

© 2005 Moch Anwar
Makalah Pribadi Falsafah Sains (PPS 702)
Sekolah Pasca Sarjana / S3
Institut Pertanian Bogor
Dosen:
Prof Dr Ir Rudy C Tarumingkeng, M F (Penanggung Jawab)
Prof. Dr. Ir. Zahrial Coto, M.Sc
Dr. Ir. Hardjanto, M.S

Posted: 12 January, 2005

DAMPAK PERUBAHAN PENGGUNAAN LAHAN TERHADAP INTERSEPSI HUJAN (KASUS SUB DAS NOPU SULAWESI TENGAH)

Oleh:

MOCH. ANWAR

G261040021/AGK
manwar_62@yahoo.com

ABSTRAK

Air merupakan sumberdaya alam yang sangat penting dan tidak dapat terpisahkan dari aktifitas kehidupan manusia sehingga perlu dijaga kelestariannya. Di dusun Nopu yang berada di kawasan batas hutan Taman Nasional Lore Lindu lebih dari 0.5 bagian luas keseluruhan areal telah mengalami perubahan penggunaan lahan. Perubahan penggunaan lahan yang terjadi telah mempengaruhi kondisi tata air di kawasan tersebut. Penelitian ini dilakukan pada 3 tipe penggunaan lahan yaitu; areaal kebun coklat, hutan sekunder, dan hutan alam. Penelitian dilaksanakan pada bulan Mei sampai dengan bulan September 2002, tercatat 42 kejadian hujan yang teramati dengan total waktu 63.2 jam, dan curah hujan total 637.2 mm. Perubahan nilai-nilai aliran batang, curahan tajuk, dan intersepsi terjadi akibat adanya perubahan penggunaan lahan. Hasil pengukuran aliran batang pada ketiga tipe penggunaan lahan secara berturut-turut adalah: kebun coklat 3.8 %, hutan sekunder 1.6 %, dan hutan alam 1.7 % dari hujan total (637.2 mm). Curahan tajuk pada kebun coklat 87.3 %, hutan sekunder 74.9 %, dan hutan alam 72.3 % dari hujan total (637.2 mm). Hasil pengukuran intersepsi pada kebun coklat 8.8 %, hutan sekunder 23.5 %, dan hutan alam 26.0 % dari hujan total (637.2 mm)

Kata kunci: Curah hujan, aliran batang, curahan tajuk, dan debit puncak.

PENDAHULUAN

1. Latar Belakang

Kawasan batas hutan (*forest margin*) merupakan daerah sangat rawan terjadi perambahan oleh penduduk di sekitar hutan tersebut, sehingga terjadi perubahan karakteristik fisik di mana akan berdampak pada kondisi tata air di kawasan tersebut. Perubahan vegetasi hutan menjadi areal tidak bervegetasi atau menjadi areal pertanian juga akan berdampak pada perubahan hasil air (*water yield*) daerah aliran sungai (DAS) di kawasan tersebut. Kawasan sub DAS Nopu saat ini telah mengalami perubahan penggunaan lahan cukup besar. Jika tidak segera dikelola secara arif, maka dikhawatirkan akan mengalami masalah sumberdaya air yang berat.

Air merupakan sumberdaya alam yang penting dan tidak dapat terpisahkan dari aktifitas kehidupan manusia. Oleh karenanya keberadaan air harus dikelola dengan baik dan dijaga kelestariannya. Pengelolaan kawasan hutan serta DAS merupakan salah satu usaha untuk menjaga keseimbangan hidrologis, keserasian dan kelestarian ekosistem, yaitu menghindari banjir pada musim hujan dan kekeringan pada musim kemarau.

Sebagai langkah antisipasi penulis melakukan pengukuran intersepsi hujan dan pada tiga tipe penggunaan lahan di kawasan sub DAS Nopu, Sulawesi Tengah.

2. Landasan Berfikir

- a. Pertambahan penduduk semakin meningkat, sebaliknya ketersediaan ruang (tempat tinggal dan usaha) semakin berkurang.
- b. Kawasan batas hutan merupakan daerah yang rawan perambahan oleh penduduk sekitarnya.
- c. Kawasan hutan merupakan ekosistem yang kompleks dan perlu dijaga kelestariannya, sebagai daerah penyangga (*buffer*) potensi sumberdaya air di sekitarnya.

2. Rumusan Masalah

- a. Mengapa stabilitas ekosistem perlu dijaga dalam pengelolaannya sebagai lingkungan hidup.

- b. Bagaimana potensi sumberdaya air baik dari aspek distribusi, potensi, maupun siklusnya, jika pembukaan hutan (perubahan penggunaan lahan) berlangsung terus secara berlebihan.

BAHAN DAN METODE

1. Waktu dan Tempat Pengukuran Lapang

Penelitian ini dilakukan di Dusun Nopu, Desa Rahmat, Kecamatan Palolo, Kabupaten Donggala, Propinsi Sulawesi Tengah (± 70 Km sebelah Selatan Kota Palu), pada areal hutan alam yang terdiri dari vegetasi campuran, hutan sekunder (vegetasi campuran), dan areal kebun coklat, pada wilayah tangkapan dengan luas ± 322.8 Ha. Masing-masing areal memiliki kerapatan populasi vegetasi yang berbeda, yaitu: pada areal hutan alam kerapatan populasi ± 625 pohon/Ha, hutan sekunder ± 1111 pohon/Ha, dan pada kebun coklat (berumur antara 8 – 12 tahun) ± 1600 pohon/Ha. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Mei sampai dengan bulan September 2002.

2. Bahan dan Alat

- Bahan

Objek penelitian ini adalah vegetasi hutan alam, vegetasi hutan sekunder, dan areal kebun coklat.

- Alat

Adapun alat yang dipergunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. empat (4) buah alat pengukur curah hujan tipe *tipping bucket*, digunakan untuk mengukur jumlah curah hujan harian dan intensitas hujan pada areal terbuka, serta mengukur curah hujan di bawah tajuk untuk menghitung selisih curah hujan selama *time lag*.
2. sepuluh (10) buah alat pengukur curah hujan tipe kolektor, digunakan untuk mengukur curah hujan harian di areal terbuka.
3. Pita meter, untuk mengukur diameter batang dan tajuk pohon.

3. Metode Pengukuran Lapang

Pada tahapan penelitian ini, dilakukan kegiatan-kegiatan sebagai berikut :

1. Observasi lapang untuk menentukan lokasi dan plot penelitian
2. Perakitan alat penakar curah hujan tipe *tipping bucket* dan kolektor dan dilanjutkan kalibrasi alat
3. Pada tiap-tiap plot penelitian selanjutnya dipilih; 7 pohon (pada areal kebun coklat), 6 pohon (pada areal hutan sekunder), dan 7 pohon (pada areal hutan alam), ditentukan secara acak sebagai sub contoh untuk mengukur aliran batang (*stemflow*). Kemudian di bawah tajuk pohon pada tiap-tiap plot penelitian ditempatkan masing-masing; pada areal kebun coklat 4 buah penampung air curahan tajuk, pada areal hutan sekunder 3 buah penampung air curahan tajuk, dan pada areal hutan alam 4 buah penampung air curahan tajuk (*throughfall*).

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Deskripsi lokasi Penelitian

Sub DAS Nopu memiliki luas ± 322.8 Ha dengan ketinggian tempat antara 620 m – 1420 m di atas permukaan laut (dpl) sebelumnya merupakan areal hutan, sekarang telah mengalami perambahan dan perubahan penggunaan lahan dengan sangat cepat. Akibat perambahan tersebut kawasan sub DAS Nopu, telah terjadi perubahan penggunaan lahan dengan rincian sebagai berikut: 93.2 Ha areal perladangan dan areal tebang bakar (tanaman jagung dan sayur mayur) jenis tanah alluvial (kelompok B), 123.5 Ha areal kebun coklat solum dangkal lapisan kedap air (kelompok D), 11.9 Ha areal hutan sekunder, dan 94.3 Ha areal hutan alam (Hasil digitasi peta, sumber peta STORMA, 2001). Berdasarkan hasil observasi, lebih dari 0.5 bagian telah berubah menjadi areal pertanian dengan komoditas coklat, kopi, jagung, dan sayur-sayuran. Terutama pada ketinggian 620 – 900 m dpl, sebagian kecil ketinggian 800 – 900 m dpl merupakan hutan sekunder muda dengan ditandai munculnya vegetasi baru seperti; *Macaranga hispida* dan *Macaranga triloba*, serta rumput-rumputan terutama alang-alang. Hutan sekunder di daerah ini merupakan hutan campuran dengan kerapatan vegetasi berkisar antara 750 – 1111 pohon/Ha.

Hutan alam di daerah ini merupakan hutan campuran dengan kerapatan vegetasi antara 450 – 650 pohon/Ha pada saat ini hanya dapat dijumpai pada tempat yang memiliki ketinggian lebih dari 900 m dpl, sedangkan pada ketinggian antara 650 – 900

m dpl umumnya merupakan areal pertanian tebang-bakar dengan komoditas tanaman jagung, kebun coklat muda, dan hutan sekender muda (Gerold *et al.*, 2001). Kebun coklat yang dibudidayakan oleh penduduk setempat umumnya menggunakan jarak tanam 2.5 x 3 m dan 3 x 3 m, atau dengan kerapatan antara 1111 – 1600 pohon/Ha. Deskripsi vegetasi pada ke tiga tipe penggunaan lahan disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Deskripsi vegetasi di lokasi penelitian

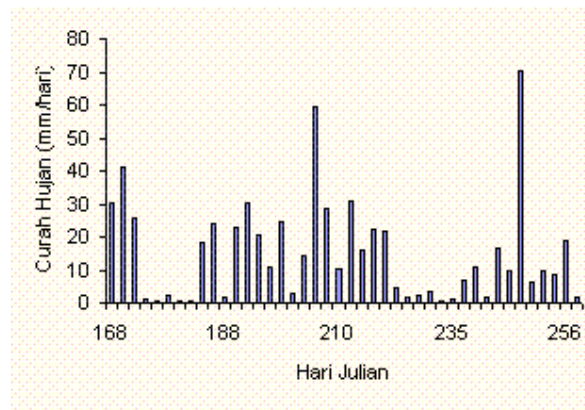
Lokasi	Umur (tahun)	Kerapatan (Ha^{-1})	Tinggi Pohon (m)	Diameter Batang (cm)	Diameter Tajuk (m)	LAI
Hutan Alam	> 35	450 - 650	23 - 45	> 34.2	5.5 – 10.5	*
Hutan Sekunder	> 15	700 - 1111	15 - 30	20 - 50	5 – 8.5	*
Kebun Coklat	8 - 12	1140 - 1600	3.5 – 6.5	8 – 18.5	3 – 3.75	7.1

Keterangan: * Tidak dilakukan pengukuran

2. Curah Hujan

Hasil pengamatan lapang selama penelitian dari bulan Juni sampai dengan bulan September 2002 tercatat sebanyak 42 hari kejadian hujan yang teramati. Curah hujan yang terjadi sangat bervariasi antara 0.5 mm/hari hingga 70.5 mm/hari dengan curah hujan total sebesar 637.2 mm dan total waktu 63.22 jam. Data tersebut diperoleh dengan cara menghitung rata-rata curah hujan yang terukur dari 9 stasiun penakar pada setiap hari kejadian hujan.

Berikut adalah grafik hubungan antara curah hujan dengan hari julian selama pengamatan lapang :



Gambar 1. Grafik curah hujan harian antara 17 Juni – 14 September 2002

Berdasarkan perhitungan kapasitas tajuk (S) dari masing-masing tipe penggunaan lahan yang menggambarkan kemampuan tajuk untuk menampung air

hujan. Di mana nilai S tersebut berturut-turut; kebun coklat 0.7 mm, hutan sekunder 1.1 mm, dan hutan alam 1.3 mm, sehingga dapat dibuat batasan bahwa curah hujan (P_g) < 1 mm adalah hujan yang tidak membasahkan tajuk, $1 \text{ mm} < \text{curah hujan } (P_g)$ adalah hujan yang dapat membasahkan dan menjenuhkan tajuk. Dengan demikian dari 42 kejadian hujan yang tercatat terdapat 2 kejadian hujan yang tidak dapat membasahkan tajuk dan 40 kejadian hujan yang dapat membasahkan dan menjenuhkan tajuk.

Tabel 2. Distribusi Frekuensi hujan harian selama pengamatan

Kelas hujan (mm/hari)	P_g (mm)	T (jam)	Intensitas (mm/jam)	Frekuensi
< 1	2.5	2.33	1.1	4
1 – 5	24.7	9.9	2.5	11
5 – 10	41.4	7.5	5.5	5
10 – 15	46.3	5.75	8.1	4
> 15	522.3	37.75	13.8	18

3. Aliran Batang

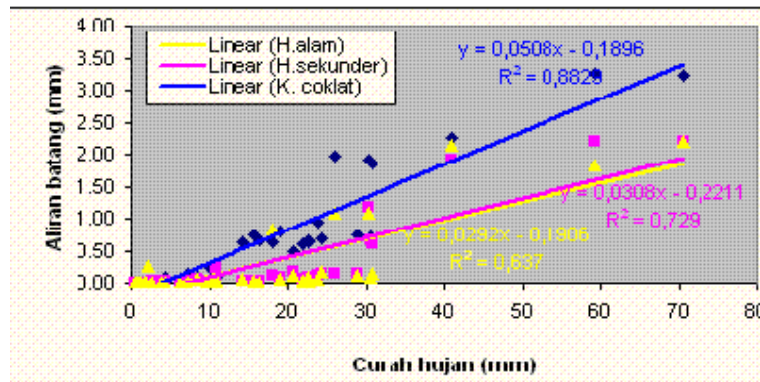
Hasil pengukuran aliran batang pada Tabel 3 menunjukkan bahwa aliran batang pada setiap kejadian hujan di masing-masing tipe penggunaan lahan sangat variasi. Dibandingkan dengan areal hutan sekunder dan hutan alam, areal kebun coklat menghasilkan aliran batang lebih besar.

Dalam hal ini juga terjadi kecenderungan bahwa semakin tinggi intensitas hujan, maka semakin besar persentase aliran batang yang terjadi. Apabila terjadi hujan dengan intensitas rendah dan waktu singkat, maka tidak terjadi aliran batang. Hasil pengukuran tersebut menunjukkan bahwa besarnya curah hujan yang sampai ke permukaan tanah melalui batang sangat kecil. Sesuai hasil penelitian yang dilaporkan oleh Loustau *et al.* (1992), Kelliher *et al.* (1992), dan Kaimuddin (1994).

Tabel 3. Nilai aliran batang untuk tiap kelas hujan pada kebun coklat, hutan sekunder, dan hutan alam

Kelas hujan (mm/hari)	P_g (mm)	T (jam)	Frekuensi	Aliran Batang (mm)		
				Coklat	Hutan sekunder	Hutan alam
< 1	2.5	2.33	4	0	0	0
1 - 5	24.7	9.9	11	0.13	0.09	0.28
5 – 10	41.4	7.5	5	0.52	0.13	0.07
10 – 15	46.3	5.75	4	0.98	0.28	0.13
> 15	522.3	37.75	18	22.81	9.89	10.01

Berikut ini adalah grafik yang menunjukkan hubungan antara curah hujan dengan aliran batang dari masing-masing areal pengamatan :



Gambar 2. Grafik regresi antara curah hujan dengan aliran batang pada tiga tipe penggunaan lahan

Hasil analisis regresi menunjukkan bahwa hubungan antara curah hujan (P_g) dengan aliran batang (S_f) memiliki hubungan linier yang nyata, untuk kebun coklat, hutan sekunder, dan hutan alam. Berdasarkan nilai r^2 menunjukkan bahwa curah hujan dapat menerangkan terjadinya aliran batang sebesar 88.3 % pada kebun coklat, 72.9 % pada hutan sekunder, dan 63.7 % pada hutan alam. Hal ini diduga karena perbedaan karakteristik dan kerapatan vegetasi per luasan lahan, semakin besar kerapatan pohon dan semakin licin kulit pohon maka akan semakin besar aliran batang.

Menurut Loustau *et al.* (1992), bahwa aliran batang sebagian besar ditentukan oleh jumlah pohon per unit luas tanah. Ford dan Deans (1978), Crokford dan Richardson (1990), melaporkan hasil penelitiannya bahwa pada kerapatan 1700 pohon/Ha menghasilkan aliran batang antara 9 –12 % dari curah hujan total, sedangkan kerapatan 3500 pohon/Ha menghasilkan aliran batang sebesar 27 % dari total hujan.

Besar kecilnya aliran batang disamping dipengaruhi oleh besarnya curah hujan dan intensitas hujan, juga dipengaruhi oleh kekasaran batang, diameter batang, tinggi batang, dan bentuk percabangan (karakteristik vegetasi). Menurut Voigt (1960), bahwa besarnya aliran batang dipengaruhi oleh bentuk batang, bentuk, dan tekstur daun serta kulit batang.

Parker (1983), melaporkan hasil penelitiannya bahwa besarnya aliran batang dipengaruhi oleh kehalusan kulit batang, diameter batang, dan sudut antara cabang utama terhadap batang.

4. Curahan Tajuk

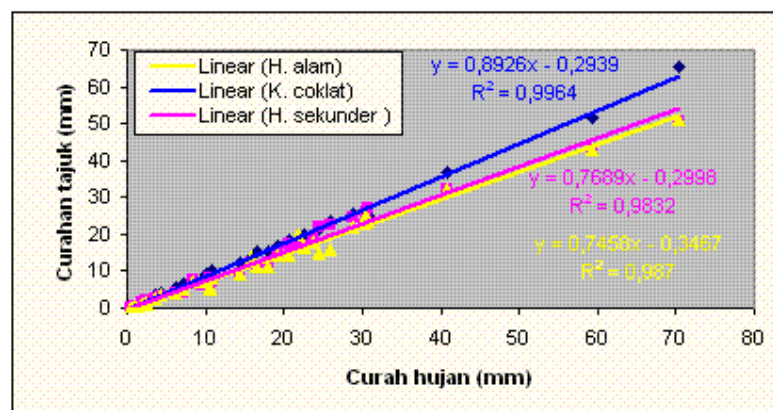
Hasil pengukuran curahan tajuk pada Tabel 4 menunjukkan bahwa pada setiap kejadian hujan di masing-masing tipe penggunaan lahan sangat variasi. Dibandingkan dengan areal hutan sekunder dan hutan alam, areal kebun coklat menghasilkan curahan tajuk yang paling besar.

Tabel 4. Nilai curahan tajuk untuk tiap kelas hujan pada kebun coklat, hutan sekunder, dan hutan alam

Kelas hujan (mm/hari)	Pg (mm)	T (jam)	Frekuensi	Curahan Tajuk (mm)		
				Coklat	Hutan sekunder	Hutan alam
< 1	2.5	2.33	4	1.16	0.22	0.23
1 - 5	24.7	9.9	11	21.65	14.39	13.71
5 - 10	41.4	7.5	5	36.91	27.76	31.40
10 - 15	46.3	5.75	4	40.49	28.43	28.79
> 15	522.3	37.75	18	456.23	406.55	386.58

Dalam hal ini juga terjadi kecenderungan bahwa semakin tinggi intensitas hujan, maka semakin besar curahan tajuk yang terjadi. Menurut Low (1974), bahwa nilai curahan tajuk dipengaruhi oleh intensitas hujan, dimana apabila intensitas hujan tinggi, maka curahan tajuk semakin besar. Hal ini sesuai laporan penelitian Kelliher *et al.* (1991), Loustau *et al.* (1992), Asdak (1994), dan Kaimuddin (1994).

Berikut ini adalah grafik yang menunjukkan hubungan antara curah hujan dengan curahan tajuk dari masing-masing areal pengamatan :



Gambar 3. Grafik regresi antara curah hujan dengan curahan tajuk pada tiga tipe penggunaan lahan

Hasil analisis regresi menunjukkan bahwa hubungan antara curah hujan (Pg) dengan curahan tajuk (Tf) memiliki hubungan linier yang nyata, untuk kebun coklat,

hutan sekunder, dan hutan alam. Berdasarkan nilai r^2 menunjukkan bahwa curah hujan dapat menerangkan terjadinya curahan tajuk sebesar 99.6 % pada kebun coklat, 98.3 % pada hutan sekunder, dan 98.7 % pada hutan alam. Hal ini diduga karena perbedaan karakteristik, kerapatan dan ketebalan penutupan tajuk vegetasi pada masing-masing areal pengamatan.

Porositas tajuk tanaman coklat lebih besar dibanding dari hutan sekunder dan hutan alam, karena pada tanaman coklat secara periodik antara 4 – 6 bulan selalu dilakukan pemangkasan cabang dan tunas-tunas muda. Dengan demikian maka penutupan tajuk akan semakin tipis dan bertambah banyak celah tajuk (porositas), sehingga curahan tajuk akan semakin besar. Menurut Zinke (1967) dan Loustau *et al.* (1992), bahwa besarnya curahan tajuk dipengaruhi oleh besar dan ketebalan penutupan tajuk. Pengaruh yang lebih nyata terhadap curahan tajuk adalah pada tajuk-tajuk hutan yang lebih rapat (Lee, 1980)..

5. Intersepsi

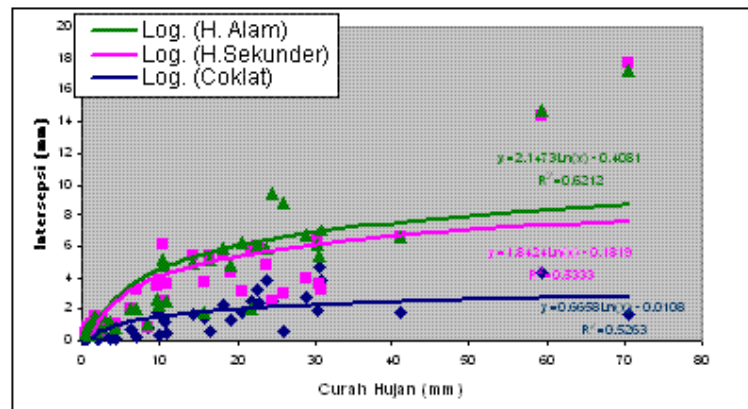
Hasil pengukuran Tabel 5 bahwa intersepsi dalam persen pada setiap kejadian hujan di masing-masing areal sangat variasi. Dibandingkan dengan areal hutan sekunder dan hutan alam, areal kebun coklat menghasilkan intersepsi yang paling kecil.

Tabel 5. Nilai intersepsi untuk tiap kelas hujan pada kebun coklat, hutan sekunder, dan hutan alam

Kelas hujan (mm/hari)	Pg (mm)	T (jam)	Frekuensi	Intersepsi (mm)		
				Coklat	Hutan sekunder	Hutan alam
< 1	2.5	2.33	4	1.34	2.28	2.27
1 - 5	24.7	9.9	11	2.93	10.22	10.71
5 – 10	41.4	7.5	5	3.97	13.50	10.0
10 – 15	46.3	5.75	4	4.83	17.59	17.38
> 15	522.3	37.75	18	43.26	105.89	125.63

Dalam hal ini juga terjadi kecenderungan bahwa semakin tinggi intensitas hujan, maka semakin besar intersepsi hujan yang terjadi. Artinya bahwa apabila terjadi hujan dengan intensitas tinggi, maka kapasitas tampung tajuk dalam kondisi jenuh, sehingga curah hujan yang turun langsung dialirkan ke permukaan tanah (lantai hutan). Sebaliknya jika terjadi hujan dengan intensitas rendah, maka curah hujan akan diintersepsi oleh tajuk. Menurut Low (1974), intersepsi sangat dipengaruhi oleh jeluk dan intensitas hujan. Hal ini sesuai dengan laporan penelitian Loustau *et al.* (1992), Asdak (1994), dan Kaimuddin (1994).

Berikut ini adalah grafik yang menunjukkan hubungan antara curah hujan dengan intersepsi dari masing-masing areal pengamatan :



Gambar 4. Grafik regresi antara curah hujan dengan intersepsi pada tiga tipe penggunaan lahan

Hasil analisis regresi menunjukkan bahwa hubungan antara curah hujan (Pg) dengan intersepsi (I) memiliki hubungan fungsi logaritmik, terhadap areal kebun coklat, hutan sekunder, dan hutan alam. Berdasarkan nilai r^2 menunjukkan bahwa curah hujan dapat menerangkan terjadinya intersepsi sebesar 52.6 % pada kebun coklat, 53.3 % pada hutan sekunder, dan 62.1 % pada hutan alam. Hal ini diduga karena perbedaan karakteristik dan kerapatan vegetasi pada masing-masing areal pengamatan.

Karena tanaman coklat secara periodik yaitu antara 4 – 6 bulan selalu dilakukan pemangkasan cabang dan tunas-tunas muda, maka penutupan tajuk akan semakin tipis dan bertambah banyak celah tajuk (porositas), sehingga intersepsi akan semakin kecil. Jeffry (1964) dan Asdak (1994), melaporkan penelitiannya bahwa makin tebal dan rapat keadaan tajuk pohon, maka makin besar intersepsi yang terjadi.

KESIMPULAN DAN SARAN

1. Kesimpulan

1. Nilai-nilai aliran batang, curahan tajuk, dan intersepsi pada masing-masing tipe penggunaan lahan sangat bervariasi menurut kelas hujan, di mana aliran batang dan curahan tajuk meningkat dengan bertambahnya kelas hujan, sedangkan intersepsi menurun dengan bertambahnya kelas hujan. Di mana nilai-nilai tersebut berdasarkan tipe penggunaan lahan, yaitu: Aliran batang pada kebun coklat 0 –

4.7 %, hutan sekunder 0 – 2.5 %, dan hutan alam 0 – 1.9 %. Curahan tajuk pada kebun coklat 46.8 – 88.1 %, hutan sekunder 17.3 – 79.4 %, dan hutan alam 17.2 – 75.5 %. Intersepsi pada kebun coklat 8.4 – 53.3 %, hutan sekunder 20.2 – 82.7 %, dan hutan alam 22.6 – 82.8 % dari hujan total 637.2 mm.

2. Pembukaan hutan menjadi areal pertanian dapat meningkatkan terhadap nilai-nilai aliran batang dan curahan tajuk, di mana masing-masing adalah sebagai berikut; Aliran batang pada kebun coklat adalah 3.8 %, hutan sekunder 1.6 %, dan hutan alam 1.7 %. Curahan tajuk pada kebun coklat adalah 87.3 %, hutan sekunder 74.9 %, dan hutan alam 72.3 % dari hujan total 637.2 mm. Sedangkan intersepsi terjadi penurunan, yaitu; di kebun coklat adalah 8.8 %, hutan sekunder 23.5 %, dan hutan alam 26.0 % dari hujan total 637.2 mm.

2. Saran-saran

1. Perambahan hutan di kawasan sub DAS Nopu harus segera dihentikan dan lahan yang terbuka harus ditanami kembali, agar kondisi tata air dan ekosistem hutan menjadi lebih stabil.
2. Di kawasan batas hutan Taman Nasional Lore Lindu perlu dilakukan suatu kajian yang lebih komprehensif terhadap kondisi debit air DAS dan laju erosi sebagai dampak yang ditimbulkan akibat perubahan penggunaan lahan.

DAFTAR PUSTAKA

- Asdak C. 1994. Rainfall Interception in Unlogged and Logged-Over Area of Tropical Forest of Central Kalimantan, Indonesia. IERM-School of Forestry and Ecological sciences, University of Edinurgh, Scotland, UK. p. 45
- _____. 1995. Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai . Gajah Mada University Press. 571.
- Crockford, R.H. and Richardson, D.P. 1990. Partitioning of Rainfall in a Eucalypt Forest and Pine Plantation in Southeastern Australia: II Stemflow and Factors Affecting Stemflow in a Dry Sclerophyll Eucalypt Forest and a *Pinus radiata* Plantation. Hydrol. Processes, 4: 145 – 155.
- Dirjen Perlindungan Hutan dan Pelestarian Alam. Departemen Kehutanan. 1994. 19 Taman Nasional di Indonesia. Buku Pedoman Wisata. Jakarta. 168
- Ford, E.D. and Deans, J.D. 1978. The Effects of Canopy Structure on Stemflow, Throughfall and Interception Loss in a Young Sitka Spruce Plantation. J Appl. Ecol., 15: 905 – 917.

- Gash, J.H.C. 1979. An Analytical Model of Rainfall Interception by Forest. *Quart. J. R. Met. Soc.*, 105 : 43 – 55.
- Gash, J.H.C., Lloyd, C.R., and Lachaud, G. 1995. Estimating Sparse Forest Rainfall Interception With An Analytical Model. *Journal of Hydrology*, 170: 79 – 86.
- Jeffrey, H.W. 1964. *Vegetation, Water and Climate, Needs and Problem in Widland Hydrology and Watersheds Research*. Dept. of Forest. Canada. 150 p.
- Kaimuddin. 1994. *Kajian Model Pendugaan Intersepsi Hujan Pada Tegakan Pinus merkusii, Agathis loranthifolia dan Schina wallichii di Hutan Pendidikan Gunung Walat Sukabumi*. Thesis Program Pascasarjana. IPB. 118.
- Kelliher, F.M., Whitehead, D., and Pollock, D.S. 1992. Rainfall Interception by Trees and Slash in a Young *Pinus radiata* D. Don Stand. *Journal of Hydrology*, 131 : 187 – 204.
- Kirpich, P.Z. 1940. Time of Concentration of Small Agricultural Watersheds. *Civil Engineering*. 10(6): 363.
- Lee, Richard. 1980. *Forest Hydrology*. Columbia University Press. New York/Guildford, Surrey.
- Loustau, D., Berbigier, P. and Granier, A. 1992. Interception Loss, Throughfall and Stemflow in a Maritime Pine Stands. II. An Application of Gash's Analytical Model of Interception. *Journal of Hydrology*, 138: 469 – 485.
- Low, Kwai Sin. 1983. Interception of Precipitation in a Low-land Dipterocarp Forest. IBP-Synthesis Meeting. Kuala Lumpur. 16p.
- Parker, G.G. 1983. Throughfall and Stemflow in The Forest Nutrient Cycle. *Advancement in Ecological Recerch*, 13: 57 – 133.
- STORMA. 2001. *Water and Nutrient Fluxes in A Small Rainforest Catchment in Central Sulawesi*. Collaborative Research Programme Funded by the DFG.
- U.S. Soil Conservation Service. 1973. *National Engineering Handbooks. Hydrology*. GPO, Washington, D.C.
- Voigt, G.K. 1960. Distribution of Rainfall Under Forest Stands. *Forest Science*, 6: 2 – 10.
- Zinke, P.J. 1967. Forest Interception Studies in The United States. In : Sopper, W. E. and Lull, H. W. (Eds), *Int. Symp. on Forest Hydrology*. Pergamon Press, Oxford pp : 137 – 162.