

INTERSEPSI HUJAN DAN PENGARUHNYA TERHADAP PEMINDAHAN ENERGI DAN MASSA PADA HUTAN TROPIKA BASAH: STUDI KASUS TAMAN NASIONAL LORE LINDU, PROVINSI SULAWESI TENGAH¹⁾

(Rainfall Interception Effects of Energy and Mass Transfer in Tropical Rainforest: Case Study in Lore Lindu National Park, Central Sulawesi)

Abdul Rauf, Hidayat Pawitan²⁾, Cecep Kusmana²⁾,
Tania June²⁾, dan G. Gravenhorst²⁾

ABSTRACT

The field observation of this research was conducted from June 2005 to May 2007 in tropical rainforest at Lore Lindu National Park, Central Sulawesi. The main objectives of this research were to study (i) the relationships between interception loss and rainfall properties and vegetation characters and to determine the dominant factors affected, (ii) the effect of rainfall interception on energy flux and mass transfer, and (iii) the dynamics of vertical energy flux under the forest and grass land. Rainfall interception was 36.34% of gross rainfall in 200 events, Depth rainfall and LAI factors had strong effects on rainfall interception. The relationships could be expressed as $I_c = 0.980 + 0.239P + 0.035LAI$ ($R^2 = 0.78$). The output of this equation was compared with Gash model and the observation value showed that deviation of the equation was 1% and less than Gash model, so that equation gave as good result as Gash model gave. By considering the data requirements and calculation procedures it was concluded that this equation is applicable for interception prediction. Land use type had effects on radiative and energy balance. Net radiation (R_n) in the forest was $10.66 \text{ MJ/m}^2/\text{day}$ and higher than in the grass land where incident global radiation was similar. Vertical latent heat flux in the forest was $9.53 \text{ MJ/m}^2/\text{day}$ or 89.40% R_n in rainy day and $8.41 \text{ MJ/m}^2/\text{day}$ or 74.56% R_n in dry day, on the other hand, in the grass land, sensible heat flux was higher than latent heat flux of all weather condition. Direct effect of rainfall interception on energy flux and mass transfer it is needed latent heat about $9.0 \text{ MJ/m}^2/\text{rainy day}$ to evaporate the rain intercepted $3.69 \text{ mm/rainy day}$. Effect of rainfall interception had positive correlation with latent heat flux and the negative correlation with sensible heat flux.

Key words: interception, energy, mass and tropical rainforest

PENDAHULUAN

Intersepsi hujan merupakan bagian proses hidrologi yang mengalami gangguan akibat alih fungsi lahan. Gangguan tersebut berpengaruh penting terhadap karakter agihan hujan yang mencapai permukaan tanah sehingga berdampak pada neraca air. Kajian intersepsi hujan telah banyak dilaksanakan seperti pengukuran yang dilakukan Matthieu (1867-1877) yang dicatat oleh Andreassen (2004), Horton (1919), Delf (1955), dan Molchanov (1960) pada hutan

¹⁾ Bagian dari disertasi penulis pertama, Program Studi Agroklimatologi, Sekolah Pascasarjana IPB

²⁾ Berturut-turut Ketua dan Anggota Komisi Pembimbing

di kawasan Eropa, Ruslan (1983) pada tegakan tusam, sungki, dan hutan alam DAS Riam kanan Kalsel, dan Kaimudin (1994) pada tegakan pinus, agathis, dan schima di Gunung Walat Sukabumi. Zinke (1967) mendapatkan intersepsi hujan pada hutan *coniferous* dan hutan *deciduous* di Amerika Serikat sebesar 10-40% dari total hujan tahunan. Bruijnzeel dan Critchley (1994) mendapatkan intersepsi pada hutan tropis sebesar 10-25%. Intersepsi hujan pada hutan alam di Kalimantan adalah 11% dari total hujan dan berkurang menjadi 6% pada hutan yang telah diolah (Asdak *et al.*, 1998). Chappell *et al.* (2001) mendapatkan intersepsi hujan pada hutan alam di Sabah mencapai 19%. Hasil penelitian Price dan Moses (2003) di Canada mendapatkan intersepsi hujan 18.6% dari total hujan, Intersepsi hujan pada hutan sekunder di Nopu Taman Nasional Lore Lindu adalah 23.5% (Anwar, 2004). Informasi penting dari hasil-hasil penelitian di atas adalah adanya variasi intersepsi hujan berdasarkan objek vegetasi, tempat, dan waktu pengukuran. Variasi nilai intersepsi di atas mengindikasikan adanya faktor pengendali intersepsi yang bersifat dinamis terhadap ruang dan waktu.

Banyak ahli mengembangkan model pendugaan intersepsi untuk mendukung ketersediaan data tersebut pada perencanaan dan pengelolaan sumber daya air, seperti Gash (1979) yang kemudian dikenal sebagai model Gash, dan Calder (1996) dengan model stokastik lapis dua. Kedua pendekatan tersebut selain memberikan jawaban atas kelemahan metode konvensional juga mendeskripsikan faktor pengendali intersepsi hujan.

Akibat intersepsi, curah hujan yang mencapai permukaan tanah berkurang karena sebagian hujan yang diintersepsi dikembalikan ke atmosfer melalui proses evaporasi. Hal ini berarti intersepsi hujan memiliki keterkaitan dengan pemindahan massa dan pertukaran energi. Sesuai dengan sifat termal air, untuk mengevaporasikan 1 mm/hari dibutuhkan energi sebanyak $0.408 \text{ MJ/m}^2/\text{hari}$. Calder (1992) mempertegas bahwa intersepsi hujan berpengaruh penting pada neraca air dan neraca energi. Pandangan ini diperkuat oleh Seller *et al.* (1997) dan Ramires dan Senarath (1999), bahwa intersepsi hujan akan mempengaruhi dinamika *sensible heat* dan *latent heat*.

Menurut Oke (1987) dalam Friedrich *et al.*, 2000, Monteith dan Unsworth (1990), neraca energi merupakan pernyataan hukum kekekalan energi yang menguraikan tentang energi yang diterima dan yang dilepaskan. Selain itu, neraca energi juga merupakan mata rantai utama yang mengaitkan karakteristik permukaan bumi dengan model sirkulasi umum atau *general circulation model* (GCM) (Sellers *et al.*, 1997). Neraca energi Bowen ratio (NEBR) merupakan pengembangan dari neraca energi yang mengintegrasikan dengan nilai Bowen ratio. Metode ini selain dapat mengidentifikasi dinamika energi juga dapat menentukan besaran kuantitatif energi yang dilepaskan. Todd *et al.* (2000) melaporkan bahwa pendekatan ini awalnya dipergunakan untuk mengkaji hubungan antara tanaman dan air, yang telah dilakukan pengujian dengan metode lain, metode ini dapat digunakan untuk mengkaji aliran energi.

Untuk mengungkap fakta empiris pengaruh hutan terhadap lingkungan biofisik, dilakukan kajian intersepsi hujan yang mengintegrasikan komponen fisik dan biologi sebagai satu kesatuan dalam mata rantai daur hidrologi dengan mengadopsi model Gash dan Neraca Energi Bowen Ratio. Kajian ini sekaligus melengkapi kegiatan penelitian tentang *stability of rainforest margin* (STORMA), kerja sama UNTAD-IPB-Kassel University dan Gottingen University di Taman Nasional Lore Lindu (TNLL), Provinsi Sulawesi tengah.

Tujuan utama penelitian ini adalah (i) mengkaji keterkaitan sifat hujan dan karakter vegetasi terhadap intersepsi hujan, (ii) mengkaji pengaruh intersepsi hujan terhadap dinamika energi, dan (iii) mengkaji dinamika aliran vertikal energi pada hutan dan padang rumput. Keluaran dari penelitian ini adalah (i) nilai intersepsi dan parameternya, (ii) model pendugaan intersepsi hujan, dan (iii) besaran kuantitatif dan pola aliran vertikal energi pada hutan dan padang rumput. Diharapkan hasil yang diperoleh dapat menjadi masukan bagi pengelola TNLL sekaligus memperkaya ilmu pengetahuan.

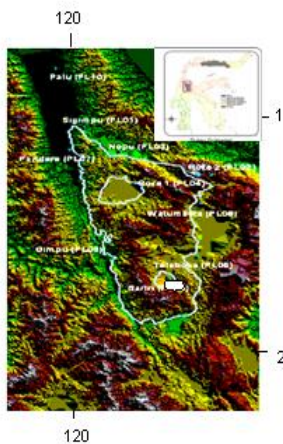
METODE PENELITIAN

Waktu dan Tempat

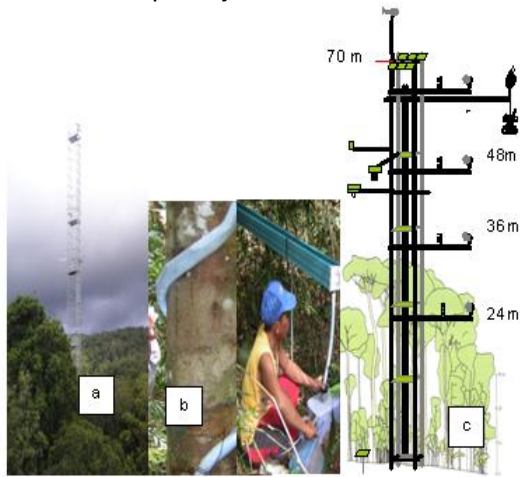
Pengamatan lapangan penelitian ini dilaksanakan pada bulan Juni 2005-Mei 2007 di kawasan hutan Babahaleka Taman Nasional Lore Lindu, Provinsi Sulawesi Tengah.

Pelaksanaan Penelitian

Penelitian didasarkan pada pengukuran langsung di lapangan. *Plot sampling* ditetapkan dengan metode transek. Jarak antarjalur dan jarak antarplot pada jalur yang sama adalah 100 m dengan titik kontrol adalah tower klimatologi setinggi 70 m. Jumlah *plot sampling* adalah 12 dengan ukuran masing-masing 20 x 20 m. Di setiap plot dipasang satu set alat ukur intersepsi hujan.



Gambar 1. Lokasi Penelitian



Gambar 2. Instrumentasi Penelitian (a) Tower Klimatologi (b) intersepsi hujan (c) prototipe tower

Karakter vegetasi yang diidentifikasi pada *plot sampling* meliputi lilit batang dengan menggunakan pita meter serta luas tajuk dan tinggi pohon dengan menggunakan VERTEX III. Khusus pohon sampel intersepsi, pengamatan dilengkapi dengan ILD dan penutupan permukaan dengan kamera Hemiview. Agihan hujan berupa curah hujan yang diterima oleh tajuk diukur pada puncak kanopi dengan *tipping bucket* yang dipasang pada tower klimatologi ketinggian 48

m (Gambar 2a). Curahan tajuk dan aliran batang diukur setiap hari hujan pada kolektor yang telah dipasang pada sampel intersepsi (Gambar 2b). Data meteorologi berupa suhu udara, kelembaban relatif (ketinggian 24.36 dan 69 m dari permukaan tanah), radiasi neto, radiasi global, refleksi radiasi global (ketinggian 48 m dari permukaan tanah) dan *soil heat flux* diperoleh dari *recording* pada tower klimatologi milik STORMA.

Analisis dan Sintesis Data

Karakter vegetasi

Karakter vegetasi yang dianalisis adalah sebagai berikut:

- (1) struktur horisontal, yaitu distribusi tegakan berdasarkan diameter batang yang terdiri dari pohon (DBH>20cm) dan permudaan hutan (10-20 cm); data diameter batang diperoleh melalui konversi data ukur lilit batang;
- (2) struktur vertikal, yaitu distribusi tegakan berdasarkan tinggi pohon yang dibagi menjadi empat kelaster;
- (3) kerapatan tegakan (pohon dan nonpohon);
- (4) ILD dan penutupan permukaan, dihitung dengan bantuan *software* Hemiveiw;
- (5) luas tajuk.

Sifat hujan

Batasan yang digunakan sebagai hari hujan adalah hari dengan curah hujan ≥ 0.5 mm/hari. Sifat hujan yang dianalisis adalah sebagai berikut:

- (1) jeluk hujan, yaitu jumlah curah hujan pada setiap hari hujan (mm);
- (2) durasi hujan, yaitu lama hujan pada setiap hari hujan (menit);
- (3) intensitas hujan, yaitu jumlah curah hujan per satuan waktu (mm/jam).

Agihan hujan

Agihan hujan yang dianalisis meliputi sebagai berikut:

- (1) curahan tajuk, diukur setiap hari hujan, masing masing data kolektor dikonversi menjadi tinggi kolom air melalui persamaan

$$Tf_i = \left(\frac{V_i}{L_i} \right) \times 10 \dots\dots\dots (1)$$

Tfi: curahan tajuk pada sampel ke-i (mm), Vi: volume air yang tertampung pada kolektor untuk sampel i (cm³); Li: luas permukaan kolektor pada sampel ke i (cm²)

- (2) aliran batang, diukur setiap hari hujan, masing-masing data kolektor dikonversi menjadi tinggi kolom air melalui persamaan

$$Sf_i = \left(\frac{V_i}{LT_i} \right) \times 10 \dots\dots\dots (2)$$

Sfi: aliran batang sampel ke-i (mm) Vi: volume air yang tertampung pada kolektor sampel ke-i (cm³); Lti: luas tajuk sampel ke i (cm²)

- (3) curah hujan neto (Pn), dihitung melalui persamaan
 $Pn = Tf + Sf \dots\dots\dots (3)$

- (4) intersepsi hujan (Ic), dihitung melalui persamaan
 $Ic = P - Pn \dots\dots\dots (4)$

Parameter intersepsi

Nilai parameter intersepsi hujan yang meliputi kapasitas tajuk (S), porositas tajuk (p), kapasitas batang (St), dan koefisien *input* batang (pt) ditentukan dengan mengadopsi metode yang dikembangkan oleh Jacson (1975) dan Jeten *et al.* (1996) (dalam Fleischenben *et al.*, 2005) sebagai berikut:

$$\hat{Tf} = \alpha P \pm C \dots\dots\dots (5.a)$$

$$S = \alpha P - Tf \dots\dots\dots (5.b)$$

$$p = \frac{Tf}{P} \dots\dots\dots (5.c)$$

$$\hat{Sf} = \alpha P \pm C \dots\dots\dots (5.d)$$

$$St = \alpha P - Sf \dots\dots\dots (5.e)$$

$$pt = \frac{Sf}{P} \dots\dots\dots (5.f)$$

Hubungan matematika antara sifat hujan dan karakter vegetasi terhadap agihan hujan dibuat dalam bentuk persamaan regresi, sebagai pembanding dilakukan pendugaan berdasarkan model Gash. *Output* dari kedua pendugaan selanjutnya dibandingkan dengan hasil pengukuran langsung. Untuk mengetahui konsistensi hasil, persamaan regresi yang diperoleh kemudian diaplikasikan pada tahap II (Juni 2006-Mei 2007) bersama model Gash dengan asumsi parameter intersepsi tidak berubah.

Neraca energi *Bowen ratio*

Nilai *latent heat* (λE) dan *sensible heat* (H) ditentukan melalui integrasi persamaan neraca energi dengan *Bowen ratio* (β), sebagai berikut:

$$\lambda E = \frac{1}{\beta + 1} (Rn - G) \dots\dots\dots (6a)$$

$$H = \frac{\beta}{\beta + 1} (Rn - G) \dots\dots\dots (6b)$$

$$\beta = \gamma \frac{T_{i+1} - T_i}{ea_{i+1} - ea_i} \dots\dots\dots (6c)$$

Nilai tekanan uap (ea) dihitung dari hasil pengukuran kelembaban relatif melalui persamaan sebagai berikut:

$$ea_i = (RH_i * es_i)/100 \dots\dots\dots (7a)$$

$$es_i = 6,11 \exp \left(\frac{17.2 * T_i}{T_i + 237,3} \right) \dots\dots\dots (7b)$$

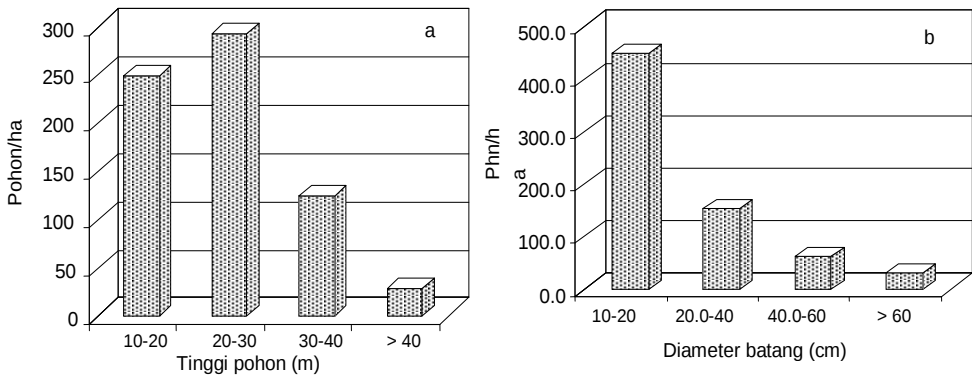
Nilai *latent heat* dan atau *sensible heat* yang positif mengindikasikan pelepasan energi dari sistem vegetasi ke atmosfer, sedangkan nilai negatif mengindikasikan penerimaan energi dari sistem atmosfer.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakter Vegetasi

Struktur vegetasi di kawasan hutan Babahaleka menunjukkan populasi pohon (DBH > 20 cm) 246 individu per ha dan kelompok permudaan hutan berupa semai dan pancang (DBH <10 cm) dan tiang (10-20 cm) masing-masing 25 825 dan 450 individu per ha. Struktur vertikal menunjukkan penutupan permukaan tanah oleh pohon yang terdiri berbagai lapisan tajuk dan dominan pada lapisan tajuk ketinggian 20-30 m dan 10-20 m di atas permukaan tanah, masing masing mencapai 293 dan 249 tegakan per ha (Gambar 3a). Struktur horisontal vegetasi menunjukkan korelasi negatif antara populasi tegakan dan diameter batang (Gambar 3b).

Luas tajuk, khususnya pada kelompok pohon adalah relatif heterogen, yaitu 12.05-99.82 m², dengan ILD dan penutupan permukaan masing-masing 4.8-6.43 m/m² dan 68.50-92.52%.



Keterangan: (a) vertikal; (b) horisontal

Gambar 3. Struktur vegetasi di lokasi penelitian

Sifat Hujan

Jumlah hari hujan selama penelitian tahap I (Juni 2005-Mei 2006) adalah 200 hari dengan curah hujan 1 888.9 mm. Jeluk hujan yang dominan adalah 0.5-5 mm, durasi hujan 5-30 menit dan intensitas 1-20 mm/jam. Kondisi ini juga terjadi pada Tahap II sehingga dinilai konsisten, disajikan pada Tabel 1. Jumlah hari hujan pada Tahap II (Juni 2006-Mei 2007) adalah 181 hari dengan jeluk hujan 1 659 mm.

Tabel 1. Sifat hujan yang dominan di lokasi penelitian

Sifat hujan		HH	% total	CH	% total
Tahap I (Juni 2005-Mei 2006)					
Jeluk (mm)	0.5-5	91	45.5	213.4	11.3
Durasi (menit)	5-30	144	72.0	866.2	45.9
Intensitas (mm/jam)	1-20	122	61.0	633.3	33.5
Tahap II (Juni 2006-Mei 2007)					
Jeluk (mm)	0.5-5	79	43.6	176	10.6
Durasi (menit)	5-30	129	71.3	884.2	53.3
Intensitas (mm/jam)	1-20	106	58.6	453.2	27.3

Curah hujan maksimum adalah 62.8 dengan durasi 290 menit. Berdasarkan nilai rata-rata hujan harian, yakni 9.3 mm/HH, curah hujan tersebut dapat digolongkan ekstrim untuk lokasi penelitian. Intensitas hujan maksimum adalah 45.12 mm/jam dengan jeluk hujan 18.8 mm.

Agihan Hujan

Curah hujan netto selama Tahap I adalah 1 202.54 mm yang bersumber dari curahan tajuk sebanyak 99.83%. Membandingkan curah hujan netto dengan curah hujan total, intersepsi hujan adalah 36.34% dari total curah hujan. Hubungan matematika antara sifat hujan dan karakter vegetasi dengan agihan hujan menunjukkan faktor yang dominan pengaruhnya berupa jeluk hujan dan ILD, disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Persamaan matematika intersepsi hujan

Pase	Curah hujan	Hari hujan	Curahan tajuk	Aliran batang	Curah hujan netto	Intersepsi
1	1 888.9	200	1 200.5	2.04	1 202.54	686.36~36.34%P
2	1 659	181	1 056.6	1.09	1 057.69	601.31~36.25%P
Hubungan sifat hujan dan vegetasi dengan Tf dan Sf					R ²	Persamaan
Tf = -1.277+0.776P-0.047I+0.082ILD-0.003LT					0.97	(8)
Tf = -1.043 + 0.7597P-0.023 ILD					0.97	(9)
Sf = 0.033+0.001P-0.00019I-0.0045ILD-0.0002LT					0.59	(10)
Sf = 0.07+0.0017P-0.013 ILD					0.53	(11)

Berdasarkan Persamaan 9 dan 11, dapat dinilai ILD dan jeluk hujan yang juga dominan pengaruhnya terhadap intersepsi hujan sebagai berikut

$$Ic=0.980+0.239P+0.035LAI \quad R^2 = 0.78 \dots\dots\dots (12)$$

Nilai intersepsi yang tinggi dikarenakan penutupan permukaan dan ILD yang tinggi disertai dengan lapisan tajuk yang terdiri dari berbagai strata. Kapasitas tajuk (S) sebanyak 1.172 mm dan untuk menjenuhkan tajuk (Pg') sesuai model Gash dibutuhkan curah hujan sebanyak 1.37-2.26 mm. Kondisi lain yang mendukung intersepsi hujan yang tinggi adalah jeluk hujan yang dominan terjadi yang berada pada kisaran kapasitas tajuk, yakni 0.5-5 mm/hh dengan intensitas hujan rendah. Secara umum nilai parameter intersepsi disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Parameter intersepsi

Simbol	Uraian	Gash 1979	Gash 1995
E/R	Ratio evaporasi dengan curah hujan	0.24	0.24
K	Koefisien pepadaman	-	0.7
ILD	Indeks luas daun	-	5.57
P	Porositas tajuk	0.35	0.354
C	Fraksi penutupan kanopi	0.65	0.65
St	Kapasitas batang	0.003	0.003
Pt	Koefisien batang	0.000	0.000
S	Kapasitas tajuk	1.172	1.172
Pg'	Curah hujan untuk penjenuhan tajuk	2.257	1.370
N	Ratio St dengan pt	1.29	1.29

Hasil pengujian Persamaan 12 bersama dengan model Gash pada Tahap II dan perbandingannya dengan hasil pengukuran langsung menunjukkan deviasi antara nilai prediksi dari Persamaan 12 dengan pengukuran langsung lebih kecil dari deviasi model Gash dan hasilnya konsisten pada Tahap II, disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Perbandingan hasil prediksi model Gash dan persamaan intersepsi yang didapat dengan hasil pengukuran langsung

Uraian	Model Gash 1979	Revisi Model Gash 1995	$I_c=0.98+0.239P+0.035ILD$
Fase 1	570.98	640.89	686.46
Pengukuran langsung		686.35	
Selisih (%)	-16.75	-6.57	0.02
Fase 2	503.36	569.09	609.19
Pengukuran langsung		601.33	
Selisih (%)	-16.28	-5.36	1.31

Neraca Energi Bowen Ratio

Secara operasional metode NEBR sangat mudah digunakan, tetapi ternyata metode ini memiliki kelemahan sehingga pada kondisi tertentu nilai β menjadi ekstrim sebagai penciri terjadinya adveksi dan atau udara tidak stabil. Akibat kondisi tersebut, dari 360 hari observasi hanya 213 yang layak dianalisis sesuai kriteria yang diajukan oleh Perez *et al.* (1999).

Radiasi neto (R_n) pada hutan mencapai $10.66 \text{ MJ/m}^2/\text{hari}$ dan meningkat menjadi $11.28 \text{ MJ/m}^2/\text{hari}$ pada hari tidak hujan. Nilai ini lebih tinggi daripada R_n padang rumput. Di sisi lain penerimaan radiasi global (R_s) pada padang rumput lebih tinggi daripada R_s hutan. Perbedaan ini menggambarkan respon fisik dari permukaan atas perbedaan karakter penutupan lahan yang dicirikan oleh nilai albedo (α). Nilai α hutan yang didapat adalah 10.75%. Giambelluca *et al.* (1997) melaporkan bahwa α hutan di Amazone yang telah dilaksanakan oleh peneliti sebelumnya adalah 12.25-13.4%. Berbet dan Costa (2003) α pada padang rumput di Amazone yang dilakukan oleh Costa dan Foley (2000) adalah 17.6%. Dengan mengacu pada hasil-hasil penelitian tersebut, dapat disimpulkan bahwa R_n yang tinggi pada hutan dikarenakan nilai α yang lebih kecil dari padang rumput. Di hutan aliran vertikal *latent heat* dominan jika dibandingkan dengan aliran *sensible heat* baik pada hari hujan maupun tidak hujan. Kondisi sebaliknya terjadi pada padang rumput, yakni aliran *sensible heat* mendominasi aliran *latent heat*, selengkapnya disajikan pada Tabel 5.

Akibat intersepsi hujan pada hutan, dibutuhkan *latent heat* rata-rata sebanyak $9.04 \text{ MJ/m}^2/\text{hari}$ hujan untuk mengevaporasikan air hujan yang diintersepsi sebanyak 3.69 mm/HH. Penomena ini menggambarkan pertukaran energi dan pemindahan massa pada hutan lebih besar jika dibandingkan dengan padang rumput.

Hubungan empiris menunjukkan korelasi negatif antara intersepsi hujan dan aliran *sensible heat*, tetapi berkorelasi positif dengan aliran *latent heat*.

$$H = 0.8514 - 2.6379I_c + 0.2244R_n \dots\dots\dots (13)$$

$$R^2 = 0.16$$

$$LE = 5.2707 + 2.441Ic + 0.7262Rn \dots\dots\dots (14)$$

$$R^2 = 0.49$$

Tabel 5. Penerimaan radiasi global (Rs) dan neraca energi

Uraian	Satuan	Hujan		Tidak hujan	
		Hutan	Rumput	Hutan	Rumput
n	Hari	102		111	
Rs	MJ/m ² /hari	17.15	18.00	18.55	19.19
Rn	MJ/m ² /hari	10.66	9.50	11.28	10.21
Rn/Rs	%	62.16	52.78	60.81	53.20
LE	MJ/m ² /hari	9.53	3.98	8.41	4.21
LE/Rn	%	89.40	41.89	74.56	41.23
H	MJ/m ² /hari	1.06	5.58	2.85	6.00
H/Rn	%	9.94	58.74	25.27	58.77
G	MJ/m ² /hari	0.06	-0.05	0.02	-0.01
G/Rn	%	0.56	-0.53	0.18	-0.10
B		0.11	1.40	0.34	1.43

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Sesuai sifat hujan dan karakter vegetasi di Taman Nasional Lore Lindu maka kapasitas tajuk dan penjenjuran tajuk masing masing mencapai 1.17 dan 1.37 mm. Jeluk hujan dan indeks luas daun merupakan dua faktor yang secara nyata mempengaruhi agihan hujan di Taman Nasional Lore Lindu dengan persamaan $Ic = 0.980 + 0.239P + 0.035ILD$. $R^2 = 0.78$. *Output* dari persamaan duga ini bersama dengan *output* model Gas setelah dilakukan pengujian terhadap hasil observasi lapangan selama dua tahun pengamatan, persamaan tersebut lebih *valid* sehingga layak dipergunakan.

Pertukaran energi dan aliran massa pada vegetasi hutan dan rumput keduanya memiliki karakter yang sangat berbeda yang dicirikan oleh neraca radiasi dan neraca energi. Secara kuantitatif energi yang tersedia (radiasi neto) Rn, pada hutan adalah 10.66-11.28 MJ/m²/hari dan nilai ini lebih tinggi dibandingkan dengan Rn pada vegetasi rumput sekalipun radiasi global yang diterima oleh vegetasi rumput lebih banyak dari radiasi global yang diterima oleh vegetasi hutan. Perbedaan ini akibat perbedaan sifat termal dan karakter fisik lainnya yang dicirikan oleh nilai albedo. Nilai albedo hutan yang didapat pada penelitian ini adalah 10.75 %. Dinamika radiasi neto kedua bentuk penggunaan lahan memiliki pola yang sama yakni mengikuti pola diurnal radiasi global.

Intersepsi hujan pada hutan menyebabkan aliran *latent heat* mencapai 74.59% sedangkan pada padang rumput aliran energi ini pada hari hujan hanya 58% Rn Proses fisik ini mencirikan massa uap air yang dipindahkan pada vegetasi hutan lebih banyak dari vegetasi rumput sehingga sangat mendukung proses pembentukan hujan. Sebaliknya massa udara di atas vegetasi rumput akan mengalami cekaman lengas yang memungkinkan terjadi pemanasan udara.

Saran

- (1) Persamaan pendugaan intersepsi hujan yang didapat pada penelitian ini dapat dipergunakan untuk menduga jeluk hujan yang tiba dipermukaan tanah atau lantai hutan. Akan tetapi untuk ditempat lain disarankan untuk dilakukan pengujian sehingga dapat diperoleh hasil yang lebih baik.
- (2) Perlu dilakukan kajian lanjutan tentang intersepsi hujan dan dinamika energi dengan melengkapi data tentang arsitektur tajuk dan kelembaban daun.
- (3) Untuk mempertahankan fungsi ekologi dan ekonomi Taman Nasional Lore Lindu, aspek strategis yang dapat diadopsi dari hasil penelitian ini adalah mengendalikan usaha atau kegiatan yang menyebabkan terjadinya perubahan penutupan lahan dari hutan ke bentuk lain terutama menjadi areal terbuka. Disi lain, diaktifkan usaha konservasi yang potensial memulihkan penutupan permukaan oleh vegetasi yang memiliki variasi strata, terutama di kawasan Lembah Napu, Torire, dan lembah Besoa.

DAFTAR PUSTAKA

- Andreassen, V. 2004. Water and forest: from historical controversy. *J. Hydrol.* 291: 1-27.
- Anwar. 2004. Pendugaan Intersepsi pada Beberapa Penggunaan Lahan Hutan di Taman Nasional Lore Lindu-Sulteng [tesis]. Bogor: Institut Pertanian Bogor, Sekolah Pascasarjana, Program Studi Agroklimatologi.
- Asdak, C., Jarvis, P.G., Van-Gardingen, P., dan Fraser, A. 1998. Rainfall interception loss in unlogged and logged forest areas of central Kalimantan, Indonesia. *J. Hydrol.* 206:237–244.
- Berbet, M.C.L. and Costa, M.H. 2003. Climate change after tropical deforestation: seasonal variability of surface albedo and its effect on precipitation change. *American Meteorological Society* (2003) 2099-2104.
- Bruijnzeel, L.A. and Critchley, W.R.S. 1994. *Environmental impacts of logging moist tropical forest*. IHP Humid Tropics program series No.7.
- Calder, I.R. 1992. Hydrological effects of land-use change. *Handbook of Hydrology*, D.R. Maidment, Ed., McGraw-Hill, 131-1350.
- _____. 1996. Rainfall interception and drop size development and calibration of the two-layer stochastic interception model. *Tree Physiology* 16:727-732.
- Chappell, N.A., Bidin, K., dan Tych, W. 2001. Modelling rainfall and canopy controls on net-precipitation beneath selectively-logged tropical forest. *Plant Ecol.* 153: 215-229.
- Delfs, J. 1955. Die Niederschlagszurückhaltung im Walde. *Mitt.des Arbeitskr.'Wald und Wasser.'Koblenz.*

- Friedrich, K., Molders, N., and Tetzlaff, G. 2000. On the influence of surface heterogeneity on the Bowen-Ratio: A. Theoretical Case Study. *Theor. Appl. Climatol.* 65:181-196
- Giambelluca, T.W., Holscher, B., Santos, T.X., and Frazao, R.R. 1997. Observations of albedo and radiation balance over postforest land surfaces in the Eastern Amazon Basin. *American Meteorological Society* (1997): 919-928.
- Horton, R.E. 1919. Rainfall interception. *Mon. Wea. Rev.*, 47: 603-623.
- Kaimuddin. 1994. Kajian model pendugaan intersepsi hujan pada tegakan *Pinus merkusii*, *Agathis loranthifolia* dan *Schima wallichii* di hutan Pendidikan Gunung Walat Sukabumi [teisi]. Bogor: Institut Pertanian Bogor, Fakultas Pascasarjana.
- Molchanov, A.A. 1960. The Hydrological Role of Forest (Translated A. Gourevitch 1963). Israel Program Sci.
- Monteith, J.L. and Unsworth, M.H. 1990. *Principles of Environmental Physics*. 2nd ed. New York: Edward Arnold London.
- Perez, P.J., Castellvi, F., Ibanez, M., Rosell, J.I. 1999. Assessment of reliability of Bowen ratio method for partitioning fluxes. *Agric. For. Meteorol.* 97:141-150.
- Price, A.G. and Carlyle-Moses. 2003. Measurement and modeling of growing season canopy water fluxes in a mature mixed deciduous forest stand, southern Ontario, Canada. *Agric. Forest Meteorol.* 119: 69-85.
- Ramirez, J.A. and Senarath, S.U.S. 1999. A statistical dynamical parameterization of interception and land surface-atmosphere interaction. *American Meteorology. Society*. 13: 4050-4063.
- Ruslan, M. 1983. Intersepsi Curah Hujan pada Tegakan Tusam (*Pinus merkusii*), Sungkai (*Pinus canescens*) dan Hutan Alam di DAS Riam Kanan, Kalsel [tesis]. Bogor: Institut Pertanian Bogor, Fakultas Pascasarjana.
- Sellers, P.J., Dickinson, R.E., Randall, D.A., Betts, A.K., Hall, F.G., Berry, J.A., Collatz, G.J., Denning, A.S., Mooney, H.A., Nobre, C.A., Sato, N., Field, C.B., and Henderson-Sellers, A. 1997. Modeling the exchanges of energy, water, and carbon between continents and the atmosphere (article). *Science* 275:502-509.
- Todd, R.W., Evett, S.R., and Howell, T.A. 2000. The Bowen ratio-energy balance method for estimating latent heat flux of irrigated alfalfa evaluated in a semi-arid, advective environment. *Agric. Forest Meteorol.* 103: 335-348.
- Zinke, P.J. 1967. Forest interception studies in the United States. *International Symposium on Forest Hydrology*, Pergamon Press: W.E. Sopper and H.W. Hull, Eds.