ii) simulasi hidrologi wilayah; dan (iii) evaluasi dampak dari variasi hidrologi yang dihasilkan sistem sumber daya air yang meliputi aspek pengembangan dan pengelolaan serta menilai kinerja sistem akibat bencana seperti banjir dan kekeringan, operasi waduk, saluran, mutu air, serta berbagai isu lingkungan. Pawitan (1999) menyatakan bahwa perubahan pola penggunaan lahan berdampak pada penurunan ketersediaan air wilayah akibat meningkatnya fluktuasi musiman dengan gejala banjir dan kekeringan yang semakin ekstrim, dan ukuran DAS serta kapasitas sistem *storage* DAS, baik di permukaan (tanaman, sawah, rawa, danau/waduk, dan sungai) maupun bawah permukaan (lapisan tanah dan air bumi), akan merupakan faktor dominan yang menentukan kerentanan dan daya dukung sistem sumber daya air wilayah terhadap perubahan iklim. Dalam kaitan ini perubahan paradigma dari pengelolaan sumber daya air dari *blue water* menjadi *green water* menjadi relevan saat ini. Kajian dampak

perubahan penggunaan lahan antara tahun 1981 dan 1999 menggunakan model hidrologi HEC-1 menunjukkan meningkatnya debit banjir Ciliwung Hulu (Katulampa) sebesar 68% dan untuk Ciliwung Tengah sebesar 24%, sedang peningkatan volume banjir untuk Ciliwung Hulu sebesar 59% dan Ciliwung Tengah sebesar 15%. Perubahan ini juga telah diikuti oleh terjadinya peningkatan andil daerah hulu terhadap debit dan volume banjir di daerah hilir DAS.

FREKUENSI BANJIR SEJUMLAH SUNGAI UTAMA

Informasi banjir untuk sungai-sungai utama di Indonesia dapat diperoleh dari data debit sungai yang dikompilasi oleh Balai Hidrologi - Puslitbang Air, Bandung. Pengamatan debit secara meluas dilakukan sejalan dengan program Pelita I, kecuali untuk sejumlah sungai seperti Citarum-Nanjung yang memiliki data debit sejak tahun 1918. Loebis (1998) memberikan inventori banjir untuk Indonesia dengan identifikasi luasan banjir. Untuk mengetahui tingkat banjir (*flood severity*) suatu sungai dapat digunakan ukuran debit jenis seperti ditunjukkan pada Tabel 2, dengan Sungai Tuntang dan Jeneberang dari sepuluh sungai tersebut memiliki debit jenis melampaui $100 \text{ m}^3/\text{s}/100 \text{ km}^2$. Untuk Pulau Jawa sesungguhnya dicatat sejumlah sungai dengan langganan banjirnya. Dari debit jenisnya, selain Tuntang, hanya Sungai Citanduy dan Serayu saja yang masih dapat dikelaskan sebagai *moderate* (sedang), sedangkan sungai-sungai lainnya tergolong rendah. Untuk sungai-sungai dengan luas $<100 \text{ km}^2$ atau bagian hulu yang dicirikan oleh lereng yang curam, perlu dikenali juga bahaya bencana banjir bandang untuk daerah hulu sungai (*headwater area*) yang dapat menghasilkan debit sangat tinggi.

Tabel 6. Statistik deskriptif dan frekuensi debit banjir sungai utama Indonesia

Nama sungai	Citarum	B.Solo	Brantas	Asahan	Citanduy	Progo	Cimanuk	Serayu	Tuntang	Jberang
Nama stasiun	Nanjung	B.negoro	Pakel	Siruar	Ptarumn	B-budur	Rentang	B-mas	Glapan	P-ikang
Luas DAS [km^2]	(1.675)	(12.804)	(3.410)	(3.782)	(1.163)	(948)	(3.003)	(2.631)	(798)	(384)
Rerata Q [m^3/s]	279	1.869	521	384	827	534	761	1279	500	352
Stdev	42	225	133	79	283	270	185	238	196	174
Koef.Var	0,15	0,12	0,26	0,21	0,34	0,51	0,24	0,19	0,39	0,49
Skew	0,7841	-1,5368	0,2809	0,6276	-0,3205	0,393	0,8704	1,303	1,7629	0,1077
Q-2 z=0,0	279	1.869	521	384	827	534	761	1.279	500	352
Q-10 z=1,28	333	2.157	691	485	1.189	880	998	1.584	751	575
Q-25 z=1,75	353	2.263	754	522	1.322	1.007	1.085	1.696	843	657
Q-100 z=2,327	377	2.393	830	568	1.486	1.162	1.191	1.833	956	757

Dari data seri debit banjir yang tersedia dapat dihitung statistik deskriptif maupun frekuensi debit banjir sungai-sungai yang ada seperti ditunjukkan pada Tabel 6. Koefisien variasi dapat dijadikan ukuran untuk menilai variasi debit maksimum yang ada, dengan Sungai Progo, Tuntang, dan Jeneberang berada pada posisi paling bervariasi dari tahun ke tahun. Dari data seri ini juga dapat diketahui perubahan besar banjir dari tahun ke tahun. Rerata debit banjir Sungai Citarum pada Stasiun Nanjung telah mengalami peningkatan debit banjir dari $242 \text{ m}^3/\text{s}$ pada awal abad ini menjadi $300 \text{ m}^3/\text{s}$ pada masa setelah 1973. Peningkatan debit banjir ini berlawanan dengan kondisi debit rerata yang mengalami penurunan sebesar $3 \text{ mm}/\text{tahun}$, yang berarti memang telah terjadi peningkatan intensitas banjir di Sungai Citarum.

KESIMPULAN DAN SARAN

1. Perkembangan pembangunan nasional selama ini telah menunjukkan sejumlah dampak negatif berupa perubahan penggunaan lahan yang berakibat hilangnya tutupan lahan hutan menjadi jenis penggunaan lahan lainnya, yang terbukti memiliki daya dukung lingkungan lebih terbatas, sehingga bencana banjir dan kekeringan semakin sering terjadi, disertai bencana ikutannya seperti longsor, korban jiwa, pengungsian penduduk, gangguan kesehatan, sampai kelaparan dan anak putus sekolah.
2. Karakteristik DAS sejumlah sungai utama di Indonesia, khususnya di Jawa, dicirikan oleh dominasi lahan budi daya pertanian dan padi sawah yang mencapai 50-85%, dan perkembangan perkotaan yang sudah mencapai 30% untuk Citarum dan Brantas, sedangkan luas hutan sudah dibawah 20%. Hal ini diyakini telah ikut mempengaruhi terjadinya peningkatan frekuensi dan volume debit banjir maupun kekeringan di banyak wilayah di Indonesia.
3. Dari besaran debit jenis sungai-sungai utama dapat dikatakan bahwa sifat banjir sungai-sungai di Indonesia (Jawa) termasuk moderat dengan nilai $10-80 \text{ m}^3/\text{s}/100 \text{ km}^2$ kecuali untuk Tuntang dan Jeneberang yang lebih dari $100 \text{ m}^3/\text{s}/100 \text{ km}^2$.
4. Perubahan penggunaan lahan hampir pasti mengikuti pola dari jenis penggunaan hutan ke pertanian, perkebunan, dan berlanjut ke permukiman sejalan dengan perkembangan wilayah perkotaan. Perubahan demikian jelas sangat berpengaruh terhadap neraca air wilayah dan rezim hidrologi DAS bersangkutan. Perlu dicermati adanya kesimpulan yang menyederhanakan dampak perubahan penggunaan lahan seolah-olah jenis tutupan vegetasi tidak banyak berperan dan mengabaikan air konsumtif tanaman.

5. Kepekaan sistem hidrologi DAS terhadap perubahan penggunaan lahan dapat dievaluasi menggunakan model-model hidrologi dan ditentukan oleh sifat biofisik DAS bersangkutan. Untuk kasus DAS Ciliwung dengan model HEC-1 didapatkan bahwa dampak perubahan penggunaan lahan dari kondisi 1981 ke 1999 telah meningkatkan debit puncak banjir Ciliwung Hulu sebesar 68% dan Ciliwung Tengah sebesar 24%, sedangkan peningkatan volume banjir untuk Ciliwung Hulu adalah 59% dan Ciliwung Tengah 15%.

DAFTAR PUSTAKA

- ADB. 1994. *Climate Change in Asia: Indonesia. Regional Study on Global Environmental Issues*. Manila.
- Calder, I.R. 1998. *Water Resources and Land Use Issues. System Wide Initiative on Water Management, Paper No.3, IWMI, Colombo, Sri Lanka*.
- Catalogue of Rivers for Southeast Asia and the Pacific - Volumes: 1(1995), 2(1997), 3(2000), and 4(2002). A Unesco-IHP Publication.
- Dasanto, B.D. 2003. *Proyeksi Perubahan Penggunaan Lahan Menggunakan Metode Regresi Logistik (Studi kasus: Kabupaten Batanghari, Jambi)*. Laporan Penelitian Departemen Geofisika dan Meteorologi-Pusat Penelitian Lingkungan Hidup, Institut Pertanian Bogor (Tidak dipublikasikan).
- ECI (Engineering Consultants International). 1994. *Segara Anakan Conservation and Development Project – Indonesia. Draft Final Report. TA No. 1624 –INO (Unpublished)*.
- Loebis, J. 1998. *Inventory of Flooding Area in Indonesia and its Problems. Symposium on Japan-Indonesia IDNDR Project, Sep. 21-23, Bandung, Indonesia*.
- Nedeco-PBJR. 1973. *Masterplan of Jakarta Urban Drainage System 1965-1985. Project Report by Nedeco and Proyek Banjir Jakarta Raya*.
- Pawitan, H. 1999. *Penilaian kerentanan dan daya adaptasi sumber daya air terhadap perubahan iklim. Makalah Lokakarya Nasional – Kantor Menteri Negara Lingkungan Hidup, Jakarta, Februari 1999*.
- Pawitan, H. 2002. *Present situation of water resources and water related disasters and the role of agro-environmental education in Indonesia. Presented at the Tsukuba Asian Seminar on Agricultural Education, Tsukuba, Japan, November 6-12*.
- Rachman, S. 1992. *Infiltration under Different Land use Types at the Upper Ciliwung Watershed of West Java, INDONESIA. M.Sc. Thesis. University of Canberra, Australia*.

- Syam, T., H. Nishide, AK Salam, M. Utomo, AK Mahi, J. Lumbanraja, SG Nugroho, and M. Kimura. 1997 Land use and cover changes in a hilly area of South Sumatra, Indonesia (from 1970 to 1990). *Soil Sci. Plant Nutr* 43(3): 587-599.
- Singgih, I. 2000. *Kajian Hidrologi DAS Ciliwung Menggunakan Model HEC-1*. Tesis M.S. PS Pengelolaan DAS. Program Pascasarjana IPB, Bogor.
- Van Noordwijk, M., Farida, B. Verbist, and T.P. Tomich 2003. *Agroforestry and watershed functions of tropical land use mosaics*. The Second Asia Pacific Training Workshop on Ecohydrology, Cibinong-Bogor, 21-26 July (Unpublished).